

Richting een toekomstbestendige ruimtelijke indeling van het Amelandse kustgebied

Leon Schoenmaker
Rijkswaterstaat afstudeerproject
5/9/23

Master Scriptie en Afstudeerstage

Bij de Rijksuniversiteit Groningen en Rijkswaterstaat

Faculteit: Ruimtelijke Wetenschappen

Master: Environmental and Infrastructure planning

Auteur: Leon Schoenmaker

Studentnummer: S3491927

l.schoenmaker@student.rug.nl

Begeleiders: Ferry van Kann (RUG) & Robert Zijlstra (RWS)

Datum: 09-05-2023

Woorden: 22147



rijksuniversiteit groningen

faculteit ruimtelijke
wetenschappen



Bron foto: Shutterstock, g.d.



Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat

Sleutelbegrippen: Waterkering, Zeespiegelstijging, Waterveiligheid, kustbescherming, scenarioplanning, adaptatiestrategie.

Samenvatting

Zeespiegelstijging is een fenomeen dat meekomt met de opwarming van de aarde en wat veel gevolgen kan hebben voor de delen van de wereld die onder zeeniveau kunnen komen te liggen. De mate waarmee de zeespiegel gaat stijgen is bepalend voor het aantal mogelijkheden voor de mens als reactie op deze stijging. In dit onderzoeksrapport wordt er gekeken naar het waddengebied van Nederland, met Ameland als specifiek aandachtspunt. De verantwoordelijke overheden voor het Amelandse kustgebied zijn Rijkswaterstaat en de waterschappen. Ameland heeft aan de Noordzijde last van een eroderende kust die momenteel nog onderhouden wordt met zandsuppleties. Maar is dit genoeg voor een toekomst waarin de zeespiegel met onzekere mate zal stijgen? Daar is met de kennis van het heden nog geen duidelijk antwoord op te geven. Rijkswaterstaat staat echter toch voor de moeilijke keuze om een adaptatiestrategie te kiezen die het beste past bij een onzeker te voorspellen toekomst. Daardoor zal er per toekomstscenario gekeken moeten worden naar welke mogelijke gevolgen hierbij komen kijken en hoe waarschijnlijk die zijn. In dit rapport zijn op basis van de meest waarschijnlijke toekomstscenario's, drie adaptatiestrategieën verkend, namelijk: 1. behouden, 2. meebewegen en 3. zeewaarts uitbreiden. Daarbij is gekeken naar de veranderingen in ruimtelijke ordening op Ameland bij het theoretisch toepassen van deze strategieën. De strategieën zijn gebaseerd op een rapport over adaptief deltamanagement van Haasnoot et al. (2019). Deze verkenning is uitgevoerd door gebruik te maken van (GIS)kaarten, cijfers van duinvolumes, expertkennis, veldwerk en een multi-criteria analyse (MCA). Hier is uit gebleken dat er twee adaptatiestrategieën (behouden en zeewaarts uitbreiden) beter passen bij de situatie van Ameland dan de derde, waarbij de uiteindelijke keuze door RWS gebaseerd kan worden op de waarde die de organisatie hecht aan de verschillende criteria uit de MCA.

Voorwoord

Als masterstudent Environmental and Infrastructure Planning heb ik ervoor gekozen om mijn afstudeertraject te doorlopen in combinatie met een externe stage. Dit ga ik doen bij Rijkswaterstaat. Rijkswaterstaat heeft stageplekken beschikbaar gesteld waar ik zelf heb gezocht naar een plek die goed paste bij mijn opleiding. Hierdoor kwam ik terecht bij een stage over de kustbescherming van Ameland. Deze ging in eerste instantie over kwantitatief onderzoek naar duinvolumes, wat een onderzoek was met een vrij technische achtergrond waarbij voorkennis van bepaalde software wel handig was. Dit had ik niet en hier is dus een andere stagiaire aangewezen, maar Rijkswaterstaat wilde, uit zijn eigen interesse en om mijn studierichting tegemoet te komen, ook een vraagstuk laten onderzoeken door mij als stagiair met oog op de ruimtelijke indeling van Ameland. Ik heb de stageopdracht zo goed mogelijk gecombineerd met de onderzoekrichtlijnen van de Universiteit en ik wens de lezers veel leesplezier.

Lijst van Figuren & Tabellen

Figuur 1: Prognose zeespiegelstijging bij verschillende SSP-scenario's (Bron: 6th Assessment Report (AR6) van het IPCC, 2021)

Figuur 2: Primaire waterkering en kustgebied van Ameland (Bron: Ontwerp van Auteur)

Figuur 3: Deltares adaptatiestrategieën (Bron: Deltares, 2019)

Figuur 4: Primaire waterkering Ameland en kustgebied (Bron: Ontwerp van Auteur)

Figuur 5: Landgebruik Ameland (Bron: Gemeente Ameland 2013)

Figuur 6: Schets van de mogelijke tracés van de waterkering uit de legger van Ameland (Bron: Rijkswaterstaat, 2006)

Figuur 7: Schematische weergave meerlaagse veiligheid (Bron: Nationaal Waterplan, 2009)

Figuur 8: 'The holy spectrum of planning' (Bron: De Roo, 2010)

Figuur 9: Conceptueel model (Bron: Ontwerp van Auteur)

Figuur 10: Kader van onderzoeksmethodes (Bron: Ontwerp van Auteur)

Figuur 11: Zandvolumes Duinen Ameland in 2000. (Bron: Rijkswaterstaat 2000)

Figuur 12: Zandvolumes Duinen Ameland in 2020. (Bron: Rijkswaterstaat, 2020)

Figuur 13: Hoogtemeting duinen, kust en zeebodem op raai 11, jaar 2000 tot en met 2022 (Bron: Rijkswaterstaat, 2022)

Figuur 14: Doorstuifgaten in de zeereep (Bron: Ontwerp van auteur)

Figuur 15: Kleine overblijfselen van weggeslagen duin op Ameland. (Bron: eigen foto)

Figuur 16: Hoogtekaart Ameland (Bron: Ontwerp van auteur, data AHN, 2023)

Figuur 17: Landwaartse uitbreiding van duinen en waterkering (Bron: Ontwerp van auteur)

Figuur 18: Potentiële conflictgebieden binnen de aangewezen bufferzones (Bron: Ontwerp van auteur)

Figuur 19: Zeewaartse bescherming voor de kust (Bron: De ingenieur, 2008)

Figuur 20: Schets van auteur voor stranduitbreiding (Bron: ontwerp van auteur)

Figuur 21: Alternatieve tracés na stranduitbreiding (Bron: Ontwerp van auteur)

Figuur 22: Natura 2000 gebieden op en rondom Ameland (Bron: Coastviewer, 2022)

Tabel 1: Oppervlakteontwikkeling van 19 raaien (Bron: Logtenberg, 2023)

Tabel 2: Mogelijke scores op toetsingsaspecten van de drie adaptatiestrategieën (Bron: auteur)

Tabel 3: Scores behaald door adaptatiestrategieën (Bron: auteur)

Lijst van Afkortingen en Begrippen

Afkortingen

- **BKL:** Basiskustlijn
- **GIS:** Geographic Information Systems
- **IPCC:** Intergovernmental Panel on Climate Change
- **MLU:** Mixed Land Use
- **NBS:** Nature-based solutions
- **RBD:** Rebuild by Design
- **RO:** Rijksoverheid
- **RWS:** Rijkswaterstaat
- **SSP-Scenario:** Shared Socio-Economic Pathways

Begrippen

Basiskustlijn: Een kustlijn die staat vastgesteld en daarom actief onderhouden wordt. Erosie aan de kust die de basiskustlijn overschrijdt wordt actief bestreden door middel van zandsuppleties.

Duinafslag: Door de hoge zeewaterstand botsen de golven tegen de duin op en hierdoor spoelt een deel van de duinen weg, wat duinafslag wordt genoemd. Deze hoge waterstanden kunnen veroorzaakt worden door stormen.

Legger: Een wettelijk verplicht op te stellen document met daarin de ligging, afmeting, vorm en constructie van waterstaatswerken. Ook staat in de legger wie onderhoudsplichtig is voor deze waterstaatswerken en wat dit onderhoud precies inhoudt.

Natura2000: Een beleid van de Europese Unie om biodiversiteit te herstellen en behouden. Dit wordt gedaan door gebieden te beschermen door middel van bijvoorbeeld habitatrictlijnen. Activiteiten die deze richtlijnen kunnen verstoren hebben een vergunning nodig.

