

Onderzoeksprogramma Kennis voor Klimaat

Hotspot Zuidwestelijke Delta



Adaptatie aan klimaatverandering in de Zuidwestelijke Delta

Een langetermijnvisie (2050-2100)



Kennis voor Klimaat rapport nummer 136/2014
ISBN nummer 978-94-92100-05-4

Dit onderzoeksproject (HSZD3.4: The Dutch Southwest Delta and adaptation to climate change – a long-term and multi-sectoral perspective) werd uitgevoerd in het kader van het Nationaal Onderzoeksprogramma Kennis voor Klimaat (www.kennisvoorklimaat.nl). Dit onderzoeksprogramma wordt medegefinancierd door het Ministerie van Infrastructuur en Milieu.

Copyright © 2014

Nationaal Onderzoeksprogramma Kennis voor Klimaat (KvK). Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd, in geautomatiseerde bestanden opgeslagen en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm, geluidsband of op welke andere wijze ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van het Nationaal Onderzoeksprogramma Kennis voor Klimaat. In overeenstemming met artikel 15a van het Nederlandse auteursrecht is het toegestaan delen van deze publicatie te citeren, daarbij gebruik makend van een duidelijke referentie naar deze publicatie.

Aansprakelijkheid

Hoewel uiterste zorg is besteed aan de inhoud van deze publicatie aanvaarden de Stichting Kennis voor Klimaat, de leden van deze organisatie, de auteurs van deze publicatie en hun organisaties, noch de samenstellers enige aansprakelijkheid voor onvolledigheid, onjuistheid of de gevolgen daarvan. Gebruik van de inhoud van deze publicatie is voor de verantwoordelijkheid van de gebruiker.



Adaptatie aan klimaatverandering in de Zuidwestelijke Delta

Een langetermijnvisie (2050-2100)

Wilfried ten Brinke

Blueland / Centre for Climate Adaptation







Inhoud

| | |
|---|----|
| Samenvatting | 7 |
| 1 Inleiding..... | 11 |
| 1.1. De Zuidwestelijke Delta..... | 12 |
| 1.2. De reikwijdte van deze visie | 12 |
| 1.3. Het doel van deze visie..... | 13 |
| 1.4. De relatie met andere visies voor deze regio..... | 13 |
| 2. Gevolgen van de klimaatverandering in de tweede helft van deze eeuw..... | 15 |
| 2.1. Scenario's en hun betekenis voor het beleid | 16 |
| 2.2. De klimaatscenario's van het KNMI | 16 |
| 2.3. De verwachte zeespiegelstijging..... | 17 |
| 2.4. De verwachte veranderingen in extreme afvoeren van Rijn en Maas..... | 17 |
| 2.5. Andere effecten van klimaatverandering..... | 18 |
| 3. Kwetsbaarheden in de Zuidwestelijke Delta | 19 |
| 3.1. Waterveiligheid..... | 20 |
| 3.2. Zoetwatervoorziening..... | 21 |
| 3.3. Ecologische veerkracht | 22 |
| 3.4. Economische vitaliteit..... | 23 |
| 4. Kansen in de Zuidwestelijke Delta | 25 |
| 4.1. Waterveiligheid..... | 26 |
| 4.2. Zoetwatervoorziening..... | 27 |
| 4.3. Ecologische veerkracht | 27 |
| 4.4. Economische vitaliteit..... | 27 |
| 5. Uitgangspunten visie 2050-2100 | 29 |
| 6. De Zuidwestelijke Delta in de tweede helft van deze eeuw..... | 33 |
| 6.1. Circulaire economie in een stedelijke delta..... | 34 |
| 6.2. Dynamische bekkens, binnen grenzen..... | 35 |
| 6.3. Zelfvoorzienend achter de dijken | 38 |
| 7. Te nemen stappen in de komende 20 jaar..... | 43 |
| 7.1. Kansen, kennis en ruimte voor ontwikkelingen..... | 44 |
| 7.2. Governance van klimaatadaptatie..... | 45 |
| 7.3. Wat als het klimaat sneller verandert en de zeespiegel sneller stijgt? | 48 |
| 8. Kennisagenda | 51 |
| 8.1. Bijdrage Kennis voor Klimaat aan visie Zuidwestelijke Delta..... | 52 |
| 8.2. Kennisvragen voor de toekomst..... | 52 |
| Geïnterviewden en referenties..... | 55 |





Samenvatting



De Zuidwestelijke Delta wordt geconfronteerd met een groot aantal gevolgen van de klimaatverandering. De winters worden zachter en natter, de zomers warmer en (bij een verandering van luchtstromingspatronen) droger, en buien worden heviger. Wereldwijd zal de zeespiegel deze eeuw naar verwachting met 26 tot 82 cm stijgen. Op de Rijn bij Lobith zullen de extreem hoge en extreem lage afvoeren deze eeuw waarschijnlijk tot maximaal ongeveer 30% toe- (hoge afvoer) en afnemen (lage afvoer). Voor de Maas worden vergelijkbare veranderingen verwacht. De hitte in de steden in de zomer zal negatieve gevolgen hebben voor de gezondheid en het welzijn van de inwoners. Ziektes voor de mens zullen vanuit zuidelijke streken naar het noorden van Europa oprukken. Dat geldt ook voor plantenziektes en voor de landbouw schadelijke insecten. Daar staan positieve effecten tegenover als een langer groeiseizoen voor gewassen en een langer en warmer toeristenseizoen.

De Zuidwestelijke Delta is kwetsbaar voor de (gevolgen van de) klimaatverandering, vooral met betrekking tot de waterveiligheid, de zoetwatervoorziening, de ecologische veerkracht en de economische vitaliteit. De kwetsbaarheden zijn voor een groot deel het gevolg van menselijk ingrijpen in het verleden; de klimaatverandering is vaak een extra stressfactor die hierop ingrijpt. Door de zeespiegelstijging, de hogere piekafvoeren van de rivieren en de bodemdaling nemen de gevolgen van een overstroming toe. Daarbij geldt dat preventieve evacuatie bij een (dreigende) overstroming kansloos is. Vooral bij Antwerpen nemen de hoogwaterstanden snel toe, als reactie op de verdieping van de vaargeul. Ook de zandhonger van de bekkens wordt door de stijgende zeespiegel steeds groter; platen, slikken en schorren komen steeds meer onder druk te staan en zullen zonder adequate maatregelen eroderen of verdrinken. De zoetwatervoorziening krijgt te maken met toenemende verzilting en langere periodes van droogte. Het gebied kent een aantal ecologische 'pijnpunten', waaronder de aantasting van het estuariene karakter van de Westerschelde door de vaargeulverdieping, zuurstofloosheid in de Grevelingen door te weinig doorspoeling en overmatige algenbloei door teveel nutriënten op het Volkerak-Zoommeer. Vooral door de verslech-

tering van de ecologische kwaliteit dragen de meeste bekkens, via ecosysteemdiensten, minder bij aan de economische vitaliteit dan gewenst is.

De regio biedt echter ook volop kansen om met de (gevolgen van de) klimaatverandering om te gaan en hier deels zelfs van te profiteren. Het huidige beleid voor de bescherming tegen overstromingen vanuit zee, met zandsuppleties als uitgangspunt, is succesvol en kan tot in de verre toekomst worden doorgezet. Maatregelen gericht op de aanpassing van de regio aan de (mogelijke) gevolgen van de klimaatverandering kunnen zo worden ingevuld dat binnen de delta een patroon van hoogwatervrije plaatsen ontstaat die mensen snel kunnen bereiken mocht er toch een overstroming plaatsvinden. Een voorbeeld is nieuwe bebouwing op opgehoogde grond waarbij in die grond zoetwaterlenzen ontstaan voor de landbouw. Meer en grotere zoetwaterlenzen vergroten de capaciteit van de landbouwers om zelf in hun zoetwater te voorzien en maken hen minder afhankelijk van grote zoetwaterbekkens, met als gevolg dat de estuariene dynamiek, en dus de ecologische veerkracht, van de bekkens in de delta kan worden vergroot.

Op basis van de inventarisatie van kwetsbaarheden en adaptatiekansen, en een aantal uitgangspunten ten aanzien van sociaaleconomische ontwikkelingen, het functioneren van de delta en grenzen die de inrichting van het gebied aan mogelijke maatregelen stelt, is een toekomstbeeld geschetst van de klimaatbestendige ontwikkeling van de Zuidwestelijke Delta tussen nu en de tweede helft van deze eeuw. Dit toekomstbeeld kent drie schaalniveaus: de stedelijke delta als samenhangend geheel, de dynamiek van de verschillende bekkens en het land achter de dijken.

Op het niveau van de stedelijke delta als samenhangend geheel werken de industrie, de steden en de landbouw in het omliggende gebied samen om de kringloop van zoetwater zoveel mogelijk te sluiten en zo efficiënt mogelijk met grondstoffen en energie om te gaan. De circulaire economie is een feit en de Zuidwestelijke Delta is een proeftuin voor innovaties op de grensvlakken van water, landbouw en energie.



Op het niveau van de bekkens is de estuariene dynamiek vergroot, maar wel binnen de grenzen die de inrichting met maatregelen uit het verleden (vooral de Deltawerken) hieraan stelt. De dynamiek van de menging van zoet en zout water in de delta is vergroot, maar de dynamiek van de sedimentbeweging en morfologie is door de nog aanwezige infrastructuur aan grenzen gebonden. Langs de Westerschelde is het systeem van wisselpolders van kracht: laaggelegen landbouwgrond wordt gedurende tientallen jaren buitendijks gebied, slibt op, en wordt vervolgens weer ingepolderd als landbouwgrond. Hiermee wordt het behoud van goede, hooggelegen landbouwgrond veiliggesteld en zorgt de uitwisseling van in te polderen hoog opgeslibde grond tegen te ont-polderen laaggelegen grond voor meer komberging in het estuarium en lagere hoogwaterstanden bij Antwerpen.

Op het niveau van het land achter de dijken is 'zelfvoorzienend' het sleutelwoord. De overheid gaat niet langer de strijd aan met verzilting: (agrarische) ondernemers maken zelf de keus of zij de kansen van verzilting willen benutten of met lokale maatregelen zelf voorzien in het zoetwater voor hun bedrijfsvoering. Beide keuzes zijn technisch haalbaar en economisch rendabel uitvoerbaar. De overheid heeft een regisserende rol en stuurt onder meer op een slimme clustering van zoete en zilte landbouw met het oog op de efficiëntie van (lokale) maatregelen voor de zoetwatervoorziening. Bij de waterveiligheid gaat het niet langer om het voorkomen van overstromingen per se, maar om het beheersen van overstromingsrisico's. Verticale evacuatie in het gebied zelf is daarbij de norm: door in de polders nieuwe bebouwing steeds vaker op opgehoogde grond te realiseren, zijn verspreid over de polders voldoende locaties ontstaan waar de inwoners zich bij een overstroming in veiligheid kunnen brengen.





1

Inleiding

1.1. De Zuidwestelijke Delta

De Zuidwestelijke Delta is veel meer dan Zeeland alleen. De Delta omvat de mainports van Rotterdam (inclusief de Maasvlakte), Antwerpen en Zeebrugge, de hoofzizer van steden die hiertussen liggen, de hierbinnen gelegen regio met de eilanden, het omliggende vaste land, de watersystemen en de Voordelta. Het functioneren van dit gebied als geheel, met de interactie tussen de havens, het stedelijke gebied, het landelijke gebied en de watersystemen, staat in deze visie centraal.

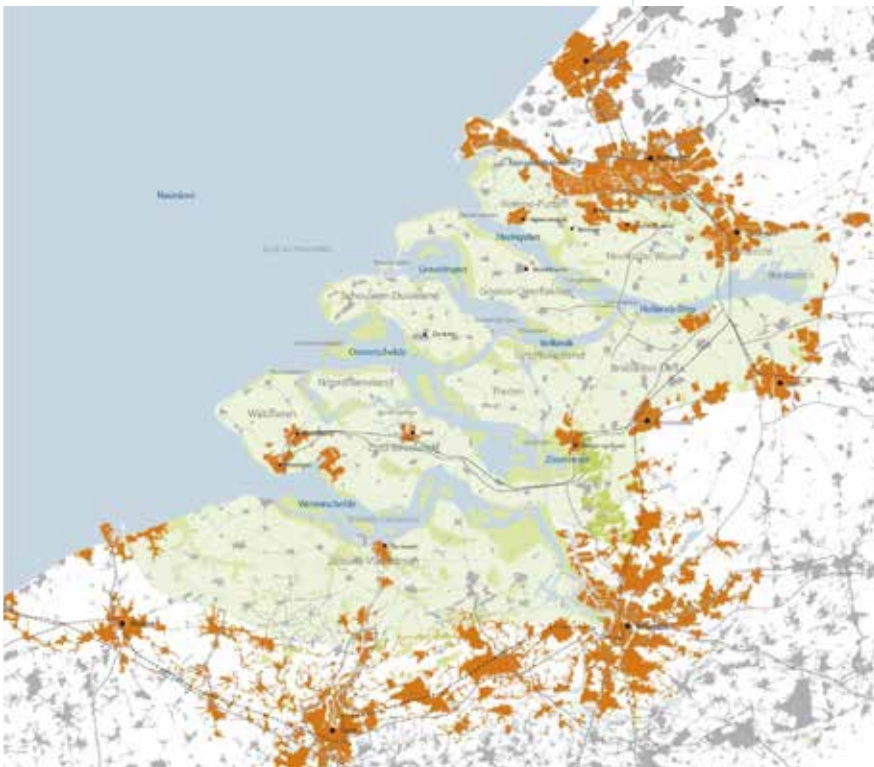
1.2. De reikwijdte van deze visie

De gevolgen van de klimaatverandering hebben invloed op het functioneren van de havens, het leven in de steden, het omgaan met grondstoffen in de industrie, het landgebruik en de eigenschappen van de waterbekkens en de Noordzee. Een visie op de klimaatadaptatie van deze delta moet zich richten op de functionaliteit van het gebied

als geheel: de havens en de hieraan verbonden industrie en dienstensector als motoren van de landelijke economieën van Nederland en Vlaanderen, de kleinere, tussenliggende steden als motoren van de regionale economie, het leefklimaat in de steden en het landelijke gebied, de betekenis van het gebied voor de ecologie van Noordwest-Europa en het reguleren van de kringlopen van water en voedingsstoffen, en de kansen van het land en het water voor het produceren van voedsel en energie.

Een toekomstvisie voor een gebied kan worden gebaseerd op een breed scala aan uitgangspunten, zoals verwachte sociaaleconomische ontwikkelingen op basis van huidige trends, mogelijke ontwikkelingsrichtingen op basis van (nieuwe) beleidskeuzes, en wensbeelden voor het benutten van verschillende potenties van een gebied. Het uitgangspunt van voorliggende visie is onze kennis over de verwachte klimaatverandering, kwetsbaarheden en adaptatiekansen voor de Zuidwestelijke Delta die de afgelopen jaren is ontwikkeld binnen het programma Kennis voor Klimaat, aan-

Figuur 1. De Zuidwestelijke Delta (Bron: Midterm Rapport Hotspot Zuidwestelijke Delta, KfC 69/2012).





gevuld met andere studies. De reikwijdte van deze visie beperkt zich dus tot de vertaling van onze huidige kennis over de klimaatverandering in de tweede helft van deze eeuw, de kwetsbaarheden van de Zuidwestelijke Delta voor de gevolgen hiervan en kansen voor adaptatie naar mogelijke adaptatiestrategieën in de tweede helft van deze eeuw.

1.3. Het doel van deze visie

Deze visie heeft als doel de bestuurders van de verschillende overheden in de Zuidwestelijke Delta te inspireren bij het maken van keuzes voor de inrichting van het gebied die doorwerken tot in de tweede helft van deze eeuw en die zijn verbonden met de mogelijke gevolgen van de klimaatverandering en kansen om hiermee om te gaan. Deze inspiratie is geworteld in (wetenschappelijke) kennis over klimaatverandering en klimaatadaptatie van de Zuidwestelijke Delta die in de afgelopen jaren voor dit gebied is ontwikkeld.

1.4. De relatie met andere visies voor deze regio

Voor de Zuidwestelijke Delta zijn onlangs meer toekomstvisies opgesteld.

In 2013 heeft het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) zijn visie 'Samenhang in de Zuidwestelijke Delta' gepubliceerd¹. In deze visie belicht het PBL vijf strategische keuzes die voor de toekomst van de Zuidwestelijke Delta van belang zijn. Deze keuzes zijn gericht op: (1) de transitie van de sectoren energie, chemie, en transport & logistiek, (2) de zoetwaterafvoer via Nieuwe Waterweg en Haringvlietsluizen, (3) het herstel van een gradiënt van zoet naar zout langs Volkerak en Grevelingen, (4) de verdiepte vaargeul van de Westerschelde, en (5) de versterking van de combinatie van groen en blauw, en de verstedelijking. In de visie van het PBL is omgaan met klimaatverandering één van de aspecten die worden belicht. De visie is niet specifiek een visie op klimaatadaptatie; er is ook

geen tijdshorizon gedefinieerd waar de visie zich op richt.

Het bureau voor ruimtelijke ontwikkeling BVR heeft in 2014 een visie gepubliceerd op de ontwikkeling van de Zuidwestelijke Delta². BVR presenteert vier mogelijke toekomstbeelden: Delta Zeeland, Voedselrijk Zeeland, Ondernemend Zeeland en Avontuurlijk Zeeland, waarbij steeds andere uitgangspunten zijn gekozen. De gekozen tijdshorizon is 2040. Mogelijke effecten van klimaatverandering zijn niet als uitgangspunten in de visie meegenomen; leidend zijn de verwachte/mogelijke sociaaleconomische ontwikkelingen.

Ook binnen het Deltaprogramma worden toekomststrategieën verkend. Leidend voor deze strategieën zijn de waterveiligheid en de zoetwatervoorziening. Er is in het verleden bewust voor gekozen om binnen Kennis voor Klimaat geen nadruk op het thema waterveiligheid in de Zuidwestelijke Delta te leggen, en zo een eventuele overlap met het werk binnen het Nationale Deltaprogramma te vermijden. Omwille van een compleet toekomstbeeld voor de Zuidwestelijke Delta is in voorliggende visie daarom ook kennis meegenomen over mogelijke toekomststrategieën voor de waterveiligheid die binnen het Deltaprogramma is ontwikkeld.

