



RWS INFORMATIE

Kennisdocument Waterveiligheid IJsselmeergebied

Kennisprogramma zeespiegelstijging fase 1

Datum	November 2021
Versie	
Status	Definitief

Colofon

Uitgegeven door	RWS-WVL
Auteur	Albert Remmelzwaal
Informatie	
Telefoon	06 53642529
E-mail	albert.remmelzwaal@rws.nl
Datum	November 2021
Versie	
Status	Definitief

Inhoud

Samenvatting 5

1 Inleiding 7

2 Achtergrondinformatie 11

- 2.1 De deltastrategie voor het IJsselmeergebied 11
- 2.2 De Integrale Studie Waterveiligheid en Peilbeheer (ISWP) 13

3 Kennisvragen rond waterafvoer naar de Waddenzee 15

- 3.1 Functionaliteit spuisluizen 15
- 3.2 Benodigde pompcapaciteit 17
- 3.3 Pompen en de meerpeilstatistiek 19

4 Kennisvragen rond mogelijke aanpassingen in de strategie 23

- 4.1 Peilverhoging 25
 - 4.1.1 IJsselmeer 26
 - 4.1.2 Markermeer 27
- 4.2 Minder beheersen van de meerpeilpieken 29
 - 4.2.1 Benodigde pompcapaciteit en meerpeilstatistiek 29
 - 4.2.2 Versterking primaire keringen 29
- 4.3 Aanpassing wateraanvoer 31
 - 4.3.1 Wateraanvoer uit de regio 31
 - 4.3.2 Aanpassing piekafvoer IJssel 32

5 Kennisvragen rond gebruiksfuncties 37

- 5.1 Waterafvoer regio 38
- 5.2 Waterveiligheid en –overlast buitendijkse gebieden 39
- 5.3 Sluitfrequentie beweegbare keringen 41
- 5.4 Kwel en grondwateroverlast binnendijks 42
- 5.5 Natuur 42
- 5.6 Scheepvaart 43
- 5.7 Oeverrecreatie 44
- 5.8 Landschap en cultuurhistorie 44

Bijlage 1 Rapporten van het ISWP project 45

Bijlage 2 Methodiek van het ISWP project 47

Samenvatting

In dit document komen kennisvragen aan de orde rond het effect van zeespiegelstijging op waterafvoer en waterveiligheid van het IJsselmeergebied. Het gaat om vragen die door deskundigen zijn geïnventariseerd in het kader van spoor 2 van het Kennisprogramma Zeespiegelstijging. Het gaat in dit rapport specifiek om de vragen die beantwoord kunnen worden op basis van de in 2019 afgeronde Integrale Studie Waterveiligheid en Peilbeheer IJsselmeergebied (ISWP). De gevolgen van zeespiegelstijging voor de hydraulische belasting van de Afsluitdijk komen niet aan de orde.

Waterafvoer naar de Waddenzee

De rol van **spuisluizen** in de waterafvoer neemt af bij stijging van de zeespiegel. Om het huidige gemiddelde winterpeil te handhaven zijn bij 50 cm zeespiegelstijging al wel pompen nodig, maar is het aandeel van spui in de waterafvoer ook nog groot. Bij 1 m zeespiegelstijging wordt vrijwel geen water meer door de spuisluizen afgevoerd. De spuisluizen hebben dan nog wel effect op de beheersing van de extreme meerpeilpieken. Bij meer dan 2m zeespiegelstijging heeft spui geen functie meer in het dagelijks beheer. Spuisluizen kunnen dan hooguit nog gezien worden als een laatste redmiddel bij grootschalig falen van de pompen (risicoreductie).

De uiteindelijk benodigde **pompcapaciteit** op de Afsluitdijk is zeer groot. Om stijging van het gemiddelde winterpeil van het IJsselmeer te voorkomen is op termijn een capaciteit van ruim 2000 m³/sec. deze capaciteit geldt bij de beleidsmatig gekozen gematigde beheersing van de pieken in de meerpeilen.

De overgang van spuien naar pompen heeft invloed op de **meerpeilstatistiek**. De frequentielijn (waarin de overschrijdingsfrequentie is afgezet tegen het meerpeil) van het IJsselmeerpeil krijgt een wat ander verloop. Bij de gekozen strategie van gematigde beheersing van de pieken in de meerpeilen nemen de pieken met een overschrijdingsfrequentie van 1:10 per jaar of meer in hoogte wat af en die met een overschrijdingsfrequentie van minder dan 1:10 per jaar juist toe. Doordat het Markermeer onder vrij verval afwatert op het IJsselmeer werken veranderingen in meerpeilstatistiek van het IJsselmeer door in het Markermeer (zij het in afgezwakte vorm). Bij de toetsing en het ontwerp van keringen moet met deze veranderingen in de meerpeilstatistiek rekening gehouden worden.

Meerpeilstijging

Verhoging van het gemiddeld winterpeil zou leiden tot hogere belasting van de keringen en dus tot grotere **versterkingsopgaven** in de toekomst. Opvallend is daarbij dat de berekende meerkosten voor dijkversterkingen rond het IJsselmeer bij 60 cm peilstijging aanzienlijk zijn (1,8 miljard euro) maar beduidend lager dan de kosten die moeten worden gemaakt om de keringen in 2050 aan de nieuwe normen te laten voldoen (3 miljard euro).

Onbeperkte meegroeien van het gemiddeld winterpeil met de zee zou betekenen dat er in de toekomst geen **pompen** nodig zijn voor de waterafvoer. Een beperkte stijging van het gemiddeld winterpeil betekent slechts dat de overschakeling naar pompen vertraagd wordt, maar dat uiteindelijk ongeveer dezelfde pompcapaciteit nodig is. Een begrensde meerpeilstijging is dus geen middel om de uiteindelijk benodigde pompcapaciteit te beperken.

Beheersing meerpeilpieken

De uiteindelijk benodigde **pompcapaciteit** kan met ca. 40% worden beperkt door de pieken in de meerpeilen minder sterk te beheersen dan gebeurt bij de gekozen strategie van gematigde piekbeheersing. De pieken in het IJsselmeerpeil nemen dan sterk toe en (bij spuien onder vrij verval) vervolgens ook die in het Markermeer. Dit

betekent een toename van de belasting van de keringen en daarmee een grotere **versterkingsopgave**. De gemiddelde extra versterkingsopgave die daaruit voortvloeit ligt in dezelfde orde van grootte als de extra versterkingsopgave van 60 cm stijging van het gemiddeld winterpeil.

Veranderingen in wateraanvoer

Veranderingen in de waterafvoer bij piekbelastingen werken door in het IJsselmeergebied. Vooral veranderingen in de piekafvoer van de IJssel kunnen grote effecten hebben, omdat de IJssel verreweg de grootste aanvoerpost van water is. Het gaat op effecten op de **benodigde pompcapaciteit** en de **toekomstige dijkversterkingen**. Bij sterke beheersing van de meerpeilpieken is er vooral invloed op de benodigde pompcapaciteit, bij beperkte beheersing daarvan op de toekomstige dijkversterkingen. De gekozen strategie van gematigde beheersing neemt een middenpositie in: er is zowel effect op de dijkbelasting als op de benodigde pompcapaciteit.

Gebruiksfuncties

Veranderingen in de meerpeilstatistiek hebben invloed op gebruiksfuncties. Als gekozen wordt voor **stijging van het meerpeil** worden o.m. natuur, waterafvoer uit de regio, de sluitfrequentie van beweegbare keringen en kwel hierdoor negatief beïnvloed. Dit geldt ook als er een **toename van de meerpeilpieken** zou plaatsvinden, maar in mindere mate. Bij de gekozen strategie van handhaving van het gemiddeld winterpeil en gematigde beheersing van de meerpeilpieken heeft de overgang van spuien op pompen weinig gevolgen.

1 Inleiding

Voor het onderdeel Waterveiligheid van spoor 2 van het Kennisprogramma Zeespiegelstijging is een kennis-en onderzoeksagenda opgesteld. Deze agenda bevat de vragen die zijn geïnventariseerd over het effect van zeespiegelstijging op de waterafvoer en waterveiligheid van het IJsselmeergebied. In de kennisagenda wordt onderscheid gemaakt tussen fase 1 en fase 2:

- In fase 1 wordt door het Kennisprogramma een reeks vragen beantwoord op basis van beschikbare berekeningen en deskundigenoordeel. In beschikbare berekeningen zal vaak geïnterpoleerd moeten worden, omdat die niet uitgaan van de in het kennisprogramma gekozen zichtwaarden voor de zeespiegelstijging.
- In fase 2 vind, voor zover nodig, een gedetailleerdere en/of geactualiseerde uitwerking plaats. Daarvoor kan het nodig zijn nieuwe berekeningen te maken. Ook kan aan regionale partijen worden gevraagd om aanvullende informatie, waarbij het aan de regio is om te bepalen hoe die informatie wordt gegenereerd.

Dit kennisdocument hoort bij fase 1 van het programma. In dit document worden de vragen uit de onderzoeksagenda beantwoord op basis van beschikbare informatie en deskundigenoordeel.

De volledige kennisagenda is weergegeven in Tabel 1.1. De vragen zijn ingedeeld naar 5 effecten van zeespiegelstijging waar ze betrekking op hebben. Het gaat daarbij om directe effecten van de zeespiegelstijging en indirecte effecten die het gevolg zijn van eventuele aanpassingen in de strategie voor het gebied. Deze effecten zijn:

Directe effecten:

1. Zeespiegelstijging leidt tot hogere belasting van de Afsluitdijk. De belasting van de Afsluitdijk en de kunstwerken daarin verandert:
 - Door hogere waterstanden aan de zeezijde
 - Door veranderende golfhoogten
 - Door het ontstaan van een permanent peilverschil over de dijk (bij handhaving van het huidige meerpeil).
2. Zeespiegelstijging bemoeilijkt de waterafvoer naar de Waddenzee. Zonder maatregel zouden de meerpeilen toenemen. Met pompen kan dit voorkomen worden.
 - Bij zeespiegelstijging neemt de benodigde pompcapaciteit toe.
 - Bij toenemend aandeel van pompen in de waterafvoer verandert de meerpeildynamiek (pompen hebben andere afvoercharacteristieken dan spuisluizen) en dus de belasting van keringen.
 - Bij sterke zeespiegelstijging kunnen andere pompen nodig zijn dan waarmee gerekend is in het project ISWP, namelijk pompen die een grotere opvoerhoogte aankunnen. Dit kan consequenties hebben voor de kosten.

Indirecte effecten:

3. Meerpeilstijging geeft hogere belasting van keringen rond IJsselmeer en Markermeer.
 - Het beleid houdt de optie open om op basis van duidelijke argumenten het gemiddeld winterpeil van IJsselmeer en/of Markermeer mee te laten stijgen met de zeespiegel (max. 30 cm).
4. Minder beheersing van de meerpeilpieken geeft hogere belasting van keringen rond IJsselmeer en Markermeer.

- Minder beheersing van meerpeilpieken dan in het beleid is vastgelegd zou een optie kunnen zijn om de strategie “op te rekken” wanneer de benodigde pompcapaciteit op de Afsluitdijk niet of zeer moeilijk realiseerbaar blijkt te zijn.
5. Aanpassing waterafvoer naar meren geeft andere peildynamiek IJsselmeer en Markermeer. Stijgende zeespiegel kan er toe leiden dat in de regio soms gekozen wordt voor andere afvoerroutes voor het water. Hierbij valt te denken aan meer uitmalen naar het IJsselmeer als spuien naar zee onmogelijk wordt, maar ook aan aanpassingen aan de afvoerverdeling over de Rijntakken.
- Meer aanvoer naar de meren betekent dat meer afvoercapaciteit nodig is.

Tabel 1.1 geeft dus de kennisagenda weer. In de laatste kolom is aangegeven welke vragen uit de kennisagenda in dit document aan de orde komen. Het zijn de vragen die beantwoord kunnen worden vanuit de Integrale Studie Waterveiligheid en Peilbeheer IJsselmeergebied (ISWP). In deze in 2020 afgeronde studie zijn uitgebreide analyses van het toekomstige waterbeheer uitgevoerd die ook voor het Kennisprogramma Zeespiegelstijging relevant zijn. Voor beantwoording van de vragen kan deels rechtstreeks geput worden uit de ISWP-rapportenreeks (zie Bijlage 1). In andere gevallen moet teruggevallen worden op data uit het ISWP archief..

Hoofdstuk 2 van dit rapport biedt achtergrondinformatie achtergrondinformatie. Hierin worden de Deltastrategie voor het IJsselmeergebied (2.1) en de studie ISWP (2.2) beschreven. In de hoofdstukken daarna komen de kennisvragen aan de orde, zoals aangegeven in Tabel 1.1. De bespreking van een onderwerp begint met een samenvattende beantwoording van de kennisvragen, daarna volgt toelichting op en onderbouwing van het antwoord.

Tabel 1.1 (volgende pagina)
Kennis- en onderzoeksagenda Waterveiligheid IJsselmeergebied

Effect van zeespiegelstijging	Kennisvragen	Wat komt in dit document aan de orde?
Hogere belasting Afsluitdijk	<ol style="list-style-type: none"> 1. Hoe verandert de belasting van de Afsluitdijk? 2. Tot welke versterkingsopgave van de dijk leidt dit? 3. Tot welke versterkingsopgave van kunstwerken leidt dit (en vanaf welk moment is vervanging ? 4. Met welke maatregelen kan de versterkingsopgave voor de Afsluitdijk beperkt worden? 	<p>Deze vragen komen in dit document niet aan de orde:</p> <ul style="list-style-type: none"> • De vragen 1-3 beantwoord vanuit het onderdeel Waddenzee. • Vraag 4 wordt niet in fase 1 opgepakt.
Bemoeilijking waterafvoer naar Waddenzee	<ol style="list-style-type: none"> 5. Wat betekent ZSS voor de functionaliteit van spuisluizen? 6. Wat betekent ZSS voor de benodigde pompcapaciteit om de gekozen peilstrategie te handhaven? 7. Wat betekent sterke zeespiegelstijging voor de karakteristieken van de benodigde pompen? 8. Wat betekent de toenemende rol van pompen in de waterafvoer voor de meerpeilstatistiek (en daarmee belasting van keringen en de versterkingsopgave) in het IJsselmeergebied? 9. Wat betekent de toenemende rol van pompen voor andere zaken dan waterveiligheid (bv. wateroverlast buitendijkse gebieden, natuur, regionale waterhuishouding)? 	<p>De vragen 5 t/m 8 worden in hoofdstuk 3 besproken vanuit de resultaten van de ISWP studie en deskundigenoordeel.</p> <p>Vraag 9 komt in hoofdstuk 5 aan de orde (samen met de andere vragen over effecten op gebruiksfuncties).</p>
Meerpeilstijging IJsselmeer en Markermeer	<ol style="list-style-type: none"> 10. Wat betekent verhoging van het gemiddeld winterpeil voor de belasting (en daarmee de versterkingsopgave) van de keringen? 11. Wat betekent minder beheersen van de meerpeilpieken voor de benodigde pompcapaciteit? 12. Wat betekent verhoging van het gemiddeld winterpeil voor andere zaken dan waterveiligheid (bv. wateroverlast buitendijkse gebieden, natuur, regionale waterhuishouding)? 	<p>Vraag 10 wordt in paragraaf 4.1 besproken vanuit de resultaten van de ISWP studie.</p> <p>Vraag 12 komt in hoofdstuk 5 aan de orde (samen met de andere vragen over effecten op gebruiksfuncties).</p>
Minder beheersing van meerpeilpieken.	<ol style="list-style-type: none"> 13. Wat betekent minder beheersen van de meerpeilpieken voor de benodigde pompcapaciteit? 14. Wat betekent minder beheersen van de meerpeilpieken voor de meerpeilstatistiek en hoe werkt dat door in de belasting van de keringen en de versterkingsopgave? 15. En hoe werkt het door in andere functies dan waterveiligheid (bv. wateroverlast buitendijkse gebieden, natuur, regionale waterhuishouding)? 	<p>Deze vragen worden in paragraaf 3.2 besproken vanuit de resultaten van de ISWP studie.</p> <p>Vraag 15 komt in hoofdstuk 5 aan de orde (samen met de andere vragen over effecten op gebruiksfuncties).</p>
Aanpassing wateraanvoer naar meren.	<ol style="list-style-type: none"> 16. Welke aanpassingen van afvoerroutes zouden kunnen optreden en tot hoeveel extra wateraanvoer uit de regio zal dat leiden? 17. Hoe werkt deze aanvoer door in meerpeilstatistiek, belasting van de keringen en versterkingsopgave? 18. Wat betekent aftoppen van de piekafvoer van de IJssel voor de meerpeilstatistiek en hoe werkt dat door in de belasting van de keringen en de versterkingsopgave? 19. Hoe werken de veranderingen van meerpeilstatistiek door in andere functies dan waterveiligheid (bv. wateroverlast buitendijkse gebieden, natuur, regionale waterhuishouding)? 	<p>Vraag 15 moet vanuit de regio beantwoord worden en is in fase 1 nog niet aan de orde. Op basis van de kennis uit ISWP wordt in paragraaf 4.2 wel een eerste beschouwing over de vragen 16 en 17 gegeven.</p> <p>Vraag 18 komt in hoofdstuk 5 aan de orde (samen met de andere vragen over effecten op gebruiksfuncties).</p>