Tracé: Een tracé is het verloop van meestal een lijnvormig ontwerp. Voor de kustbescherming kan dit laten zien waar de waterkering precies ligt. Het tracé van de waterkering moet vast worden gelegd in de legger.

Veiligheidsnorm: Een wettelijk vastgestelde norm waaraan de binnendijkse gebieden moeten voldoen. Dit wordt vaak uitgedrukt in overstromingskans. Bijvoorbeeld, de kans van 1:1000 geldt als signaleringswaarde en een kans van 1:300 als ondergrens.

Waterkering: Een waterkering is een linie van bescherming met als functie het tegenhouden van water. De waterkering bepaalt ook of iets wettelijk binnendijks of buitendijks geplaatst is.

Zandsuppleties: Het opspuiten van zand in of op het kustgebied. Hierdoor wordt het weerbaarder tegen hoog water en/of golven vanaf zee.

Zeereep: De voorste rij duinen die als eerste de klappen opvangt van de golven die van de zee het land bereiken.

Inhoud

Voorwoord	3
Lijst van Figuren & Tabellen	4
Lijst van Afkortingen en Begrippen	5
Afkortingen.....	5
Begrippen	5
1. Inleiding: Adaptief reageren op een stijgende zeespiegel	8
1.1 Probleemstelling	8
1.2 Een onzekere toekomst voor de Waddeneilanden	8
1.3 Doel	11
2. Literatuuranalyse	13
2.1 Landgebruik	13
2.2 Planologische aanpak	15
2.3 De transitie van plannen voor zekerheid naar plannen met onzekerheid	17
2.4 Conceptueel model	19
2.5 Relevantie van literatuur voor de casus	20
2.6 Internationaal beleid	22
3. Methodologie: ‘Research by design’	25
3.1 Opzet	25
3.2 Onderzoeksmethode	26
3.3 Ethische overwegingen	28
4. Gebiedsanalyse	30
4.1 Het Amelandse kustgebied	30
4.2 Beleid en beheer	32
5. Mogelijke Adaptatiestrategieën	36
5.1 Behouden van huidige strategie	36
5.2 Meebewegen met de zee	40
5.3 Zeewaarts bewegen	45
5.4 Toetsingsaspecten	48
5.5 Scores van adaptatiestrategieën	49
5.6 Score overzicht	53
6. Discussie en aanbevelingen	54
6.1 Discussie	54
6.2 Verder onderzoek	55
7. Conclusie: de uitkomst van een verkenning	56
7.1 Oplossingen door Adaptatie	56

7.2 Reflectie	58
8. Referentie lijst.....	60

1. Inleiding: Adaptief reageren op een stijgende zeespiegel

In dit hoofdstuk zal het probleem waarvoor het onderzoek gedaan wordt, geformuleerd worden. Tevens wordt hier beschreven waarom dit onderzoek relevant is en welke bijdrage het levert aan de huidige kennis en praktijk. Daarnaast zal er beschreven worden wat er gepoogd wordt om met dit onderzoek te bereiken. Ten slotte worden de onderzoeksvragen van dit onderzoek geformuleerd.

1.1 Probleemstelling

De komende decennia wordt er zeespiegelstijging verwacht op aarde. Uit recentelijk onderzoek blijkt dat dit wel eens sneller kan gaan dan dat voorheen verwacht werd. Het KNMI verwacht tot aan 2050 een maximale zeespiegelstijging van 0.4 meter, in 2100 kan dit zijn opgelopen tot 1,2 meter (Rijksoverheid, 2021). Uit satellietmetingen blijkt dat de zeespiegel niet overal op de wereld even snel toeneemt (KNMI, 2022), maar over de afgelopen eeuw is de zeespiegelstijging langs de Nederlandse kust gelijk geweest aan de gemiddelde stijging wereldwijd. Daarom worden de verwachtingen voor de wereldwijde zeespiegelstijging in dit onderzoek als relevant beschouwd voor Nederland. Het is lastig om een schatting te maken van de zeespiegelstijging na 2050 door de snelheid van de klimaatverandering, vandaar dat de stijging wordt uitgedrukt in verwachtingen en toekomstscenario's. Een beslissing maken over welk beleid of welke strategie passend zou zijn voor waterveiligheid aan de Nederlandse kust is gevoelig voor onzekerheid als deze beslissing wordt gebaseerd op mogelijke toekomstscenario's. Toekomstscenario's die binnen de lijn der verwachting liggen kunnen namelijk altijd weer anders uitpakken door onvoorziene factoren.

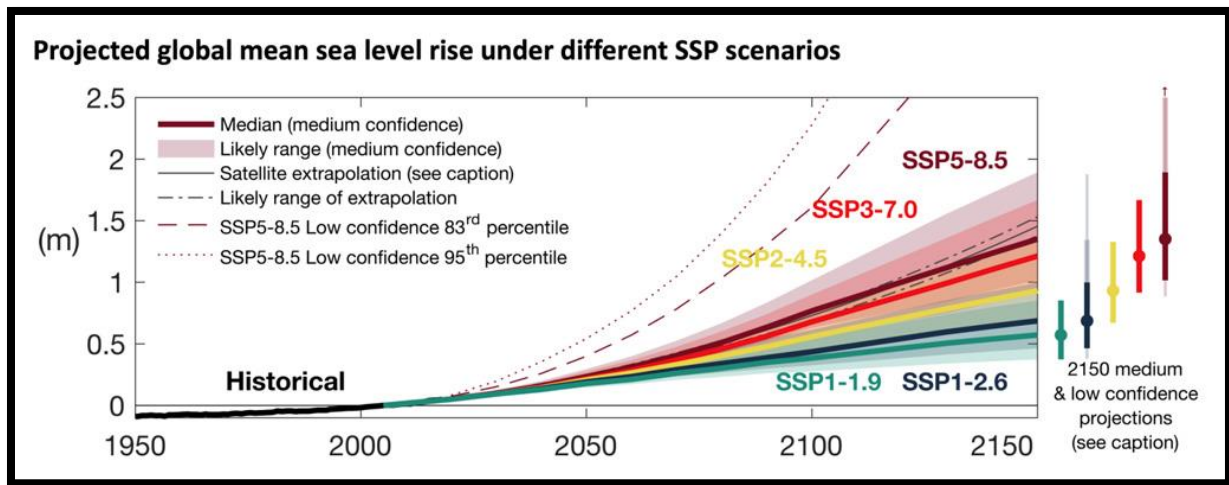
De Nederlandse kust bestaat voornamelijk uit de kust van het vaste land. De Waddeneilanden dienen als een bufferzone tegen de hoge golven uit de Noordzee. Zonder deze buffer zouden de waterkeringen op het vaste land beduidend sterker moeten zijn (Nationaal Deltaprogramma, n.d). Hierom is het van groot belang om de Waddeneilanden en het Waddengebied goed te onderhouden. Omdat Nederland een laaggelegen en dichtbevolkt land is, is wachten op de algemene doelen op Europees niveau om opwarming van de aarde te verminderen en tegen te gaan geen optie. Hierbij hangt het op tijd halen van doelen te veel af van internationaal beleid. Daarom moet er op nationaal niveau gezocht worden naar mogelijkheden om de kust te beschermen in combinatie met ruimtelijke ordening die is ingericht op zeespiegelstijging (Klijn et al., 2015). Rijkswaterstaat vreest dat de duinen en de waterkeringen in de toekomst mogelijk niet meer hoog en sterk genoeg zullen zijn om het stijgende zeewater tegen te kunnen houden en wil proactief handelen om dit tegen te gaan. Om zandkusten, zoals de Waddeneilanden die hebben, te beschermen is er zand nodig. Als de zeespiegel stijgt zal er dus ook meer zand nodig zijn (Jordan & Fröhle, 2022). Hoeveel zand moet dit zijn? Op welke plekken kan dat het beste gesuppleerd worden? En hoe lang is het suppleren van zand een houdbare manier van kustonderhoud? Er heerst veel onzekerheid rondom bescherming van de Nederlandse kust en Waddeneilanden. Hierom is het belangrijk voor RWS om bewust te worden van het belang van adaptiviteit wanneer je als organisatie beslissingen moet nemen over een onzekere toekomst.

1.2 Een onzekere toekomst voor de Waddeneilanden

Onzekerheid

De modellen van de verwachte zeespiegelstijging worden minder nauwkeurig naarmate ze verder in de toekomst proberen te voorspellen. In zulke modellen wordt nagegaan hoe de zeespiegel naar verwachting zal stijgen bij verschillende hoeveelheden CO₂-uitstoot (Figuur 1). Deze modellen zijn gemaakt met de kennis van nu. Externe factoren kunnen er echter voor zorgen dat de modellen niet meer in de buurt van de realiteit komen. Dit kunnen bijvoorbeeld onvoorziene technologische ontwikkelingen zijn waardoor de opwarming van de aarde langzamer zal gaan dan momenteel wordt

verwacht. Ook factoren zoals natuurrampen die de opwarming van de aarde juist kunnen versnellen kunnen daarin een rol spelen. Een belangrijke rol is ook weggelegd voor het tempo waarin het landijs op Groenland en Antarctica zal smelten (IPCC, 2019).