Voor de Vlaamse Kust wordt gewerkt aan een visie op de adaptatie van de kustzone aan, onder meer, de gevolgen van de klimaatverandering³. De tijdshorizon is 2100, met tussenstappen voor de oriëntatie van de koers van verschillende oplossingen in 2020 en 2050 (Metropoolaan Kustlandschap 2100⁴, het Vlaamse Baaien plan⁵). Het vertrekpunt van deze Vlaamse visie (de mogelijke gevolgen van, en kwetsbaarheden bij klimaatverandering) en de gekozen tijdshorizon sluiten goed aan op de voorliggende visie voor de Zuidwestelijke Delta.





2



Gevolgen van de
klimaatverandering in de
tweede helft van
deze eeuw

2.1. Scenario's en hun betekenis voor het beleid

Verwachtingen over de stijging van de temperatuur, de verandering in neerslagpatronen, en de doorwerking op de zeespiegelstijging en rivierafvoeren zijn gebaseerd op modellen en scenario's. In de modellen zit de state-of-the-art kennis over, bijvoorbeeld, de invloed van broeikasgassen op de temperatuur van de atmosfeer, en de reactie van de rivierafvoer op neerslag in het stroomgebied. De scenario's beschrijven mogelijke toekomstige ontwikkelingen van de samenleving en hoe deze ontwikkelingen tot veranderingen in de uitstoot van broeikasgassen (kunnen) leiden.

Aan zowel de modelberekeningen als de scenario's zijn onzekerheidsmarges verbonden. Vaak worden berekeningen met meerdere modellen en met meerdere scenario's uitgevoerd om tot een robuuste bandbreedte van verwachtingen over de klimaatverandering, zeespiegelstijging en veranderingen in (de kans op) extreme rivierafvoeren te komen.

Het Nederlandse beleid gaat in principe uit van de klimaatscenario's van het KNMI^{VI}. Ten behoeve van het Deltaprogramma zijn deze scenario's door een aantal samenwerkende instituten gecombineerd met scenario's voor de mogelijke invloed van sociaaleconomische ontwikkelingen op het gebruik

van land, water en ruimte tot 2050; deze sociaaleconomische scenario's zijn opgesteld binnen de studie Welvaart en leefomgeving (WLO) uit 2006 door de samenwerkende planbureaus PBL en CPB. Voor de tweede helft van de 21e eeuw is een beschrijving gegeven aan de hand van groeien krimpscenario's van de Nederlandse economie. De combinatie van deze klimaat- en sociaaleconomische scenario's zijn de Deltascenario's van het Deltaprogramma^{VII}.

Voor de rivierafvoer van de Rijn en de Maas zijn door een groot aantal samenwerkende kennisinstituten in het stroomgebied van beide rivieren verwachtingen opgesteld van (veranderingen in) extreem hoge en lage afvoeren op verschillende locaties langs de rivieren halverwege en aan het eind van deze eeuw.

2.2. De klimaatscenario's van het KNMI

Het KNMI heeft in 2014 een viertal scenario's opgesteld voor de verandering van het Nederlandse klimaat in 2050 en 2085 ten opzichte van de referentieperiode 1981-2010 (tabel 1)^{VIII}. Het zijn vier combinaties van twee mogelijke waarden voor de mondiale temperatuurstijging (G = 'gematigd' en W = 'warm') en twee mogelijke veranderingen van

Tabel 1. De vier scenario's van het KNMI (KNMI'14-scenario's) voor het Nederlandse klimaat in 2050 en 2085 ten opzichte van 1981-2010.

| | Scenario's | | | |
|--|----------------------------|--|------------------------|--|
| | G _L Gematigd | G _H | W _L Warm | W _H |
| Mondiale temperatuurstijging 2050 t.o.v. 1981-2010 | 1°C | 1°C | 2°C | 2°C |
| Mondiale temperatuurstijging 2085 t.o.v. 1981-2010 | 1,5°C | 1,5°C (in Nederland >1,5°C) | 3,5°C | 3,5°C (in Nederland >3,5°C) |
| Verandering van de luchtstromingspatronen | Nee | Ja: winters zachter en natter door meer westenwind; zomers warmer en droger door meer oostenwind | Nee | Ja: winters zachter en natter door meer westenwind; zomers warmer en droger door meer oostenwind |



het luchtstromingspatroon voor Nederland (L = 'lage waarde' en H = 'hoge waarde'). Deze scenario's zijn alle vier aannemelijk. Met de huidige kennis is niet aan te geven welk scenario het meest waarschijnlijk is. De trend van de klimaatverandering is: vaker zachte, en gemiddeld nattere winters, en warme, en (bij de H-scenario's) gemiddeld drogere zomers, terwijl de neerslaghoeveelheden extremer worden. Eventuele veranderingen in het stormklimaat zijn klein.

2.3. De verwachte zeespiegelstijging

In combinatie met de klimaatscenario's stelt het KNMI ook verwachtingen op van de absolute zeespiegelstijging. Ten tijde van het verschijnen van deze visie waren de geactualiseerde klimaatscenario's al wel, maar de geactualiseerde verwachting van de zeespiegelstijging nog niet beschikbaar. De verwachte zeespiegelstijging zal echter niet veel afwijken van de verwachting die het KNMI bij de vorige klimaatscenario's (2006) afgaf (tabel 2); maximaal 85 cm in 2100 ten opzichte van 1990 (35 cm in 2050). Voor de relatieve zeespiegel (de stijging van de zeestand ten opzichte van het dalende land) moet de bodemdaling bij de zeespiegelstijging in tabel 2 worden opgeteld. De bodemdaling varieert echter sterk over het laaggelegen deel van het Nederlandse grondoppervlak, afhankelijk van de samenstelling van de ondergrond. Voor de Zuidwestelijke Delta bedraagt deze maximaal enkele decimeters over deze eeuw^{ix}.

2.4. De verwachte veranderingen in extreme afvoeren van Rijn en Maas

Rijn:

De wetenschappelijke hydrologische instituten en diensten in het stroomgebied van de Rijn hebben gezamenlijk, in het kader van de CHR (Internationale Commissie voor de Hydrologie van de Rijn) onderzoek verricht naar de gevolgen van de klimaatverandering voor de afvoeren van de Rijn^x. Zij hebben gekeken naar veranderingen in de gemiddelde, hoge en lage afvoeren op verschillende locaties langs de Rijn, voor verschillende seizoenen en de jaargemiddelde situatie, en voor 2 toekomstsituaties: de nabije toekomst (2021-2050) en de verre toekomst (2071-2100) ten opzichte van de referentiesituatie 1961-1990. De verwachte veranderingen van de Rijnafvoer bij Lobith zijn samengevat in tabel 3. In de tweede helft van deze eeuw zullen de extreem hoge en extreem lage Rijnafvoeren bij Lobith, ten opzichte van het eind van de 20^e eeuw, waarschijnlijk tot maximaal ongeveer 30% zijn toe- (hoge afvoer) en afgenomen (lage afvoer).

Maas:

Kennisinstituten in de vier landen van het stroomgebied van de Maas hebben hun kennis ten aanzien van de mogelijke gevolgen van de klimaatverandering op de afvoeren van de Maas gebundeld binnen het INTERREG project AMICE^{xi}. Zij hebben gekeken naar veranderingen in de hoge en lage afvoeren op verschillende locaties langs de Maas en hebben hieruit conclusies getrokken voor de rivier als geheel.

Tabel 2. De verwachte doorwerking van de KNMI klimaatscenario's op de stijging van de zeespiegel in 2050 en 2100.

| | Scenario's | | | |
|--|------------|----------|----------|----------|
| | G | G+ | W | W+ |
| | Gematigd | | Warm | |
| Absolute zeespiegelstijging 2050 t.o.v. 1990 | 15-25 cm | 15-25 cm | 20-35 cm | 20-35 cm |
| Absolute zeespiegelstijging 2100 t.o.v. 1990 | 35-60 cm | 35-60 cm | 40-85 cm | 40-85 cm |

De kennisinstellingen verwachten, op basis van de inventarisatie van de inzichten in de verschillende landen, dat de hoogste afvoer die gemiddeld eens in de honderd jaar optreedt in 2021-2050 ten opzichte van de referentiesituatie 1961-1990 met 15% zal zijn toegenomen, en in 2071-2100 met 30%. Zij verwachten dat de gemiddelde laagste afvoer in een jaar gedurende een aaneengesloten periode van 7 dagen (in de periode april-september) in 2021-2050 ten opzichte van 1961-1990 met 10%, en in 2071-2100 met 40% zal zijn afgenomen.

2.5. Andere effecten van klimaatverandering

De hierboven genoemde gevolgen van de klimaatverandering werken door in de waterveiligheid, de beschikbaarheid van zoetwater voor, onder meer, de landbouw, en de verzilting door (vooral) de kwel van zout grondwater. Deze (mogelijke) gevolgen bepalen voor een groot deel de visie op de

klimaatadaptatie van de Zuidwestelijke Delta. Daarnaast is er nog een reeks effecten die op verschillende functies in de regio zullen doorwerken^{xii}, zoals:

- Voor de land- en tuinbouw: een langer groeiseizoen, met kans op hogere opbrengsten maar ook een grotere kans op schade door nachtvorst in de fruitteelt doordat de bloeifase van gewassen opschuift naar vroeger in het jaar. Daarnaast een grotere kans op uitbraken van plantenziektes en schadelijke insecten, vooral door warmere winters.
- Voor gezondheid en welzijn: extremere, en meer langdurige hitte in de steden in de zomers, oprukkende ziektes zoals Lyme, (kans op vaker) luchtverontreiniging, maar ook minder koude winters.
- Voor de economie: gunstiger omstandigheden voor toerisme, (waarschijnlijk) meer schade door storm en wateroverlast.

Tabel 3. De verwachte verandering van de gemiddelde, lage en hoge Rijnafvoeren bij Lobith voor de periodes 2021 – 2050 (nabije toekomst) en 2071-2100 (verre toekomst) ten opzichte van de periode 1961-1990 (referentie). De kleuren geven de richting van de verandering aan volgens het merendeel van de berekeningen:

- = toename
- = toename (geringe tendens)
- = afname
- = geen verandering

| Karakteristiek | Variabele | 2021 - 2050 | 2071 - 2100 |
|-------------------|--|------------------------------|--------------|
| | | Verandering waarde variabele | |
| Gemiddelde afvoer | Jaargemiddelde afvoer | 0 tot +15% | -5 tot +15% |
| | Zomergemiddelde afvoer (mei t/m oktober) | -10 tot +10% | -25 tot -5% |
| | Wintergemiddelde afvoer (november t/m april) | +5 tot +15% | +10 tot +30% |
| Lage afvoer | Laagste 7-dagen afvoer in de zomer (mei t/m oktober) | -10 tot +10% | -30 tot -10% |
| | Laagste 7-dagen afvoer in de winter (november t/m april) | 0 tot +15% | -5 tot +15% |
| | Hoogte afvoer die 10% van de tijd wordt onderschreden | +5 tot +15% | -20 tot 0% |
| Hoge afvoer | Gemiddelde jaarlijkse maximale afvoer | 0 tot +20% | -5 tot +20% |
| | Afvoer met een herhalingsstijd van 10 jaar | -5 tot +15% | 0 tot +35% |
| | Afvoer met een herhalingsstijd van 100 jaar | 0 tot +20% | 0 tot +25% |
| | Afvoer met een herhalingsstijd van 1000 jaar | -5 tot +20% | -5 tot +30% |



3

Kwetsbaarheden in de Zuidwestelijke Delta



3.1. Waterveiligheid

Ontwikkelingen in de kwetsbaarheid voor overstromingen zijn het gevolg van ontwikkelingen in zowel de kans op (zeespiegelstijging, hogere piekafvoeren rivieren, bodemdaling) als de gevolgen van een overstroming (grotere impact als het misgaat). De belangrijkste kwetsbaarheden voor de tweede helft van deze eeuw zijn¹:

- De toename van de kans op hoge rivierafvoeren, de stijging van de zeespiegel en de bodemdaling vragen om maatregelen om Rotterdam en Dordrecht en omgeving op een hoog veiligheidsniveau tegen overstromingen te kunnen blijven beschermen.
- Bij een hoge rivierafvoer in combinatie met storm is het Volkerak-Zoommeer op termijn als waterbergingsgebied te krap (door zeespiegelstijging en hogere piekafvoeren van de rivieren); dan zijn waarschijnlijk aanvullende maatregelen nodig zoals koppeling met de Grevelingen. Voor 2050 kunnen er ook al problemen ontstaan als twee stormen kort na elkaar passeren: na de tweede storm kan de

waterstand op de bekkens dan al zo hoog zijn dat de bergingscapaciteit voor de tweede storm onvoldoende is.

- De hoogwaterbescherming van Antwerpen staat onder druk^{xiii}. Het Vlaamse 'Deltaplan' (het Sigmoplan) voorziet op termijn in een hoogwaterbescherming tegen hoogwaterstanden die met een kans van 1/1000 per jaar kunnen optreden. Maar de hoogwaterstanden bij Antwerpen vertonen een stijgende trend als gevolg van de verruiming van de vaargeul naar Antwerpen: in het oostelijke deel van het estuarium zijn de hoogwaterstanden sinds 1930 met 1,3 meter gestegen, vijf keer zo snel als de hoogwaterstanden voor de kust^{xiv}. Bij verdergaande verruiming van de vaargeul zullen de hoogwaterstanden bij Antwerpen blijven toenemen. Daarbij komt dat ook op de Schelde vaker (en hogere) hoge afvoeren zullen voorkomen, en dus ook de kans op een combinatie van stormvloed en hoge rivierafvoer zal toenemen.
- Er zijn grote zandtekorten in de bekkens van de zuidwestelijke delta^{xv}. De zandhonger ondermijnt onder meer de dijkvoorlanden in de bekkens. Door klimaatverandering worden deze problemen groter: de zandvraag groeit mee met de stijging van de zeespiegel.

1 Een kwetsbaarheid waarvan we aannemen dat daar in de eerste helft van deze eeuw adequate maatregelen voor zullen worden genomen, is de erosie van een aantal geulen tussen Haringvliet en Nieuwe Maas (Spui, Oude Maas, Noord en Dordtsche Kil) die de aanliggende dijken dreigen te ondermijnen.

Figuur 2. De snelheid van overstromen en de maximale waterdiepte bij overstromen na een dijkdoorbraak voor de Zuidwestelijke Delta (Bron: Conceptkaart Deltares vervaardigd i.k.v. risicozonering, in: Klijn et al., 2012, blz. 119).



Legenda

| | | |
|--------------------|------------------|-----------------------|
| ondiep en langzaam | diep en langzaam | zeer diep en langzaam |
| ondiep en snel | diep en snel | zeer diep en snel |
| ondiep en meteen | diep en meteen | zeer diep en meteen |



- Door de stijging van de zeespiegel, hogere piekafvoeren van de rivieren en de bodemdaling nemen de gevolgen van een overstroming toe, zelfs als we de overstromingskans op het huidige normniveau weten te houden. Preventieve evacuatie bij een (dreigende) overstroming is kansloos: de tijdshorizon waarover een mogelijk kritische situatie kan worden 'voorspeld' is te kort om de bevolking bijtijds uit het gebied te evacueren (figuur 2)^{XVI}. Het gebied is er ook niet op ingericht om de bevolking in het gebied zelf een veilig heenkomen te bieden dat men in tijd van nood snel kan bereiken.

Voor de kust zijn er nu geen grote problemen met de hoogwaterbescherming. Voor de koppen van enkele eilanden lopen diepe geulen op korte afstand langs de kust. Met het zogenaamde 'morfologische baggeren', waarbij zand aan de zeezijde

van de geul wordt gebaggerd en aan de kustzijde wordt gestort, kunnen de geulen op veilige afstand uit de kust worden gehouden zodat zij de waterkeringen niet kunnen ondermijnen. Dit beleid kan in de loop van deze eeuw succesvol worden gecontinueerd.

3.2. Zoetwatervoorziening

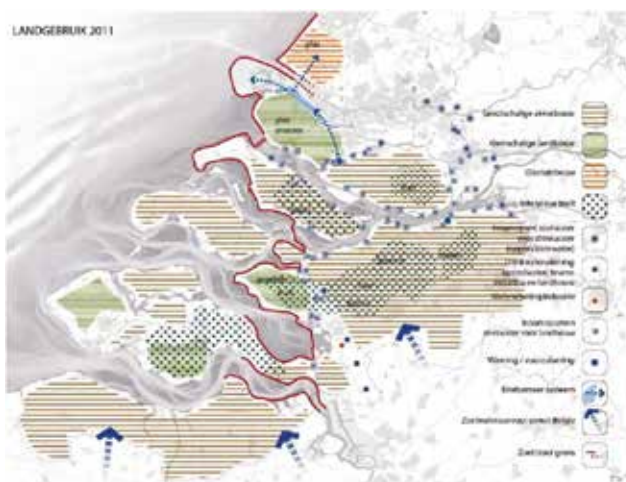
De kwetsbaarheid voor de zoetwatervoorziening heeft vooral betrekking op de landbouw en wordt voor een groot deel bepaald door de watervraag; de vraag heeft zich ingesteld op het aanbod^{XVII}. Deze kwetsbaarheid neemt bij de huidige infrastructuur en gebiedsinrichting, en het huidige waterbeheer steeds verder toe:

Kader 1. Zoetwater in de Zuidwestelijke Delta

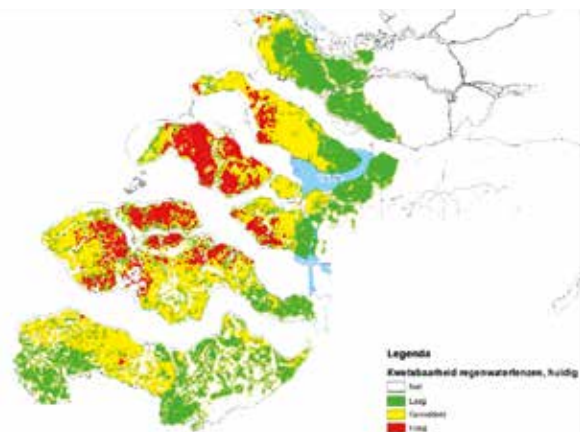
De zoetwatervoorziening is in de Zuidwestelijke Delta op te delen in verschillende gebieden:

1. Het noordelijke en oostelijke gedeelte van de Delta, dat afhankelijk is van het Hollands Diep, Haringvliet en het Volkerak-Zoommeer.
2. De westelijke eilanden die geen externe aanvoer hebben en volledig afhankelijk zijn van regenwater.
3. Zeeuws Vlaanderen dat deels een regionale wateraanvoer vanuit België heeft.
4. Grote delen van Zuid-Beveland die worden voorzien van zoetwater vanuit de landbouwwaterleiding die water vanuit de Biesbosch toevoert.