2 Achtergrondinformatie

Voorafgaand aan de beantwoording van de kennisvragen geeft dit hoofdstuk eerst een overzicht van de Deltastrategie voor het IJsselmeergebied. Vervolgens wordt in paragraaf 2 besproken wat er gebeurt met de meerpeilstatistiek als bij stijgende zeespiegel de rol van spui bij waterafvoer naar de Waddenzee steeds meer wordt vervangen door pompen.

2.1 De deltastrategie voor het IJsselmeergebied

De deltastrategie heeft op nationaal niveau twee hoofddoelstellingen:

1. Waterveiligheid: in 2050 moeten de primaire keringen voldoen aan de normen die sinds 1 januari 2017 van kracht zijn.
2. Watervoorziening: in 2050 is Nederland weerbaar tegen zoetwatertekorten.

In de strategie voor het IJsselmeergebied neemt de Afsluitdijk een centrale plaats in:

- Waterveiligheid: de Afsluitdijk beschermt het gebied tegen overstromingen die kunnen worden veroorzaakt door hoge waterstanden en golven in de Waddenzee.
- Watervoorziening: IJsselmeer en Markermeer fungeren als een strategische zoetwatervoorraad, wat alleen kan door de afscherming van de Waddenzee door de Afsluitdijk.

In aanvulling op deze rol van de Afsluitdijk zijn concrete keuzes gemaakt, die hieronder worden beschreven. Daarbij zijn mogelijkheden opgenomen om de strategie "op te rekken". Dat oprekken kan grote consequenties voor gebruiksfuncties of voor andere gebieden in Nederland hebben en/of hoge kosten met zich meebrengen. Het daadwerkelijk toepassen daarvan kan daarom pas na een gedegen afweging van de kosten en baten.

Keuzes waterveiligheid

Om aan de normen voor waterveiligheid te voldoen zijn versterkingen van de keringen nodig. De hydraulische randvoorwaarden bepalen de benodigde hoogte en sterkte. De meerpeilen die kunnen voorkomen zijn daarin een belangrijke factor. Deze meerpeilen zijn de resultante van de beschikbare afvoercapaciteit en het gevoerde peilbeheer. Vandaar dat afvoercapaciteit en peilbeheer belangrijke elementen zijn in de uitwerking van de strategie voor waterveiligheid.

1. De **strategie** voor waterveiligheid bestaat uit de volgende onderdelen:
 - a. De waterafvoer van het IJsselmeer vindt plaats door een combinatie van spuien en pompen, met als uitgangspunt "spuien als het kan, pompen als het moet". De waterafvoer van het Markermeer gebeurt door spuien.
 - b. Het gemiddeld winterpeil van de meren blijft gelijk.
 - c. De pompcapaciteit op de Afsluitdijk wordt aangepast aan de zeespiegelstijging. Vanaf 2050 geldt daarbij als uitgangspunt dat de pompcapaciteit zodanig is dat niet alleen stijging van het gemiddeld winterpeil wordt voorkomen maar ook dat de meerpeilpieken niet sterk zullen toenemen. De norm is daarbij dat peilen met een overschrijdingsfrequentie van ca. 1/10 per jaar gelijk zullen blijven. Dit betekent dat frequenter optredende pieken in hoogte zullen afnemen en minder frequente pieken in hoogte zullen toenemen (*de achtergrond*

- hiervan wordt besproken in paragraaf 1.2).* Dit wordt gematigde piek-beheersing genoemd.
- d. Het zomerpeilbeheer is onderdeel van de strategie voor de watervoorziening (zie hieronder), maar kan de hydraulische randvoorwaarden voor de waterveiligheid (en daarmee de benodigde dijkversterkingen) beïnvloeden.
 - e. De primaire keringen zullen vanaf uiterlijk 2050 aan de normering voldoen, door te versterken wanneer dit volgens de toetsing noodzakelijk blijkt te zijn.
2. In het DP 2021 en het NWP worden de volgende mogelijkheden gegeven voor **aanpassen c.q. oprekken** van de strategie:
- a. Als daar belangrijke argumenten voor zijn kan, na afweging van de consequenties, besloten worden het gemiddeld winterpeil van IJsselmeer en Markermeer met maximaal 30 cm te laten stijgen, maar dat van de Veluwerandmeren niet.
 - b. Er kan alsnog gekozen worden voor de inzet van pompen voor waterafvoer van het Markermeer om daar de meerpeilpieken sterker te beheersen.

Keuzes watervoorziening

Om het gebied dat water ontvangt vanuit het IJsselmeergebied weerbaar te maken tegen zoetwatertekorten wordt zowel gestuurd op vergroten van het wateraanbod als beperking van de watervraag.

1. De **strategie** voor watervoorziening bestaat uit de volgende onderdelen:
 - a. Door middel van het in 2018 ingevoerde flexibel peilbeheer in de zomer wordt in IJsselmeer en Markermeer een dynamische waterbuffer van 20 cm waterschijf. In de Veluwerandmeren wordt geen flexibel peilbeheer toegepast.
 - b. Er worden maatregelen genomen om de zoutindringing bij de Afsluitdijk tegen te gaan.
 - c. In de regio worden maatregelen genomen om water vast te houden, watergebruik te beperken en verzilting tegen te gaan.
2. In het DP 2021 en het NWP worden de volgende mogelijkheden gegeven voor **aanpassen c.q. oprekken** van de strategie:
 - a. Als er behoefte is aan meer zoetwater kan, na afweging van de consequenties, besloten worden om de mogelijkheden voor flexibel peilbeheer te vergroten, waardoor de omvang van de dynamische buffervoorraad groeit tot maximaal 50 cm waterschijf op IJsselmeer en Markermeer.
 - b. Het Deltaprogramma 2021 geeft aan dat het een optie kan zijn om de wateraanvoer naar het IJsselmeergebied vanuit de rivieren (via IJssel en/of Amsterdam-Rijnkanaal) te vergroten. Bij de herijking in 2026 wordt besloten of deze optie daadwerkelijk onderdeel wordt van de strategie.
 - c. De strategie is voor de regionale maatregelen niet gekwantificeerd. Als de zoetwaterproblematiek toeneemt zijn in de regio altijd verdergaande maatregelen te overwegen om de vraag naar water uit het hoofdwatersysteem te beperken.

2.2 De Integrale Studie Waterveiligheid en Peilbeheer (ISWP)

De Integrale Studie Waterveiligheid en Peilbeheer IJsselmeergebied (ISWP) is uitgevoerd door WVL, in opdracht van het ministerie van IenW en afgerond in 2019. ISWP had als doel het inzicht te vergroten in de relaties tussen waterafvoer, waterveiligheid en peilbeheer in het IJsselmeergebied. De studie richt zich op de situatie ná het jaar 2050. Dat is het moment waarop de spuicomplexen in de Afsluitdijk technisch zijn afgeschreven. ISWP heeft gekeken naar de winterperiode: de periode die maatgevend is voor de waterveiligheid.

Klimaatveranderingen leidt tot veranderingen in de aan- en afvoer van water naar de meren en dus veranderingen in de meerpeilstatistiek. In ISWP is (gebaseerd op het bestaande beleid) een aantal opties geformuleerd over de mate waarin veranderingen worden toegelaten: strategieën voor toekomstig peilbeheer. Vervolgens is geanalyseerd wat er nodig is om deze strategieën te realiseren en wat daarvan de kosten zijn voor waterveiligheid en waterafvoer in het hoofdwatersysteem.

Voor de analyse van strategieën voor het peilbeheer is in ISWP een eigen methodiek ontwikkeld. Het is een combinatie van beproefde en nieuwe modellen en methoden. Bijlage 2 geeft een samenvattend overzicht van de methodiek.

Bij stijgende zeespiegel zijn in toenemende mate pompen nodig om te voorkomen dat het waterpeil van het IJsselmeer stijgt. ISWP heeft belangrijke inzichten opgeleverd in de pompcapaciteit die nodig is om bij stijgende zeespiegel stijging van het IJsselmeerpeil te voorkomen of te beperken. Verder heeft ISWP laten zien dat er daarbij verschillende strategieën mogelijk zijn, met als uitersten 1- inzet van relatief beperkte pompcapaciteit (waarbij peilstijging wordt voorkomen, maar pieken in het meerpeil toenemen) en 2- inzet van grote pompcapaciteit waarbij stijging van het gemiddeld winterpeil wordt voorkomen en daarnaast de meerpeilpieken in hoogte afnemen. Er is doorgerekend wat deze strategieën betekenen voor toekomstige dijkversterkingen. Omdat pompen andere karakteristieken hebben dan spuisluizen is het niet mogelijk om te zorgen dat er in de toekomst geen veranderingen in de meerpeilstatistiek zullen plaatsvinden.

Op basis van de ISWP resultaten heeft een aanscherping van het beleid voor het IJsselmeergebied plaatsgevonden, die is vastgelegd in het Nationaal Water Programma. Een essentieel onderdeel daarvan is dat in het beleid niet alleen meer uitspraken over de gemiddelde meerpeilen worden gedaan, maar ook over de mate waarin pieken in de meerpeilen beheerst zullen worden. Er is gekozen voor een gematigde beheersing van de meerpeilpieken (zie verder Paragraaf 2.2). De uitspraak over de piekbeheersing is essentieel om de toekomstige hydraulische belasting van dijken in het gebied te kunnen berekenen.

In het Kennisprogramma wordt gekeken naar zeespiegelstijgingen van resp. 0,5, 1, 2, 3 en 5 m. In ISWP is niet gewerkt met vaste waarden voor de zeespiegelstijging, maar met peiljaren (en de verwachte zeespiegelstijging op dat moment). Tabel B1 in Bijlage 2 geeft hiervan een overzicht. Wanneer getallen wenselijk zijn voor de niveaus van zeespiegelstijging die het Kennisprogramma hanteert moet dus in principe geïnterpoleerd en geëxtrapoleerd worden. Zeker in fase 1 is het echter vaak voldoende om een beeld in meer algemene termen te geven en daarvoor geeft ISWP in ieder geval voldoende inzicht.

3 Kennisvragen rond waterafvoer naar de Waddenzee

In dit hoofdstuk komen de vragen die te maken hebben met het effect van zeespiegelstijging op de waterafvoer naar de Waddenzee aan de orde. Iedere paragraaf begint met beantwoording van een of enkele kennisvragen, waarna vervolgens de onderbouwing van het antwoord volgt.

3.1 Functionaliteit spuisluizen

Vraag 5: Wat betekent zeespiegelstijging voor de functionaliteit van spuisluizen?

- De rol van spui in de waterafvoer neemt af bij stijging van de zeespiegel. Om het huidige gemiddelde winterpeil te handhaven zijn bij 50 cm zeespiegelstijging al wel pompen nodig, maar is het aandeel van spui in de waterafvoer ook nog groot. Bij 1 m zeespiegelstijging wordt vrijwel geen water meer door de spuisluizen afgevoerd.
- Bij 1 m zeespiegelstijging heeft spui nog wel enig effect op de beheersing van de extremere meerpeilpieken. Bij een beleid gericht op sterke beheersing van de meerpeilpieken werkt dit door in de benodigde pompcapaciteit, bij gematigde of beperkte beheersing van de pieken geeft het een reductie van de belasting van de keringen.
- Bij 2, 3 en 5 m zeespiegelstijging heeft spui geen functie meer in het dagelijks beheer. De spui kan dan hooguit nog gezien worden als een laatste redmiddel bij grootschalig falen van de pompen (risicoreductie).

Uiteraard gaat het bij het effect van zeespiegelstijging op de spui om de relatieve zeespiegelstijging: de stijging van de zee ten opzichte van het IJsselmeerpeil. Dit betekent dat als gekozen wordt voor stijging van het gemiddeld winterpeil spui langer functioneel zal blijven.

Zonder de inzet van pompen zou het peil van het IJsselmeer meestijgen met de zee. Om dit te voorkomen worden pompen ingezet. Naarmate de zeespiegel stijgt wordt de benodigde pompcapaciteit groter en neemt de bijdrage van de spuisluizen in de waterafvoer af.

Met behulp van resultaten van berekeningen uit het project ISWP kan de afnemende rol van spui in de waterafvoer in beeld worden gebracht. Tabel 3.1 laat zien wat zeespiegelstijging betekent voor de pompcapaciteit die nodig is en de hoeveelheid water die wordt verpompt in een winterseizoen in drie peiljaren. Daarbij zijn drie varianten van beheersing van de meerpeil van de meerpeilpieken doorgerekend¹: sterke beheersing (meerpeilpieken met een overschrijdingsfrequentie van 10^{-5} /jr worden gelijk gehouden), gematigde beheersing (meerpeilpieken met een overschrijdingsfrequentie van 10^{-1} /jr worden gelijk gehouden) en beperkte beheersing (meerpeilpieken met een overschrijdingsfrequentie van 10^0 /jr worden gelijk gehouden). In alle gevallen is gerekend met de aanwezigheid van de huidige spuicapaciteit ("100%") en met een verdubbeling daarvan ("200%").

¹ Zie par. 1.2 voor de achtergronden

In de tabel is een aantal zaken te zien.