Figuur 1: Prognose zeespiegelstijging bij verschillende SSP-scenario's (Bron: 6th Assessment Report (AR6) van het IPCC, 2021)

Hierdoor is het plannen voor de toekomst onzeker en een uitdaging. Er zijn geen voorspellingen die honderd procent zekerheid garanderen. Dit onderzoek gaat dieper in op het plannen met onzekerheid van de toekomstige zeespiegelstijging en wat de mogelijkheden zijn om het kustgebied veiliger te maken terwijl dit zo min mogelijk in strijd is met de ruimtelijke belangen van de bewoners, de gemeente en de overheid op Ameland.

Toekomstbestendige kustbescherming kan zo ver gaan als een strategie hanteren die de verwachte klimaatveranderingen van de komende 200 jaar in acht neemt (RWS, 2006). Voor dit onderzoek zal een tijdsspanne worden genomen tot 2150, omdat de onzekerheid van de voorspellingen van het IPCC (2021) exponentieel groeit. Na 2150 worden de voorspellingen dusdanig onzeker dat zelfs een adaptatiestrategie opstellen moeilijk wordt op het huidige punt in de tijdlijn. Een adaptatiestrategie kan ervoor zorgen dat er met gelimiteerde kennis over de toekomst toch een weloverwogen besluit neemt in het heden (Haasnoot et al., 2013).

Waarom specifiek Ameland?

In dit onderzoeksrapport wordt het Waddengebied beperkt tot Ameland. De waterkering van Ameland (Figuur 2) wordt onderhouden door Rijkswaterstaat en is een belangrijke lijn van verdediging tegen overstromingen. Dat de beheerder van de waterkering deze ook moet onderhouden staat vastgesteld in de Wet op de waterkering, die in 1996 intrad (Rijkswaterstaat, 2006). Een vereiste uit deze wet is ook dat de waterkering elke 5 jaar moet worden gekeurd. Hierbij wordt gekeken of er nog wordt voldaan aan de gestelde veiligheidsnorm. De waterkering wordt daar op korte termijn gekeurd en mogelijk zelfs afgekeurd omdat de waterkering op sommige plekken niet meer genoeg beschermd is door duinen en mogelijk blootgesteld wordt aan het geweld van de zee. Hierom heeft RWS een stage beschikbaar gesteld voor een verkennend onderzoek naar de mogelijke beleidsstrategieën die zij op korte termijn moeten gaan toepassen om op de lange termijn een veilig eiland te houden. Daarvoor moet er gekeken worden of de ruimtelijke ordening van het kustgebied en zelfs delen van het binnendijkse gebied anders ingericht kunnen of moeten worden. De keuringen laten bepalen of de veiligheidsnorm nog wordt gehaald en of de waterkering dus nog voldoet. Om in de toekomst ook te blijven voldoen aan de veiligheidsnorm moet er een pad worden ingeslagen die probeert, tegelijk met het waarborgen van de veiligheid, te anticiperen op de zeespiegel. Kortom,

een strategie die adaptief is ingesteld door om te gaan met de onzekere mate van zeespiegelstijging terwijl veiligheid gewaarborgd blijft.



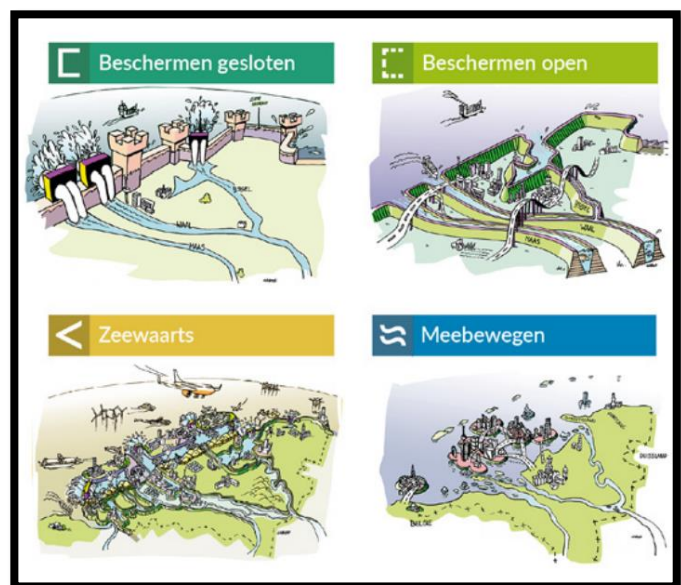
Figuur 2: Primaire waterkering en kustgebied van Ameland (Bron: Ontwerp van Auteur)

Adaptief deltamanagement

Nederland heeft al langer te maken met de zeespiegelstijging dan alleen recentelijk. Het toekomstbeeld bij een stijgende zeespiegel is onzeker, maar geen actie ondernemen kan resulteren in een ramp zoals die in 1953. Er moet proactief worden gehandeld volgens RWS. Hierom zijn er dan ook al rapporten verschenen van onder meer Deltares, die ingaan op adaptief deltamanagement. Hierin wordt beschreven dat grote onzekerheden vragen om een transparante en gevoelige aanpak. De methode van adaptief deltamanagement houdt in dat er paden worden ontworpen die zich aanpassen op verschillende toekomstscenario's, zogenaamde 'adaptatiepaden' (Haasnoot et al., 2013).

Deltares heeft in 2019 een onderzoek gepubliceerd die verschillende strategieën bevat die toegepast kunnen worden bij verschillende toekomstscenario's. Dit wordt gedaan om met de onzekerheden van de dreigende zeespiegel en overwogen besluit te nemen. Ook kan er zo ingeschat worden wat de houdbaarheid van de huidige strategie is.

Haasnoot et al. (2019) stellen vier strategieën voor. Deze zijn weergegeven in figuur 3. Deze strategieën hebben zeer verschillende gevolgen voor de ruimtelijke indeling van het deltagebied waarvoor ze zijn ontworpen. De ruimtelijke indeling is sterk afhankelijk van de strategie die wordt toegepast. Zeewaarts uitbreiden betekent namelijk extra ruimte, maar meebewegen zal juist zorgen voor ruimteverlies. Deze strategieën zijn ontworpen voor de Nederlandse kust in zijn geheel. De Waddeneilanden hebben per eiland weer te maken met verschillende factoren als golfrichting,



Figuur 3: Deltares adaptatiestrategieën (Bron: Haasnoot et al., 2019)

zandbanken, ligging van de keringen. Een verkenning van adaptatiestrategieën is dus voor de Waddeneilanden ook van toepassing. Ameland heeft last van kusterosie waardoor een goed adaptief beleid van belang is om de kustlijn te behouden en de duinen de ruimte te geven om te groeien.

1.3 Doel

De waterveiligheid in Nederland is sinds de watersnoodramp van 1953 van extra groot belang. Die ramp bewees dat een grootschalige overstroming catastrofaal kan zijn voor dichtbevolkte gebieden (Klijn et al., 2015). De beleidsplannen vanuit Rijkswaterstaat moeten op tijd worden opgesteld om overstromingen te voorkomen, ook in een onzekere toekomst. Het doel van dit onderzoek is dan ook om met de strategieën die verkend worden een mogelijke vormgeving van het Amelandse kustgebied weer te geven. Hiermee zal gepoogd worden om de waterveiligheid op en rondom Ameland te verbeteren en de ruimte te geven aan dit eiland om zich voor te bereiden op de toekomst met een beleidsplan dat vanaf heden kan worden ingezet. Er wordt dus doelgericht een eerste stap gezet richting een veilige toekomst voor Ameland. Dit leidt tot de volgende onderzoeksvraag: **Hoe scoren voor Ameland mogelijke adaptatiestrategieën die voorbereiden op een onzekere mate van zeespiegelstijging en de daaraan gekoppelde ruimtelijke effecten, in een integrale toetsing?**

Door deze vraag te beantwoorden wordt er inzicht gegeven in mogelijke besluitvormen door Rijkswaterstaat voor dit gebied, zowel nu als in de toekomst. Het beantwoorden van deze vraag zal namelijk inzicht geven in de huidige situatie en de uitdagingen die op het gebied van kustbescherming. Ook kan dit helpen om de verschillende opties en benaderingen te identificeren en evalueren. Het doel is dan ook om een basis te leggen voor verder onderzoek en besluitvorming voor de kustbescherming van Ameland. De hoofdvraag wordt beantwoord nadat de volgende deelvragen zijn uitgewerkt. Deze deelvragen worden begrepen in de context van de toekomstige kustbescherming van Ameland en zijn als volgt:

1. Hoe kan er worden gepland met onzekerheid over de toekomst, specifiek inzake de mate van de zeespiegelstijging?
2. Welke adaptatiestrategieën zijn voor Ameland mogelijk om met de gevolgen die verbonden zijn aan de onzekerheden om te gaan?
3. Hoe zien de ruimtelijke indeling en de bijbehorende effecten eruit per adaptatiestrategie?