Figuur 3 Landgebruik in de Zuidwestelijke Delta (Stuurgroep Zuidwestelijke delta, 2009).



Figuur 4 Kwetsbaarheid regenwaterlenzen huidige situatie (Deltaprogramma Zoetwater, 2012; Deltares, 2011a).



- Een aantal gebieden in de delta heeft geen aanvoer van zoet water vanuit het hoofdwatersysteem. In andere gebieden wordt slechts een klein deel van het aangevoerde zoete water daadwerkelijk gebruikt voor de gewassen; het overgrote deel is nodig om het zout uit de sloten te spoelen. De zoetwateraanvoer voor de landbouw in Zuid-Beveland is voor het drinkwaterbedrijf niet kostendekkend^{xviii}.
- Door de zeespiegelstijging en de bodemdaling neemt de zoute kwel toe^{xix xx}.

In de landbouw wordt toenemende verzilting (nog) niet als een groot probleem ervaren^{xxi}. Boeren maken zich eerder zorgen over het effect van de klimaatverandering op de langere periodes met (extremere) wateroverlast en droogte^{xxii}.

De zoetwatervoorziening voor de industrie en drinkwaterbereiding zal niet in de knel komen. Ook bij hogere kosten voor het bereiden van water van goede kwaliteit zal voldoende goed water voor een redelijke prijs kunnen worden geleverd. De industrie zal zijn kringloop voor water (en die van andere grondstoffen) steeds meer sluiten.

Op de termijn van een halve eeuw en verder rest wel de vraag: wat gaat Duitsland doen? Als de Rijnafvoer in droge zomers in Duitsland sterk afneemt, worden daar misschien maatregelen genomen om water te bergen waardoor de aanvoer naar Nederland extra onder druk komt te staan.

3.3. Ecologische veerkracht

Het gebied kent een aantal ecologische 'pijnpunten' die met de huidige inrichting en het huidige beheer van het gebied niet of nauwelijks te verhelpen zijn^{xxiii}:

- De beperkte wateruitwisseling via de Haringvlietsluizen remt de vistrek via het Haringvliet en de morfodynamiek van intergetijdegebieden in Haringvliet, Hollands Diep en de Biesbosch.
- De beperkte doorspoeling van het Grevelingen leidt tot stratificatie en zuurstofloosheid bij de bodem, en daarmee tot een ecologisch 'arm' systeem.

Kader 2: De Seine als 'schrikbeeld' voor het Schelde estuarium.

Nederlandse wetenschappers halen vaak het voorbeeld van de Seine aan om te illustreren hoe een estuarium zijn oorspronkelijke karakter kan verliezen als de verkeerde maatregelen worden genomen.

Door het aanleggen van stroom- en geleidingswerken bleef in het estuarium van de Seine uiteindelijk één vaargeul over en nam het areaal intergetijdegebied tot een kwart af. Van een geleidelijke overgang van zoet naar zout is niets meer over; het zoete water wordt nu tussen twee strekdammen naar buiten geperst zonder met het binnendringende zoute water te mengen. De stroom- en geleidingswerken hebben niet geleid tot een goedkope scheepvaartweg; het estuarium verzandt en slibt dicht waardoor veel moet worden gebaggerd^{xxiv}. Volgens Saeijs^{xxv} is voor de Westerschelde de weg van de Seine al ingezet.

Foto 1. De Seine in Parijs (Bron: Joe deSousa, www.flickr.com).





- De platen, slikken en schorren in de Oosterschelde staan onder druk. Bij de huidige inrichting van de delta zal dit niet veranderen en is de keuze: blijvend beschermen met lokale maatregelen ('tuinieren met zandsuppleties') of opgeven. In de afgesloten bekkens (Grevelingen, Volkerak-Zoommeer, Veerse Meer) zal de waterstand met de zeespiegel moeten meestijgen om water te kunnen blijven uitwisselen met de Noordzee; de bij afsluiting drooggevallen, voormalige platen en slikken lopen dan onder water, het zandtekort blijft groeien. Meer estuariene dynamiek lost dit probleem niet op: de sedimentaanvoer is niet voldoende om het gebied met de zeespiegelstijging te laten meegroeien. In het Hollands Diep en Haringvliet zullen bij stijgende zeespiegel ook de buitendijkse slikken en gorzen permanent onder water verdwijnen omdat de sedimentaanvoer onvoldoende is.
- De vaargeulverdieping van de Westerschelde tast het natuurlijke karakter van het estuarium (met een stelsel van meerdere geulen) aan. Enerzijds leidt dit tot verlies aan areaal intergetijdgebieden dat met verdergaande verdieping steeds moeilijker te compenseren is. Anderzijds is de stroomsnelheid in de verdiepte geulen zo sterk toegenomen dat lokaal meer zand vanuit de geulen op de getijdenplaten terecht komt die daardoor begroeid raken. De ecologie van de Ooster- en Westerschelde is steeds verder uit elkaar 'geëvolueerd': de Westerschelde is, door de hoge stroomsnelheden, arm aan bodemfauna.

Tot voor kort was ook de hoge nutriëntenbelasting op het Volkerak-Zoommeer een 'pijnpunt'; deze leidde vooral in de zomer tot een grote algenbloeï ('groene soep') die de ecologische kwaliteit van het watersysteem aantastte en het water op bepaalde momenten ongeschikt maakte voor de landbouw² ^{xxvi}. Uit een studie uitgevoerd in 2010 bleek dat de waterkwaliteit in het Volkerak-Zoom-

meer de laatste jaren verbeterd is, waarschijnlijk door een afname van de externe fosfaatbelasting, 'graascontrole' van de algengroei door mosselen en de vastlegging van fosfaat in de bodem^{xxvii}. Bij het behoud van de intergetijdgebieden in de Zuidwestelijke Delta gaat het niet zozeer om de grootte van de oppervlaktes maar om de beschikbaarheid van **stepping stones** voor steltlopers in dit gebied die voldoende lang droogvallen om op te kunnen fourageren. Deze **stepping stones** zijn cruciale schakels tussen de intergetijdgebieden in de Waddenzee en het Somme estuarium.

3.4. Economische vitaliteit

De Zuidwestelijke Delta is grotendeels kunstmatig. In het verleden zijn veel maatregelen genomen om de regio, en daarmee ook de regionale economie, tegen overstromingen te beschermen. Ook zijn de havens uitgebreid en voor steeds grotere schepen toegankelijk gemaakt. Het hoge niveau van bescherming tegen overstromen als gevolg van het Deltaplan heeft de economische vitaliteit van de regio sterk vergroot^{xxviii}. Dat geldt ook voor de versterkte positie van de havens in dit gebied als toegang naar Noordwest-Europa. De maatregelen hebben echter ook negatieve gevolgen voor de economische vitaliteit. Vooral de verslechtering van de ecologische kwaliteit van de meeste bekkens^{xxix} heeft het vermogen van die bekkens om via ecosysteemdiensten de economie te versterken, verkleind.

Wij maken voor verschillende doeleinden gebruik van de eigenschappen van ecosystemen. De eigenschappen van de bodem maken het, bijvoorbeeld, mogelijk om gewassen te verbouwen of water te bergen en vervolgens af te voeren. Dankzij hun eigenschappen kunnen ecosystemen diensten leveren voor verschillende gebruiksfuncties. Als ecosystemen verstoord raken, sluiten de diensten die de ecosystemen kunnen bieden minder goed aan op gebruiksfuncties. Daar hebben die gebruiksfuncties, en dus de economische vitaliteit van de regio, onder te leiden.

2 Het Volkerak-Zoommeer heeft na afsluiting in 1987 een functie voor regionale watervoorziening gekregen voor Oostflakkee, de West-Brabantse poldergebieden Nieuw-Vossemeer, Hendrikpolder en de Auvergnepolder en de Zeeuwse gebieden Tholen, St. Philipsland en de Reigersbergsche polder. Daarnaast wordt water ingelaten in het Mark-Vliet systeem als de waterkwaliteit dit toelaat.

De gevolgen van de klimaatverandering zullen de ecosysteemdiensten op de proef stellen. Is het waterbergend vermogen van de ondergrond, bijvoorbeeld, voldoende om de zwaardere buien van de toekomst te kunnen bufferen, en kan dit zoete water lang genoeg worden geborgen om in droge zomers beschikbaar te zijn voor de landbouw en natuur? Zijn de beleving van de natuur en het landschap, en de mogelijkheden voor recreatie van voldoende kwaliteit om goed opgeleide werknemers in de havens en steden van het gebied een aantrekkelijk vestigingsklimaat te bieden zodat het verdienvermogen van de regio op peil blijft en maatregelen voor klimaatadaptatie op voldoende (financieel) draagvlak kunnen rekenen?

Zolang de ecosysteemdiensten in de regio onder druk staan, en deze druk door de klimaatverandering verder toeneemt, zal ook de economische vitaliteit van de regio, in ieder geval op onderdelen, kwetsbaar zijn. Ecosysteemdiensten en het verdienvermogen van de regio zijn met elkaar verbonden. We moeten de ecologische processen in deze kunstmatige delta op een slimme manier benutten.

Een economisch vitale regio heeft oog voor het welzijn van mensen. Klimaatverandering kan het welzijn bedreigen, bijvoorbeeld doordat het 's zomers in de steden lang heet is en 's nachts nauwelijks afkoelt. Met maatwerk als meer open water en begroeiing zijn dergelijke effecten te beteugelen. Een regio waarin ook de stedelijke omgeving, met het oog op het welzijn van de bewoners, op de klimaatverandering is aangepast, is aantrekkelijk voor hoogopgeleiden.

Foto 2. Eutrofiering zet de ecosysteemdiensten van watersystemen onder druk en heeft daarmee een negatief effect op de economische vitaliteit van regio's (Bron: Michael Melters, www.flickr.com).





4



Kansen in de Zuidwestelijke Delta



4.1. Waterveiligheid

Het Nederlandse beleid gericht op een zachte kustverdediging (zandsuppleties) is succesvol, innovatief (zandmotor), en kan tot ver in de toekomst worden doorgezet. Niet voor niets is een van de Deltabeslissingen (in voorbereiding) een 'beslissing zand'^{xxx}. Deze beslissing zal worden vertaald naar de Zuidwestelijke Delta. Vanuit de nationale strategie voor de zandige kust kunnen regionale vraagstukken in de Zuidwestelijke Delta (deels) worden geadresseerd. Langjarige monitoring en kennisontwikkeling (tot aan 2040) zal worden opgenomen in het onderzoeksprogramma Kustgenese.

De beheersing van het overstromingsrisico voor de Zuidwestelijke Delta is nu uitsluitend gebaseerd op de beperking van de kans op een overstroming. Als er tóch een overstroming plaatsvindt, zullen de gevolgen groot zijn: veel schade, maar waarschijnlijk ook veel slachtoffers. De regio is er immers niet op ingericht om de gevolgen van een overstroming zoveel mogelijk te beperken en de mensen een veilig heenkomen te bieden. Preventieve evacuatie is bij een dreigende overstroming niet haalbaar: op het moment dat duidelijk is dat een overstroming zou kunnen optreden, is de infrastructuur in een groot deel van de regio ontoereikend om de mensen die daar wonen uit het gebied te krijgen. Maatregelen gericht op de aanpassing van de regio aan de (mogelijke) gevolgen van de klimaatverandering kunnen zo worden ingevuld dat binnen de delta een patroon van hoogwater vrije plaatsen ontstaat die mensen snel kunnen bereiken. Klimaatadaptatie kan worden vormgegeven als een verbreding van het waterveiligheidsbeleid over de drie lagen van meer-

laagsveiligheid³. Met deze verbreding kan worden bereikt dat de maatschappelijke ontwrichting bij een overstroming, mocht deze toch optreden, wordt tegengegaan^{xxxi}; dit is een van de uitgangspunten in het beleid van de huidige minister van I&M^{xxxii}.

Een deel van de dijkringen in de Zuidwestelijke Delta heeft een grotere overstromingskans (faalkans) dan de wettelijke norm voor deze dijkringen (resultaten Veiligheid Nederland in Kaart, zie Dijkkringrapporten). Deze relatief grote overstromingskans wordt bepaald door het relatief grote effect van faalmechanismen voor de dijken, zoals piping, waardoor een dijk bij lagere waterstanden kan bezwijken dan de maatgevende waterstand waar de dijk op is ontworpen. De noodzakelijke versterking van de betreffende dijken biedt kansen om deze zodanig te verbreden dat de kans op doorbreken tot vrijwel nul wordt teruggebracht. Over een dergelijke Deltadijk (figuur 5) mag af en toe, bij zeer extreme omstandigheden, (zout) water slaan omdat hij 'overslagbestendig' is gemaakt.

De beddingen van de waterlopen tussen Haringvliet en Nieuwe Maas (Spui, Oude Maas, Noord en Dordtsche Kil) eroderen door de sterke stroming als gevolg van de aanwezigheid van de Haringvlietdam (waardoor er een groot verhang in waterstand is ontstaan tussen de Nieuwe Maas en het Haringvliet). De erosie van de geulen leidt tot ondermijning van de dijken. Door te kiezen voor het inzetten van de Haringvlietssluzen als stormvloedkering, waarbij de sluzen onder normale omstandigheden open staan, wordt dit waterstandverhang (sterk) gereduceerd en zal de omvang van de

³ Deze drie lagen zijn: 1. Preventie (waterkeringen), 2. Ruimtelijke inrichting en 3. Rampenbeheersing.

Figuur 5. Dwarsdoorsnede van een traditionele dijk, een traditionele dijkversterking, een deltadijk en een robuuste, multifunctionele waterkeringszone (Bron: Van Loon - Steensma en Vellinga, 2014^{xxxiii}).





erosie sterk afnemen en de ondermijning van de dijken (met eventueel aanvullende maatregelen) kunnen worden gestopt.

4.2. Zoetwatervoorziening

Met voldoende zoetwater (meer dan nu) is in de landbouw veel meer te verdienen: een hogere opbrengst en hoogwaardigere gewassen. De kwaliteit van de landbouwgrond is zo goed dat investeringen in nieuwe vormen van zoetwatervoorziening lonen. De boeren voelen hier wel voor: zelfvoorzienend zijn betekent meer zekerheid dat boeren over zoetwater kunnen beschikken wanneer zij dat nodig hebben, en dus meer garantie op hoge opbrengsten. Het betekent ook lokaal maatwerk bij klimaatadaptatie als uitgangspunt; belangrijk, want door variaties in grondsoort, hoogteligging, verzilting e.d. kan een maatregel die op de ene plek goed werkt op de andere plek juist minder geschikt zijn^{xxxiv}.

Ook de industrie wil een slag maken naar anders omgaan met zoetwater. Ook daar staat zelfvoorzienend zijn centraal, en samenwerken met andere partijen waardoor meerdere belangen behartigd worden. Een voorbeeld is DOW Chemicals ("zoeken naar gezamenlijke doelen, daar zitten de kansen"^{xxxv}). De industrie zal zijn kringlopen voor grondstoffen, waaronder zoetwater, zoveel mogelijk sluiten. Met de beschikbare kennis en innovaties hoeft de klimaatverandering voor de landbouw en de industrie in deze regio geen negatieve gevolgen te hebben.

Het is goed mogelijk om nieuwe drainagesystemen te ontwikkelen die de regenwaterlens laten groeien en daardoor de zoutgehalten in de wortelzone beperken (zie kader 4 in §6.3). Ook is ondergrondse opslag van zoet water in nabijgelegen kreekruggen een kansrijke oplossing om de zelfvoorzienendheid van agrariërs voor hun zoetwaterbehoefte in droge tijden te vergroten^{xxxvi}.

4.3. Ecologische veerkracht

De ecologische veerkracht van de regio is nu beperkt. De kansen om die te versterken, nemen toe. Op termijn kunnen de gradiënten van zoet naar zout op een aantal plaatsen worden versterkt omdat enerzijds meer rivierwater, van inmiddels goede kwaliteit, via de delta naar zee kan afstromen, en anderzijds de landbouw steeds minder afhankelijk is van grote zoetwaterbekkens.

Door de problemen met blauwalg kunnen drinkwater- en landbouwbedrijven niet op het Volkerak-Zoommeer vertrouwen. Er is dan ook een brede consensus bij verschillende partijen die belangen hebben op en rond het Volkerak-Zoommeer, waaronder agrariërs en natuurorganisaties, dat een zout Volkerak-Zoommeer de beste oplossing is voor de problemen met dit meer, mits als compensatie een betrouwbaardere zoetwatervoorziening kan worden gerealiseerd^{xxxvii}. Uit verkenningen is gebleken dat verzilting van het meer in combinatie met beperkte getijdendynamiek (bijvoorbeeld via een inlaat vanuit de Oosterschelde) de enige oplossing voor het blauwalgprobleem is^{xxxviii xxxix}. Herstel van de getijdendynamiek vergroot het zelfreinigende, natuurlijke productievermogen van het water en verdeelt de belasting van nutriënten (voedingsstoffen) beter over de wateren.

4.4. Economische vitaliteit

Landbouw en industrie gaan elkaar steeds meer opzoeken: voor grondstoffen, voor het delen van de kosten van het vervoer van afvalstoffen, voor de voedselvoorziening van steden. Wereldwijd worden regio's steeds meer zelfvoorzienend op kleinere schaal. In de Zuidwestelijke Delta zijn alle randvoorwaarden aanwezig om hier een succesvol voorbeeld van te zijn, een proeftuin van samenwerking tussen landbouw, industrie, transportsector en steden in een laaggelegen, dichtbevolkte delta. De ondergrond is vruchtbaar en leent zich voor hoogwaardige teelten (zoals nu al fruitteelt op veel plaatsen), de verbindingen voor het afzetten van producten zijn goed, het groeiseizoen wordt steeds langer en op de schaal

van Nederland brengt de regio nu al als eerste, dankzij het zachte klimaat, zijn producten op de markt.