- Wanneer de drie niveaus van piekbeheersing worden vergeleken is te zien dat de piekbeheersing grote invloed heeft op de benodigde pompcapaciteit. Des te sterker de pieken beheerst moeten worden, des te meer pompcapaciteit is nodig.
- In de loop der tijd neemt de benodigde pompcapaciteit toe. De belangrijkste oorzaak daarvan is de zeespiegelstijging, waardoor de spuimogelijkheden afnemen. Daarnaast speelt de toename van piekafvoeren van de IJssel en piek-regenintensiteit in de regio een rol en de grotere opvoerhoogte van water.
- Verdubbeling van de spuicapaciteit reduceert in 2075 de benodigde pompcapaciteit sterk. Het effect is het grootste bij sterke beheersing van de meerpeilpieken. Het effect van de verdubbeling van de spui neemt af in de tijd. In 2175 is slechts bij sterke beheersing van de meerpeilpieken nog enig effect te zien.
- Van 2075 tot 2125 neemt de hoeveelheid water die in een winterseizoen door de pompen wordt afgevoerd toe. De totale waterafvoer in het winterseizoen is ca. 13 miljard m³, zodat bij 115 cm zeespiegelstijging er dus niet of nauwelijks meer water wordt afgevoerd door de spuisluizen. Opvallend is vervolgens dat in de periode 2125-2175 de benodigde pompcapaciteit toch nog toeneemt. Dit komt doordat de spui na 2125 nauwelijks meer een rol speelt in de totale waterafvoer, maar wel op de momenten dat het IJsselmeerpeil hoge pieken bereikt. Spui houdt dan nog een soort "overloopfunctie". Door het incidentele karakter daarvan gaat het echter maar om een gering percentage van de totale waterafvoer.

Tabel 3.1 Invloed van klimaatverandering en zeespiegelstijging op de benodigde pompcapaciteit en op de hoeveelheid water die door pompen per winterseizoen wordt afgevoerd. Uitgerekend bij drie niveaus van beheersing van de meerpeilpieken en twee verschillende spuicapaciteiten (zie toelichting in de tekst). De beleidskeuze voor gematigde piekbeheersing is rood gemarkeerd.

Piek-beheersing	Spui-cap.	2075, 55 cm ZSS		2125, 115 cm ZSS		2175, 175 cm ZSS	
		Pomp-capaciteit [m ³ /sec]	Verpompt water [*10 ⁹ m ³]	Pomp-capaciteit [m ³ /sec]	Verpompt water [*10 ⁹ m ³]	Pomp-capaciteit [m ³ /sec]	Verpompt water [*10 ⁹ m ³]
Sterk	100%	1400	10	2500	13	3200	13
	200%	500	6	2200	13	3100	13
Gematigd	100%	1200	10	1900	13	2100	13
	200%	800	7	1800	12	2100	13
Beperkt	100%	800	9	1000	12	1200	12
	200%	500	6	1000	12	1200	12

3.2 Benodigde pompcapaciteit

Vraag 6: Wat betekent zeespiegelstijging voor de benodigde pompcapaciteit om de gekozen peilstrategie te handhaven?

Vraag 7: Wat betekent sterke zeespiegelstijging voor de karakteristieken van de benodigde pompen?

- De benodigde afvoercapaciteit door pompen stijgt tot ca. 1 m zeespiegelstijging. Daarna is niet meer afvoercapaciteit nodig. Door toename van de opvoerhoogte blijft de nominale pompcapaciteit nog wel stijgen met de zeespiegelstijging (bij gebruik making van identieke pompen).
- De uiteindelijk benodigde pompcapaciteit is zeer groot: bij gematigde beheersing van de meerpeilpieken ruim 2000 m³/sec. Het tot nu toe grootste gemaal van Nederland (IJmuiden) heeft een capaciteit van 260 m³/sec. De enorme capaciteit vraagt een gedegen analyse van zaken als energievoorziening, faalkansbeheersing, pomplocaties en toe- en afvoerroutes van het water.
- De gekozen mate van beheersing van de meerpeilpieken heeft grote invloed op zowel de benodigde pompcapaciteit als op de tijd dat de pompen (gemiddeld) moeten draaien. Beperking van de piekbeheersing betekent dat minder pompcapaciteit nodig is, maar doordat de pompen meer uren moeten maken wordt de planning van beheer en onderhoud lastiger. Omdat het uitvallen van een of enkele pompen meer effect heeft naarmate het totale aantal pompen kleiner is vraagt het ook extra aandacht voor faalkansbeheersing.
- Toename van de gemiddelde opvoerhoogte tot 5 meter is technisch geen probleem, maar er moet natuurlijk bij de keuze van de pompen en de manier waarop die geplaatst worden wel rekening mee gehouden worden.

In Tabel 3.1 werd al zichtbaar hoe enorm veel pompcapaciteit nodig is om peilstijging in het IJsselmeer te voorkomen. Tabel 3.2 komt voor een groot deel overeen met Tabel 3.1, maar in plaats van de hoeveelheid water die verpompt wordt is nu aangegeven welk deel van de tijd de pompen in het winterseizoen moeten draaien om de meerpeilpieken op de gewenste manier te beheersen.

Zoals al aan de orde is geweest in paragraaf 3.1 neemt de benodigde pompcapaciteit toe in de loop der tijd. Hiervoor zijn drie oorzaken aan te geven:

1. Zeespiegelstijging, waardoor de functionaliteit van de spuisluizen afneemt.
2. Klimaatverandering, leidend tot hogere pieken in de waterafvoer (rivierafvoer en neerslag).
3. Een groter gemiddeld peilverschil tussen IJsselmeer en Waddenzee.

Het laatste punt vraagt een korte toelichting. Er is in ISWP gerekend met pompen met een capaciteit van 50 m³/sec. Dit is de nominale capaciteit: de hoeveelheid water die bij een beperkt peilverschil kan worden afgevoerd. De berekende pompcapaciteiten betreffen de nominale pompcapaciteit. De daadwerkelijke capaciteit neemt af bij een toename van de opvoerhoogte. In de berekeningen is uitgegaan van ca. 9% afname van de pompcapaciteit per meter stijging van de opvoerhoogte. Bij andere pomptypes kan deze afname groter of kleiner zijn.

De tabel laat zien dat voor een sterkere beheersing van de meerpeilpieken een grotere pompcapaciteit nodig is. Daar staat echter tegenover dat de pompen gemiddeld minder lang hoeven te draaien. Dit heeft uiteraard gevolgen voor de levensduur van

de pompen en voor de planning van beheer- en onderhoud. Daarnaast heeft het effect op de gevolgen van het uitvallen van een of enkele pompen.

Tabel 3.2 Invloed van klimaatverandering en zeespiegelstijging op de benodigde pompcapaciteit en op het percentage van de tijd dat pompen in de winter moeten draaien. Uitgerekend bij drie niveaus van beheersing van de meerpeilpieken en twee verschillende spuicapaciteiten (zie toelichting in de tekst). De beleidskeuze voor gematigde piekbeheersing is rood gemarkeerd.

		2075, 55 cm ZSS		2125, 115 cm ZSS		2175, 175 cm ZSS	
Piek-beheersing	Spuicap.	Pompcapaciteit [m ³ /sec]	Pompduur winter	Pompcapaciteit [m ³ /sec]	Pompduur winter	Pompcapaciteit [m ³ /sec]	Pompduur winter
Sterk	100%	1400	46%	2500	34%	3200	29%
	200%	500	72%	2200	39%	3100	30%
Gematigd	100%	1200	52%	1900	45%	2100	44%
	200%	800	56%	1800	47%	2100	44%
Beperkt	100%	800	71%	1000	78%	1200	70%
	200%	500	72%	1000	76%	1200	70%

Toename van de gemiddelde opvoerhoogte tot 5 meter is technisch geen probleem. Natuurlijk moet bij de keuze van de pompen en hun plaatsing rekening gehouden worden met het te overbruggen peilverschil. Toename van de opvoerhoogte betekent een afname van de capaciteit van pompen en toename van het energieverbruik per m³ verpompt water. Ook daarmee moet rekening worden gehouden bij het ontwerp van gemalen.

3.3 Pompen en de meerpeilstatistiek

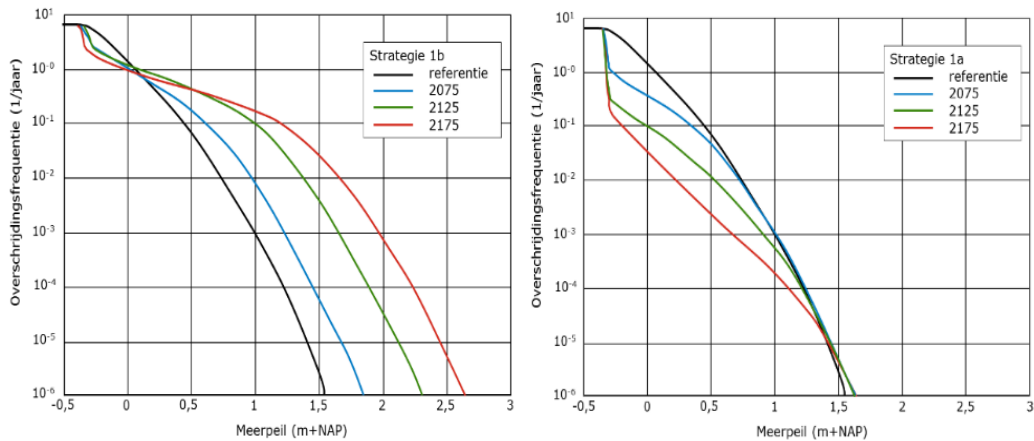
Vraag 8: Wat betekent de toenemende rol van pompen in de waterafvoer voor de meerpeilstatistiek (en daarmee belasting van keringen en de versterkingsopgave) in het IJsselmeergebied?

- Met een toenemende rol van pompen in de waterafvoer verandert voor het IJsselmeer de overschrijdingsfrequentie van meerpeilen. (De meerpeilfrequentielijn, waarin de overschrijdingsfrequentie is afgezet tegen het meerpeil, verandert van vorm).
- Vanaf het moment dat spui geen enkele invloed meer heeft op de meerpeilstatistiek (dat moment ligt bij ongeveer 2 m zeespiegelstijging) verandert de frequentielijn niet verder door de zeespiegelstijging.
- Bij de beleidskeuze voor gematigde beheersing van de meerpeilpieken betekent het dat de pieken met een overschrijdingsfrequentie van 1:10 per jaar of meer in hoogte wat afnemen en die met een overschrijdingsfrequentie van minder dan 1:10 per jaar in hoogte afnemen (zie Figuur 3.2). Bij een overschrijdingsfrequentie van 1:100 per jaar is de toename uiteindelijk 50 cm.
- Bij de toetsing en het ontwerp van keringen moet met de veranderingen in de meerpeilstatistiek rekening gehouden worden.
- Doordat het Markermeer onder vrij verval afwatert op het IJsselmeer werken veranderingen in meerpeilstatistiek van het IJsselmeer door in het Markermeer en hierdoor gelden de voorgaande conclusies ook voor het Markermeer.

Het wateroverschot van het IJsselmeer wordt via de spuisluizen in de Afsluitdijk afgevoerd naar de Waddenzee. Spuien is alleen mogelijk als de waterstand aan de binnenkant van de spuisluizen hoger is dan aan de buitenkant. Dit betekent dat niet gespuid kan worden als het vloed is, maar ook niet als de wind (westen- tot noordenwind) het water van de Waddenzee opstuwt tegen de Afsluitdijk. Als er langere tijd door noordwestenwind niet gespuid kan worden loopt het peil van het IJsselmeer op (behalve in periodes met veel verdamping en een lage IJsselafoer). Er ontstaat een piek in het meerpeil. Als de wind wegvalt kan er weer gespuid worden. De snelheid waarmee het water kan worden gespuid is afhankelijk van het verschil in waterstand binnen en buiten de spuisluizen: des te hoger de piek in het meerpeil, des te groter zal het debiet door de spuisluizen zijn. Er is zo sprake van een soort "natuurlijke compensatie" voor de tijd dat er niet gespuid kon worden.

Met pompen kun je ook water afvoeren als de waterstand buiten de dijk hoger is dan binnen de dijk. Ook met pompen ontstaan echter meerpeilpieken, omdat het niet realistisch is om zoveel pompcapaciteit te installeren dat die gelijk is aan de piekafvoer van de IJssel en Vecht. Doordat wel doorgepompt kan worden, kan de piek wel worden afgeaf. Daar staat tegenover dat het wel langer duurt voordat de volledige piek weer is afgebouwd. Het debiet van de pompen wordt namelijk veel minder beïnvloed door het peilverschil dan het debiet door spuisluizen. Dit betekent dat de meerpeilstatistiek verandert naarmate pompen een grotere rol gaan spelen in de waterafvoer.

Figuur 3.1 (links) geeft weer wat er gebeurt als er relatief beperkte pompcapaciteit wordt geïnstalleerd, in aanvulling op de spuisluizen. De zwarte lijn geeft de overschrijdingsfrequentie van het winterpeil van het IJsselmeer weer in de huidige situatie. De gekleurde lijnen geven toekomstige situaties weer. De ligging daarvan wordt vooral bepaald door zeespiegelstijging (waardoor minder gespuid kan worden) en de beschikbare pompcapaciteit (die steeds wordt aangepast aan de zeespiegelstijging). Te zien is dat de meerpeilpieken met een overschrijdingsfrequentie kleiner dan eenmaal per jaar in hoogte toenemen. De toename is het sterkst voor de extremere (minder frequent voorkomende) pieken.

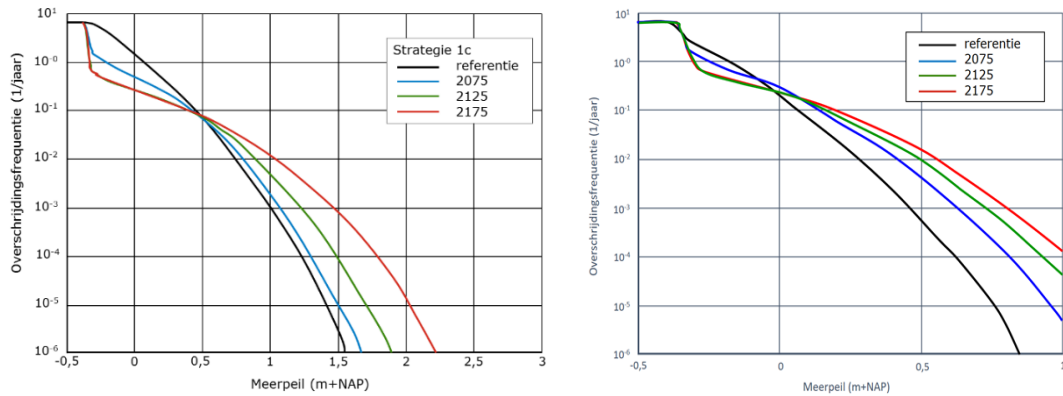


Figuur 3.1 Ontwikkeling van de statistiek van het winterpeil van het IJsselmeer als bij zeespiegelstijging pompen geleidelijk de rol van waterafvoer door spuien overnemen. Links: beperkte pompcapaciteit, rechts: hoge pompcapaciteit.