Na de ruimtelijke analyse van de mogelijke adaptatiestrategieën zal er op basis van een integrale toetsing een afweging worden gemaakt tussen die adaptatiestrategieën. Dat zal worden gedaan aan de hand van de laatste twee deelvragen:

4. Welke toetsingsaspecten spelen een rol bij het integraal afwegen van de verschillende adaptatiestrategieën?
5. Hoe scoren de verschillende adaptatiestrategieën op deze aspecten?

Aanpak

De strategieën uit figuur 3 zijn ontworpen voor deltagebieden waarbij rekening gehouden wordt met rivieren die uitmonden in zee. Dit is niet van toepassing voor een Waddeneiland. Er is dus geen sprake van open of gesloten beschermen, maar van de veiligheidsnorm waarborgen zoals in de huidige strategie ook al gebeurt. Hierom zullen voor Ameland de volgende drie adaptatiestrategieën worden verkend:

- Behouden huidige strategie
- Strategie Meebewegen met de zee
- Strategie Zeewaarts uitbreiden

Deze strategieën zijn dus gebaseerd op het onderzoek van Deltares (Haasnoot et al., 2019). De verkenning van adaptatiestrategieën kan gezien worden als eerste stap van het denkproces over welke handelingen moeten worden ondernomen om Ameland veilig te houden van de zee. Er zal worden gekeken naar wat er hypothetisch mogelijk is op gebied van toepassing van deze strategieën op Ameland. Ook wordt er daarbij gekeken naar wat er ruimtelijk verandert voor het eiland. Bij deze eventuele ruimtelijke verandering per strategie, zal er zowel voor de inpassing van het duingebied als die van de waterkering aandacht zijn.

De waterkering versterken, het tracé ervan veranderen en het menselijke ruimtegebruik in het duingebied moeten gecombineerd worden met, of afgewogen worden tegen, de huidige functie van het landschap. De verkenning van deze drie strategieën kan aantonen waar de knelpunten en sterke punten liggen. Zo wordt duidelijk wat Rijkswaterstaat, nu en in de toekomst, kan verwachten bij het gebruik van deze strategieën. In de praktijk zal het waarschijnlijk niet komen tot het kiezen van een enkele adaptatiestrategie, maar eerder een combinatie van strategieën die mogelijk zijn. In dit onderzoek zullen ze echter los van elkaar verkend worden. Per strategie zal er een analyse plaatsvinden van de ruimtelijke impact die elk met zich mee brengt. Dit wordt gedaan aan de hand van beschikbare kaarten, data en dossiers vanuit Rijkswaterstaat.

Na de analyse van de drie bovengenoemde adaptatiestrategieën zullen deze een score ontvangen aan de hand van zes toetsingsaspecten. Deze aspecten zijn acceptatie door belanghebbenden; financiële haalbaarheid en onderhoudskosten; technische haalbaarheid; natuurwaarden; economische impact; politieke en juridische haalbaarheid. De score is gebaseerd op ordinale schaal met vijf punten die reikt van - - tot aan ++. Verdere toelichting van deze aspecten is te vinden in hoofdstuk 6.

2. Literatuuranalyse

In dit hoofdstuk zal een literatuurstudie worden gedaan die bijdraagt aan de discussie die relevant is voor dit rapport, namelijk: milieuproblematiek, waterveiligheid en oplossingen daarvoor. Hierbij wordt ingegaan op het planologische vraagstuk en welke aspecten hieruit bruikbaar zijn voor dit rapport. Een aantal internationale voorbeelden geven weer wat er mis, of juist goed kan gaan wanneer kustbescherming gecombineerd wordt met ruimtelijke ordening.

2.1 Landgebruik

Mixed land-use

Het landgebruik in Nederland is op bijna elke vierkante meter bestemd met voorbedachten rade. Landgebruik is de manier waarop een stuk land gebruikt wordt, dus welke functie het is toebedeeld. Dit kan bijvoorbeeld recreatie-, woon- of natuurgebied zijn. Elk stukje recreatiegebied of bos is gepland en vaak vastgezet in een bestemmingsplan zodat er geen andere functies aan deze stukken land worden toegewezen. Dit creëert duidelijkheid maar maakt het aan de andere kant ook lastig om nieuwe functies voor stukken land te introduceren. Nu is het niet zo dat als iets een natuurgebied is, het geen recreatiegebied meer kan zijn of andersom. Sommige delen land hebben meerdere functies, wat in planologische termen vaak 'mixed land-use' wordt genoemd, verder afgekort als MLU (Chen *et al.*, 2022). MLU kan bevorderlijk werken voor de economie van een gebied doordat er meer economische activiteiten worden verricht op dezelfde plek. Dit is voornamelijk het geval in stedelijke gebieden. Ook kan het de ervaring van een plek veranderen. Als de enige functie van een stuk land natuurgebied is, kan het verlaten aanvoelen. Wanneer dat stuk natuur ook gebruikt wordt voor recreatie en dus voorzien van eventuele infrastructuur en verlichting, dan kan het compleet anders worden ervaren. In dit rapport wordt met multifunctioneel landgebruik dan ook gerefereerd naar de definitie die Chen *et al.* (2022) geven voor 'mixed land-use'. Dit geeft de ruimte om stukken land met meerdere functies te gebruiken wat van groot belang is in Nederland, waar alles dicht op elkaar gepland is en er dus slim omgegaan moet worden met de beschikbare ruimte.

Het landgebruik van kustzones of naast rivieren is bediscussieerbaar van nog groter belang voor de waterveiligheid die er al dan niet kan worden gegarandeerd. Er kan op verschillende manieren mee om worden gegaan. Kravchuk (2021) gaat in op de situatie in Kiev waar er wordt gewerkt met duidelijke grenzen wat betreft landgebruik. Door te berekenen wat de maximale waterstanden kunnen zijn wordt bepaald welke vorm van landgebruik geschikt is voor die gebieden. Ook wordt aan de hand van deze gegevens de grootte van de waterbeschermingsgebieden en de kustbeschermingsgebieden bepaald. Dit wordt door Kravchuk (2021) gezien als landgebruik optimalisatie terwijl de verschillende functies gescheiden van elkaar blijven. Dit is in strijd met Chen *et al.* (2022), die stellen dat juist het integreren van verschillende functies op hetzelfde stuk land voor een optimale situatie in landgebruik zorgt.

In dit rapport wordt gekeken hoe kustbescherming en de verandering in ruimtelijke indeling ervan, invloed hebben op landgebruik van kustgebieden. Als er veranderingen in de ruimtelijke indeling van een kustgebied moeten worden gemaakt door dreiging van de zee of veranderingen in de beleidsmethode van waterveiligheid zal een aanpak zoals Kravchuk (2021) beschrijft voor problemen kunnen zorgen. Hierbij heeft elk stuk land namelijk een aangewezen functie terwijl een continu veranderend kustgebied vraagt om flexibiliteit in landgebruik zodat er snel geschakeld kan worden. Het integreren van meerdere functies op hetzelfde stuk land geeft de ruimte om minder belastbare stukken land flexibel te houden in functie en stimuleert ook waar mogelijk economische voordelen van MLU (Chen *et al.*, 2022).

Klimaatadaptatie

Wedding et al. (2022) erkennen dat er door de toenemende druk op kusthabitatten een toenemende behoefte is aan klimaatadaptatie. Er ontstaat druk op habitatten aan de kust, zoals bijvoorbeeld duinen, door zeespiegelstijging. Adaptatiestrategieën zijn nodig om de integriteit van dit soort gebieden te behouden. De uitdaging is om de meest passende adaptatie- en mitigatiestrategie te kiezen die zowel inwoners van zo'n kustgebied veilig houdt, als de voordelen van een kusthabitat behoudt. Duingebieden spelen een grote rol in bescherming tegen overstromingen en kusterosie. Bij het beschermen van de kust helpt het om te zoeken naar geschikte plekken voor 'nature-based solutions' om zwakkere plekken van een kusthabitat te beschermen. Dit kan door middel van beleidsmethodes voor landgebruik (Wedding et al., 2022). Hiermee wordt bedoeld dat beleidsvormen kunnen zorgen dat stukken land een andere functie dan hun huidige functie krijgen, ten behoeve van adaptatie aan het klimaat.