De verdiepte vaargeul naar Antwerpen heeft gevolgen voor het natuurlijke karakter van het estuarium en de hoogwaterbescherming van Antwerpen. Wellicht is de grens in zicht van de diepte van de vaargeul, en dus de omvang van de schepen die de haven van Antwerpen kunnen bereiken. Deze grens wordt bepaald door de (resterende) veerkracht van het estuarium en het draagvlak in de samenleving voor de impact op het estuarium. Als de groeikansen van Antwerpen worden begrensd, kan dit zijn concurrentiepositie met andere havens (waaronder Bremen en Hamburg) schaden. Samenwerking tussen de havens van Antwerpen, Gent, Zeebrugge, Vlissingen en Terneuzen (Zeeland Seaports) en Rotterdam biedt kansen om die

concurrentiepositie te versterken en het risico op een bedreiging van de vitaliteit van de haven van Antwerpen te reduceren.

Voor toerisme lijken er vanuit veranderende weersomstandigheden meer kansen dan bedreigingen.

Kader 3. Gevolgen klimaatverandering voor wonen en werken in de delta

De snelheid van de klimaatverandering, en daarmee de grootte van de effecten in de loop van deze eeuw, en de sociaaleconomische ontwikkelingen beïnvloeden elkaar. Enerzijds bepalen sociaaleconomische ontwikkelingen de uitstoot van broeikasgassen. Anderzijds bepaalt de snelheid van de klimaatverandering hoe de samenleving hierdoor kan worden getroffen en welke maatregelen in beeld komen om hierop in te spelen.

De invloed van sociaaleconomische ontwikkelingen op de klimaatverandering zullen we hier buiten beschouwing laten. Over sociaaleconomische ontwikkelingen op de lange termijn (na 2050) is nu niets te zeggen; dat is te ver weg. Voor de kortere termijn (tot 2050) is bekend dat de snelheid van de klimaatverandering nauwelijks wordt bepaald door de keuze van de aannames voor de sociaaleconomische ontwikkelingen in deze periode^{XL}. Het klimaat ijlt immers na op de uitstoot van broeikasgassen. Uit de analyse van kwetsbaarheden en kansen in de Zuidwestelijke Delta in voorgaande hoofdstukken kan wel een beeld worden opgesteld van wat de gevolgen van de klimaatverandering voor de omgeving kunnen betekenen:

- De gevolgen van een eventuele overstroming nemen toe. Bij de inrichting van het land achter de dijken zal meer rekening moeten worden gehouden met de gevolgen van een overstroming: meer bouwen op opgehoogde of van nature hoge terreinen. Ook zal van bewoners meer eigen inzet worden gevraagd om zichzelf en hun spullen tegen overstromen te beschermen.
- In het stedelijke gebied zullen de zomers heter worden en zal de hitte langer aanhouden. Er zullen vaker situaties voorkomen dat de riolering de zware buien niet aankan en water op straat komt te staan. Het stedelijke gebied zal stap voor stap worden ingericht op meer verkoeling in de zomers (meer bomen, groene daken, andere inrichting gebouwen), en op een beter afvoer van regenwater (permeabele bestrating, gescheiden afvoer regen- en rioolwater).
- Agrariërs zullen zich moeten (blijven) aanpassen aan de gevolgen van de (toenemende) verzilting. Zij zullen zelf maatregelen moeten nemen om de zoetwatervoorziening te realiseren die past bij hun bedrijf. Een deel van hen zal zijn bedrijf naar andere locaties in de delta moeten verhuizen of zal moeten overstappen op andere gewassen.
- Bewoners van de delta zullen moeten accepteren dat er grenzen zijn aan de natuurlijke, estuariene dynamiek die kan worden hersteld. De effecten van de waterbouwkundige werken zijn slechts deels te compenseren/herstellen.
- De relatie tussen het landelijke gebied en de stedelijke omgeving wordt sterker. De landbouw produceert meer (en hoogwaardiger) voor de eigen regio en minder voor de export. Het landelijke gebied wordt meer ingericht als aantrekkelijk vestigingsgebied voor hooggeschoolden in de omliggende industrie.



5

Uitgangspunten visie 2050-2100

Meer veerkracht, meer een delta. Lift zoveel mogelijk mee met het herstel van natuurlijke processen. In alle watersystemen is de natuurlijke dynamiek verstoord; deze verstoringen bepalen grotendeels de kwetsbaarheden in de regio. Een meer natuurlijk systeem heeft in principe meer veerkracht om de onzekere ontwikkelingen van het klimaat en in de samenleving op te vangen. Herstel van de natuurlijke dynamiek maakt de delta ook meer zichtbaar. Op veel plekken in de delta lijkt het water ver weg: het ene eiland gaat over in het andere via dammen te midden van hoge begroeiing. De delta is nu teveel buitengesloten, niet alleen buitendijks: ook binnendijks zijn we het ruimtelijke beeld en het besef van de waarde van zoet en zout deels kwijtgeraakt. Zo heeft men bij de bouw van het ziekenhuis van Goes de zoetwaterbel op die locatie weggepompt, niet bewust van de waarde van dit zoete water voor de regio.

Denk systeemgericht en vanuit de samenhang der dingen. Maatregelen moeten niet gericht zijn op het oplossen van een lokaal probleem maar op het beter laten functioneren van het systeem als geheel. Het doel moet niet zijn het realiseren van compensatie op een bepaalde plek (zoals de Hedwigepolder) maar het krijgen van, bijvoorbeeld, een gezond estuarium met de juiste dynamiek. Bij de afweging van maatregelen moet ook de interactie tussen verschillende gebieden worden beschouwd.

Maar: tuinieren is ons lot. De delta is kunstmatig. De infrastructuur begrenst de mogelijkheden om langs natuurlijke weg estuariene gradienten met een grote variatie aan ecosystemendiensten te laten ontstaan. We moeten blijven tuinieren en de delta onderhouden. Dat kost geld. Die investeringen zijn alleen langjarig rond te krijgen als hiermee het belang van meerdere functies in de delta kan worden bediend⁴. Meerwaarde voor alleen de natuur is onvoldoende.

Maar handel flexibel en kleinschalig. Niet alleen omdat de klimaatverandering en sociaaleconomische ontwikkelingen in de toekomst anders kunnen uitpakken dan we nu verwachten, maar ook omdat waardeoordelen niet constant zijn in de tijd. De regio is zeer divers, zowel binnen als buiten de dijken. Maatregelen die op de ene plek goed werken, hoeven dat op een andere niet te doen. Met kleinschalige maatregelen kun je snel inspelen op ontwikkelingen, aanhaken op kansen en lokaal maatwerk leveren.

⁴ Een voorbeeld is de aanleg van een zoetwaterbekken voor meerdere agrariërs die ook geschikt is voor recreatie en het landschap verfraait (Klundert et al., 2013).



De zich zelf reddende burger en ondernemer. Klimaatadaptatie vindt plaats doordat mensen kansen zien. Die kansen ontstaan doordat mensen de ruimte krijgen hun eigen keuzes te maken. Die ruimte ontstaat doordat de overheid niet (langer) alles wil regelen, of het nu gaat om een grotere rol van burgers en ondernemers binnen het waterveiligheidsbeleid^{xli}, of de keuze van boeren bij het omgaan met verzilting: burgers en ondernemers zullen in toenemende mate zelf voorzien in hun veiligheid of zoetwatervoorziening.

Leven met water. Leven met water betekent dat je niet koste wat kost de strijd voert om al het water buiten de deur te houden. Als met een zware storm wat water over de dijk slaat terwijl de dijk sterk genoeg is en het zoute water via een drainagesysteem kan worden afgevoerd, is er niets aan de hand. Met af en toe een hoger zoutgehalte in landbouwgebieden is goed om te gaan.

Economie en veiligheid staan centraal. In de Zuidwestelijke Delta staan economie en veiligheid centraal. Er zijn kansen voor meer natuur en het herstel van estuariene gradiënten, mits hiermee de economische vitaliteit, inclusief kansen voor de landbouw, wordt versterkt en aan waterveiligheid niets hoeft te worden ingeleverd. De ecologie moet passen in de driehoek ecologie – economie – veiligheid. Binnen de keuze voor de ontwikkeling van het Volkerak-Zoommeer, bijvoorbeeld, kan ecologische meerwaarde worden gerealiseerd als die keuze leidt tot versterking van de economie.

En de regisserende overheid. De overheid zal deze ontwikkelingen faciliteren en (ruimtelijk) regisseren. De overheid jaagt die initiatieven aan die passen binnen de lange termijn visie van een economisch vitale en klimaatbestendige delta. Hierbij worden initiatieven die uitgaan van vergelijkbare randvoorwaarden (zoals het toepassen van verzilte teelten of juist het creëren van een zoetwaterlens voor hoogwaardige teelten) zoveel mogelijk ruimtelijk geclusterd zodat geen lappendeken van initiatieven ontstaat die elkaar onderling in de weg zitten. Met deze regie kan ook het ruimtelijke, landschappelijke beeld van een delta met relatief zoete (bijvoorbeeld een kreekrug) en relatief zoute (bijvoorbeeld een veengebied) gebieden worden versterkt.

En leven met sediment. De zeespiegel zal nog lang doorstijgen, en het land zal nog lang dalen. Willen mensen zich in de toekomst bij een dijkdoorbraak in veiligheid kunnen brengen, dan zijn nieuwe terpen nodig. Het zand is daarvoor in ruime mate voorhanden, in de Noordzee. Langs de randen van Ooster- en Westerschelde kunnen hoogopgeslibde (verlande) schorren worden ingepolderd tot landbouwgebied terwijl laaggelegen landbouwgebieden worden ontpolderd, zich transformeren tot volwaardige buitendijkse natuur tot ook zij weer het eindstadium van verlanding bereiken en weer als landbouwgrond in gebruik worden genomen. Zo bouwen we het land weer op, deels actief, deels via de natuurlijke weg.

Dus haak aan bij belangen op de korte termijn. Klimaatadaptatie is een verhaal van de lange termijn. Maatschappelijk draagvlak voor financiering van maatregelen voor klimaatadaptatie kan alleen worden bereikt als die maatregelen ook op de korte termijn rendement opleveren, het liefst voor meerdere belangen tegelijk. De blik is vaak gericht op de kosten; met meer aandacht voor de meekoppeling van baten is meer mogelijk.





6

De Zuidwestelijke Delta in de tweede helft van deze eeuw

Dit hoofdstuk schetst de klimaatbestendige Zuidwestelijke Delta in de tweede helft van deze eeuw. In dit toekomstbeeld is de regio minder kwetsbaar (hoofdstuk 3) voor de klimaatverandering, worden de kansen van klimaatverandering (hoofdstuk 4) benut en zijn de uitgangspunten (hoofdstuk 5) in maatregelen uitgewerkt.

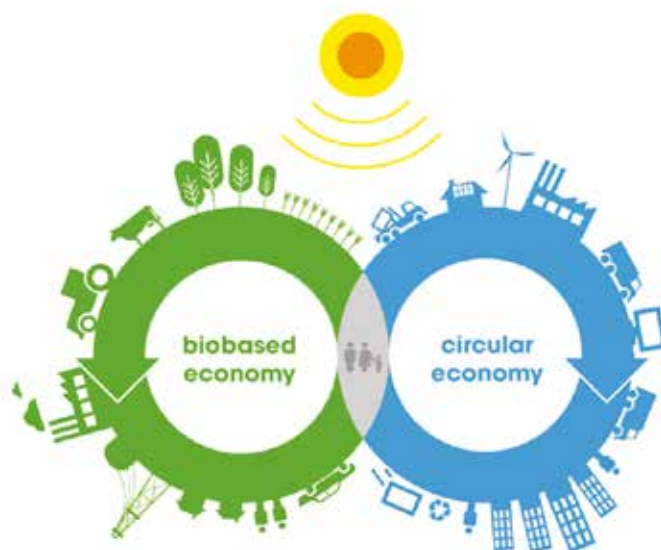
Het toekomstbeeld wordt geschetst op drie schaalniveaus:

- de stedelijke delta als samenhangend geheel, met de nadruk op de economische vitaliteit;
- de dynamiek van de verschillende bekkens, met de nadruk op de ecologische veerkracht, binnen de grenzen van wat haalbaar wordt geacht;
- het land achter de dijken waar burgers en ondernemers meer dan nu zelf hun maatregelen hebben genomen voor de bescherming tegen overstromingen, het omgaan met natte en droge periodes, en de zoetwatervoorziening van gewassen en industrie.

6.1. Circulaire economie in een stedelijke delta

De zuidwestelijke delta is veel meer dan de voortuin van de stedenring tussen Rotterdam en Antwerpen. De steden maken zelf nadrukkelijk deel uit van de delta, bepalen zelfs voor een groot deel het ruimtegebruik en de inrichting van het landelijk gebied en de watersystemen. De industrie, de steden en de landbouw in het omliggende gebied werken samen om de kringloop van zoetwater zoveel mogelijk te sluiten en zo efficiënt mogelijk met grondstoffen en energie om te gaan. De circulaire economie is een feit (figuur 6). Zo wordt in natte tijden het teveel aan water in zandlichamen geïnfiltreerd die als nieuwe terpen de ondergrond vormen van bebouwing voor vitale sectoren en (met het oog op overstromingen) kwetsbare bevolkingsgroepen. In droge tijden kunnen boeren en bedrijven dat water onttrekken. Ook leveren boeren het restafval van hun akkers als brandstof aan de industrie.

Figuur 6. De biobased en circular economy bieden kansen voor de Zuidwestelijke Delta. Gewassen en reststromen uit de agrarische sector en de voedingsmiddelenindustrie worden als 'groene grondstof' gebruikt voor de productie van materialen, chemicaliën, energie en brandstof (biobased economy). Grondstoffen, waaronder zoetwater, worden grootschalig teruggewonnen en hergebruikt (Bron: www.partnersforinnovation.com).





Het gebied is aantrekkelijk als vestigingsgebied voor werknemers in de steden waardoor het voorzieningenniveau op peil kan blijven. Daarvoor is een omslag gemaakt van landbouw gericht op een beperkt aantal producten voor de rest van het land en voor de export naar landbouw en aquacultuur met meer hoogwaardige producten die voor een groot deel in het nabije stedelijke gebied worden afgezet. Ook is in de afgelopen tientallen jaren veel natuur ontwikkeld. Dat heeft een aantrekkelijk woonklimaat opgeleverd voor mensen met hogere inkomens die werken in de omliggende steden. Hierdoor is er voldoende (financieel) draagvlak voor het handhaven van goed functionerende ecosystemen in de waterbekkens die op natuurlijke wijze de waterkwaliteit op een hoog niveau houden. Binnen deze bekkens is er op verschillende plekken in de delta voldoende zoetwater van hoge kwaliteit dat door de industrie, de steden en de landbouw kan worden benut. De ecologische en economische dynamiek versterken elkaar.

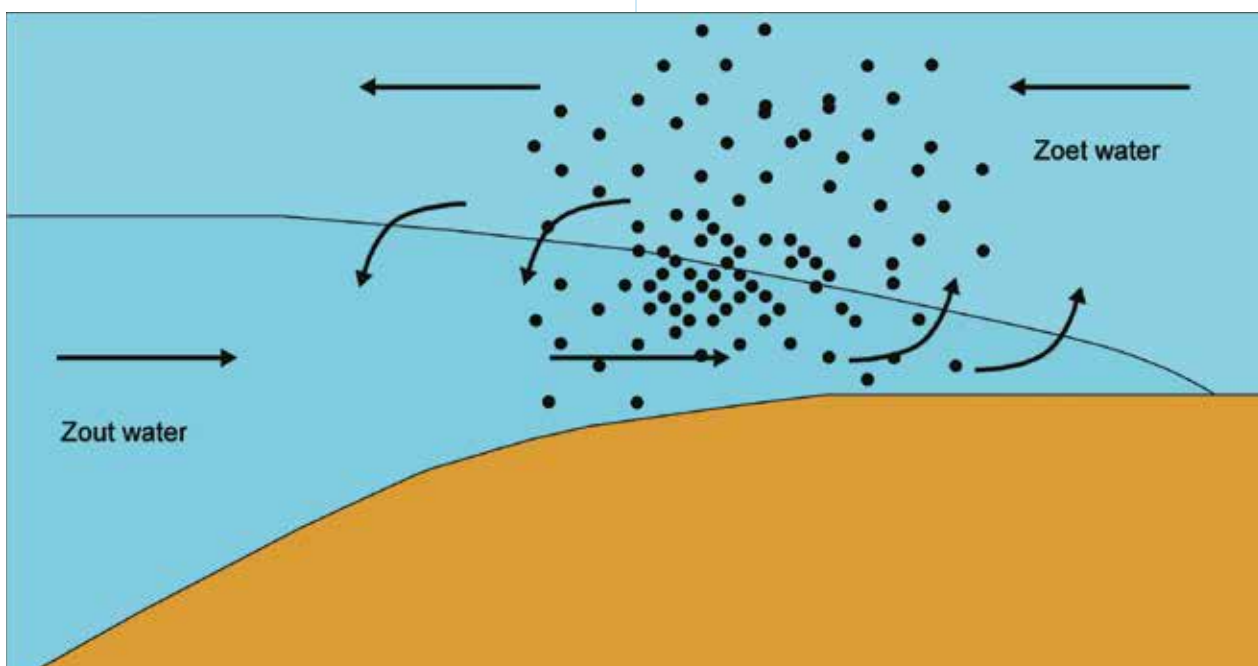
De meerwaarde van de landbouw en aquacultuur zit niet in de export van de producten maar in de

export van de kennis om elders in de wereld in verstedelijkte delta's op een vergelijkbare wijze voor, en in samenwerking met de industrie en de steden voedsel (en energie) te kunnen produceren. De Zuidwestelijke Delta is een proeftuin voor innovaties op de grensvlakken van water, landbouw en energie. Het Nederlandse bedrijfsleven heeft hier zijn exportpositie mee kunnen versterken.