Figuur 3.1 (rechts) geeft weer wat er gebeurt als er gekozen wordt voor een veel grotere pompcapaciteit. In dat geval nemen alle meerpeilpieken af. De pompcapaciteit is namelijk voldoende om piekafvoeren van de IJssel vrijwel direct af te voeren. De afname is het sterkst voor de frequent optredende pieken.

In de berekeningen is de geïnstalleerde pompcapaciteit afgeleid uit de invloed op de frequentielijnen. Bij lage pompcapaciteit is de capaciteit steeds zodanig gekozen dat pieken die jaarlijks voorkomen (overschrijdingskans $10^0/\text{jr}$) gelijk worden gehouden. Bij de hoge pompcapaciteit is de capaciteit voldoende om zelfs extreem zeldzame pieken (overschrijdingskans $10^{-5}/\text{jr}$) niet te laten toenemen.

De figuren laten zien dat de pompcapaciteit sterk bepalend is voor de toekomstige meerpeilstatistiek, maar ook dat het onvermijdelijk is dat die statistiek verandert ten opzichte van de huidige situatie. Op grond van de analyses in ISWP is beleidsmatig gekozen voor een middenweg: gematigde beheersing van de meerpeilpieken (vastgelegd in het NWP). Die middenweg betekent dat de pompcapaciteit in de toekomst steeds zodanig wordt aangepast aan de zeespiegelstijging dat meerpeilpieken met een overschrijdingsfrequentie van $10^{-1}/\text{jr}$ gelijk worden gehouden. Figuur 3.2 (links) geeft de resulterende frequentielijnen van het winterpeil van het IJsselmeer weer. De beleidskeuze betekent dat de veel voorkomende pieken gelijk blijven of afnemen, maar dat de extreme pieken in hoogte toenemen.



Figuur 3.2 Ontwikkeling van de statistiek van het winterpeil van het IJsselmeer als bij zeespiegelstijging pompen geleidelijk de rol van waterafvoer door spuien overnemen bij de beleidsmatig gekozen uitgangspunten voor de pompcapaciteit (links) en doorwerking daarvan in de meerpeilstatistiek van het Markermeer (rechts).

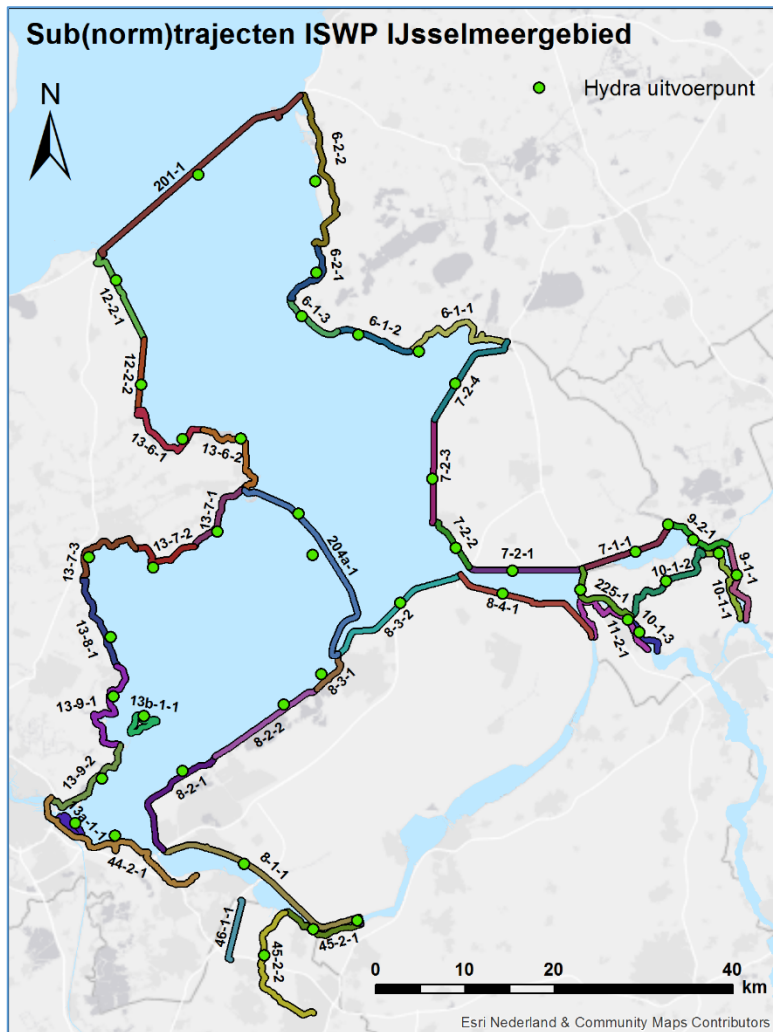
Bij spuien onder vrij verval werkt de verandering van de meerpeilstatistiek van het IJsselmeer door in het Markermeer. In Figuur 3.2 (rechts) is de frequentielijn van het meerpeil van het Markermeer opgenomen (let daarbij op het verschil tussen de x-assen van de grafieken). Bij het Markermeer ligt de overgang tussen afname en toename van de meerpeilpieken net op een andere plek, namelijk tussen de 1:8 en 1:9 per jaar in plaats van 1:10 per jaar. Dit heeft nauwelijks praktische betekenis. Verder is te zien dat de meerpeilpieken van het Markermeer lager zijn dan die van het IJsselmeer, maar ook dat de toename van de meerpeilpieken minder is. Zo is de toename bij een overschrijdingsfrequentie van 1:1000 50 cm in het IJsselmeer en 35 cm in het Markermeer. Dit is in de eerste plaats een gevolg van de kleinere aanvoer van water naar het Markermeer (in het IJsselmeer monden IJssel en Vecht uit), waardoor het peil minder snel stijgt in periodes dat er niet gespuid kan worden. Daarnaast speelt een rol dat bij veelvoorkomende windrichtingen het Markermeer opwaait tegen de Houtribdijk, terwijl er aan de IJsselmeerzijde juist afwaaiing plaatsvindt. Hierdoor kan er soms nog gespuid worden op momenten dat het gemiddeld Markermeerpeil lager ligt dan het IJsselmeerpeil.

Bij de gekozen strategie van gematigde beheersing van de meerpeilpieken verandert er relatief weinig aan de meerpeildynamiek. Ook beperkte veranderingen werken echter door in de dijkbelastingen die kunnen optreden. Bij de toetsing en het ontwerp van dijken moet dus rekening worden gehouden met de veranderingen in peildynamiek die het gevolg zijn van de toenemend rol van pompen in de waterafvoer. De concrete gevolgen voor dijkversterkingen zijn sterk locatieafhankelijk.

4 Kennisvragen rond mogelijke aanpassingen in de strategie

In dit hoofdstuk komen de vragen aan de orde die te maken hebben met de effecten van eventuele aanpassingen in de strategie voor het IJsselmeergebied. Het gaat om aanpassingen op het gebied van veiligheid en waterafvoer. De aanpassingen die aan de orde komen zijn achtereenvolgens peilstijging, beperking van de beheersing van meerpeilpieken en veranderingen in de wateraanvoer naar het IJsselmeergebied. Iedere paragraaf begint met beantwoording van een of enkele kennisvragen, waarna vervolgens de onderbouwing van het antwoord volgt.

In ISWP is het effect van peilstijging en beheersing van de meerpeilpieken op de benodigde dijkversterkingen geanalyseerd. Daarbij is gekeken naar de dijktrajecten die zijn weergegeven in Figuur 4.1. Naast de dijken rond de meren zijn het ook de dijken rond de benedenlopen van IJssel en Vecht. Het effect van het IJsselmeerpeil op de rivierdijken neemt stroomopwaarts geleidelijk af. In de ISWP analyses is de lengte van de rivierdijktrajecten beperkt gehouden tot het gebied waar in ieder geval een sterk effect van het IJsselmeerpeil aanwezig is, maar dit betekent dus niet dat er meer stroomopwaarts geen effecten zijn. Er geldt bovendien dat de effecten verder stroomopwaarts doorwerken naarmate een peilstijging of toename van de meerpeilpieken groter zijn. Omdat in ISWP de begrenzing voor alle geanalyseerde varianten gelijk is gehouden betekent dit dat de effecten van grotere peilstijgingen en sterke toename van de meerpeilpieken op de totaal benodigde dijkversterkingen wat onderschat kunnen zijn ten opzichte van gelijk houden van het meerpeil en de meerpeildynamiek.



Figuur 4.1 Dijktrajecten waarvoor dijkbelastingen en versterkingsopgaven zijn berekend. De berekeningen zijn gebaseerd op één locatie per dijktraject, die met een stip is aangegeven.

4.1 Peilverhoging

Vraag 10: Wat betekent verhoging van het gemiddeld winterpeil voor de belasting (en daarmee de versterkingsopgave) van de keringen?

- Verhoging van het gemiddeld winterpeil leidt ook tot een verhoging van de meerpeilpieken. De dijkbelastingen nemen daardoor toe. Omdat de dijkbelasting niet alleen wordt bepaald door het meerpeil maar ook door de effecten van wind en het bodemprofiel in de oeverzone (opwaaiing en golven) lopen de effecten sterk uiteen van locatie tot locatie.
- Een hogere dijkbelasting maakt extra dijkversterkingen nodig. Het gaat om dijkverhogingen, maatregelen om kwel te beperken, maatregelen om de dijkstabiliteit te vergroten en aanpassing van de dijkbekleding. Daarnaast meten de kunstwerken in de dijken versterkt worden. Om een globaal totaalbeeld over het hele gebied te krijgen vormen de totale kosten van de maatregelen een goede indicator.
- De extra kosten voor een dijkversterking voor het IJsselmeer (en de wateren in open verbinding daarmee) bedragen 0,9 miljard euro voor een stijging van het gemiddeld winterpeil met 30 cm en 1,8 miljard euro voor een stijging van 60 cm. Deze bedragen geven aan dat peilstijging leidt tot een forse extra opgave. Deze opgave is echter kleiner dan de opgave om de keringen bij gelijkblijvend gemiddeld winterpeil te laten voldoen aan de normen (3 miljard euro).
- Peilstijging op het IJsselmeer werkt door in het Markermeer, zolang het water daarvan via spuien onder vrij verval naar het IJsselmeer wordt afgevoerd. Het effect op gemiddeld winterpeil en meerpeilpieken is daarbij kleiner dan op het IJsselmeer zelf. Hierdoor zal voor het Markermeer in nog sterkere mate dan voor het IJsselmeer gelden dat de extra versterkingsopgave als gevolg van 30 cm peilstijging (in het IJsselmeer) klein is vergeleken bij de opgave die er ligt om te garanderen dat aan de norm wordt voldaan.

Vraag 11: Wat betekent verhoging van het gemiddeld winterpeil voor de benodigde pompcapaciteit?

- Onbeperkte meegroeien van het gemiddeld winterpeil met de zee zou betekenen dat er in de toekomst geen pompen nodig zijn voor de waterafvoer. Een beperkte stijging van het gemiddeld winterpeil betekent slechts dat de groei van de benodigde pompcapaciteit langzamer gaat, maar dat uiteindelijk ongeveer dezelfde pompcapaciteit nodig is.

In het NWP is het uitgangspunt dat het gemiddeld winterpeil van het IJsselmeer en Markermeer gelijk zal worden gehouden, maar wordt een stijging van maximaal 30 cm als optie opengehouden. Dit is gedaan vanuit het besef dat de toekomstige ontwikkelingen erg onzeker zijn. Stijging van het gemiddeld winterpeil zou bijvoorbeeld wenselijk kunnen worden als de behoefte ontstaat om in het voorjaar een grotere zoetwaterbuffer te creëren en er geen zekerheid bestaat dat de aanvoer van de IJssel altijd voldoende is om in het voorjaar die buffer op te bouwen vanuit het huidige gemiddeld winterpeil. Maar ook zaken die nu nog niet in beeld zijn zouden aanleiding kunnen zijn om het gemiddeld winterpeil wat te laten stijgen.

Door het meerpeil te laten stijgen kan bij stijgende zeespiegel langer gebruik worden gemaakt van de mogelijkheden om te spuien onder vrij verval (zie ook paragraaf 3.2). Alleen als het IJsselmeerpeil onbeperkt zou blijven meestijgen met de zeespiegel zou dit betekenen dat er geen pompen nodig zijn op de Afsluitdijk. Als de meerpeilstijging beperkt blijft (bijvoorbeeld tot het nu vastgelegde maximum van

30 cm) betekent het alleen een vertraging in de opbouw van de benodigde pompcapaciteit, maar is uiteindelijk vrijwel dezelfde capaciteit nodig als bij handhaving van het huidige gemiddeld winterpeil.

In deze paragraaf komen peilverhoging in het IJsselmeer (4.1.1) en Markermeer (4.2.2) aan de orde, voor zover die geanalyseerd zijn in ISWP.

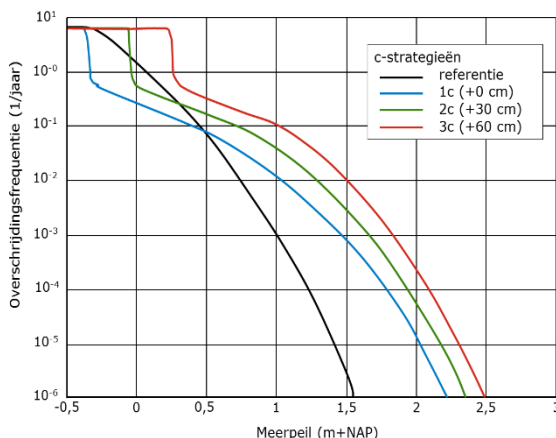
4.1.1 IJsselmeer

In ISWP is een analyse uitgevoerd van twee varianten waarin het gemiddeld winterpeil van het IJsselmeer stijgt:

1. Het gemiddeld winterpeil stijgt tussen 2050 en 2100 met 30 cm en blijft vervolgens gelijk.
2. Het gemiddeld winterpeil stijgt met 30 cm tussen 2050 en 2100 en vervolgens met nog eens 30 cm tussen 2100 en 2150 (totale stijging 60 cm).

Figuur 4.2 laat zien wat stijging van het gemiddeld IJsselmeerpeil betekent voor de frequentielijnen van het winterpeil in 2175. De berekeningen zijn gemaakt met de beleidsmatig gekozen gematigde beheersing van de meerpeilpieken (waarbij de hoogte van meerpeilpieken met een overschrijdingsfrequentie van 1:10 per jaar gelijk wordt gehouden t.o.v. het gemiddeld winterpeil).

In de grafiek is te zien dat de frequent optredende peilpieken evenveel stijgen als het gemiddeld winterpeil (dus: 30 of 60 cm). De extremere pieken stijgen iets minder. Dit komt omdat gerekend is met blijvende aanwezigheid van spuisluizen en een zeespiegelstijging in 2175 van 175 cm. Bij hoge pieken kan er in die situatie soms nog gespuid worden. Bij verdere zee­stijging of het afsluiten van de spuisluizen zullen ook de extremere meerpeilpieken ongeveer evenveel stijgen als het gemiddeld winterpeil.