Kustadaptatiestrategieën worden ook geconfronteerd met obstakels waarvan sommige technisch zijn, anderen sociaal, maatschappelijk, financieel en economisch (Narayan, 2020). De technische obstakels worden echter steeds kleiner doordat de technologie steeds door ontwikkelt en projecten beter uitvoerbaar zijn. De technische projecten worden vaak uitgevoerd door externe partijen die eventueel weinig tot geen kennis hebben van de sociale aspecten in het gebied waar een project moet worden uitgevoerd. Hierdoor kan de sociale weerstand en dus obstakel voor adaptatie groeien. De economische en financiële obstakels zijn blijvend, vooral in rurale kustgebieden, omdat hier de economische belangen minder zijn. Ze zijn wel te overbruggen als er genoeg aandacht aan besteed wordt door overheden, banken, verzekeraars en private organisaties (Narayan, 2020). Sociale obstakels zullen altijd in acht moeten worden genomen maar kunnen worden geminimaliseerd als lokale belangen, context en prioriteiten in overweging worden genomen. Er ontstaan voornamelijk sociale problemen bij het negeren van een actieve politieke discussie. Als er geen aandacht wordt besteed aan een politieke discussie door bevoegdheden kunnen sommige belanghebbenden zich ongehoord voelen. Dat zou niet communicatief plannen zijn maar eerder vanuit een technische rationaliteit zoals De Roo (2010) dat beschrijft. Dit concept wordt verder toegelicht in hoofdstuk 3.2.

Strategieën voor kustadaptatie moeten lokaal geïntegreerd en geleid zijn om effectief te kunnen zijn stelt Narayan (2020). Onder lokale adaptatiestrategieën wordt door Mfitumukiza *et al.* (2020) verstaan dat deze strategieën er zijn om de lokale inwoners te helpen, dat ze rekening houden met de lokale karaktereigenschappen en context van het gebied en waar de lokale stakeholders een rol spelen in de uitvoering en het onderhoud van het project dat er uiteindelijk komt te liggen. Door eerstehands lokale kennis toe te passen is een adaptatiestrategie vaak beter bestemd en dus flexibeler in de omgang met lokale onzekerheden dan een strategie zonder het betrekken van lokale stakeholders.

Nature-based solutions

Ecosysteem gebaseerde kustbescherming is recentelijk een veel besproken manier van kustbescherming in de literatuur (Temmerman *et al.*, 2013; Mattijsen, 2022; Jordan & Fröhle, 2022). Kustecosystemen zijn een vorm van een Nature-based Solutions (Vanaf nu NBS genoemd) voor bescherming van een stijgende zeespiegel. Deze NBS kunnen het gat overbruggen tussen het behoud van natuur aan de ene kant en kustconstructies aan de andere kant (Jordan & Fröhle, 2022). NBS hebben de potentie om samen met bestaande vormen van kustbescherming een integraal en duurzaam element te zijn in de adaptatie aan klimaatverandering. Het kan dus zowel ecologische als sociale voordelen hebben om naar meer natuurvriendelijke/zachtere vormen van kustbescherming te streven.

Temmerman et al. (2013) leggen uit dat vooral op plekken waar hardere manieren van kustbescherming toenemend belast worden, wordt gezocht naar zachtere, groenere opties zoals ecosysteem kustbescherming. Omdat juist harde manieren van kustbescherming ook negatieve gevolgen kunnen hebben voor omliggende ecosystemen is het gebruik van ecosystemen, wat zachte manieren zijn, een veelbelovende strategie voor toekomstige kustbescherming (Schoonees *et al.*, 2019). Vooral omdat het én de ruimte aan de natuur geeft waardoor ecosystemen zich goed kunnen ontwikkelen, maar ook de eigenschappen bij zich draagt om een veilig kustgebied te creëren.

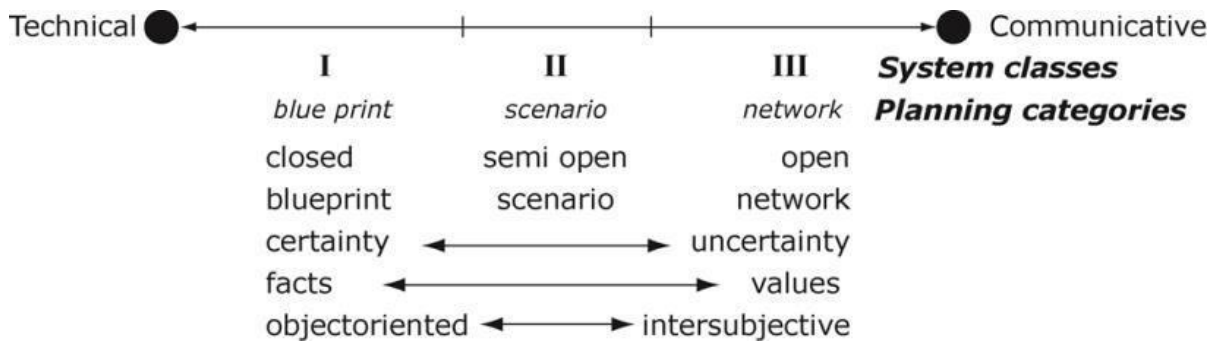
Path dependence

Een belangrijk concept uit de sociale wetenschappen die bijdraagt aan het begrijpen van adaptief plannen en plannen met onzekerheden is 'Path dependence'. Dit concept wordt kort en duidelijk omschreven door David (2007, p.92): "A dynamical process whose evolution is governed by its own history is "path dependent."". Dit betekent dat de ontwikkelingen van dynamische processen grotendeels gebaseerd zijn op de besluiten die genomen zijn in de geschiedenis. Dit is van belang om te begrijpen voor deze studie omdat er nu een besluit genomen moet worden die bepaalt welk pad wordt ingeslagen voor de toekomst. In de toekomst blijven komende generaties dus afhankelijk van het besluit wat nu genomen zal worden, letterlijk 'path-dependent'. Beyer (2005) geeft kritiek op de term 'path dependence', hij stelt dat dit een te gegeneraliseerd begrip is. Alles is tot een bepaalde mate 'path dependent' omdat alles kwetsbaar is voor veranderingen in verschillende groottes op de korte termijn. Dit betekent dus dat er een mate is waarin een proces, project of beleid 'path dependent' is en dat dit bepaalt hoe makkelijk het is om een ander pad in te slaan vanaf dit punt (Beyer, 2005).

2.2 Planologische aanpak

'Top-down' of 'Bottom-up'

In de afgelopen decennia zijn planologische projecten uiteenlopend benaderd en heeft de ene benadering meer effect gehad dan de andere. De Roo (2016) heeft een model ontworpen teneinde deze uiteenloop te visualiseren, waarbij een onderscheid in een 'top-down' en 'bottom-up' planologische aanpak duidelijk wordt (figuur 8). Bij een top-down planologische aanpak wordt er veelal traditioneel van bovenaf besloten wat er gebeuren gaat met een aangewezen stuk grond, de focus ligt op het hier en nu en hoe het snelst bereikt kan worden wat als eindresultaat wordt gewenst. Er wordt geredeneerd vanuit een technische rationaliteit. Hierbij vindt weinig overleg plaats met de partijen die betrokken zijn met het desbetreffende project. Dat leidt vaak niet tot een beslissing op basis van consensusvorming maar juist tot besluiten die zekerheid garanderen dat de gewilde uitkomst van het project wordt gerealiseerd. Er wordt zo snel mogelijk gezocht naar een optie om het ontworpen plan door te voeren op de aangewezen grond. Deze methode getuigt van een soort 'blueprint planning', dit betekent dat het meeste wat er gebeurt van tevoren is uitgetekend op papier en daarmee zal het probleem opgelost zijn (De Roo, 2016). Deze methode van plannen wekt het idee dat er een plan ligt met een vorm van zekerheid omdat van tevoren op papier staat wat er precies gaat gebeuren. Daarom geeft het model van De Roo (2016) aan de kant van 'Technical Rationality' dus ook de bijbehorende begrippen weer zoals 'blueprint', 'certainty', 'facts' en 'object oriented'. Dit is niet omdat deze manier van projecten benaderen daadwerkelijk zekerheid garandeert en alleen op feiten is gebaseerd maar wel omdat dat wordt gedacht vanuit een technisch-rationeel perspectief.