6.2. Dynamische bekkens, binnen grenzen

Estuaria zijn de getijdebekkens waar rivieren uitstromen in zee. Het zoete, lichtere rivierwater stroomt af over het zwaardere, zoute zeewater en mengt hiermee. Dit levert gradiënten op van zoet naar zout, maar ook gradiënten van voedingsstoffen, en van zand en slib van rivieren en de zee (figuur 7). De menging van zoet en zout water, en de getijdenwerking zijn de drijvende krachten achter het ontstaan van deze gradiënten. Ze zijn ook de drijvende krachten achter het ontstaan

Figuur 7. In estuaria stroomt het lichtere zoete (rivier-)water over het zwaardere zoute (zee-)water af naar zee. Hierbij mengen beide waterstromen, en het daarin zwevende sediment, zich waardoor gradiënten van zoet naar zout, maar ook van voedingsstoffen en zand en slib ontstaan (Bron: Ten Brinke, 2004^{xliii}).



van eb- en vloedgedomineerde geulen, en getijdenplaten hiertussen in, en slikken en schorren langs de randen van de bekken. Als in een bekken zoet en zout water, en sediment van rivieren en de zee kunnen mengen, en daarbij ruimte is voor het ontstaan van eb- en vloedscharen, getijdenplaten, schorren en slikken, is sprake van estuariene dynamiek.

Met de aanleg van de deltawerken is een groot deel van de estuariene dynamiek uit de Zuidwestelijke Delta verdwenen^{xlii}. Ook in de tweede helft van de 21^e eeuw drukken de Deltawerken nog hun stempel op de regio en is slechts in beperkte mate sprake van estuariene dynamiek. Er is wel veel dynamiek, meer dan in de eerste helft van de 21^e eeuw, maar deze dynamiek is in veel bekken niet vergelijkbaar met die van een natuurlijk estuarium. De dynamiek van de menging van zoet en zout water in de delta is vergroot, maar de dynamiek van de sedimentbeweging en morfologie is door de nog aanwezige infrastructuur aan grenzen gebonden. Binnen deze grenzen is de ruimte voor de natuurlijke processen die horen bij rivieren die vrij uitstromen in zee zoveel mogelijk benut.

- **Haringvliet – Hollands Diep – Biesbosch: Geheel herstel zout-zoet gradiënt en morfodynamiek.** De Haringvlietssluisen werken als stormvloedkering en staan dus in principe open waardoor meer zoetwater met riviersediment door het Hollands Diep en Haringvliet stroomt en meer zeesediment met vloed naar binnen komt, het verticale getij tot maximaal 70 cm is toegenomen, en er weer slikken en schorren ontstaan.
- **Grevelingen – Volkerak – Zoommeer: Herstel (zoute) ecologie zonder herstel morfodynamiek.** De Grevelingen en het Volkerak-Zoommeer zijn met elkaar verbonden als zoutwatersysteem met gemiddeld 40 cm verticaal getijverschil (ca 50 cm op de Grevelingen en ca 30 cm op het Volkerak-Zoommeer), gescheiden van de Noordzee door een doorlaatmiddel (met getijcentrale) in de Brouwersdam. Samen bergen ze rivierwater als bij hoge rivierafvoer de Europoortkering en Haringvlietssluisen gesloten zijn en het rivierwater niet vrij in zee kan uit-

stromen. Met de vervanging van dammen door bruggen is in dit deel van de delta het beeld van een open delta met aan elkaar geschakelde eilanden hersteld.

Voor landbouwgebieden die voorheen hun zoetwater uit het Volkerak-Zoommeer kregen, zijn maatwerkoplossingen gerealiseerd. Via de regionale wateren van West Brabant (Roode Vaart – Mark – Vliet) en een pijplijn/sifon onder het Schelde-Rijnkanaal, wordt zoetwater vanuit het Hollands Diep naar Tholen en St. Philipsland geleid. Ook wordt zoetwater in natte perioden in de ondergrond geborgen. Hiervoor is de bergingscapaciteit in de ondergrond sterk vergroot door het diepere, zoute water te draineren en zoetwater in nieuwe terpen te infiltreren. Dankzij deze maatregelen kunnen veel boeren in deze regio zelf in hun benodigde zoete water voorzien en er op vertrouwen dat in hun eigen landbouwgebied zoetwater voorhanden is als zij dat nodig hebben.

Om erosie van de vooroevers langs het Grevelingen, het Volkerak en het Zoommeer te voorkomen, zijn deze versterkt met een breed scala aan maatregelen, afhankelijk van de lokale omstandigheden: begroeiing, oesterriffen, zandsuppleties... Hiermee wordt tevens de golfbelasting op de dijken verkleind.

- **Oosterschelde: Via zandmotor verbonden met de Voordelta.** Het zandtransport van de Noordzee naar de Oosterschelde is op gang gebracht waardoor de geulen van west naar oost verondiepen tot zij weer in evenwicht zijn met de rest van het systeem. Cruciaal voor deze zandaanvoer is het benutten van de zandvoorraad op de Voordelta. Dankzij het uitschakelen van het zandvangmechanisme van de ontgrondingskuilen zeewaarts van de stormvloedkering is de Voordelta de zandmotor voor de Oosterschelde. Met nieuwe baggertechnologie, aangedreven door duurzame energie, wordt het zand van de Voordelta op de natuurlijke transportbanen richting de Oosterschelde gezet. Deze 'zandirrigatie' is een nieuw exportproduct voor landen elders in de wereld waar in het achterland van stormvloedkeringen vergelijkbare problemen spelen als in de Ooster-



schelde. Een deel van de Voordelta wordt opgeofferd voor het stillen van de zandhonger in de bekkens; de Voordelta zou immers toch deels 'verdwijnen' omdat het een relict is van de eb- en vloeddynamiek in de mondingen van de bekkens van vóór de Deltawerken.

- **Westerschelde: Meer komberging (Saeftinghe2.0) voor veiligheid en ecologie.** De Westerschelde blijft belangrijk als toegang voor grote schepen naar Antwerpen. De ontpoldering van delen van Zuid-Beveland heeft de komberging in het oostelijk deel vergroot waardoor bij Antwerpen de hoogwaterstanden en het overstromingsrisico zijn afgenomen. De ontpolderde delen hebben zich ontwikkeld tot een brakwaterschor (Saeftinghe2.0); bij verdergaande ontpoldering kan op termijn een verbinding tussen Westerschelde en Oosterschelde worden gemaakt waardoor de sedimenthuishouding in beide bekkens kan worden verbeterd en het meergeulensysteem in het oostelijke deel van de Westerschelde niet langer wordt bedreigd.

Gelijktijdig met het ontpolderen van landbouwgrond zijn elders langs de Westerschelde hoog opgeslibde schorren ingepolderd en als vruchtbare, nieuwe landbouwgrond in gebruik genomen. Het grootste gebied is het voormalige Land van Saeftinghe (figuur 8). Hiermee is het systeem van wisselpolders van kracht: laaggelegen landbouwgrond wordt gedurende tientallen jaren buitendijks gebied, slibt op, en

wordt vervolgens weer ingepolderd als landbouwgrond. Deze nieuwe trend van het laten meegroeien van de randen van het estuarium met de zeespiegelstijging via natuurlijke opslibbing leidt niet alleen tot continuïteit van goede, hooggelegen landbouwgrond en meer ruimte voor natuurlijke processen; doordat hoog opgeslibde grond wordt 'ingewisseld' voor laaggelegen grond, neemt de komberging in het estuarium toe en dalen de hoogwaterstanden bij Antwerpen.

- **Voordelta: Energiepark en zeeboerderijen.** De enorme potentie van de Noordzee voor eiwitproductie wordt benut met zeeboerderijen op de ondiepe delen van de Voordelta. Dit gaat goed samen met productie van duurzame energie. De ecologie 'lift mee' met de introductie van meer hard substraat van de installaties voor duurzame energie. Lokaal zijn er wel verschillen: de Vlakte van de Raan voor de monding van de Westerschelde wordt volop benut, elders zijn de mogelijkheden beperkter doordat de Voordelta erodeert en deels wordt 'gebruikt' voor het stillen van de zandhonger in de Oosterschelde.

Figuur 8. In tegenstelling tot wat zijn naam doet vermoeden, is het Verdrongen Land van Saeftinghe een van de hoogste delen van Zeeland (Bron: www.ahn.nl).



6.3. Zelfvoorzienend achter de dijken

Landbouw met kansen voor zoet en zout. De overheid heeft een aantal maatregelen genomen om het zoete water in het regionale watersysteem efficiënter te benutten, zoals het scheiden van 'zoete en zoute sloten' in gebieden zonder zoetwateraanvoer. Ook wordt zoetwater dat van de duinen afstroomt in de ondergrond van landbouwgebieden geïnfiltreerd. Maar de overheid gaat niet langer de strijd aan met verzilting. Sterker nog, er is niet langer sprake van een strijd tegen verzilting: ondernemers maken zelf de keus of zij de kansen van verzilting willen benutten of met lokale maatregelen zelf voorzien in het zoetwater voor hun bedrijfsvoering. Beide keuzes zijn technisch haalbaar en economisch rendabel uitvoerbaar.

De overheid stuurt wel op een slimme clustering van zoete en zilte landbouw; een lappendeken van zilte teelten en lokale maatregelen voor zoetwatervoorziening is immers niet efficiënt. Ook bepaalde variaties in de samenstelling van de ondergrond, de hoogteligging van het maaiveld en de afstand tot zout buitenwater de effectiviteit van innovaties. De overheid stuurt ook op de bestemming van wisselpolders ('groeiland'), waarbij laaggelegen landbouwgrond gedurende (minimaal enkele) tientallen jaren buitendijks gebied wordt en na opslibbing weer wordt ingepolderd als landbouwgrond; de locaties van wisselpolders worden gekozen vanuit meerdere belangen: landbouw, waterveiligheid, biodiversiteit en het versterken van natuurlijke processen. Ontpoldering en inpoldering lopen gelijk op, de beschikbare hoeveelheid landbouwgrond neemt niet af.

De delta is een proeftuin voor de internationale export van kennis en expertise voor mogelijkheden voor hoogwaardige landbouw in een verziltend gebied, variërend van een pakket aan maat-

Kader 4. Strategieën voor de zoetwatervoorziening

In een studie van Acacia Water et al. (2012) worden als mogelijke beleidsstrategieën voor de lange termijn onderscheiden: (1) weerstand (blijven) bieden tegen verzilting en (2) meebewegen met verzilting.

Strategie (1) betekent concreet een gescheiden aan- en afvoer, en dus een structurele aanpassing van het waterhuishoudkundige systeem. De beschikbaarheid van zoetwater voor de landbouw als publieke voorziening blijft dan gehandhaafd. Als bijkomend voordeel is de waterkwaliteit van afzonderlijke brakke, voedselrijke kwel- en drainagesloten en zoete, voedselarme aanvoersloten veel beter te optimaliseren voor bijbehorende natuurwaarden dan die van de huidige lichtbrakke combisloot.

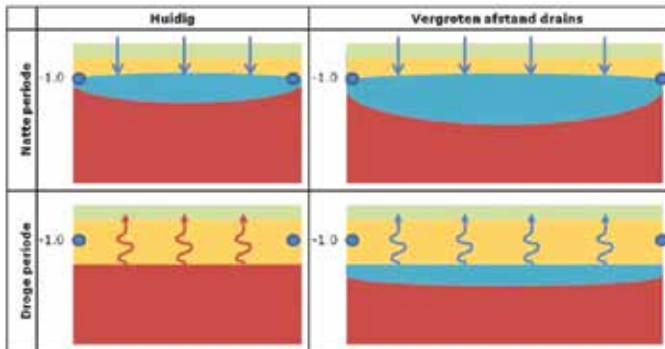
Strategie (2) betekent dat de zoutbestrijding wordt losgelaten, en het binnendringende zout op de Nieuwe Waterweg en in het regionale watersysteem niet langer wordt geweerd. Water hoeft niet langer vanuit het hoofdwatersysteem te worden ingelaten; de landbouwwatervoorziening wordt losgekoppeld van de waterhuishouding.

Een combinatie van bovenstaande strategieën binnen één waterhuishoudkundige eenheid ligt niet voor de hand. De strategieën zijn in termen van maatregelen immers totaal verschillend.

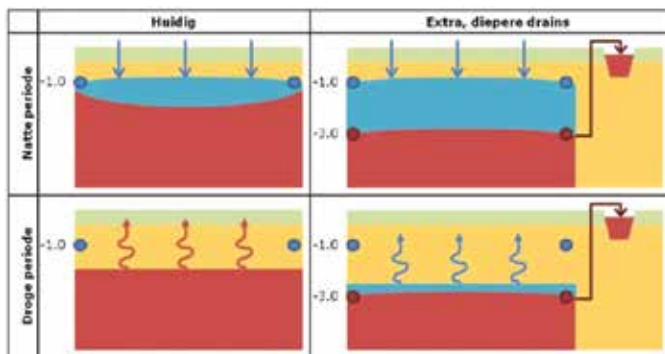
Het Deltaprogramma heeft drie kansrijke strategieën voor de zoetwatervoorziening van de Zuidwestelijke Delta geformuleerd^{xLIV}: (1) verhoging van de beschikbare hoeveelheid zoetwater via maatregelen in het hoofdwatersysteem en aanpassingen in het regionaal watersysteem, (2) de beschikbare hoeveelheid zoetwater gelijk laten opgaan met klimaatverandering en sociaal economische ontwikkeling ('vraag faciliteren waar het kan, aanbod accepteren waar het moet') en (3) stimulering zelfvoorziening met initiatief bij (vooral) de gebruikers van zoetwater. De strategieën (2) en (3) van het Deltaprogramma sluiten goed aan bij de twee beleidsstrategieën van Acacia Water.

Kader 5. Maatregelen voor meer zoetwater in de ondergrond – enkele voorbeelden^{XLVI}

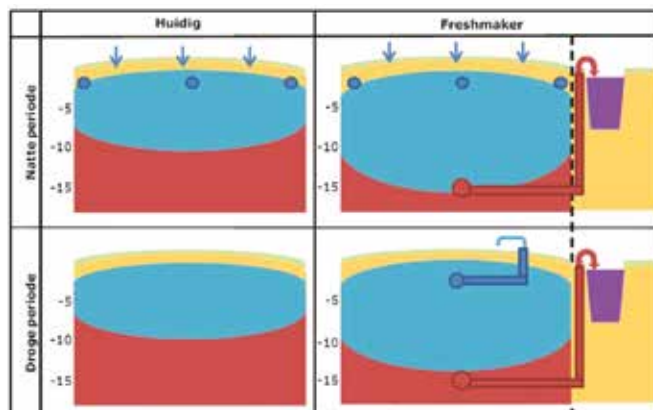
Figuur 9. Vergroten zoetwaterlens door aanpassing drainage. De neerslaglens kan in natte perioden worden vergroot door de afstand tussen de drainagebuizen te vergroten. Daarmee wordt de dikte van de zoetwaterlaag als buffer tegen de verzilting groter, en kan directe zoutschade in droge perioden worden voorkomen (Bron: Tolk, 2013).



Figuur 10. Vergroten zoetwaterlens door afvangen brakke kwel met (diepe) drains. Door het gebruik van extra drainage op grotere diepte kan zoute kwel worden afgevangen en afgevoerd naar de sloten. De zoute kweldruk neemt hierdoor af, waardoor er boven de diepe drains een grotere zoetwaterbel kan ontstaan, en dus ook een grotere buffer tegen de verzilting (Bron: Tolk, 2013).



Figuur 11. Vergroten zoetwaterberging - de freshmaker. In het freshmaker concept wordt het afvangen van brakke kwel op een grotere (verticale) schaal toegepast dan in het vorige voorbeeld. Dankzij een diep aangelegde drain (op ongeveer 10-20 m onder het maaiveld) kan een grotere zoetwaterlens ontstaan die voldoende dik wordt om hier zoet grondwater uit op te pompen voor beregening (Bron: Tolk, 2013).



regelen voor lokale zoetwatervoorziening waar boeren uit kunnen kiezen, tot een koppeling van zilte teelt en aquacultuur in zowel binnen- als buitendijkse gebieden. Voorbeelden van lokale maatwerkoplossingen voor zoetwatervoorziening zijn diepere drainage van zout/brak water waardoor de zoetwatervoorraad in de bodem toeneemt, meer infiltratie in bestaande (en eventueel opgehoogde) kreekruggen, en het creëren van zoetwaterlenzen in de ondergrond (al dan niet na ophoging van het maaiveld).

In de delta wordt de waterberging in het oppervlaktewater vergroot voor meerdere doeleinden, zodat het financiële draagvlak onder deze maatregelen groot genoeg is. Een voorbeeld is het koppelen van de vergroting van de waterberging aan het herstel van kreken, waarmee als extra belangen het landschap wordt verfraaid en een vaarrouthenetwerk voor de recreatie wordt aangelegd^{XLV}.

Door regionale decentralisatie van percelen worden de risico's van de gevolgen van de klimaatverandering voor agrariërs beter gespreid. Deze decentralisatie (of 'schaalverkleining') draagt ook bij aan een aantrekkelijk landschap voor de inwoners

van de omliggende steden, en dus aan de vitaliteit van de regionale ruimtelijke economie.

De visserij is gestoeld op meerdere pijlers (visserij op zee, schelpdiervisserij in enkele bekkens, viskweek op land); deze verbreding in de afgelopen tientallen jaren heeft de sector minder kwetsbaar gemaakt voor jaren met slechte opbrengsten.

Beheersing overstromingsrisico's, niet alleen preventie. In het waterveiligheidsbeleid staat het beheersen van overstromingsrisico's centraal, niet het voorkomen van een overstroming. In principe worden dijken niet langer verhoogd, wel verbreed. Er mag onder extreme stormomstandigheden zout water over de dijk slaan. Achter de dijk is de landbouw ingericht op hoge zoutgehalten. In de polders wordt nieuwe bebouwing (inclusief recreatiewoningen) op opgehoogde grond gebouwd; in die grond ontstaan zoetwaterlenzen voor de landbouw. De ophoging van gebieden, en de inrichting van die gebieden, wordt ruimtelijk zo gestuurd dat deze gebieden als veilige locaties kunnen fungeren mocht er toch een overstroming plaatsvinden.

Figuur 12. Door begroeiing aan te plannen voor een dijk hoeft de dijk minder hoog te worden omdat de begroeiing een deel van de energie van de golven dempt. Deze tekening toont de situatie die in de Noordwaard zal worden gerealiseerd: de begroeiing in het ontpolderde deel van de Noordwaard (linksonder) dempt de golfwerking op de dijk rond de verkleinde dijkkring rond het Steurgat (rechtsboven) (Bron: Mindert de Vries, Deltares).