Figuur 4.2 Frequentielijnen van het winterpeil van het IJsselmeer in 2175 bij stijging van het gemiddeld winterpeil van 0, 30 en 60 cm, bij gematigde beheersing van de meerpeilpieken.

De stijging van het winterpeil werkt door in de lokale waterstanden en de hydraulische belasting van de dijken. De doorwerking verschilt echter sterk van locatie tot locatie. De verschillen worden bepaald door de strijklengte van de wind over het water bij de overheersende windrichtingen, de expositie van de dijk en het profiel van de oeverzone en het dijklichaam.

Hogere belasting van keringen betekent een grotere versterkingsopgave voor de primaire keringen. De versterkingsopgave verschilt nog sterker van locatie tot locatie dan de hydraulische belasting, omdat nu ook nog eigenschappen van het dijklichaam en de ondergrond meespelen. In ISWP is gerekend met drie versterkingsmomenten: 2025, 2075 en 2125. Tabel 4.1 geeft een overzicht van de totale versterkingsopgave over deze drie momenten, gemiddeld over het IJsselmeer (en de wateren die daarmee in open verbinding staan) en de kosten die daarmee gemoeid zijn. De gemiddelde versterkingsopgaven zeggen niet veel, vanwege de enorme verschillen tussen locaties¹. Het is echter wel interessant om te kijken naar het effect van de peilstijging op de opgaven en kosten.

Uit de tabel blijkt dat er bij gelijk houden van het gemiddeld winterpeil al een forse versterkingsopgave ligt. Deze wordt vooral veroorzaakt door de nieuwe normering, waaraan in 2050 moet worden voldaan. Op veel plaatsen voldoen de primaire keringen nog niet aan deze norm. Daarnaast speelt de bodemdaling die in de loop der tijd plaatsvindt nog een beperkte rol. Peilstijging leidt daarbovenop tot een extra versterkingsopgave. De extra peilopgave voor 30 cm peilstijging (de ruimte die het huidige beleid biedt) is met 0,9 miljard echter beduidend kleiner dan de opgave die er bij gelijk blijvend winterpeil al ligt (3,0 miljard).

Stijging van het gemiddeld winterpeil leidt tot lagere kosten voor waterafvoer, omdat er in een lager tempo pompen hoeven te worden geïnstalleerd. In ISWP is berekend dat de kostenbesparing op waterafvoer en de extra kosten voor versterking van de keringen ruwweg gelijk zijn.

	+ 0 cm	+ 30 cm	+ 60 cm
Benodigde dijkverhoging	0,40 m	0,56 m	0,79 m
Benodigde verbreding van de dijkvoet om dijkstabiliteit te verbeteren.	2,5 m	3,1 m	3,9 m
Benodigde verbreding van de dijkvoet om piping te voorkomen.	23 m	29 m	33 m
Kosten versterking primaire keringen (inclusief kunstwerken)	3,0 miljard €	3,9 miljard €	4,8 miljard €

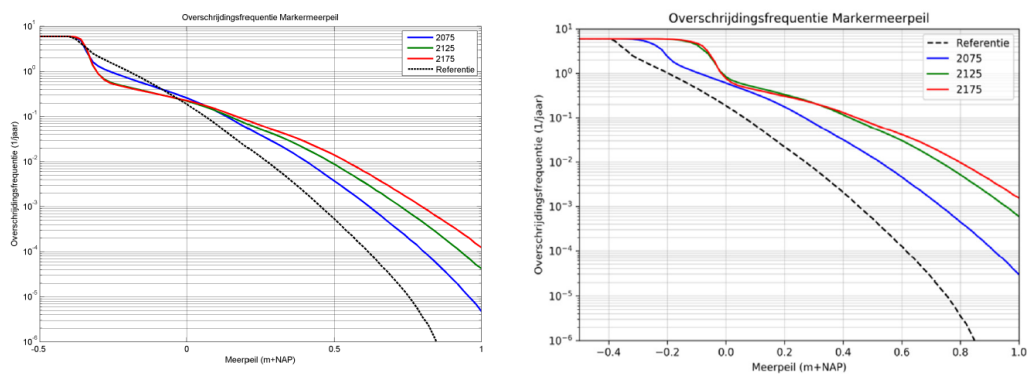
Tabel 4.1 Gemiddelde versterkingsopgave primaire keringen rond het IJsselmeer (en de daarmee in open verbinding staande wateren) en daaraan verbonden kosten bij 0, 30 en 60 cm stijging van het gemiddeld winterpeil.

4.1.2 Markermeer

In ISWP is er vanuit gegaan dat stijging van het gemiddeld winter van het Markermeer geen op zichzelf staand doel is, maar een afgeleide van de eventuele stijging van het peil van het IJsselmeer. Er is daarom niet gerekend met een vaste peilstijging, maar met de doorwerking van peilstijging op het IJsselmeer in het Markermeer (wanneer geen pompen worden ingezet om het Markermeer op peil te houden).

¹ In de ISWP resultaten zijn gegevens beschikbaar over belasting, versterkingsopgave en versterkingskosten per dijkvak. Hier wordt alleen een samenvatting gegeven.

Figuur 4.3 laat zien wat er met de frequentielijn van het Markermeerpeil gebeurt wanneer het Markermeer blijft spuien onder vrij verval en de pieken van het IJsselmeer gematigd worden beheerst (de beleidskeuze: zie paragraaf 1.3). De grafiek links toont de situatie bij gelijk houden van het gemiddeld winterpeil van het IJsselmeer. Duidelijk is te zien hoe het hoger worden van de IJsselmeerpieken met een overschrijdingsfrequentie kleiner dan 1:10 per jaar doorwerkt in het Markermeer. De grafiek rechts toont wat er gebeurt als het gemiddeld winterpeil van het IJsselmeer daarbij 30 cm stijgt. Het gemiddelde winterpeil van het Markermeer stijgt van NAP -0,35m tot NAP -0,12m (22 cm stijging). De pieken nemen ook toe, maar minder dan de stijging van het gemiddeld winterpeil.



Figuur 4.3 Effect van gematigde beheersing van de meerpeilpieken in het IJsselmeer op de frequentielijnen van het Markermeerpeil. Links bij gelijkblijvend gemiddeld winterpeil van het IJsselmeerpeil, rechts bij 30 cm stijging daarvan.

Er is in ISWP geen analyse gemaakt van de dijkversterkingsopgave rond het Markermeer (en de meren die daarmee in open verbinding staan) bij de twee varianten die in figuur 3.2 zijn weergegeven. De figuur maakt echter duidelijk dat 30 cm peilstijging op het IJsselmeer doorwerkt in het Markermeer, maar dat het effect op gemiddeld winterpeil en meerpeilpieken kleiner is dan op het IJsselmeer. Hierdoor zal voor het Markermeer in nog sterkere mate dan voor het IJsselmeer gelden dat de extra versterkingsopgave als gevolg van 30 cm peilstijging (IJsselmeer) klein is vergeleken bij de opgave die er ligt om te garanderen dat aan de norm wordt voldaan. Het is ook mogelijk om, met behulp van pompen op de Houtribdijk, peilstijging op het Markermeer te voorkomen. Omdat in het Markermeer geen grote rivier uitmondt is de benodigde pompcapaciteit niet vergelijkbaar met de capaciteit die op de Afsluitdijk nodig is. Op lange termijn voldoet een capaciteit van 150 m³/s.

4.2 Minder beheersen van de meerpeilpieken

Vraag 13: Wat betekent minder beheersen van de meerpeilpieken voor de benodigde pompcapaciteit?

- Door de meerpeilpieken minder sterk te beheersen is minder pompcapaciteit nodig op de Afsluitdijk. Op langere termijn gaat het om een reductie van ruim 40% van de capaciteit die nodig is om de in het beleid gekozen gematigde beheersing van de meerpeilpieken te realiseren (1200 m³/s in plaats van 2100 m³/s).

Vraag 14: Wat betekent minder beheersen van de meerpeilpieken voor de meerpeilstatistiek en hoe werkt dat door in de belasting van de keringen en de versterkingsopgave?

- De pieken in het IJsselmeerpeil zullen sterk toenemen. Zo neemt op langere termijn het peil dat gemiddeld eens per 100 jaar wordt overschreden toe van NAP +1,00m tot NAP +1,65m. Door de hogere pieken neemt de belasting van de keringen toe, waarbij er grote verschillen tussen locaties zijn. De gemiddelde extra versterkingsopgave die daaruit voortvloeit ligt in dezelfde orde van grootte als de extra versterkingsopgave van 60 cm stijging van het gemiddeld winterpeil. De extra opgave leidt tot 1,9 miljard euro extra kosten, wat minder is dan de 3 miljard euro die het kost om de dijken bij gematigde piekbeheersing aan de norm te laten voldoen.

4.2.1 Benodigde pompcapaciteit en meerpeilstatistiek

In paragraaf 2.2 is uitgebreid ingegaan op de in de toekomst benodigde pompcapaciteit op de Afsluitdijk. De benodigde capaciteit neemt toe met zeespiegelstijging en klimaatverandering en is daarbij sterk afhankelijk van de mate waarin de meerpeilpieken beheerst moeten worden. De op lange termijn benodigde capaciteit is 3200 m³/s voor sterke beheersing van de meerpeilpieken, 2100 m³/s voor de gematigde beheersing, waarvoor in het beleid gekozen is en 1200 m³/s voor beperkte beheersing van de meerpeilpieken (zie Tabel 2.2). Door de meerpeilpieken minder te beheersen kan de benodigde pompcapaciteit dus sterk worden verminderd. Daar staat tegenover dat de pompen veel meer draaiuren moeten maken (zie Tabel 3.2).

De figuren 3.1 en 3.2 laten de frequentielijnen van het peil van IJsselmeer zien bij verschillende intensiteiten van piekbeheersing. Het effect van de gekozen strategie (en de daarvoor ingezette pompcapaciteit) is groot. Zo is het meerpeil dat gemiddeld eenmaal per 100 jaar wordt overschreden in 2175 ca. NAP +1,00m bij de gekozen gematigde piekbeheersing (Figuur 3.2 links) en ca. NAP +1,65m bij beperkte piekbeheersing (Figuur 3.1 links). Deze verschillen hebben gevolgen voor de waterkeringen (zie 4.2.2) en voor gebruiksfuncties van het gebied (zie hoofdstuk 5). Voor wat betreft de kosten geldt dat de besparingen op de pompen bij beperkte piekbeheersing (investeringen, beheer, onderhoud) ruwweg gelijk zijn aan de extra kosten die gemaakt moeten worden voor versterking van de keringen¹. Er zijn geen kosten geanalyseerd van de effecten van hogere meerpeilpieken op andere functies.

4.2.2 Versterking primaire keringen

Tabel 4.2 geeft een samenvattend overzicht van het effect van het meer of minder beheersen van de meerpeilpieken op de versterkingsopgave van dijken rond het IJsselmeer en kunstwerken daarin en de kosten daarvan. Uit de tabel blijkt dat het kie-

¹ Het gaat om de kosten voor dijkversterkingen rond het IJsselmeer en de daarmee in open verbinding staande wateren. In de kostenberekeningen is gekozen voor varianten waarbij er pompen op de Houtribdijk komen, waardoor het Markermeerpeil niet beïnvloed wordt door de pieken in het IJsselmeerpeil.

zen voor beperkte beheersing van de meerpeilpieken (in plaats van gematigde beheersing) leidt tot een forse extra versterkingsopgave, ruwweg vergelijkbaar met de extra opgave die voortvloeit uit een stijging van het gemiddeld winterpeil met 60 cm (vergelijk met Tabel 4.1). Deze kosten zijn exclusief de kosten die voor het Markermeer gemaakt moeten worden: de kosten voor doorwerking van de pieken in de Markermeerpeilen, óf de kosten voor pompen op de Houtribdijk om dit te voorkomen. Ook hier geldt dat de gemiddelde waarden weinig zeggen over lokale opgaven. Zowel de dijkbelasting als de eigenschappen van de dijk lopen sterk uiteen van locatie tot locatie.

Piekbeheersing:	Sterk 1a	Gematigd 1c	Beperkt 1b
Benodigde dijkverhoging	0,30 m	0,40 m	0,72 m
Benodigde verbreding van de dijkvoet om dijkstabiliteit te verbeteren.	2,2 m	2,5 m	4,1 m
Benodigde verbreding van de dijkvoet om piping te voorkomen.	16 m	23 m	37 m
Kosten versterking primaire keringen (inclusief kunstwerken)	1,8 miljard €	3,0 miljard €	4,9 miljard €

Tabel 4.2 Gemiddelde versterkingsopgave primaire keringen rond het IJsselmeer (en de daarmee in open verbinding staande wateren) en daaraan verbonden kosten bij 0, 30 en 60 cm stijging van het gemiddeld winterpeil.

4.3 Aanpassing wateraanvoer

Vraag 17: Hoe werken veranderingen in de wateraanvoer door in meerpeilstatistiek, belasting van de keringen en versterkingsopgave?

- Meer waterafvoer uit de regio en/of de IJssel betekent dat de effecten van het gekozen niveau van piekbeheersing groter worden. Vooral toename van de piekafvoer van de IJssel kan grote effecten hebben voor het IJsselmeergebied, omdat de IJsselafvoer verreweg de grootste aanvoerpost van water is. Bij beperkte piekbeheersing nemen alle meerpeilpieken (en daarmee de dijkbelasting) toe, bij sterke piekbeheersing nemen alle meerpeilpieken (en daarmee de dijkbelasting) in hoogte af. Daarvoor moet echter wel extra pompcapaciteit op de Afsluitdijk worden gerealiseerd. Bij gematigde beheersing van de meerpeilpieken nemen de frequent optredende pieken iets verder af en de extremere pieken juist iets in hoogte toe. Daarnaast is extra pompcapaciteit op de Afsluitdijk nodig (maar minder dan bij sterke piekbeheersing). Wat dit betekent voor de dijkbelasting en versterkingsopgave is sterk locatieafhankelijk.

Vraag 18: Wat betekent aftoppen van de piekafvoer van de IJssel voor de meerpeilstatistiek en hoe werkt dat door in de belasting van de keringen en de versterkingsopgave?

- Aftoppen van de piekafvoer van de IJssel kan grote effecten hebben voor het IJsselmeergebied, omdat de IJsselafvoer verreweg de grootste aanvoerpost van water is. Afname van de IJsselafvoer betekent bij beperkte beheersing van de meerpeilpieken dat de meerpeilpieken minder zullen toenemen naarmate de rol van pompen in de waterafvoer groeit. De dijkbelasting neemt daardoor minder toe. Bij sterke piekbeheersing betekent het dat er minder pompcapaciteit op de Afsluitdijk nodig is. Gematigde piekbeheersing neemt een middenpositie in: er is zowel effect op de dijkbelasting als op de benodigde pompcapaciteit.

De wateraanvoer naar het IJsselmeergebied in pieksituaties kan wijzigen doordat er in de omliggende regio extra gemaalcapaciteit wordt gerealiseerd of doordat de afvoerverdeling bij hoogwater over de Rijntakken wordt aangepast.

4.3.1 Wateraanvoer uit de regio

Er zijn in ISWP wat verkennende berekeningen gedaan naar het effect van toename van de wateraanvoer door de realisatie van extra gemaalcapaciteit voor de afvoer uit de regio. Extra gemaalcapaciteit kan betekenen dat er meer water naar de meren wordt afgevoerd, maar ook dat (bij gelijkblijvend volume) de afvoer in pieksituaties toeneemt.