Figuur 4: 'The holy spectrum of planning' (Bron: De Roo, 2010)

In de loop der jaren is er een verandering van paradigma ontstaan. Deze verandering ging van blueprint-planning richting een vorm van ontwerpen en besluiten waarbij meerdere partijen betrokken zijn. Healey (1996) beschrijft dit als 'The communicative turn in planning theory', hierbij wordt de waarde van terugkoppelingen, tijdens en na elke stap, benadrukt. In de tijd dat het artikel van Healey (1996) geschreven werd, daalde het vertrouwen in het politieke systeem die toen veelal bepaalde wat er ruimtelijk-planologisch zou gebeuren in een landschap en hoe dit uitgevoerd zou worden. Alleen kijken naar wát er bereikt moet worden zou dus mogelijk niet genoeg zijn, er zou meer gekeken moeten worden naar hoé het gewilde resultaat behaald kan worden. Die manier van denken is de 'communicative rationale' en ligt aan de andere kant van het model van De Roo (2010).

Betrekken van belanghebbende partijen

Bottom-up planning is een manier van plannen die gaandeweg een resultaat probeert te vormen door middel van terugkoppelen en communicatie tussen de betrokken partijen. Deze manier van planning werd veel gebruikt tot ongeveer de jaren 90 en accepteert dat plannen voor een zekere toekomst gecompliceerd is. Wel kunnen planners hun best doen om een zo goed mogelijk toekomstplan te maken en nu ook te beschrijven hoe dit plan tot stand moet komen (Healey, 1996). Deze manier van benadering focust dus niet alleen op wat er bereikt moet worden maar ook de manier waarop. Door rekening te houden met alle betrokken partijen en hun belangen trachten planologen met deze manier van plannen tot een oplossing te komen waar alle betrokkenen zich in kunnen vinden. Er is dus veel communicatie tot er een consensus ontstaat. Betrokkenen zijn bijvoorbeeld stakeholders, Burby (2003) toont in een onderzoek aan dat het betrekken van zo veel mogelijk stakeholders positief is voor de uitkomst van een plan. Dit is aangetoond door van verschillende staten in de USA te kijken hoeveel stakeholders betrokken waren bij het opstellen van een plan. Het bleek zo te zijn dat de succes-ratio over het algemeen hoger lag bij de plannen waar de meeste stakeholders bij betrokken waren. Ook het betrekken van burgers is belangrijk voor de lange-termijn resultaten van een plan. Planologen proberen vaak te zoeken naar een 'perfecte' uitkomst. Dit is iets subjectiefs en door het betrekken van burgers hoort een planoloog meerdere verschillende meningen wat van positieve invloed kan zijn op de uitkomst van een plan. Dit kan er ook voor zorgen dat er minder weerstand geboden wordt tijdens of na de uitvoering van een plan (Thorpe, 2017).

Beide planologische benaderingen hebben voor- en nadelen. De technische aanpak is bruikbaar bij simpele planologische vraagstukken maar kan voor complexere vraagstukken te kort door de bocht zijn. De communicatieve aanpak zorgt dat complexere vraagstukken benaderd worden in kleinere stappen waarbij tussentijds terugkoppeling plaatsvindt. Het proces voor de uitvoering van een project kost hierdoor vaak wel meer tijd dan bij een Top-down aanpak.

Scenarioplanning

Een derde vorm van een planologische aanpak is scenarioplanning. Scenarioplanning hangt tussen de bovengenoemde aanpakken in en kan gebruik maken van beide eigenschappen (De Roo, 2016). In figuur 4 aangegeven met het Romeinse cijfer twee. Is het echter wel zo simpel om te zeggen dat deze vorm van plannen in het midden van twee extremen hangt? Peterson et al. (2003) stellen dat het belangrijk is om alle mogelijke scenario's bij langs te gaan bij om tot de uitkomst te komen met de minste weerstand. In sommige scenario's is een technische blik het meest passend en kan dit de situatie makkelijker maken dan rekening houden met alle aanwezige belangen. Vaak wordt er uit gemak naar 'blueprint planning' gegrepen door de uitvoerende partij. Dit kan leiden tot het missen van belangrijke aspecten in een proces die wel degelijk van belang zijn. Hierdoor kunnen er betrokken partijen worden buitengesloten uit het planning proces. Scenarioplanning kan dus zowel een technische benadering als een communicatieve benadering hebben, maar ook eigenschappen van beide gebruiken als dat beter bij de situatie past. Om te stellen dat scenarioplanning tussen de twee andere vormen in ligt is te simpel.

Scenarioplanning als instrument voor toekomstbestendigheid

Verder kan scenarioplanning ook helpen tegen het maken van verschillende misstappen, zoals geen rekening houden met wat voor effecten een project op de lange termijn kan hebben of te gegeneraliseerde beslissingen maken voor een situatie-specifiek planologisch proces (Chermack, 2003). Deze misstappen kunnen bijvoorbeeld voortkomen uit dat mensen maar tot zekere hoogte rationeel kunnen denken. Daardoor zouden zij niet voor de optimale uitkomst gaan maar de uitkomst die tevredenstelt. Een andere misstap kan zijn dat er een gewoonte is om alleen externe factoren te overwegen in een proces terwijl interne variabelen net zo belangrijk maar ook onzeker kunnen zijn. De reden die Chermack (2003) hiervoor geeft, luidt: "Primarily, this has been because these variables are easily recognizable as external and are not often hidden by being coupled to the system" (Chermack, 2003. P.298). Hiermee wordt aangegeven dat externe variabelen als enige in overweging worden genomen doordat ze niet verwickeld zitten in het systeem en het terugkoppelingssysteem daarvan, zoals interne variabelen dat wel zitten. Dit komt overeen met de bewering van de Roo (2010), die stelt dat complexere systemen een opbouwende aanpak nodig hebben omdat er anders belangrijke factoren over het hoofd gezien kunnen worden. Ook stelt Chermack (2003) dat informatie en kennis beperkt of achterhaald kunnen zijn en dat door scenarioplanning vaak situaties die als standaard zijn genomen, nog een keer worden herdacht. Dit kan leiden tot een betere uitkomst.

2.3 De transitie van plannen voor zekerheid naar plannen met onzekerheid

De heruitvinding van traditioneel plannen

Omdat de tweedeling van benadering bestond in de theorie van de planologie tussen projecten die een technische benadering of communicatieve benadering nodig hadden, is het relevant om na te denken over een nieuwe soort van planning die afwijkt van de traditionele manier. De Roo en Porter (2012) beschrijven een concept als tussenweg, genaamd 'fuzzy planning'. Zoals zij beschrijven is de logica waarop besluiten worden genomen vaak onduidelijk en vaag. Zolang planners zullen zoeken naar oplossingen om tot de meeste tevredenheid van mensen in die aangewezen regio te komen, zullen ze worstelen met wat een 'juiste' beslissing is en altijd tegen ongewilde negatieve effecten aan lopen (De Roo en Porter, 2012). Een goed voorbeeld dat beschreven wordt, is het concept 'duurzaamheid' wat recentelijk veel wordt gebruikt. Elk nieuw project streeft ernaar om duurzaam te zijn, maar wat dit precies inhoudt, is vaak onduidelijk. Duurzaam kan energiezuinig zijn, maar ook dat het voorgestelde project onderhoudsvriendelijk is of geen negatieve effecten heeft voor toekomstige generaties. Het gaat om een concept waarvan de betekenis is afgesproken binnen de kringen waarin

het verkeert, maar het begrip heeft geen universele betekenis. Dit maakt het dus een ‘fuzzy’ begrip voor mensen buiten het project. Een ander voorbeeld hiervan is ‘Urban versus Rural’, wat is gedefinieerd als ‘Urban’ en wat als ‘rural’ kan een gebied met, of een gebied zonder stadsrechten zijn. Het kan echter ook betekenen dat er binnen een gebied (zonder stadsrechten) stukken bestaan met relatief veel of weinig mensen en dat dit het verschil maakt tussen ‘Urban’ en ‘Rural’. Hier moet volgens de auteurs een betere manier voor zijn om beslissingen te maken om zulke onduidelijke concepten te verduidelijken en hun waarde daardoor te behouden (De Roo en Porter, 2012).