Verticale evacuatie in het gebied zelf is de norm⁵. Bij Vlissingen is de bebouwing zo geïntegreerd in de waterkering (Vlissings model) dat een eventuele versterking van de waterkering tot in de gebouwen kan worden doorgevoerd; de bebouwing van de waterkering is een veilige vluchtplaats voor de bevolking van de binnenstad.

De diepe geulen voor de koppen van de eilanden worden met zandsuppleties op afstand van de dijken gehouden zodat zij de dijken niet kunnen ondermijnen. Het beleid van zandsuppleties langs de kust wordt gecontinueerd. In de bekkens wordt met verschillende maatregelen (zandsuppleties, slikken en schorren, aanplanten begroeiing (figuur 12), oesterriffen) de golfbelasting op de dijken deels opgevangen.

De vitale infrastructuur kan bij een eventuele overstroming in principe niet meer uitvallen. De cruciale installaties voor energievoorziening en -distributie, de chemische industrie, ziekenhuizen e.d. zijn gebouwd op opgehoogd terrein, met in de opgehoogde grond zoetwaterlenzen voor de landbouw. Ook zorginstellingen, verpleeghuizen e.d. liggen op hoog terrein en kunnen niet overstromen; in tegendeel, zij maken onderdeel uit van het netwerk van locaties waar mensen naar toe gaan om zich bij een (dreigende) overstroming in veiligheid te brengen. De belangrijkste ontsluitingswegen zijn hoogwatervrij aangelegd zodat mensen na een overstroming snel uit het gebied kunnen worden gehaald en het herstel snel kan worden gerealiseerd.

⁵ De grenzen aan de mogelijkheden van horizontaal evacueren en de aanbeveling om in rampenplannen voor kustgebieden uit te gaan van vertikaal evacueren zijn gepresenteerd in het proefschrift van B. Kolen (2013): *Certainty of uncertainty in evacuation for threat driven response. Principles of adaptive evacuation management for flood risk planning in the Netherlands*. Proefschrift Radboud Universiteit Nijmegen.





7

Te nemen stappen
in de komende 20 jaar

7.1. Kansen, kennis en ruimte voor ontwikkelingen

Een ondernemer kijkt naar de komende 10 jaar, niet naar mogelijke ontwikkelingen in de tweede helft van deze eeuw^{xlvii}. Hij is niet bezig met klimaatadaptatie, wel met verschuivingen in de vraag naar zijn producten en diensten, en met het opvangen van zware buien en het overbruggen van periodes met droogte die optreden binnen het huidige klimaat. Boeren, recreatieondernemers e.d. zijn flexibel genoeg om zich aan te passen aan veranderende omstandigheden zodra die zich voorzien. Grootschalige investeringen van overheden, beleidsomslagen en de ontwikkeling van nieuwe technologie of gewassen, op basis waarvan ondernemers zich kunnen aanpassen, kosten echter veel tijd. Op een aantal terreinen moeten vooral overheden de komende 20 jaar al stappen zetten om het toekomstbeeld in hoofdstuk 6 voor de tweede helft van deze eeuw te kunnen realiseren.

Kansen benutten

Voor de realisatie van de hiervoor geschetste toekomstbeelden moeten kansen worden benut zodra die zich voordoen. Dat geldt voor de besluitvorming op landelijke en regionale schaal, en voor keuzes van burgers, ondernemers of bedrijven. Zelfs als alle kansen worden benut, zal het tientallen jaren duren voordat we in een klimaatbestendigere leefomgeving zijn 'gegroeid'. Een voorbeeld van het benutten van kansen is het bouwen van

nieuwe verzorgingstehuizen en ziekenhuizen op opgehoogde terreinen en het benutten van die zandlichamen voor het opslaan van zoetwater. Een ander voorbeeld is de aanleg van drainage dieper in de ondergrond op het moment dat boeren die toch moeten vervangen.

Kennis ontwikkelen, innovaties stimuleren

Biobouwers voor dijkversterking en aangelegde zoetwaterlenzen zijn voorbeelden van innovaties die nu al lopen en in de komende 20 jaar zullen worden toegepast. Er zijn ook vraagstukken die om innovaties vragen die er nog niet zijn. Een voorbeeld is baggertechnologie voor zandirrigatie waarmee langjarig (blijvend) zand vanuit de Noordzee de bekkens in kan worden gevoerd.

De Zuidwestelijke Delta biedt bij uitstek kansen voor innovaties op de grensvlakken van de sectoren water, landbouw en energie. De huidige structuur voor de financiering van onderzoek is echter sterk sectoraal gericht; een crosssectorale benadering van onderzoek vraagt om een crosssectorale financiering hiervan, en die is er nog niet. Vanuit de Topsectoren moet ruimte worden gecreëerd voor brugprojecten over de sectoren heen, met experimenteeruimte waarbinnen ook ruimte is voor tegenvallende resultaten.

Overbrug de stap naar duurzame oplossingen

Het zal lang duren voordat meer duurzame oplossingen zijn gerealiseerd en hun vruchten afwerpen. Tot die tijd moeten de huidige maatregelen

Kader 6. Agrariërs en ondernemers over klimaatverandering

Agrariërs en ondernemers in het toerisme in Zeeuws-Vlaanderen zijn geïnterviewd naar hun beleving van klimaatverandering. Zij zeiden dat zij het klimaat al enige tijd zien veranderen: droge periodes houden langer aan en komen regelmatig terug, en als het regent, regent het harder dan vroeger. Individueel worden al maatregelen genomen, zoals het korter op elkaar aanleggen of verdiepen van drainage, het aanleggen van extra sloten, het egaliseren van het terrein, een andere inrichting van het gebied, en het vroeger zaaien en oogsten dan gebruikelijk. Zij passen zich aan extremere weersomstandigheden aan, maar spreken niet van aanpassing aan de klimaatverandering.

Het handelen van de geïnterviewde agrariërs en ondernemers wordt niet bepaald door toekomstscenario's over het klimaat. Grotere, complexere maatregelen (zoals collectieve ontwikkelingen) lijken pas aan de orde als (de gevolgen van) weersextremen vaker worden ervaren.



om de kwaliteiten van de delta zoveel mogelijk te beschermen, worden gecontinueerd.

Aanpassen richtlijnen

De richtlijnen voor ecosystemen, vooral Natura 2000, zijn te star en remmen de mogelijkheden om meer natuurlijke (estuariene) dynamiek toe te laten. De richtlijnen moeten anders worden ingevuld en ruimte bieden voor dynamischer randvoorwaarden die leiden tot verrassingen van de natuur. De richtlijnen remmen ook de kansen voor zeeboerderijen in de getijddebekken, waar de verbinding kan worden gemaakt tussen binnendijkse (zilte teelten) en buitendijkse (aquacultuur) landbouw. Ook Nederlands beleid moet worden aangepast: het Beleidsplan Voordelta, bijvoorbeeld, staat nu niet toe dat zand wordt gebruikt om elders zandhonger te stillen.

Een andere weging van kosten en baten

De Maatschappelijke Kosten-Baten-Analyse (MKBA) is een belangrijk instrument waarmee keuzes voor maatregelen worden afgewogen. Daarbij wordt dit instrument vaak toegepast voor één bepaald doel van een maatregel (bijvoorbeeld de hoogwaterbescherming bij een kustsuppletie) en wordt de meerwaarde voor andere belangen

(bijvoorbeeld recreatie, zie figuur 13) niet meegewogen. De insteek is te sectoraal en de blik is te eenzijdig op de kosten en baten voor een bepaalde opgave gericht. Als meer belangen worden meegewogen, kan de afweging van keuzes voor maatregelen anders uitvallen. In het bijzonder zou ook de (markt)waarde van ecosystemendiensten moeten worden meegewogen. Wat is, bijvoorbeeld, de meerwaarde van meer estuariene dynamiek in het hart van de Zuidwestelijke Delta voor het vestigingsklimaat van hoogopgeleiden voor de bedrijven in de omliggende steden? Voor een bredere weging van kosten en baten van maatregelen is wellicht een innovatie van het MKBA-instrumentarium noodzakelijk.

7.2. Governance van klimaatadaptatie

Het effect van de (gevolgen van de) klimaatverandering op de ontwikkeling van de Zuidwestelijke Delta kan niet los worden gezien van het effect van andere ontwikkelingen, zoals sociaaleconomische. Dit betekent dat ook het inspelen op de (ge-

Figuur 13. Vaak wordt de MKBA toegepast voor één bepaald doel van een maatregel (bijvoorbeeld de hoogwaterbescherming bij een kustsuppletie), en wordt de meerwaarde voor andere belangen (bijvoorbeeld recreatie) niet meegewogen (Bron: Netwerk Deltatechnologie, 2009^{xlviii}).



volgen van de) klimaatadaptatie niet los moet worden gezien van het inspelen op andere ontwikkelingen. Integendeel, aanpassingen binnen de delta die zijn gericht op het totaal aan lopende en te verwachten ontwikkelingen hebben meer draagvlak en een grotere kans om succesvol te worden gerealiseerd dan aanpassingen voor een specifiek belang. Dit geldt vooral voor ontwikkelingen op de lange termijn waarbij al op de kortere termijn de eerste stappen voor aanpassing moeten worden gezet.

Voor het succesvol kunnen inspelen op de (gevolgen van de) klimaatverandering moet in de samenleving of regio aan een aantal governance voorwaarden worden voldaan. Die voorwaarden zijn uitgewerkt in het concept van de **Adaptive Capacity Wheel** (zie kader 8). De mate waarin aan het totaal van deze voorwaarden wordt voldaan, bepaalt het vermogen van de samenleving of regio om zich aan de (gevolgen van de) klimaatverandering te kunnen aanpassen (de **adaptive capacity**). Een groot aantal van deze voorwaarden zijn door deskundigen in interviews naar voren gebracht.

Leiderschap en Ruimte voor autonome veranderingen. Soms moeten voor aanpassingen aan ontwikkelingen op een bepaald moment keuzes worden gemaakt, zoals de hoogte van waterkeringen. Vaak gaat het echter om een continu proces, bijvoorbeeld in de landbouw waarbij boeren hun bedrijfsvoering aanpassen als de vraag naar producten verandert, de omstandigheden voor het verbouwen van gewassen verslechtert, of nieuwe

kansen ontstaan^{xlix}. Daar waar van onderop, vanuit de mensen die in de regio wonen, werken en ondernemen, in een continu proces initiatieven worden genomen om op ontwikkelingen in te spelen, moeten overheden die zelforganiserende krachten aanmoedigen en versterken tot een collectief. Overheden moeten de competenties ontwikkelen om

- die zelforganiserende krachten te kunnen herkennen,
- de meerwaarde van hun initiatieven voor (onder meer) klimaatadaptatie te kunnen waarderen, en
- de samenwerking van deze krachten te versterken.

Dat spreekt niet voor zich. Het vraagt om een verandering in de houding van overheden: minder eigen beleid en regelgeving opleggen, meer ontwikkelingen faciliteren en regisseren. Daarbij moeten overheden over de grenzen van ruimtelijke, sociale en economische ontwikkelingen kijken en deze drie domeinen bij elkaar brengen. De competenties die daarvoor nodig zijn, moeten de overheden ontwikkelen. De verkokering van deze domeinen moet worden doorbroken. Dat geldt ook voor de wetenschap: interdisciplinair onderzoek is nodig om de kansen van de regio goed te kunnen benutten.

Leiderschap. Ook blijft de rol van overheden binnen de **ruimtelijke ordening** cruciaal. Bij zowel de waterveiligheid als de zoetwatervoorziening wordt meer ingezet op lokaal maatwerk en kleinschalige/flexibele maatregelen. Dat biedt burgers

Kader 7. Agrariërs en ondernemers over samenwerking tussen verschillende sectoren

Voor agrariërs en ondernemers in Zeeuws-Vlaanderen ligt samenwerking tussen verschillende sectoren, zoals natuur, landbouw en toerisme, om gezamenlijk tot oplossingen te komen, nog niet voor de hand. In interviews worden wel kansen benoemd om de opslag van zoetwater te benutten voor recreatie én de landbouw, maar wordt benadrukt dat de ondernemers nooit alleen aan zet zijn maar sterk afhankelijk zijn van andere actoren, zoals waterschappen, grote bedrijven, financiers en verzekeraars. Hoewel ondernemers in interviews veelal stellen dat zij zelf als eerste aan zet zijn in de klimaatopgave, verwijzen zij daarbij vaak naar professionele organisaties om hierin een rol te spelen.

Een van de ondernemers: "Samenwerking is zeker een optie, maar dan moet er toch een organisatie als het ZLTO achter zitten die de samenwerking met waterschap, gemeente en andere partijen kan regelen".



meer handelingsperspectief om zich tegen het overstromingsgevaar te beschermen en geeft ondernemers meer ruimte om de kansen van de delta te benutten. De ruimtelijke uitwerking van het lokale maatwerk moet echter wel worden geregis-

seerd: de hoogwatervrije schuilplaatsen moeten op de juiste plek liggen en maatregelen voor zoetwatervoorziening of juist meeliften met verzilting moeten ruimtelijk worden geclusterd. Overigens liggen in de Zuidwestelijke Delta veel landbouw-

Kader 8. Capaciteiten voor de aanpassing aan klimaatverandering (**adaptive capacity**).

Wil de samenleving bij de aanpassing aan klimaatverandering met succes voortgang kunnen boeken, dan zullen de betrokken actoren een aantal uitdagingen moeten overwinnen¹. Zij moeten:

- kunnen omgaan met de onzekerheden van de verwachte (gevolgen van de) klimaatverandering, vooral op lokaal en regionaal niveau waar veel van de maatregelen moeten worden genomen;
- besluiten kunnen nemen ondanks het gebrek aan veel kennis. Wetenschappelijke kennis is vaak gericht op de lange termijn (2050 en verder) en globale schaal, de besluitvorming speelt meestal op de korte termijn en de lokale schaal;
- adaptatie in de bestaande procedures van besluitvorming kunnen integreren en te nemen maatregelen kunnen combineren met maatregelen voor de adaptatie aan andere ontwikkelingen, zoals de globalisering en de vergrijzing;
- het beleid voor aanpassing aan klimaatverandering voor verschillende regio's en sectoren, op verschillende schalen van besluitvorming en door verschillende actoren kunnen integreren om conflicten te voorkomen en de kansen om maatregelen te bundelen te kunnen benutten;
- de gevolgen van klimaatverandering en te nemen maatregelen eerlijk over de samenleving verdelen;
- barrières overwinnen, in wet- en regelgeving, bij te weinig geld en politieke wil, etc.

Voor het overwinnen van deze uitdagingen moeten de betrokken actoren over de juiste capaciteiten beschikken: het vermogen om zich met succes aan de gevolgen van de klimaatverandering aan te passen². Binnen het programma Klimaat voor Ruimte (nauw gerelateerd aan het programma Kennis voor Klimaat) is een methode ontwikkeld om de benodigde capaciteiten overzichtelijk in beeld te brengen en te visualiseren in welke mate de betrokken actoren in een regio over deze capaciteiten beschikken³: de **Adaptive Capacity Wheel**. Deze methode is uitgebreid en getoetst voor de regio Noordwest-Duitsland⁴. In deze uitgebreide vorm bestaat de **Adaptive Capacity Wheel** uit 8 dimensies die samen het vermogen bepalen van een samenleving of regio om zich met succes aan de gevolgen van de klimaatverandering aan te passen:

1. **Verscheidenheid.** Stimuleer de betrokkenheid van veel verschillende actoren en het denken in veel verschillende oplossingsrichtingen.
2. **Lerend vermogen.** Maak het mogelijk dat betrokken actoren continu kunnen leren en zichzelf en hun organisaties kunnen verbeteren.
3. **Ruimte voor autonome veranderingen.** Bied betrokken actoren de ruimte om hun gedrag aan te passen aan de veranderende omstandigheden of inzichten, door het bieden van informatie en het versterken van het vermogen om te improviseren.
4. **Leiderschap.** Zorg dat leiderschapskwaliteiten worden gemobiliseerd.
5. **Beschikbare middelen.** Zorg dat de middelen (financiën, politiek, wetgeving, technologie, menskracht) beschikbaar zijn die nodig zijn om adaptatiemaatregelen te implementeren.
6. **Eerlijkheid.** Ondersteun de principes van eerlijk en afrekenbaar governance: maatregelen moeten legitiem, rechtvaardig en transparant zijn, en de verantwoordelijkheden moeten duidelijk zijn belegd.
7. **Motivatie.** Actoren moeten gemotiveerd zijn om adaptatie te stimuleren, mogelijk te maken en zelf uit te voeren. De motivatie is sterk verbonden met de perceptie van kansen en risico's, en dus het besef ('awareness') van de mogelijke gevolgen van klimaatverandering.
8. **Vertrouwen.** Actoren moeten er in geloven dat adaptatie mogelijk is, dat de te nemen maatregelen beschikbaar zijn en door hen kunnen worden uitgevoerd.

Deze 8 dimensies zijn in de middelste ring van het wiel aangegeven (figuur 14). De dimensies worden op hun beurt bepaald door een groot aantal criteria (buitenste ring).

gebieden al op plaatsen die hier het best geschikt voor zijn en hebben laaggelegen, veenrijke gebieden, met veel verzilting door zout kwelwater, al een bestemming als natuurgebied gekregen.

Lerend vermogen. De cruciale omslag naar de crosssectorale benadering van de governance van klimaatadaptatie, en van de ontwikkeling van de Zuidwestelijke Delta in bredere zin, zullen de bestuurders en overheden in de regio niet alleen kunnen maken. Daar zijn deskundigen van buiten voor nodig, want 'vreemde ogen dwingen'. Voor het innoveren in de proeftuin van de Zuidwestelijke Delta moeten de betrokken partijen (overheden, kennisorganisaties, markt) van de drie topsectoren Water, Energie en Landbouw elkaar in de regio opzoeken om crosssectoraal te kunnen innoveren.