Er zijn in ISWP geen analyses uitgevoerd van het effect van extra gemaalcapaciteit. Op basis van de algemene kennis uit ISWP kan echter wel een algemeen beeld worden geschetst. Bij een sterke beheersing van de meerpeilpieken leidt extra gemaalcapaciteit in de regio er toe dat er op de Afsluitdijk extra pompcapaciteit moet worden bijgeplaatst om te voorkomen dat de meerpeilpieken toenemen. Deze extra capaciteit is gelijk aan de extra capaciteit die in de regio wordt bijgebouwd. Bij beperkte beheersing van de meerpeilpieken betekent de extra capaciteit in de regio dat de meerpeilpieken iets toenemen en daarmee de dijkbelasting en de toekomstige versterkingsopgave. Omdat eventuele extra capaciteit gering is in relatie tot de totale wateraanvoer naar het gebied zal het effect beperkt zijn. Gematigde piekbeheersing neemt een middenpositie in: zowel de benodigde pompcapaciteit als de dijkbelasting worden beïnvloed, maar in mindere mate als bij de twee extreme varianten van piekbeheersing.

4.3.2 Aanpassing piekafvoer IJssel

In de standaard berekeningen van ISWP is gerekend met de statistiek van de IJsselafvoer bij veranderende klimaatomstandigheden, maar gelijkblijvende verdeling van de rivierafvoer over de verschillende Rijntakken. Om gevoel te krijgen voor de gevolgen van aanpassingen in de IJsselafvoer zijn aanvullende berekeningen uitgevoerd waarbij bij piekafvoeren van de Rijn de afvoerverdeling is aangepast:

1. *Verlaging piekafvoer IJssel:* De IJsselafvoer wordt afvoer afgetopt op 1500 m³/s. Dit betekent dat er bij piekafvoeren meer water over Waal en/of Nederrijn moet worden afgevoerd.
2. *Verhoging piekafvoer IJssel:* De IJsselafvoer wordt bij afvoeren boven de 1500 m³/s aangepast zijn volgens de volgende formule:

$$Q_{\text{hoog}} = 1500 + 1,5 * (Q_{\text{standaard}} - 1500)$$
 Dit betekent dat afvoeren boven de 1500 m³/s worden verhoogd met de helft van de afvoerhoeveelheid boven de 1500 m³/s. In deze varianten hoeft er dus wat minder water via Waal en/of Nederrijn te worden afgevoerd.

De waarde van 1500 m³/s is zodanig gekozen dat daarmee de afvoer vaak genoeg wordt aangepast om ook significant door te werken in de meerpeilstatistiek. Hij is dus niet gebaseerd op beleidsvoornemens en is ook niet getoetst op praktische uitvoerbaarheid.

Benodigde pompcapaciteit en meerpeilstatistiek

Het effect van aanpassing van de piekafvoer van de IJssel op de benodigde pompcapaciteit op de Afsluitdijk en op de meerpeilstatistiek hangt af van de gekozen strategie voor het beheersen van de meerpeilpieken. Tabel 4.3 laat voor drie niveaus van piekbeheersing zien wat de gevolgen zijn voor de benodigde pompcapaciteit.

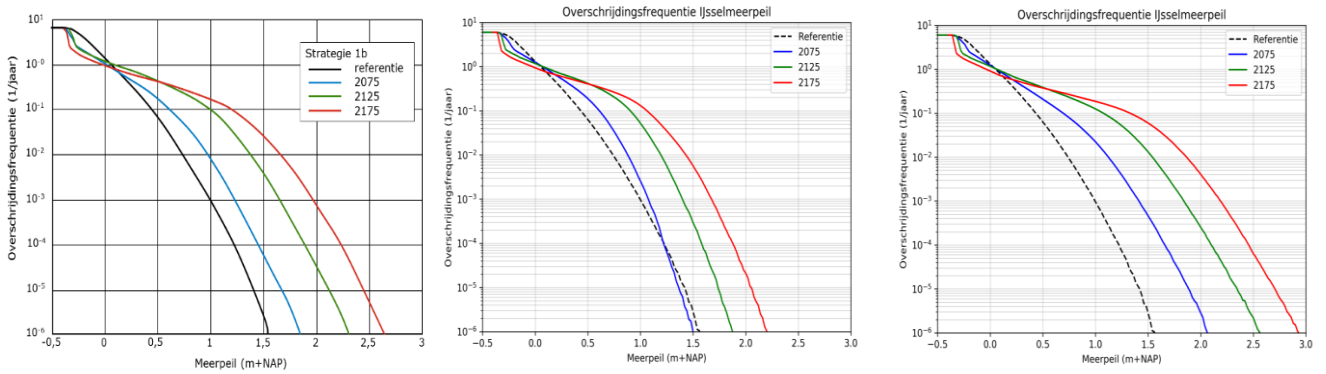
	Benodigde pompcapaciteit Afsluitdijk (m ³ /s)								
	2075			2125			2175		
Piek-afvoer IJssel:	Verlaagd	Standaard	Verhoogd	Verlaagd	Standaard	Verhoogd	Verlaagd	Standaard	Verhoogd
Piek-beheersing									
sterk	700	1300	1900	1600	2500	3100	2200	3200	3900
gematigd	1000	1100	1200	1700	1900	2100	1900	2100	2300
beperkt	700	700	700	1000	1000	1000	1200	1200	1200

Tabel 4.3 Benodigde pompcapaciteit op de Afsluitdijk voor drie peilstrategieën voor het IJsselmeer bij verhoogde, verlaagde en standaard berekende piekafvoeren van de IJssel. De pompcapaciteiten voor de Afsluitdijk zijn berekend bij handhaving van de huidige spuicapaciteit en een pompcapaciteit van 100 m³/s op de Houtribdijk in 2075 en 150 m³/s in 2125 en 2175.

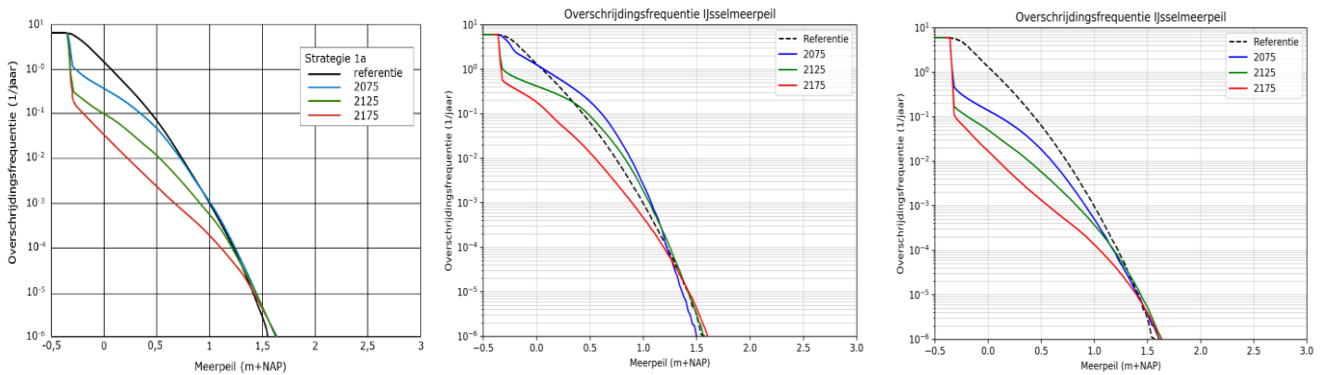
In de tabel is te zien dat de aanpassing van de piekaanvoer van de IJssel geen invloed heeft op de pompcapaciteit die nodig is voor beperkte piekbeheersing. Dit is logisch. Bij beperkte piekbeheersing worden alleen de zeer frequent optredende meerpeilpieken gelijk gehouden (overschrijdingsfrequentie eenmaal per jaar). De aanvoer van de IJssel wordt alleen aangepast in veel minder vaak voorkomende situaties. Aanpassing van de IJsselafvoer leidt bij deze vorm van piekbeheersing wel tot hogere of lagere meerpeilpieken in extremere situaties en beïnvloedt daarmee de dijkbelasting (zie Figuur 4.4a).

Bij sterke piekbeheersing heeft aanpassing van de IJsselafvoer grote invloed op de benodigde pompcapaciteit op de Afsluitdijk. Door de aanpassing van de pompcapaciteit aan de piekafvoer van de IJssel wordt voorkomen dat de extreme meerpeilpieken veranderen. De verandering in de pompcapaciteit hebben vervolgens wel invloed op de minder extreme (vaker voorkomende) meerpeilpieken. Doordat voor hogere piekafvoer van de IJssel een grotere pompcapaciteit nodig is leidt toename van de piekafvoer van de IJssel hier juist tot een afname in hoogte van de minder extreme meerpeilpieken en afname van de piekafvoer van de IJssel tot een toename in hoogte (zie Figuur 4.4b).

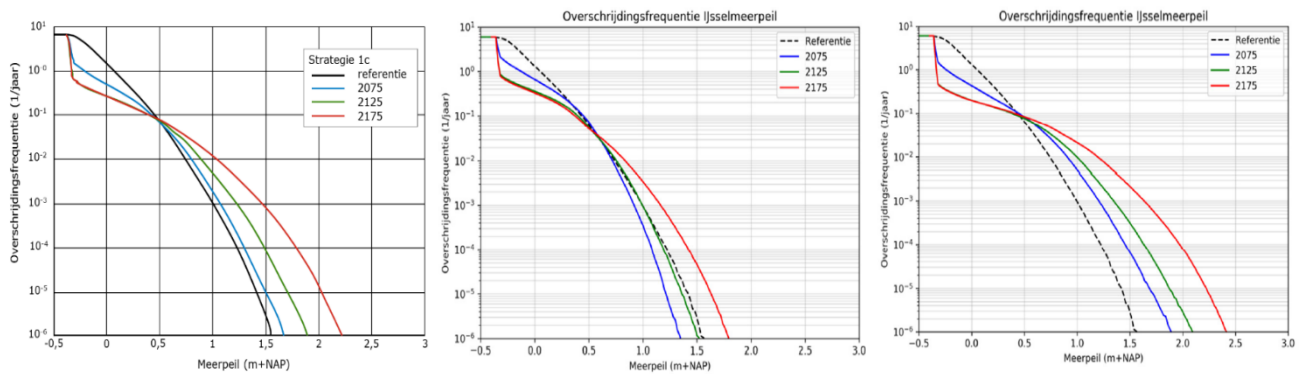
Gematigde beheersing van de meerpeilpieken neemt op al deze punten een middenpositie in: de benodigde pompcapaciteit, de hoogte van de extreme pieken én de hoogte van de frequent optredende pieken worden beïnvloed. (zie Figuur 4.4c).



Figuur 4.4a-Meerpeilstatistiek bij beperkte piekbeheersing bij (van links naar rechts) ongewijzigde, verlaagde en verhoogde piekafvoer van de IJssel.



Figuur 4.4b-Meerpeilstatistiek bij sterke piekbeheersing bij (van links naar rechts) ongewijzigde, verlaagde en verhoogde piekafvoer van de IJssel.



Figuur 4.4c-Meerpeilstatistiek bij gematigde piekbeheersing bij (van links naar rechts) ongewijzigde, verlaagde en verhoogde piekafvoer van de IJssel.

Dijkversterkingen

De veranderingen in de meerpeilstatistiek werken door in de dijkversterkingen die in de toekomst nodig zijn. Tabel 4.4 geeft hiervan een overzicht. Het gaat daarbij om de gemiddelde opgave: de versterkingsopgave loopt echter sterk uiteen van locatie tot locatie. Er zijn in ISWP alleen berekeningen uitgevoerd voor situaties met beperkte en sterke piekbeheersing, niet voor de (beleidsmatig gekozen) variant van gematigde piekbeheersing. Uit de ISWP ervaringen is echter bekend dat de opgave bij gematigde piekbeheersing ongeveer midden tussen de opgave bij beperkte en sterke piekbeheersing zal liggen.

Waar verandering van de piekafvoer van de IJssel bij sterke piekbeheersing grote invloed kan hebben op de benodigde pompcapaciteit kan die dat bij beperkte piekbeheersing juist hebben op de benodigde dijkversterkingen. Bij gematigde piekbeheersing worden zowel de pompcapaciteit als de dijkversterkingen beïnvloed, maar beide minder dan bij de extremere niveaus van piekbeheersing.

IJsselafoer:	Beperkte piekbeheersing			Sterke piekbeheersing		
	verlaagd	standaard	verhoogd	verlaagd	standaard	verhoogd
Benodigde dijkverhoging	0,50 m	0,72 m	0,81 m	0,32 m	0,30 m	0,29 m
Benodigde verbreding van de dijkvoet om dijkstabiliteit te verbeteren.	3,4 m	4,1 m	4,8 m	2,4 m	2,2 m	2,0 m
Benodigde verbreding van de dijkvoet om piping te voorkomen.	31 m	37 m	42 m	19 m	16 m	16 m
Kosten versterking primaire keringen (inclusief kunstwerken)	3,9 miljard €	4,9 miljard €	5,1 miljard €	1,9 miljard €	1,8 miljard €	1,7 miljard €

Tabel 4.4 Gemiddelde versterkingsopgave primaire keringen rond het IJsselmeer (en de daarmee in open verbinding staande wateren) en daaraan verbonden kosten bij verschillende piekafvoeren van de IJssel.

5 Kennisvragen rond gebruiksfuncties

Veranderingen in de peildynamiek hebben niet alleen gevolgen voor het waterbeheer en de waterveiligheid van de meren, maar ook voor allerlei andere functies. In het project ISWP is, in samenspraak met de waterbeheerders van het IJsselmeergebied, een kwalitatieve inventarisatie gemaakt van de gevolgen van veranderingen in de meerpeildynamiek voor andere functies dan waterveiligheid en waterafvoer naar de Waddenzee. Dit hoofdstuk bespreekt de functies die beïnvloed worden. Daarbij komen de volgende zaken aan de orde:

- Waterafvoer vanuit de regio
- Waterveiligheid en –overlast buitendijkse gebieden
- Sluitfrequentie van beweegbare keringen
- Kwel en grondwateroverlast binnendijks
- Natuur
- Scheepvaart
- Oeverrecreatie.

In dit hoofdstuk komen de vier kennisvragen aan de orde die gericht zijn op de effecten van veranderingen in de meerpeildynamiek voor deze functies. Om herhalingen te voorkomen is het hoofdstuk echter niet ingedeeld naar deze kennisvragen, maar naar de verschillende functies.

In ISWP is een globale analyse gemaakt van de kosten die gemoeid zijn met het mitigeren van negatieve effecten. De conclusie daarvan is dat deze kosten bij de meest vergaande verandering uit de analyses (60 cm stijging gemiddeld winterpeil van het IJsselmeer, waarbij het Markermeer maar 8 cm meestijgt) tussen de 700 en 800 miljoen euro zouden bedragen. Een aanzienlijk bedrag, maar van een andere grootteorde dan de toekomstige kosten van waterafvoer en dijkversterkingen. Deze kosten lopen in de miljarden.