Uit deze denkwijze resulteert dat er minder vaak automatisch naar de ‘technical/top-down approach’ wordt gegrepen. Die technische denkwijze kan resulteren in een te simpele aanpak waarbij niet wordt gekeken naar de nieuwste methodes om te plannen met complexiteit of onzekerheid. Todes (2011) benadert de transitie in planologische strategieën vanuit een andere hoek en beweert dat de beoefening van ruimtelijke planning over het algemeen gezien werd als een obsessie voor controle en orde. Dezelfde transitie naar een nieuwe vorm van planologie wordt beschreven waarbij meer rekening wordt gehouden met duurzaamheid, inclusiviteit en leefbaarheid. Kortom, systemen die veel factoren omarmen, open systemen (figuur 4). Dit heeft meer weg van de ‘communicative’ approach zoals boven beschreven.

Een voorbeeld van een transitie in de toegepaste tactieken voor kustbescherming wordt door Schoonees et al. (2019) gegeven. Zij beschrijven dat er in het verleden vaak gebruik is gemaakt van harde structuren bij kustbescherming, zoals beton en staal, maar dat nu duidelijk wordt dat deze structuren veel negatieve effecten kunnen hebben op morfologische, hydrologische en ecologische condities. Daarom zijn meer groene/zachte ontwerpen voor kustbescherming of een combinatie van zachte en harde maatregelen een betere optie dan alleen harde structuren. Het gebruik van harde structuren anticipeert vaak alleen op het probleem van dat moment zonder na te denken over eventuele lang termijn gevolgen. De verandering van harde naar zachte oplossingen voor kustbescherming volgt dezelfde transitie als in de ruimtelijke wetenschappen die Healey (1996) en later De Roo (2016) beschrijven. Er wordt door meer beschikbare kennis beter nagedacht over wat er allemaal komt kijken bij een planologisch proces. Dit maakt het proces van een plan gecompliceerder maar wel beter uitvoerbaar en dus langer houdbaar (Shenhar et al., 2001).

Plannen met complexiteit en onzekerheid

Door de bovengenoemde transitie in de planologie wordt er tegenwoordig meer rekening gehouden met complexiteit en onzekerheid van een gegeven planologisch probleem. Complexiteit is simpelweg een mengsel van factoren die invloed hebben op het planologisch proces. Soms zijn deze factoren zeer duidelijk en in andere gevallen minder voor de hand liggend. Door ergens een besluit te nemen kunnen factoren weer anders reageren, een web van zulke acties en reacties maakt dus dat een proces complex is (Innes and Booher, 2018). Er is ruimte in een planologisch proces om te erkennen dat factoren onzeker of complex zijn, maar het liefst bereiden planologen zich wel zo goed mogelijk voor op deze onzekere toekomst door gebruik te maken van de nieuwste planologische analyses en gereedschappen (Innes en Booher, 2018). Er zijn verschillende wijzen van bestuur waarmee complexe problemen kunnen worden aangepakt. Een COVID-uitbraak of een economische crisis is bijvoorbeeld lastig om te voorzien, maar kan wel juist worden gemanaged door een bestuurswijze die rekening heeft gehouden met de onvoorspelbaarheid van een crisis van het kaliber dat de COVID crisis had. In de planologie kan erkenning van onvoorspelbaarheid en complexiteit ook nuttig zijn. Duit en Galaz (2008) beschrijven dat door crises voorzichtig te benaderen de onvoorspelbaarheid die daarbij komt te erkennen, effectiever beleid wordt gevoerd dan bijvoorbeeld crisismanagement op het moment van uitbraak. Shenhar et al. (2019) buigt zich over hoe een succesvol project gedefinieerd wordt en erkent dat de betekenis van succes een lastig vraagstuk is. Het is per

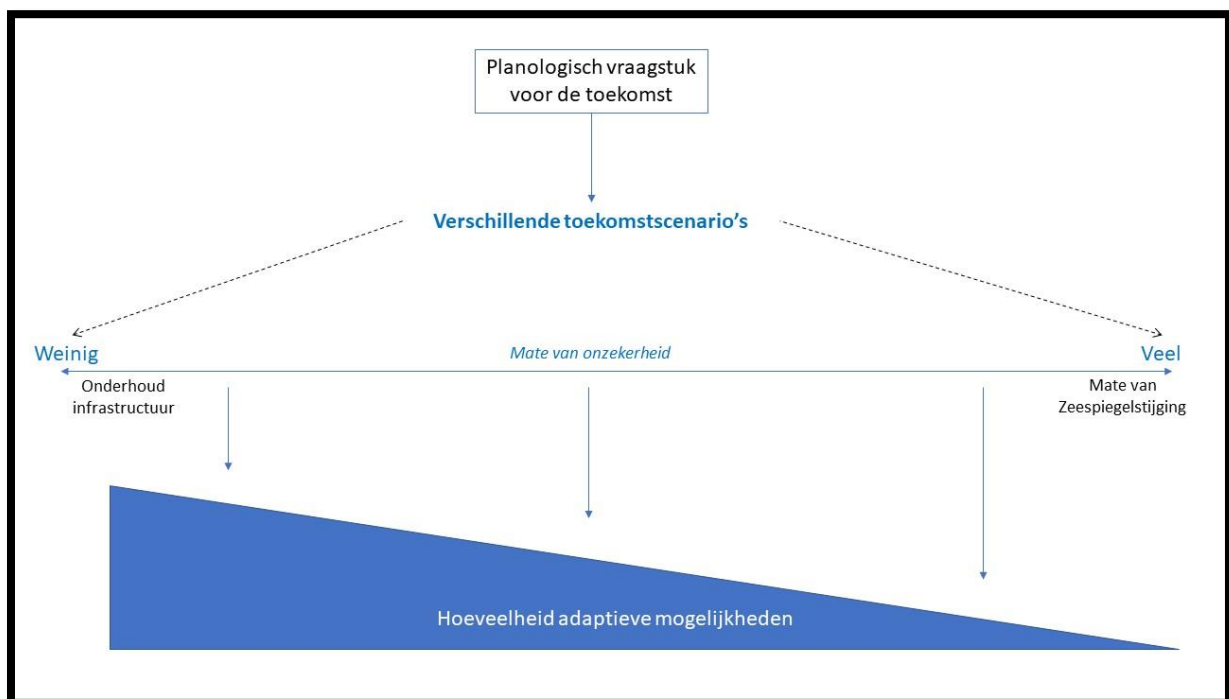
stakeholder, per tijdsbestek en per project verschillend wat dat project succesvol maakt (Shenhar et al., 2001). Kortom, per scenario is een succesvolle uitkomst verschillend.

Adaptativiteit

Plannen met onzekerheid en complexiteit vraagt om een aanpak die de mogelijke gevolgen van een veranderende toekomst ook in overweging neemt. Hierover hebben Haasnoot et al. (2019) een rapport over opgesteld. Dat rapport verkent de voordelen en nadelen van verschillende adaptatiestrategieën die passen bij verschillende niveaus van zeespiegelstijging. Hierbij wordt nagedacht over verschillende factoren, zoals mate van zeespiegelstijging, technische haalbaarheid, maatschappelijke haalbaarheid en adaptiviteit van een adaptatiestrategie. Er worden vier strategieën behandeld die gebaseerd zijn op het Nederlandse deltagebied. Wat hier goed gedaan wordt is, door middel van een scenario-analyse verschillende oplossingsrichtingen verkennen om een mogelijk adaptieve strategie te ontwikkelen. Ook kan hierdoor gereageerd worden op een verandering in het verwachtingspatroon van de toekomst om op een bepaald punt een ander pad in te slaan, bijvoorbeeld als de zeespiegel meer stijgt of de maatschappelijke weerstand veel hoger is dan verwacht (Haasnoot et al., 2019)

2.4 Conceptueel model

In dit rapport wordt scenarioplanning als een geschikte optie voor de meeste planologische projecten beschreven. Het 'holy spectrum' van de Roo (2010) stelt echter dat er bij verschillende projecten verschillende soorten benaderingen horen. Met de kennis van nu, is het niet meer passend om een project vanaf het startpunt te classificeren en dus te koppelen aan een specifieke benadering zoals bijvoorbeeld Top-down of Bottom-up. Daarom wordt er in een conceptueel model (figuur 5), de onzekerheid beschreven bij een planologisch vraagstuk die over een lange termijn uitgevoerd moet worden.