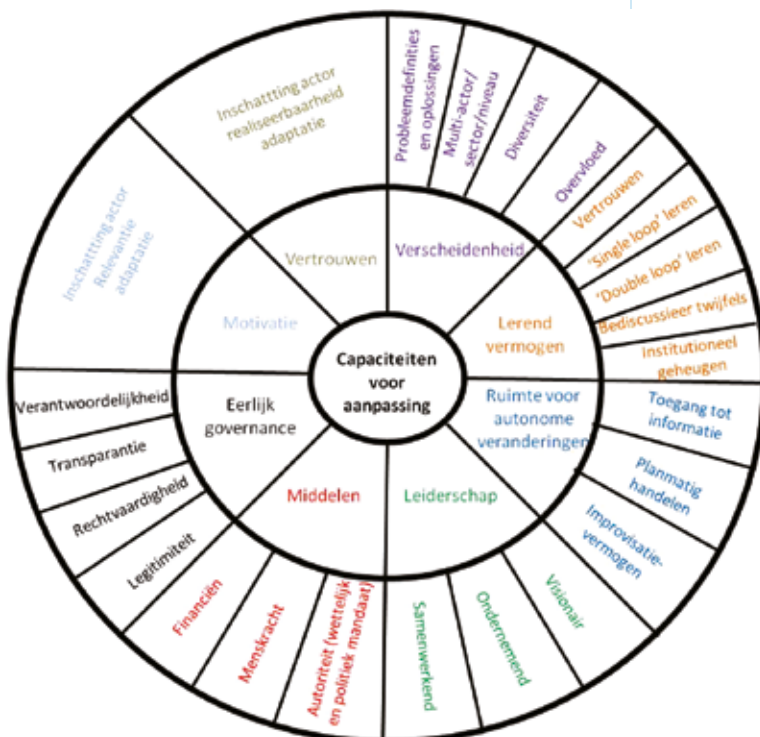
Middelen. Meer specifiek moeten overheden de financiering van de zoetwatervoorziening helpen organiseren. Met kleinschalige maatregelen voor de zoetwatervoorziening kunnen boeren flexibel inspelen op de komende ontwikkelingen. Het is

echter lastiger om veel kleinschalige maatregelen te financieren (veel meer partijen) dan een groot-schalige maatregel. Overheden moeten boeren ondersteunen bij het organiseren van regionaal maatwerk voor de zoetwatervoorziening; boeren dragen zelf de kosten hiervan.

7.3. Wat als het klimaat sneller verandert en de zeespiegel sneller stijgt?

In hoofdstuk 2 zijn de randvoorwaarden samengevat waar deze visie vanuit gaat: de aannames voor de klimaatverandering, de snelheid van de zeespiegelstijging en de verandering in hoge en lage rivierafvoeren. Die aannames zijn gebaseerd op de kennis van nu. Wat als de komende jaren, op basis van nieuwe inzichten, blijkt dat deze aannames aan de lage kant zijn. Komt de visie op de Zuidwestelijke Delta er dan anders uit te zien dan ge-

Kader 8. Capaciteiten voor de aanpassing aan klimaatverandering (adaptive capacity) (vervolg).



Figuur 14. Het vermogen (de capaciteiten) van een samenleving of regio om zich met succes aan de gevolgen van de klimaatverandering aan te passen wordt bepaald door de mate waarin in de samenleving of regio aan verschillende domeinen (middenste ring) en onderliggende criteria (buitenste ring) van governance wordt voldaan (Bron: Grothmann et al., 2013, gebaseerd op Gupta et al., 2010).



schetst is in hoofdstuk 6? Moeten we in de komende 20 jaar andere stappen zetten dan die genoemd zijn in hoofdstuk 7?

Het antwoord op deze vragen is: nee. Deze visie is niet opgehangen aan harde getallen, of zelfs aan bandbreedtes van getallen. Deze visie is geënt op trends van ontwikkelingen die nu al spelen of zich in de toekomst zullen manifesteren: hogere zee-standen, hogere en lagere zoetwateraanvoeren, bodemdaling, toenemende verzilting, grenzen aan de dynamiek van watersystemen, en sociaaleconomische ontwikkelingen waarbij burgers en ondernemers meer dan nu hun eigen verantwoordelijkheid (moeten) nemen en de overheid minder regelt en meer regisseert. Van deze ontwikkelingen zijn de sociaaleconomische het lastigst in te schatten: 2050 is daarvoor al te ver weg, laat staan de tweede helft van deze eeuw. Over de fysische factoren valt wel iets te zeggen: de trends zullen niet veranderen, maar het tempo kan anders verlopen dan we nu denken. Uit recent wetenschappelijke onderzoek⁶ blijkt dat de kans groter is dat we de aannames naar boven moeten bijstellen dan dat we ze kunnen afzwakken.

Hieronder is een inschatting gegeven van de houdbaarheid van de belangrijkste elementen van deze adaptatiestrategie bij een sneller tempo van de klimaatverandering en de zeespiegelstijging.

- **Circulaire economie zet door.** Dit is een wereldwijde ontwikkeling, gedreven door de (dreigende) schaarste aan grondstoffen, waaronder schoon zoetwater. Of de klimaatverandering nu sneller of langzamer gaat verlopen: de kans op minder zoetwateraanvoer in de zomer en langere periodes van droogte neemt in Nederland toe. De drijvende kracht achter de circulaire economie zal niet afzwakken.
- **Kustverdediging met zand blijft houdbaar.** Op dit moment wordt in de Nederlandse kustzone jaarlijks 12 miljoen m³ zand gesuppleerd om het kustfundament op orde te houden. Dit is onvoldoende om het gehele kustfundament en de Waddenzee op de lange termijn met de zeespiegel te laten meegroeien. In de komende

decennia zal naar verwachting het totale suppletievolume langs de Nederlandse kust verhoogd moeten worden tot 20 miljoen m³ per jaar⁷ om de effecten van extra zandverliezen door onder andere de zandhonger van de Waddenzee als gevolg van zeespiegelstijging en bodemdaling op te vangen^{LV}. Het hiervoor benodigde zand is op de Noordzee ruimschoots beschikbaar, tot ver na 2100.

Het zandtransport langs de Nederlandse kust verbindt de Zuidwestelijke Delta, de ononderbroken kustlijn van Noord- en Zuid-Holland en de Waddeneilanden en Waddenzee met elkaar waarbij suppleties in het ene deel van de Nederlandse kust ook de verdediging van andere delen van de kust ten goede komen. Zo wordt bij de huidige snelheid van zeespiegelstijging en de huidige volumes zand die regelmatig op de kust worden gesuppleerd, genoeg zand de Waddenzee in gevoerd om de getijplaten met de zeespiegelstijging te laten meegroeien. In de toekomst, als de zeespiegelstijging gaat versnellen en de bodem onder de Waddenzee (snel) blijft dalen, kan deze zandaanvoer te beperkt blijken en kan het voortbestaan van de Waddenzee in zijn huidige vorm en omvang worden bedreigd. De onzekerheden in de kennis over de reactie van de Waddenzee op de (relatieve) zeespiegelstijging zijn echter groot; volgens onderzoek zou de verticale aangroei van Wadplaten in de Waddenzee een hoge relatieve zeespiegelstijging van orde 1 cm per jaar moeten kunnen bijbenen^{LV}.

- **Noodzaak betere inrichting op gevolgen overstroming neemt toe.** Bij een hogere zeestand slijt een doorbraak van de kustlijn sneller uit, en stroomt het achterland sneller, over een grotere oppervlakte en tot grotere diepte onder^{LV}. Naarmate de zeespiegel sneller stijgt, nemen de gevolgen van een overstroming als het tóch misgaat, sneller toe. Wel is het zo dat als de overstromingsrisico's in de 21^e eeuw toenemen, dit naar verwachting vooral het resultaat zal zijn van sociaaleconomische ontwikkelingen, en veel minder van de gevolgen van de klimaat-

6 Vergelijk de onlangs verschenen IPCC-rapporten (vijfde assessment) met de voorgaande IPCC-rapporten (vierde assessment) uit 2007.

7 De Deltacommissie (2008; 'Samen werken aan water') noemde een jaarlijks suppletievolume van 40-85 miljoen m³/jaar in 2100, maar ging daarbij uit van een veel grotere zeespiegelstijging (65-130 cm in 2100) dan dit rapport (26-82 cm in 2081-2100).

verandering^{LVI}. Gezien het feit dat nog ver na 2100 veel investeringen nodig zullen blijven om de hoogwaterbescherming te blijven aanpassen aan de stijgende zeespiegel, de hogere piekafvoeren op de rivieren en de daling van het land, neemt het belang van een bredere focus van het beleid dan (vrijwel uitsluitend) preventie toe. Innovatie van het waterbeleid lijkt verstandig^{LVIII}; voorstellen daarvoor gericht op een verbreding van het beleid naar de lagen 2 (inrichting) en 3 (rampenbeheersing) zijn recent gedaan^{LIX}.

- **Ecologie watersystemen staat meer onder druk.** Nu al is de verstoorde estuariene dynamiek in de Zuidwestelijke Delta slechts deels te herstellen; de inrichting van de delta met dammen, stormvloedkeringen, e.d. is immers een feit. Als de klimaatverandering sneller verloopt, komen de zout-zoet-gradiënten in droge zomers onder druk te staan. Als de zeespiegel sneller stijgt, zal de zandhonger in de bekkens verder toenemen en zullen meer inspanningen nodig zijn om de erosie van platen, slikken en schorren te remmen.
- **Zelfvoorzienend zijn van landbouw (zoetwater) blijft verstandige ontwikkeling.** Een snellere stijging van de zeespiegel en langere, drogere zomers betekenen meer interne (kwel) en externe (via oppervlaktewater) verzilting. De keuze om agrariërs steeds meer zelf in hun zoetwater te laten voorzien blijft verstandig; het wordt immers lastiger en duurder om de aanvoer van voldoende zoetwater van buiten het gebied te kunnen garanderen.



8



Kennisagenda^{LX}



8.1. Bijdragen Kennis voor Klimaat aan visie Zuidwestelijke Delta

Eind 2005 vroeg de Eerste Kamer in de motie Lemstra c.s. om bij het maken van plannen voor grote ruimtelijke investeringen meer rekening te houden met klimaatverandering. Binnen het programma Kennis voor Klimaat is veel kennis ontwikkeld om de doorwerking van de (gevolgen van de) klimaatverandering in plannen voor grote ruimtelijke investeringen te versterken. Voor de Zuidwestelijke Delta gaat het daarbij met name om:

- Kennis over de gevolgen van grote ruimtelijke investeringen in het verleden op de ecologische veerkracht van de watersystemen, de bescherming tegen overstromingen en de zoetwatervoorziening voor de landbouw, en kennis over de mogelijkheden om met aanpassingen aan de ruimtelijke inrichting en de waterbouwkundige werken negatieve gevolgen uit het verleden te compenseren of herstellen. Dit geldt in het bijzonder voor de problematiek van het Volkerak-Zoommeer (nu zoet versus toekomst zout) en de vraag in hoeverre estuariene gradiënten in de andere bekkens kunnen worden hersteld.
- Kennis over de interactie tussen economie (scheepvaart), veiligheid en ecologische veerkracht in het enige overgebleven estuarium in deze regio, de Westerschelde. De grote ruimtelijke investeringen waar deze kennis aan kan toeleveren, zijn: de toekomstige ontwikkelingen van de grote havens in de delta (en de consequenties van vaargeulverdieping op de omgeving), de hoogwaterbescherming van Antwerpen, de toekomst van de Voordelta en de samenhang met de lange termijn plannen voor de kust van Vlaanderen.
- Kennis over de mogelijkheden om de landbouw succesvol te laten blijven functioneren in een omgeving die in toenemende mate verzilt, en concrete maatregelen waarmee landbouwers zelf de zoetwatervoorziening kunnen organiseren die zij voor hun bedrijfsvoering nodig hebben.

- Kennis over de governance die nodig is om de maatregelen te realiseren die nodig zijn om de regio met zijn bewoners en ondernemers op de (mogelijke) gevolgen van de klimaatverandering aan te passen.
- Kennis voor ondernemers om de kansen van de klimaatverandering beter te kunnen benutten, zoals een langer groeiseizoen voor de landbouw en een beter klimaat voor toerisme.

8.2. Kennisvragen voor de toekomst

Waterveiligheid

- Hoe effectief zijn waterberging op het Volkerak-Zoommeer respectievelijk op het Volkerak-Zoommeer en de Grevelingen voor de waterveiligheid in de Rijn-Maasmonding op de lange termijn (2100)?
- Er is meer kennis nodig over de verandering van de getijgolven in de Westerschelde van monding naar Antwerpen, en in het bijzonder de invloed van het steeds smaller worden van het estuarium. Met die kennis kunnen maatregelen worden verkend om de sterke stijging van hoogwaterstanden landinwaarts tegen te gaan. Een specifiek onderzoeksaspect is het principe van het 'wisselpolderen':
 - Langs de Westerschelde kan het principe van 'wisselpolderen', waarbij een hoog opgeslibt intergetijdegebied wordt ingepolderd tot landbouwgebied en een laaggelegen landbouwgebied van vergelijkbare grootte wordt ontpolderd, het estuarium meer ruimte geven. Als dit principe wordt doorgevoerd voor het Verdrongen Land van Saeftinge en nabijgelegen landbouwgronden, kan dit de waterveiligheid van Antwerpen vergroten. Wat kan fysisch met 'wisselpolderen' worden bereikt en hoe kan hiervoor draagvlak in de regio worden gevonden?
- Op de Noordzee is voldoende zand beschikbaar om het kustfundament, via suppleties, te blijven handhaven, tot ver na 2100 en zelfs bij een veel snellere stijging van de zeespiegel dan waar nu van wordt uitgegaan. De vraag is echter of de duinen de zeespiegelstijging kunnen



bijbenen en of sociaaleconomische ontwikkelingen langs de kust de fysische processen van duinontwikkeling kunnen verstoren^{LXI}.

Zoetwatervoorziening

- Hoe snel verslechtert de verzilting (intern via kwel en extern via het hoofdwatersysteem) van het oppervlakte- en grondwater in de Zuidwestelijke Delta, en wat kunnen de effecten hiervan op de verschillende economische sectoren en de natuur zijn als geen aanvullende maatregelen voor de zoetwatervoorziening worden genomen? In welke mate kunnen de economische sectoren zichzelf 'redden' met lokale maatregelen binnen een verziltend gebied? Kennisontwikkeling is nodig ten aanzien van
 - de lange termijn zoetwateropgave voor verschillende sectoren in de Zuidwestelijke Delta en Rijnmond-Drechtsteden in gebieden met en zonder aanvoer van zoetwater uit het hoofdwatersysteem
 - mogelijke strategieën voor het verbeteren van de aanvoer van zoetwater en het verbeteren van de waterkwaliteit (bijvoorbeeld anders doorspoelen van polders)
 - mogelijke maatregelen voor het vergroten van zoetwaterlenzen op zout grondwater bij toenemende zoute kwel
 - het inzetten van het instrumentarium voor de ruimtelijke ordening voor het (re)lokaliseren van verschillende sectoren op (hydrologisch) de juiste plek.
 - het voorkomen van zoute wellen. De zeer lokaal voorkomende wellen zijn dominant in de verzilting van veel diepe polders en effectieve maatregelen tegen verzilting moeten dan ook gericht zijn op het aanpakken van de bijdrage van wellen^{LXII}. Hoe kan (zo veel mogelijk) worden voorkomen dat er nieuwe wellen ontstaan door activiteiten zoals graven in de deklaag en aanleg van infrastructurele werken?
 - operationeel zoutwaterbeheer. Sturen op zout is een kansrijke oplossing op grotere schaal. Met operationeel zoutwaterbeheer wordt bedoeld het dynamische operationele beheer van uitmalen, inlaten van zoet water, en tijdelijk bergen van zout kwelwater op basis van weersvoorspellingen en real-time zoutmonitoring op strategische locaties in

de polder. Het tijdelijk isoleren van peilvakken met veel zoute wellen in droge tijden kan eenvoudig plaatsvinden met behulp van automatische stuwtjes. Afvoer van het tijdelijk geborgen zoute water vindt vervolgens plaats tijdens regenbuien wanneer zoutconcentraties laag zijn^{LXIII}.

- Zowel in Zeeuws-Vlaanderen als in Oost- en West-Vlaanderen, wordt veel gebruik gemaakt van het zoete water van de Schelde, de Leie en omliggende polders. De vraag overstijgt het aanbod en neemt verder toe. Het is de vraag of de huidige aanpak van wateroverlast en watertekort in Vlaanderen en Nederland niet aangepast moet worden om beter te kunnen voldoen aan de toekomstige behoeften, en of er criteria kunnen worden opgesteld om de behoeften van de klanten onderling te prioriteren.

Ecologische veerkracht

- De ecologische veerkracht en de natuurwaarden van de bekkens in de Zuidwestelijke Delta worden bepaald door een groot aantal factoren (zand en slib; waterkwaliteit; nutriëntenhuishouding) die (deels) met maatregelen kunnen worden beïnvloed. De wens bestaat om het estuariene karakter van de Zuidwestelijke Delta zoveel mogelijk te herstellen. De vraag is in welke mate bovengenoemde factoren kunnen worden beïnvloed om de ecologische veerkracht van het estuariene systeem en de natuurwaarden in stand te houden of te kunnen vergroten in de context van klimaatverandering^{LXIV}.

Herstel natuurlijke sedimentatie bekkens^{LXV}

In hoeverre kan de natuurlijke sedimentatie in de bekkens worden hersteld door het beïnvloeden van de waterbeweging, de getijslag en de processen van sedimentatie en erosie. Meer specifiek:

- **Haringvliet en Hollands Diep:** In welke mate kunnen de getijslag en de stroomsnelheden bij het gebruiken van de Haringvlietssluisen als stormvloedkering weer toenemen, en hoe vertaalt zich dit in de grootte van het sedimenttransport vanuit zee, de sedimentaanvoer vanuit de rivieren, en binnen het bekken naar de platen (slikken en gorzen)? Komt het (vervuilde) sediment in het Hollands Diep en de Bies-

bosch weer in beweging, en zo ja, waarheen verplaatst het zich?