Vraag 9: Hoe werken de veranderingen van meerpeilstatistiek als gevolg van de toenemende rol van pompen door in andere functies dan waterveiligheid?

- Naar verwachting zijn de gevolgen van de toenemende rol van pompen in de waterafvoer bij de gekozen strategie van gematigde beheersing van de meerpeilpieken beperkt. Voor de waterafvoer van de regio moet rekening gehouden worden met incidenteel iets hogere meerpeilpieken. Het valt niet uit te sluiten dat daarom gemalen moeten worden aangepast of bijgebouwd (op plaatsen met afvoer onder vrij verval). In buitendijkse gebieden met rekening gehouden worden met zeer incidenteel hogere meerpeilpieken. Beweegbare keringen zullen iets minder vaak gesloten hoeven te worden.

Vraag 12: Wat betekent verhoging van het gemiddeld winterpeil voor andere zaken dan waterveiligheid (bv. wateroverlast buitendijkse gebieden, natuur, regionale waterhuishouding)?

- Meerpeilstijging heeft negatieve gevolgen voor de waterafvoer van de regio. Er kunnen aanpassingen nodig zijn van gemalen (grotere opvoerhoogte, nieuwbouw op plaatsen waar nu nog gespuid wordt onder vrij verval). Daarnaast zijn er negatieve gevolgen voor waterveiligheid en wateroverlast in buitendijkse gebieden, de sluitfrequentie van beweegbare keringen, kwel en grondwateroverlast binnendijks, natuur, kades en steigers, de doorvaarhoogte van bruggen en de oppervlakte recreatiestrandjes. Het heeft positieve gevolgen voor de vaardiepte.

Vraag 15: Hoe werken de veranderingen van meerpeilstatistiek als gevolg van beperkte beheersing van meerpeilpieken door in andere functies dan waterveiligheid?

- Hogere meerpeilpieken betekent dat de waterafvoer van de regio bemoeilijkt wordt. Er kunnen aanpassingen nodig zijn van gemalen (grotere opvoerhoogte, nieuwbouw op plaatsen waar nu nog gespuid wordt onder vrij verval). Daarnaast zijn er negatieve gevolgen voor waterveiligheid en wateroverlast in buitendijkse gebieden en natuur. Steigers en kades moeten worden aangepast aan de hogere pieken. De gevolgen voor kwel, grondwateroverlast, oeverrecreatie, vaardiepte en doorvaarhoogte zijn zeer klein.

Vraag 19: Hoe werken de veranderingen van meerpeilstatistiek als gevolg van aanpassingen in de wateraanvoer naar het IJsselmeergebied door in andere functies dan waterveiligheid?

- Het effect van meer wateraanvoer tijdens pieken is afhankelijk van de gekozen manier om de meerpeilpieken te beheersen (zie ook vraag 17). Toename van de waterafvoer leidt bij beperkte piekbeheersing tot hogere pieken, met negatieve gevolgen voor functies (zie vraag 17) en afname tot lagere pieken. Bij de gekozen strategie van gematigde piekbeheersing zal het effect van de toenemende rol van pompen in de waterafvoer naar de Waddenzee versterkt worden (zie vraag 9). Bij sterke piekbeheersing zal meer pompcapaciteit op de Afsluitdijk nodig zijn, waardoor de meerpeilpieken in hoogte afnemen. Dit betekent dat wateroverlast in buitendijkse gebieden afneemt. Voor de natuur kunnen er ook negatieve effecten aan verbonden zijn. Omdat de IJssel verreweg de grootste aanvoerpost van water is kunnen vooral aanpassingen in de piekafvoer van de IJssel grote gevolgen hebben voor functies van het IJsselmeergebied (en op de kosten van dijkversterkingen en pompen op de Afsluitdijk).

5.1 Waterafvoer regio

Zowel een hoger gemiddeld winterpeil als hogere meerpeilpieken hebben negatieve gevolgen voor de waterafvoer uit de regio.

1. De mogelijkheden om onder vrij verval te spuien op IJsselmeer en Markermeer zullen afnemen. Waar gemalen aanwezig zijn, zullen die dan meer worden ingezet (bijvoorbeeld gemaal Zedemuden voor het Meppelerdiep). Afhankelijk van de mate van peilstijging zullen nieuwe gemalen moeten worden gebouwd. Spuien onder vrij verval gebeurt nu:
 - Vanuit de Veluwerandmeren op het IJsselmeer en Markermeer.
 - Vanuit het Meppelerdiep, de Reest (via het Meppelerdiep), Dedemsvaart, Sallandse weteringen (beide via het Zwarte Water), Vollenhovermeer en Kadoelermeer op uiteindelijk het IJsselmeer.
 - Vanuit de Eem, de Laak en Arkervaart op het Markermeer.
 - Bij extreme wateroverlast vanuit het beheersgebied van AGV op het Markermeer via de Ipenslotersluis en de Diemerdammersluis (tot de vernieuwde Ipenslotersluis klaar is).
 - Onder bijzondere omstandigheden vanuit het Noordzeekanaal/Amsterdam-Rijnkanaal op het Markermeer via de inlaatsluis bij Schellingwoude.
2. Gemalen moeten het water hoger oppompen. Dit kost extra energie en draaiuren. Afhankelijk van de mate van peilstijging kan het zijn dat bepaalde gemalen het water onvoldoende hoog kunnen opvoeren en aangepast moeten worden.
3. Hogere meerpeilen leiden in bepaalde gebieden tot meer kwel binnendijs. Dit betekent dat meer water moet worden afgevoerd, wat extra energie kost. Mogelijk is in enkele gevallen is de capaciteit van een gemaal mogelijk niet meer toereikend. Hogere meerpeilpieken zullen weinig effect hebben op de hoeveelheid kwel.

De toenemende rol van pompen in de afvoer naar de Waddenzee betekent een verlaging van de frequent optredende meerpeilpieken en een verhoging van pieken die incidenteel kunnen optreden. De invloed op kwel zal minimaal zijn en als er al verandering plaatsvindt zal het gaan om vermindering van de kwel. Om de waterafvoer in extreme omstandigheden te blijven garanderen kan het nodig zijn dat op enkele plaatsen waar onder vrij verval wordt gespuid een gemaal moet komen en dat van bepaalde gemalen de capaciteit en/of de opvoerhoogte moet worden aangepast.

5.2 Waterveiligheid en –overlast buitendijkse gebieden

Buitendijkse gebieden zijn gebieden die buiten de primaire kering liggen. De totale oppervlakte buitendijs gebied rond IJsselmeer en Markermeer is circa 15.600 ha. Een deel hiervan is echter bekaad. Figuur 5.1¹ laat de gebieden zien die niet beschermd zijn door een kade met een kruinhoogte van minimaal NAP +0,50 m. Voor de bekaade gebieden geldt hetzelfde als voor binnendijkse gebieden, namelijk dat kades zullen moeten worden aangepast aan de te verwachten hydraulische belastingniveaus.

De laagst gelegen onbekade gebieden hebben vooral natuur, recreatie en landbouwfuncties. In de huidige situatie wordt periodieke overstroming daar geaccepteerd. Bij peilstijging en/of hogere pieken zullen de overstromingsfrequenties toenemen en kan zelfs permanente overstroming optreden. Afhankelijk van het seizoen en de specifieke functie kan dit leiden tot meer overlast of zelfs functieverlies.

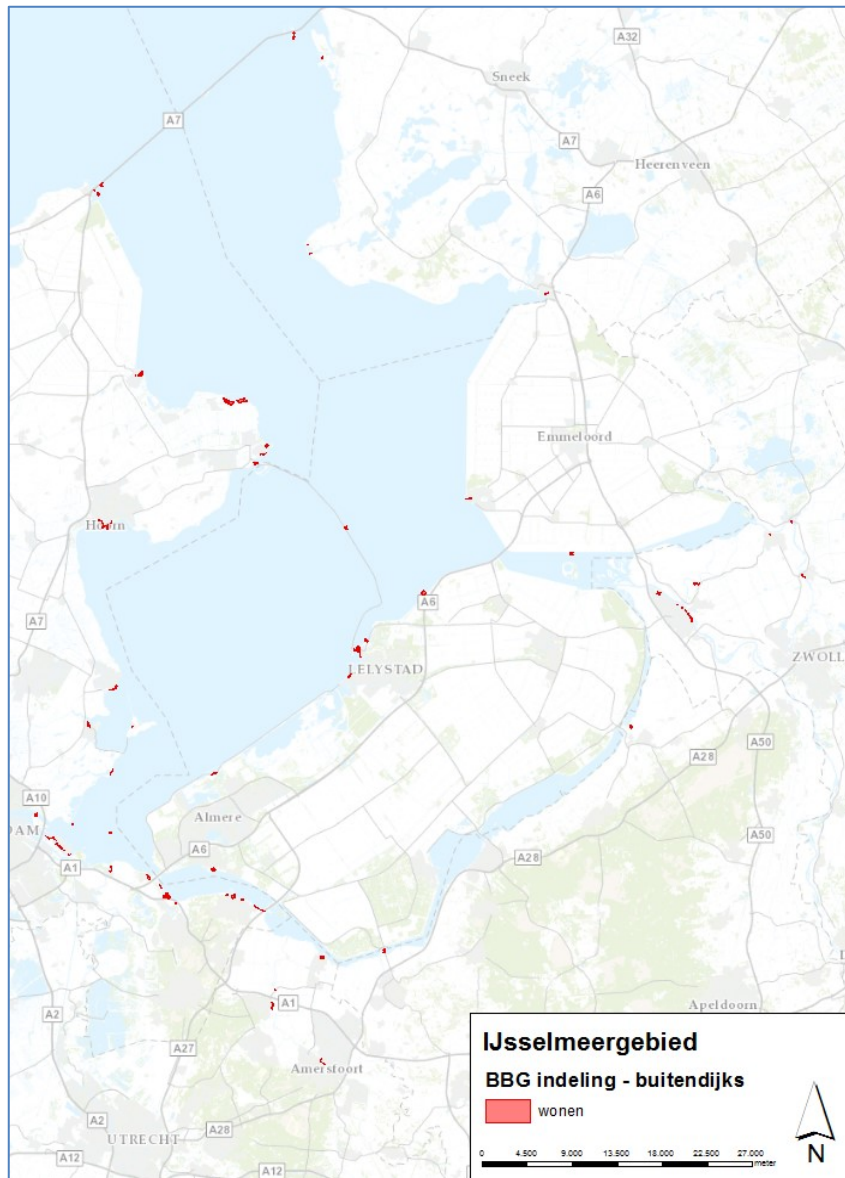
Er zijn ook woongebieden, bedrijven en wegen in onbekaad buitendijs gebied. Deze liggen zo hoog dat ze in de huidige situatie niet met inundatie te maken hebben (al kunnen tuinen wel eens onder water komen). Bij stijging van het gemiddeld winterpeil en/of stijging van de meerpeilpieken kunnen deze functies met meer inundatie te maken krijgen. Figuur 5.2 brengt de locaties in beeld. De beperkte oppervlakte

¹ De uitsnede van de kaarten in Figuur 6.1 en 6.2 is mogelijk aan de oostzijde nog te klein, waardoor in de omgeving Zwolle-Meppel nog gebieden kunnen zijn afgevallen.

daarvan zegt weinig: het gaat immers om de gebieden met de hoogste economische waarde.



Figuur 5.1 Buitendijkse gebieden rond IJsselmeer en Markermeer (en de daarmee in open verbinding staande wateren) die lager liggen dan NAP +0,50m en niet omsloten zijn door een hoge kade.



Figuur 5.2 Buitendijkse woongebieden en bedrijven rond IJsselmeer en Markermeer en de daarmee in open verbinding staande wateren.

5.3 Sluitfrequentie beweegbare keringen

In het IJsselmeergebied zijn keringen aanwezig die worden gesloten bij hoge waterstanden. De grootste daarvan is de Ramspolkering (balgstuw), die het Zwarte meer afsluit van het IJsselmeer. Andere keringen zijn die van het Meppelerdiep, de Kadoelerkeersluis tussen Zwarte meer en Vollenhovermeer en een keersluis in het Zwarte Water, die de binnenstad van Zwolle beschermt. Verder hebben de binnenhavens van enkele oude Zuiderzeestadjes keersluizen waarmee ze van het open water van de meren kunnen worden afgesloten: Hoorn, Enkhuizen, Blokzijl, Hasselt, Genemuiden en Nijkerk.

Bijzondere keringen zijn die langs de IJsselkade in Kampen. Bij hoog water moeten hier maar liefst 84 doorgangen worden afgesloten. Dit gebeurt door de vrijwillige

hoogwaterbrigade. In Spakenburg is een opdrijfbare kering gebouwd, die automatisch omhoogkomt bij hoog water.

Bij hogere meerpeilen en/of hogere meerpeilpieken zal de sluitfrequentie van de keringen toenemen. Dit heeft consequenties voor beheer en onderhoud en de inzet van vrijwilligers. Er zal ook meer hinder ontstaan. Op de meeste plaatsen is dat hinder voor de scheepvaart, maar in Kampen is het hinder voor bewoners en gebruikers van de binnenstad. In sommige gevallen zal de bestaande constructie niet meer voldoen. Neem bijvoorbeeld de Ramspolkering. Uit de voor ISWP uitgevoerde berekeningen blijkt dat de huidige sluitfrequentie ruim 2 maal per jaar is. Bij een stijging van het gemiddeld winterpeil van het IJsselmeer, gecombineerd met toename van de peilen in de meerpeilen, zal de frequentie toenemen tot tientallen malen per jaar in 2175. Op dit soort sluitfrequenties is de kering niet ontworpen.

De gevolgen van de toenemende rol van pompen in de waterafvoer naar de Waddenzee zullen zijn. Het in hoogte afnemen van de vaker voorkomende pieken kan er toe leiden dat de sluitfrequentie van beweegbare keringen (iets) gaat afnemen.

5.4 Kwel en grondwateroverlast binnendijks

Ook bij een aangepaste waterafvoer kunnen er binnendijkse effecten overblijven, van veranderingen in de peildynamiek van de meren, met gevolgen voor de landbouw en bebouwde gebieden.

Bij verhoging van het gemiddeld winterpeil zal er op verschillende plaatsen toename van de hoeveelheid kwel plaatsvinden, waardoor grondwaterstanden hoger worden. In sommige gevallen zal dit zoute kwel zijn. Boeren kunnen hierdoor te maken krijgen met natte plekken en/of verzilting in de akkers. In stedelijk gebied kunnen problemen ontstaan als het onderlopen van kelders, optrekkend vocht, drassige parken et cetera. Voor locaties met natte natuur binnendijks kan toename van de kwel positief uitwerken. Verandering van de meerpeilpieken zal zeer beperkte invloed hebben op kwel en grondwateroverlast, vanwege het incidentele karakter en de relatief korte duur van pieken en dat geldt dus ook voor de toenemende rol van pompen in de waterafvoer naar de Waddenzee.

5.5 Natuur

Het effect van veranderingen in de meerpeilen op natuur is complex: het verschilt per type gebied, maar daarbinnen kan het ook nog eens per soortgroep verschillen.

Verschuiving ecotopen

Hogere meerpeilen betekenen dat ondiep water dieper wordt, laag gelegen buitendijks gebied ondiep water wordt en hoger gelegen buitendijks gebied natter wordt. Er treedt dus een verschuiving van ecotopen op. De oppervlakte buitendijks gebied is echter beperkt. Dit betekent dat, gebiedsbreed gezien, de oppervlakte diep water toeneemt ten opzichte van de oppervlakte ondiep water en buitendijks land. Dit terwijl de oppervlakte diep water al onevenredig groot is en juist de kustzone van groot ecologisch belang is.

Voor de ecologie is de zomersituatie het meest bepalend. Als de peilverhoging alleen in de winter plaats zou vinden (en het peil uitzakt in de zomer) zullen de ecologische effecten zelfs positief zijn.

Oevervegetatie

Een verhoging van de meerpeilpieken (bij gelijkblijvend gemiddeld winterpeil) leidt tot meer uitspoeling van opgehoopt organisch materiaal in zones met oevervegetatie. Dit is gunstig voor de rietontwikkeling. Een verlaging van de meerpeilpieken in de winter is ongunstig voor de rietontwikkeling.

Overstroming buitendijkse gebieden

Frequenter overstromingen in de winter zijn van weinig invloed voor de iets hoger gelegen delen van de buitendijkse gebieden. Als de hogere meerpeilpieken ook in het voorjaar zouden optreden wordt hierdoor de kans vergroot dat nesten van vogels die op de grond broeden worden weggespoeld. Schraallandvegetaties (beperkt aanwezig) zijn gevoelig voor overstroming met voedselrijk water vanuit het IJsselmeer

Erosie buitendijkse gebieden

Hogere meerpeilen en meerpeilpieken versterken de erosie van onbeschermd buitendijkse gebieden. Het gaat vooral om de zandige gebieden die langs de Friese kust op grote schaal aanwezig zijn. Door de erosie verdwijnt er oppervlakte van schaarse en waardevolle ecotopen. Het gevolg is wel dat de oppervlakte ondiep water hierdoor weer toeneemt.

Vismigratie

Vismigratie wordt lastiger naarmate het peilverschil tussen gebieden toeneemt. Bij verhoging van het gemiddeld winterpeil groeit het IJsselmeer mee met de zeespiegelstijging. Dit betekent dat peilstijging gunstig is voor het in stand houden van de migratiemogelijkheden tussen IJsselmeer en Waddenzee¹. De migratie tussen IJsselmeer en Markermeer wordt echter bemoeilijkt, omdat het Markermeer niet meer onder vrij verval kan spuien op het IJsselmeer. Hetzelfde geldt voor het Meppelerdiep. Bij migratie naar de niet vrij afwaterende regionale wateren moet nu al een hoogteverschil worden overbrugt en dat hoogteverschil zal toenemen. Veranderingen in de meerpeilpieken zullen weinig invloed hebben op de vismigratiemogelijkheden.

Waterkwaliteit

Verandering van de meerpeilen kunnen lokaal leiden tot andere watertemperaturen. Waar water dieper wordt, zal de temperatuur afnemen. Waar ondiep water ontstaat kunnen relatief hoge watertemperaturen optreden. Hogere IJsselmeerpeilen zullen verder de zoutindringing vanuit de Waddenzee verkleinen, wat echter maar beperkte effecten voor de ecologie van het IJsselmeer zal hebben. Er is geen algeheel positief of negatief effect van peilverandering op de waterkwaliteit te verwachten.

De natuureffecten van een andere peildynamiek door de toenemende rol van pompen in de waterafvoer naar de Waddenzee zullen klein zijn. Natuurlijk betekent het minder kunnen spuien wel dat de vismigratie tussen IJsselmeer en Waddenzee via de spuisluizen beperkt wordt.

5.6 Scheepvaart

Vaardiepte

Een hoger waterpeil betekent dat bepaalde schepen zwaarder kunnen worden beladen óf verkleining van de onderhoudsopgave voor de vaargeulen. Daarnaast bete-

¹ Met name door de spuisluizen en de vismigratierivier. De migratie door de schutsluizen en de vispassage bij Den Oever wordt niet of nauwelijks beïnvloed.

kent het een vergroting van de mogelijkheden voor de recreatievaart in ondiepe gebieden. Verandering van de meerpeilpieken hebben, vanwege hun incidentele karakter, geen significante gevolgen voor de vaardieptes.

Havens en steigers

Bij hogere meerpeilen zullen veel steigers en kades in het gebied moeten worden verhoogd. Bij toename van de meerpeilpieken kunnen aanpassingen wenselijk zijn in verband met de sterkere wisselingen in waterstanden in de winter. De toenemende rol van pompen in de waterafvoer naar de Waddenzee heeft geen significante effecten.

Wachttijden schutsluizen

De wachttijden nemen toe naarmate het peilverschil dat overbrugd moet worden groter is. Dit betekent dat bij een stijgende zeespiegel stijging van het IJsselmeerpeil gunstig is voor de wachttijden bij de Afsluitdijk. Daarentegen nemen de wachttijden tussen het IJsselmeer en de omliggende wateren (ook het Markermeer) toe.

Doorvaarhoogte bruggen

Bij een stijging van het gemiddeld winterpeil neemt de doorvaarhoogte van bruggen af. In het Markermeer (inclusief Gooi-Eemmeer) is dit met name een punt bij de vaste bruggen van de A6 en de A27. In het IJsselmeer (met de daarop vrij afwaterende wateren) zijn geen vaste bruggen aanwezig. Mogelijk zullen de beweegbare Ketelbrug, Ramspolbrug en Eilandbrug bij Kampen wel vaker geopend moeten worden.

5.7 Oeverrecreatie

Veranderingen in het peilbeheer treffen met name de oeverrecreatie op buitendijkse strandjes en voorlanden.

Omdat de recreatiestrandjes vrijwel uitsluitend in de zomer gebruikt worden zijn verhoging van het gemiddeld winterpeil en veranderingen in de meerpeilpieken in de winter van weinig belang. Een hoger zomerpeil leidt tot verlies aan oppervlakte.

Verhoging van het meerpeil en hogere meerpeilpieken kunnen daarnaast leiden tot versterking van de erosie van recreatiestrandjes. Dit betekent verlies aan oppervlakte of een beheersinspanning om de oppervlakte in stand te houden.

De toenemende rol van pompen in de waterafvoer naar de Waddenzee heeft geen significante effecten.

5.8 Landschap en cultuurhistorie

Verhoging van de meerpeilen heeft invloed op het landschap, omdat buitendijkse gebieden deels onder water komen te staan. Hierbij kunnen ook cultuurhistorische waarden beïnvloed worden. Naast dit directe effect geldt echter dat verhoging van de meerpeilen en/of de meerpeilpieken maatregelen nodig maakt die effect kunnen hebben op het landschap en de cultuurhistorische waarden. De maatregelen zijn niet per definitie positief of negatief. Het effect hangt sterk af van het type maatregel, de locatie van de maatregel en de manier waarop de maatregel in de omgeving wordt ingepast.

Bijlage 1 Rapporten van het ISWP project

Rommelzwaal, A., A. Kors, I. Tánczos, A. Hebbink & J. Helmer (2015). Meerpeilen en waterveiligheid IJsselmeergebied: Integrale Studie Waterveiligheid en Peilbeheer fase 1. Rijkswaterstaat WVL.

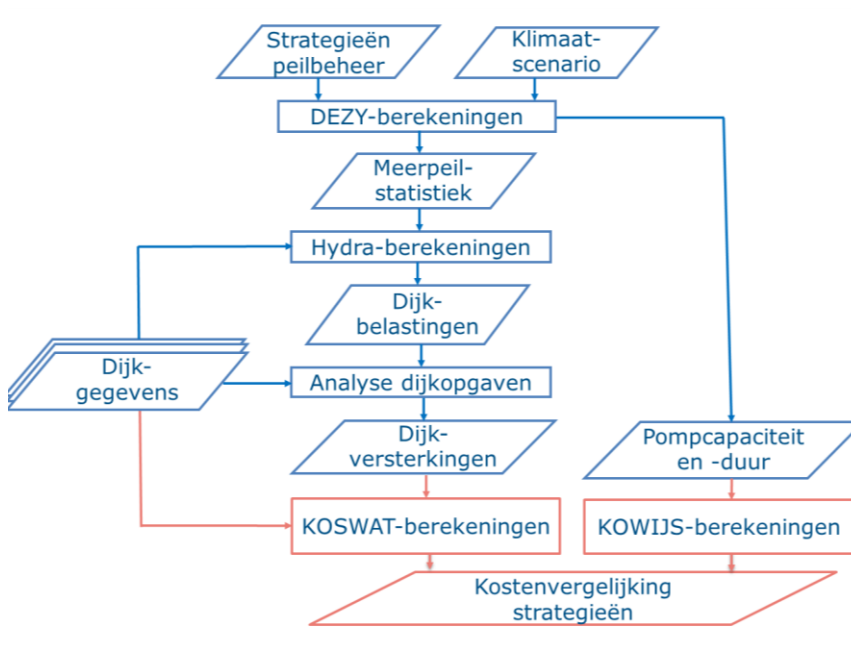
Rommelzwaal, A., A. Kors, I. Tánczos, H. Berger & J. Helmer (2017). Eerste analyse van opties voor waterafvoer en peilbeheer IJsselmeergebied: Integrale Studie Waterveiligheid en Peilbeheer fase 2. Rijkswaterstaat WVL.

Rommelzwaal, A., A. Kors, I. Tánczos, H. Berger & J. Helmer (2018). Technische en economische analyse van langetermijn-strategieën voor peilbeheer in het IJsselmeergebied: Integrale Studie Waterveiligheid en Peilbeheer IJsselmeergebied fase 3. Rijkswaterstaat WVL.

Rommelzwaal, A., A. Kors, I. Tánczos, H. Berger & J. Helmer (2019) Beleidsaanbevelingen voor het langetermijn peilbeheer in het IJsselmeergebied: eindrapport Integrale Studie Waterveiligheid en Peilbeheer IJsselmeergebied. Rijkswaterstaat WVL.

Bijlage 2 Methodiek van het ISWP project

De Integrale Studie Waterveiligheid was gericht op waterafvoer en waterveiligheid. Zowel waterhuishoudkundige aspecten als de kosten van strategieën worden hiermee in beeld gebracht. Figuur B1 geeft een overzicht van de methodiek die in ISWP is ontwikkeld. De opeenvolgende stappen die worden doorlopen in de methodiek worden na de figuur kort besproken.



Figuur B1 De in ISWP ontwikkelde methodiek voor de analyse van strategieën voor het peilbeheer. Rechthoeken geven analyseactiviteiten aan, de parallellogrammen gegevens (inputgegevens of rekenresultaten).

Stap 1: ontwikkelen strategieën en klimaatscenario

Als eerste stap zijn strategieën ontwikkeld voor het peilbeheer tot 2175. Uitgaande van het bestaande beleid geven de strategieën voor Markermeer en IJsselmeer weer wat er gebeurt met het gemiddeld winterpeil, maar ook met de pieken in de meerpeilen. De strategieën hebben de is een klimaatscenario ontwikkeld, op basis van de KNMI-scenario's. Dit was nodig omdat deze studie veel verder vooruit kijkt dan de KNMI klimaatscenario's doen. Onderstaande tabel geeft aan welke zeespiegelstijgingen daarin opgenomen zijn. In de uitgebreide analyses is gerekend met een zeespiegelstijging tot 175 cm. In een beperkt aantal analyses is ook gerekend met een versnelde zeespiegelstijging.

Jaar	Standaard ISWP	Versnelde zeespiegelstijging
1995	0 cm	0 cm
2015	10 cm	10 cm
2075	55 cm	80 cm
2125	115 cm	180 cm
2175	175 cm	280 cm

Zeespiegelstijgingen waarmee in de ISWP-analyses gerekend is.

Stap 2: berekening pompcapaciteiten en meerpeilstatistiek

In de tweede stap is geanalyseerd welke spui- en pompcapaciteit op de Afsluitdijk en Houtribdijk nodig is om de strategieën te realiseren. Dit is gedaan door iteratieve berekeningen uit te voeren met het model DEZY, dat binnen ISWP ontwikkeld is. Hierbij is voor ieder scenario en rekenjaar (bij een gekozen spuicapaciteit) iteratief de pompcapaciteit bepaald die er voor zorgt dat voldaan wordt aan de voorwaarden die in de strategie zijn beschreven. In de analyse is uitgegaan van versterking van de waterkeringen (voor zover noodzakelijk) in de jaren 2025, 2075 en 2125. Omdat de dijken een ontwerplevensduur van 50 jaar hebben zijn de DEZY berekeningen uitgevoerd voor de jaren 2075, 2025 en 2175.

De berekeningen met DEZY leveren voor het IJsselmeer en het Markermeer frequentielijnen op van de meerpeilen die kunnen voorkomen ("meerpeilstatistiek"). Deze meerpeilstatistiek is de basis voor de berekening van de dijkbelastingen die op kunnen treden.

Stap 3: berekening dijkbelasting

Met het model Hydra-NL zijn, op basis van de meerpeilstatistiek, de dijkbelastingen berekend die op kunnen treden. De dijkbelasting wordt bepaald door het meerpeil en de effecten van wind (scheefstand en golven). Voor de berekeningen zijn de dijken in het gebied opgedeeld in zo homogeen mogelijke trajecten, waarbij over het hele traject dezelfde veiligheidsnorm geldt. De Hydra-berekeningen zijn gedaan voor één locatie per traject.

Stap 4: bepaling benodigde dijkversterkingen

Per dijktraject is vervolgens voor één representatieve locatie (gelijk aan of zo dicht mogelijk bij het punt waarvoor de Hydra-berekeningen zijn uitgevoerd) de relatie tussen hydraulische belasting en faalkans geanalyseerd. Hierbij is een bij Deltares ontwikkelde methode gebruikt. Voor de jaren 2075, 2025 en 2175 hebben we vervolgens per strategie kunnen analyseren welke versterking nodig is om aan de veiligheidsnorm te voldoen.

Stap 5: kostenanalyse

Met de resultaten van de voorgaande stappen zijn vervolgens de kosten van de strategieën berekend. Het betreft de kosten van de versterkingen en de kosten van de waterafvoer (aanleg, beheer, onderhoud en energiegebruik van spuisluizen en gemalen).

De kosten van versterking van de waterkeringen zijn bepaald met het KOSWAT-instrumentarium. KOSWAT is door de jaren uitgegroeid tot hét instrument waarmee een zelfde kostenbasis gegeven kan worden aan alle geplande maatregelen over programma's en projecten heen. Voor het ramen van de kosten van waterafvoer hebben we het spreadsheetmodel KOWIJS ontwikkeld. KOWIJS berekent de kosten op basis van de benodigde spuicapaciteit, pompcapaciteit en draaiuren van pompen in de strategieën.

In aanvulling op de analyse van beheersstrategieën is een aantal “what if” vragen beantwoord. Bijvoorbeeld: wat als de afvoerverdeling over de Rijntakken wordt aangepast en de piekafvoer van de IJssel af- of toeneemt?

Op basis van de uitgevoerde analyses zijn uiteindelijk adviezen voor het beleid voor het toekomstige waterbeheer geformuleerd. Deze adviezen zijn overgenomen en vastgelegd in het NWP.