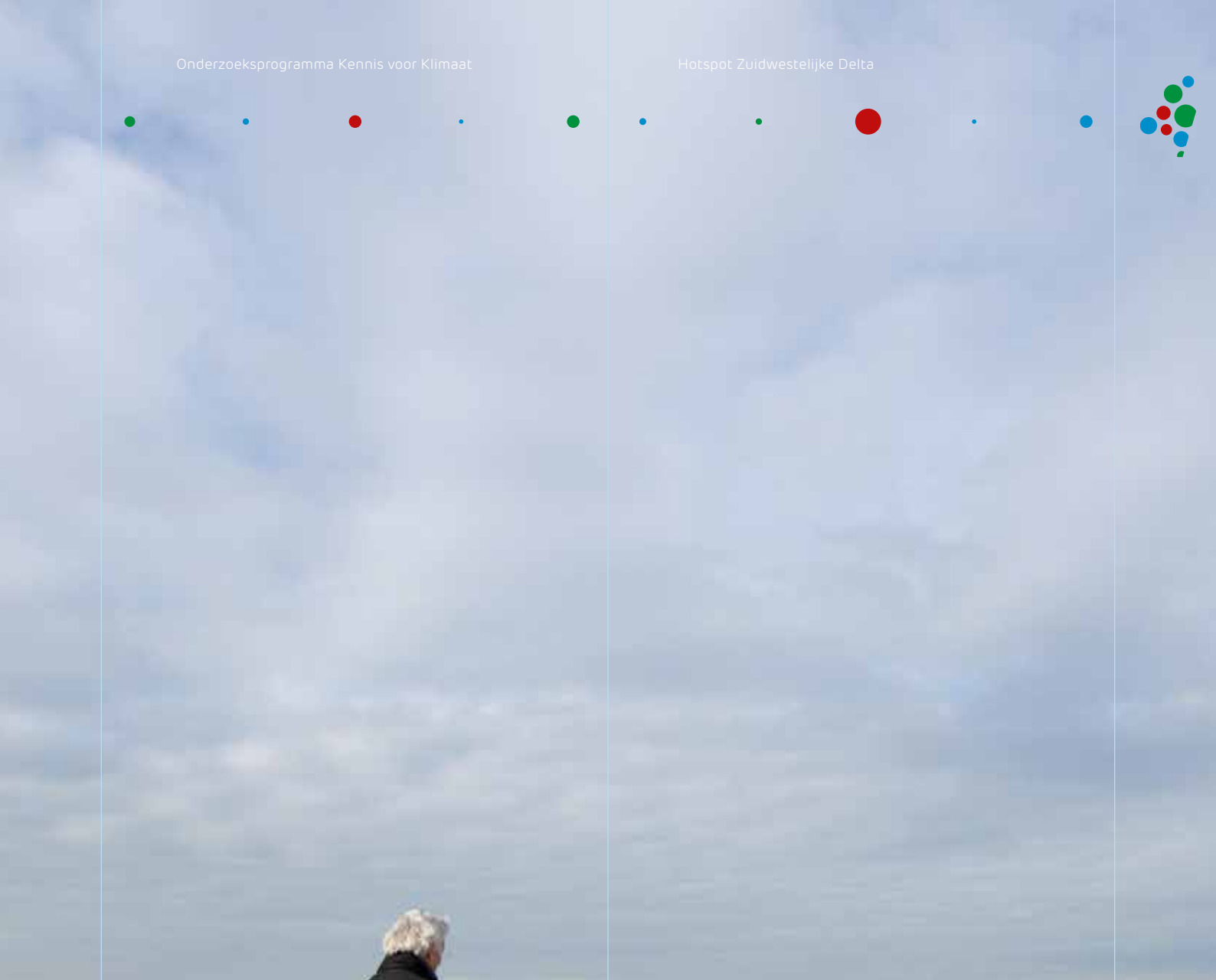
- **Oosterschelde en Grevelingen:** Kunnen in de Oosterschelde en het Grevelingen gunstige condities worden gecreëerd voor natuurlijke schorvorming (opslibbing en vegetatieontwikkeling)? In welke mate kan het systeem van geulen en platen meestijgen met de zeespiegel, en in hoeverre kunnen aanvullende maatregelen hieraan bijdragen? Is het niet kunnen passeren van zand door de Oosterscheldedekering (in relatie tot de zandhonger) een voldoende feit of zijn innovaties denkbaar waarmee de Oosterschelde vanuit de Voordelta kan worden gevoed (zandirrigatie, innovatieve zandmotor)?

Morfodynamica en sedimenthuishouding Westerschelde en Voordelta

- Hoe is de sedimentbalans van de Westerschelde nu en op de langere termijn (2050-2100): is het een sediment exporterend of importerend systeem)? Kan het systeem van geulen en platen meestijgen met de zeespiegel?
- Hoe ontwikkelt de (sedimentbalans van de) Voordelta zich, mede in relatie tot de delta van de Westerschelde en de Vlaamse kust, en de vigerende bagger- en stortstrategie? Wat zijn de effecten van de inzet van de Haringvlietsluizen als stormvloedkering op de bodemligging in de Voordelta?
- De slibhuishouding van het estuarium verandert, met het risico van het ontstaan van permanent hypertroebele condities met tal van ongewenste effecten, zoals een toename van baggerwerkzaamheden en negatieve ecologische effecten. Hoe lang duurt het voordat het estuarium dit stadium bereikt en met welke (aanpassingen aan) ingrepen kan dit risico worden beperkt.

Economische vitaliteit

- Er is meer kennis nodig over hoe je marktpartijen betreft bij de ontwikkeling van strategieën op de lange termijn en hoe je leefbaarheid als vestigingsfactor voor private partijen kunt 'meten' met beleidsindicatoren en een afwegingskader. Wat betekent het Deltaprogramma voor ondernemerschap in de Zuidwestelijke Delta? Wat is de potentie van de regio vergeleken met de rest van Nederland, maar ook internationaal (Vlaanderen)?
- Uit interviews met ondernemers in Zeeuws-Vlaanderen is gebleken dat zij willen leren van maatregelen die collega's al hebben genomen, en van de praktijk in zuidelijkere gebieden met klimaatomstandigheden die in de toekomst voor Nederland worden verwacht. De ervaringen van collega's in Nederland zouden in een overzicht van 'Best Practices' kunnen worden opgetekend. Voor een blik op de praktijk in het zuiden zouden reizen naar het buitenland kunnen worden georganiseerd om 'lessons learned' mee te nemen naar Nederland.



Geïnterviewden en referenties



Geïnterviewden

Deze visie is gebaseerd op gesprekken met een groot aantal deskundigen en aanvullend literatuuronderzoek. De geïnterviewden zijn: Jeroen Veraart (WUR), Leo Adriaanse (RWS), Thecla Westerhof en Tjeerd Blauw (provincie Zeeland), Jan Mulder (Deltares), Alphons van Winden (Stroming), Lieselotte Tolk (Acacia Water), Bart Bomas (BVR), Hannelore Maelfait (Coördinatiepunt Duurzaam Kustbeheer Vlaanderen), Geert Teisman (Erasmus Universiteit en Platform31), Joost Schrijnen (voorheen directeur Deltaprogramma Zuidwestelijke Delta), Walter Oomen (Waterschap Scheldestromen), Willem Ligtvoet (PBL), Tom Ysebaert (NIOZ en IMARES), Carla Michiels en Peter de Koeijer (beiden ZLTO), Marcel Stive en Zheng Wang (TUDelft).

Referenties

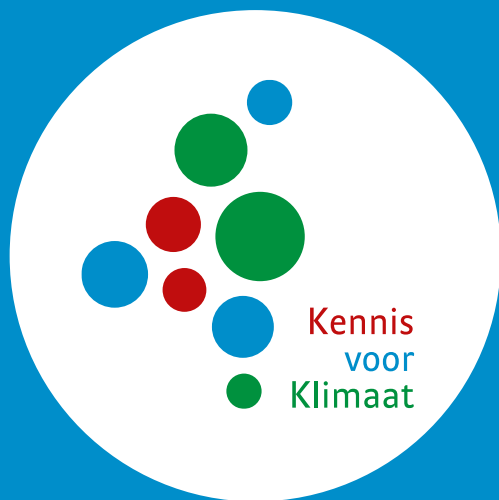
- ⁱ PBL, 2013. Samenhang in de Zuidwestelijke Delta. Naar een vitale, veerkrachtige en veilige delta, 54 pp.
- ⁱⁱ BVR, 2014. Toekomstvisie Zeeland 2014, 67 pp.
- ⁱⁱⁱ Crevits, H., 2013. Toespraak Hilde Crevits, Vlaams minister van Mobiliteit en Openbare Werken, in Blankenberge op de tweede editie van de Conferentie Superstormen, 26 november 2013.
- ^{iv} H+N+S Landschapsarchitecten, 2013. Metropolaan Kustlandschap 2100, 59 pp.
- ^v THV Vlaamse Baaien, 2010. Vlaamse Baaien – Veilig, natuurlijk, aantrekkelijk, duurzaam, ontwikkelend, 98 pp.
- ^{vi} Platform Communication on Climate Change (PCCC), 2006. De staat van het klimaat 2006.
- ^{vii} Deltares, KNMI, PBL, Centraal Bureau en LEI Wageningen UR, 2013. Deltascenario's voor 2050 en 2100 Nadere uitwerking 2012-2013, 65 pp.
- ^{viii} KNMI, 2014. KNMI'14 klimaatscenario's voor Nederland.
- ^{ix} Deltares, 2011. Zoetwatervoorziening in Nederland. Landelijke analyse knelpunten in de 21^e eeuw. Rapport Deltares 1204358-002, 162 pp.
- ^x Görgen, K. et al., 2010. Assessment of climate change impacts on discharge in the Rhine River Basin: Results of the RheinBlick2050 Project, CHR rapport I-23, 229 pp.
- ^{xi} Drogue, G., Fournier, M., Bauwens, A., Buiteveld, H., Commeaux, F., Degré, A., De Keizer, O., Detrembleur, S., Dewals, B., François, D., Guilmin, E., Hausmann, B., Hissel, F., Huber, N., Lebaut, S., Losson, B., Kufeld, M., Nacken, H., Piroton, M., Pontégnie, D., Sohler, C., Vanneuville, W., 2010. Analysis of climate change, high-flows and low-flows scenarios on the Meuse basin. AMICE WP1 report – Action 3, 67 pp.
- ^{xii} Voor een compleet overzicht: zie www.climateadaptation.eu



- xiii Broekx, S., Smets, S., Liekens, I., Bulckaen, D. and L. de Nocker, 2011. Designing a long-term flood risk management plan for the Scheldt estuary using a risk-based approach. *Natural Hazards* 57: 245–266.
- xiv Temmerman et al., 2013. Ecosystem-based coastal defence in the face of global change. *Nature* Vol. 504: 79-83.
- xv Mulder et al., 2012. Sedimentstrategie voor de ZW Delta: een verkenning van kansen. Rapport Deltares 1206856-000-VEB-0001, 81 pp.
- xvi Ten Brinke, W.B.M, Kolen, B., Dollee, A., Van Waveren, H. en K. Wouters, 2010. Contingency planning for large-scale floods in the Netherlands. *Journal on Contingencies and Crisis management* vol. 18 (1): 55-69.
- xvii Acacia Water, TNO, KWR, Alterra Wageningen UR en Deltares, 2012. Vraag en aanbod van zoetwater in de Zuidwestelijke Delta – Een verkenning. Rapport KvK 017/09, 79 pp.
- xviii Klostermann, J.E.M., Veraart, J.A. en W.P.M. Cofino, 2013. "Zoutwatervrees". Zekerheden en onzekerheden rond het zout maken van het Volkerak-Zoommeer. KvK rapport nummer 96/2013, 193 pp.
- xix Oude Essink, G. H. P., Van Baaren, E.S. and P. G. B. de Louw, 2010. Effects of climate change on coastal groundwater systems: A modeling study in the Netherlands, *Water Resources Research* 46, W00F04, doi: 10.1029/2009WR008719.
- xx De Louw, P., 2013. Saline seepage in deltaic areas. Preferential groundwater discharge through boils and interactions between thin rainwater lenses and upward saline seepage. Proefschrift Vrije Universiteit Amsterdam, 198 pp.
- xxi Acacia Water et al., 2012.
- xxii Klundert, M. van de, Bos, E.J., Blom-Zandstra, M., Tempelman, M., Verkruyse A, Provoost, K. (2013). Klimaatverandering als kans voor ondernemers in Zeeuws-Vlaanderen, KvK rapport nummer 106/2013, 95 pp.
- xxiii Saeijs, 2006. Weg van water. Essays over waterbeheer. VSSD, 158 pp.
- xxiv Saeijs, 2006.
- xxv Saeijs, 2006.
- xxvi Klostermann et al., 2013.
- xxvii De Vries et al., 2011. Waterkwaliteit en water- en nutriëntenbalansen Volkerak-Zoommeer 1996-2009. Deltares-rapport 1203266-000-VEB-0003.
- xxviii Don en Stolwijk, 2003, in: RIVM, 2003. Risico's in Bedijkte Termen.
- xxix Saeijs, 2006
- xxx Deltaprogramma Zuidwestelijke Delta. Bijlage A6 bij het Deltaprogramma 2014.
- xxxi PBL, 2014. Maatschappelijke ontwrichting en slachtoffers in het waterveiligheidsbeleid. Rapport PBL (in voorbereiding).
- xxxii Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2013. Koersbepaling waterbeleid en toezeggingen WGO van 10 december 2012. Brief aan de Tweede Kamer IENM/BSK 2013/19920.
- xxxiii Van Loon – Steensma, J.M. en P. Vellinga, 2014. Robust, multifunctional flood defenses in the Dutch rural riverine area. *Natural Hazards and Earth System Sciences* 14: 1085-1098.
- xxxiv Klundert et al., 2013.
- xxxv Klundert et al., 2013.
- xxxvi De Louw, P., 2013.
- xxxvii Acacia Water et al., 2012.
- xxxviii Klostermann et al., 2013.
- xxxix Martini, E. en B.K. van Wesenbeeck, 2012. Climate change effects on restoration of estuarine dynamics within the Delta region - Modelling effects of sea level rise and increased connectivity. Rapport Deltares 1201170-000-ZKS-0002 en KfC 81/2012, 17 pp.
- xl Zie onder meer: Arnell, N.W. en B. Lloyd-Hughes, 2014. The global-scale impacts of climate change on water resources and flooding under new climate and socio-economic scenarios. *Climatic Change* 122: 127–140.
- xli Zie onder meer de ontwikkeling van een grotere eigen rol van burgers bij het beschermen van hun belangen i.r.t. het overstromingsrisico in landen om ons heen, in: Keskitalo, E.C.H., Vulturius, G. en P. Scholten, 2014. Adaptation to climate change in the insurance sector: examples from the UK, Germany and the Netherlands. *Natural Hazards* 71: 315–334.
- xlii Haas, H.A. en M. Tosserams, 2005. Estuarine dynamiek in de Delta. Achtergronddocument en kanskaarten. Werkdocument RIKZ/ZDO/2005.800w, 44 pp.

- XLIII Ten Brinke, W., 2004. De Beteugelde Rivier. Veen Magazines, Diemen, 228 pp.
- XLIV Deltaprogramma Zuidwestelijke Delta. Bijlage A6 bij het Deltaprogramma 2014.
- XLV Klundert et al. (2013).
- XLVI Tolk, L., 2013. Zoetwater Verhelderd. Maatregelen voor zoetwater zelfvoorzienendheid in beeld. KvK rapport nummer: KvK 90/2013, 79 pp.
- XLVII Klundert et al. (2013).
- XLVIII Netwerk Deltatechnologie, 2009. Leren van innoveren in de delta, 74 pp.
- XLIX Klundert et al. (2013).
- L Grothmann et al., 2013, gebaseerd op Prutsch et al., 2014. Grothmann, T., K. Grecksch, M. Wings and B. Siebenhüner, 2013. Assessing institutional capacities to adapt to climate change: integrating psychological dimensions in the Adaptive Capacity Natural Hazards and Earth System Sciences 13(12): 3369-3384. doi:10.5194/nhess-13-3369-2013.
- LI Smit and Pilifosova (derde IPCC rapport), 2001, in: Grothmann et al., 2013.
- LII Gupta, J., Termeer, K., Klostermann, J., Meijerink, S., van den Brink, M., Jong, P., Nooteboom, S., and Bergsma, E.: The Adaptive Capacity Wheel: a method to assess the inherent characteristics of institutions to enable the adaptive capacity of society, Environ. Sci. Policy, 13, 459–471, 2010.
- LIII Grothmann et al., 2013.
- LIV Nationaal Waterplan 2009-2015.
- LV Dissanayake, D. M. P. K., Ranasinghe, R. en J. A. Roelvink, 2012. The morphological response of large tidal inlet/basin systems to relative sea level rise. Climatic Change 113: 253–276.
- LVI Klijn et al., 2012.
- LVII Klijn et al., 2012.
- LVIII Klijn et al., 2012.
- LIX PBL, 2014.

- LX Deze Kennisagenda is mede gebaseerd op de Kennisagenda van de Vlaams-Nederlandse Schelde Commissie ('Vlaams-Nederlandse Scheldec commissie, 2013. Evaluatie Verdrag Beleid en Beheer Schelde-estuarium'), geïnventariseerde kennisvragen in de jaarrapportage van het Deltaprogramma voor 2013 ('Deltaprogramma Zuidwestelijke Delta. Deltaprogramma 2013. Mogelijke strategieën') en het verslag met kennisvragen van een expertmeeting over morfologie en sediment ('Kennis voor Klimaat, Wereld Natuur Fonds, Ecoshape, Deltares en Stroming, 2012. Sedimentstrategieën voor veiligheid en ecologie in Waddengebied en Rijn-Schelde-Maas Delta. Verslag Expertmeeting morfologie en sediment 6 juni 2012 en overzicht van kennisvragen').
- LXI Klijn, F., Kok, M. en H. de Moel (eds), 2012. Towards climate-change proof flood risk management. Exploration of innovative measures for the Netherlands' adaptation policy inspired by experiences from abroad. Rapport nr. KfC 57/2012, 192 pp.
- LXII De Louw, P., 2013.
- LXIII De Louw, P., 2013.
- LXIV Deltaprogramma Zuidwestelijke Delta. Deltaprogramma 2013. Mogelijke strategieën. 93 pp.
- LXV Zie ook: Kennis voor Klimaat, Wereld Natuur Fonds, Ecoshape, Deltares en Stroming, 2012. Sedimentstrategieën voor veiligheid en ecologie in Waddengebied en Rijn-Schelde-Maas Delta. Verslag Expertmeeting morfologie en sediment 6 juni 2012 en overzicht van kennisvragen.



Contact
Programmabureau Kennis voor Klimaat
p/a Universiteit Utrecht
Postbus 85337
3508 AH Utrecht
T +31 30 253 9961
E office@kennisvoorklimaat.nl

Contact Hotspot Zuidwestelijke Delta
Thecla Westerhof, Provincie Zeeland

www.kennisvoorklimaat.nl