Figuur 5: Conceptueel model (Bron: Ontwerp van Auteur)

Het conceptueel model laat zien dat toekomstscenario's een verschillende mate van onzekerheid kunnen bevatten. Onderhoud van infrastructuur zal zich in bijna alle toekomstscenario's voordoen in een redelijk voorspelbare mate. Bijvoorbeeld, wanneer een brug vervangen zal moeten worden of

een spoor onderhoud nodig heeft kan redelijk ingeschat worden door ervaring uit het verleden. De onzekerheid zit hier in plotselinge schade aan infrastructuur. Reageren op zeespiegelstijging is een veel complexer vraagstuk met meer onzekere factoren. Hier is namelijk de snelheid van de zeespiegelstijging onzeker, wat de precieze effecten zullen zijn bij verschillende niveaus van zeespiegelstijging en wat hier binnen de tijdgebonden wet- en regelgeving mogelijke reacties op zijn. Ook is de verwachting dat de zeespiegel exponentieel zal stijgen waarbij de groeicurve lastig in te schatten is. Er kan dan dus geen voorspelling worden gedaan op basis van de zeespiegelstijging in het verleden.

Dit model laat de krimpende opties zien naarmate de onzekerheid van het vraagstuk aan bod groeit. In het geval van een toekomstscenario met veel onzekerheid zullen er dus weinig adaptieve opties overblijven om te reageren op een complex vraagstuk. In het geval van de zeespiegelstijging rondom Ameland is het daarom van belang dat de mogelijke adaptatiestrategieën worden verkend op hun mogelijkheden en gebreken om zo duidelijk in beeld te krijgen voor RWS wat hun opties zijn. Hierna kan RWS op basis van wat de organisatie het belangrijkste vindt een afweging maken tussen de adaptatiestrategieën en hun criteria.

2.5 Relevantie van literatuur voor de casus

Plannen met complexiteit en onzekerheid

Rijkswaterstaat zal een juiste manier van uitvoeren moeten kiezen voor de projecten die haar wordt opgedragen vanuit het ministerie. RWS is het uitvoerende agentschap van het ministerie van Infrastructuur en milieu wat het een (semi)overheidsorganisatie maakt. Het is dus van groot belang dat er goed wordt nagedacht over de aanpak en bestuurswijze van RWS waarbij complexiteit en onzekerheid erkennen als factor in de (ruimtelijke) planologie kan helpen.

Voor Ameland zijn 'fuzzy planning' en scenario planning die in hoofdstuk 3 worden uitgelegd van toepassing voor de beleidsstrategie. Fuzzy planning pleit voor erkenning van het onduidelijke, wat in het geval van de Amelandse kust de mate van de zeespiegelstijging is (De Roo en Porter, 2012). Door niet alleen te voldoen aan de verwachtingen van de waterspiegelstijging op korte termijn, maar ook te bedenken wat er op lange termijn alvast gedaan kan worden om de onzekerheid te verminderen wordt er al bijgedragen aan de toekomstbestendigheid van Ameland. Verder is de situatie van dit eiland complex omdat RWS te maken heeft met natuurlijke dynamieken, zoals bijvoorbeeld kusterosie aan de Noordwestkant, die uniek zijn. Door scenarioplanning kunnen deze unieke factoren worden uitgestippeld in mogelijke toekomstige situaties. Zowel de meest waarschijnlijke als de minst waarschijnlijke zijn van belang om een beeld te krijgen wat de opties zijn. Vanaf daar kan Rijkswaterstaat een beslissing nemen wat haar voorkeur heeft voor de aanpak van het kustgebied (Bunn and Salo, 1993; Peterson, et al., 2003; Chermack, 2004).

(Multifunctioneel) Landgebruik

Uit de statistieken beschikbaar over Ameland blijkt dat dit relatief kleine eiland ten opzichte van de rest van het Nederlandse landoppervlak al sowieso meer dan 6 verschillende soorten landgebruik kent (CBS, 2018). Dit is ook weergegeven op de kaart in figuur 8.

Op Ameland heeft RWS te maken met een waterkering (rode lijn in figuur 2) die het binnendijkse deel van het eiland veilig moet houden tegen overstromingen. Om deze veiligheid te kunnen garanderen moet de waterkering misschien breder, hoger of langer. Ook kan het zijn dat er functies verdeeld moeten worden over het duingebied en de waterkering om een zo dynamisch mogelijke waterveiligheid te creëren. Dit houdt in dat er gepoogd wordt om maatregelen door te voeren die gebruik maken van natuurlijke dynamieken zoals wind, golfbeweging en stroming waar dat kan

(Mattijssen, 2022). Dat kan ervoor zorgen dat er stukken land, die hiervoor een andere functie hadden, nu (gedeeltelijk) veranderen van functie in dienst van die waterveiligheid op Ameland. Een voorbeeld is dat na een zandsuppletie een duin zich uitbreidt over een fietspad, waardoor stukken hiervan niet meer te biefietsen zijn.

Om tot een werkende vorm van landgebruik te komen moet er volgens Chen et al. (2022) zoveel mogelijk functies worden geïntegreerd. Voor economische belangen geldt dit voornamelijk voor stedelijk gebied omdat door concurrentie betere prijzen en producten komen (Osborne and Pitchik, 1987). Ameland heeft ook een eigen economie die verbeterd kan worden door het integreren van ruimtelijke functies. Bijvoorbeeld door recreatiegebied en duinen niet van elkaar te scheiden met een waterkering. Basu et al. (2022) stellen dat een hogere mate van MLU en een meer natuurlijke dan woonachtige omgeving plezieriger, veiliger en aantrekkelijker is voor voetgangers omdat voetgangers het gevoel hadden dat ze hier minder snel lastig worden gevallen of beroofd. Het duingebied van Ameland heeft te maken met recreanten, ook in de vorm van voetgangers. Voor de ruimtelijke ordening van een landschap is plezier en aantrekkelijkheid ook een van de functies die graag teruggezien wordt door de gebruikers van dat landschap. Verder wordt er door RWS nu al in Ameland gekeken naar ruimte op het eiland die in de toekomst misschien gereserveerd moet worden voor functies ten behoeve van waterveiligheid. Hierdoor zal ruimte nog schaarser worden, waartegen landschapsfuncties integreren zoals bij MLU (Chen et al., 2022) kan helpen.

Zachte maatregelen

Ecosystemen die bijdragen aan de kustbescherming zijn er op Ameland in zekere zin al. De mate waarin ze bijdragen hangt af van hoeveel ruimte er beschikbaar is in het duingebied, op het strand en in de zee. Bijvoorbeeld de duinen zijn al een vorm van natuur die Ameland beschermen van de zee. Duinen zijn zandhopen verzameld door natuurlijke dynamieken en vastgehouden door begroeiing. Per punt langs de kust kan het echter verschillen hoe sterk de duinen zijn en of er extra maatregelen zoals zandsuppleties nodig zijn voor de kust. Maar ook dit kan niet overal zomaar, vaak moet er namelijk rekening gehouden worden met natuurwaarden in de Waddenzee, wat dus betekent dat de waterstaatkundige ingrepen niet per definitie voorrang krijgen. De uitvoering kan pas gedaan worden als er voldaan wordt aan bestaande regelgeving zoals bijvoorbeeld deze natuurwaarden.

De bestaande maatregelen om kusterosie tegen te gaan en om overstromingsgevaar te verminderen voor de Waddeneilanden zijn al vormen van zachte oplossingen (Schoonees *et al.*, 2019).

Zandsuppleties zijn bijvoorbeeld een vorm van een kustbescherming die gebruik maken van de natuurlijke dynamiek van het Waddengebied en worden vaak gebruikt als aanvullende maatregel als er ergens een zwak punt is in de duinen of zelfs bij een dijk. Een goed voorbeeld hiervan is de Prins Hendrikzanddijk op Texel. Deze dijk is onderdeel van de Waddenzeedijk op Texel en had versterking nodig. Vanwege natuurwaarden in de Waddenzee was buitendijks versterken niet meteen mogelijk, maar door het suppleren van zand voor de dijk (aan de zeekant) zijn er duinen en een Schiereiland ontstaan Deze werken nu als eerste bescherming tegen de zee waardoor de dijk ontlast is. Dit is een vorm van een zachte oplossing in combinatie met een bestaande harde vorm van kustbescherming (Rangel-Buitrago et al., 2018; Schoonees *et al.*, 2019).

Scenario planning

Voor de situatie waarmee Ameland kampt is scenarioplanning een passende benadering. De zeespiegelstijging is de variabele die het handhaven van een veilig, dynamisch en aantrekkelijk kustgebied moeilijk maakt. Zeewater stijgt in een tempo dat afhankelijk is van de mate waarin CO₂ zal vrijkomen in de wereld de aankomende decennia (te zien in figuur 1). Een dijk bouwen die de zwakkere plekken van het Amelandse duingebied compenseert is een technische oplossing en er zijn

enorm veel kosten aan verbonden terwijl er, uitgaande van de minste zeespiegelstijging, misschien helemaal geen dijk nodig was geweest. Het andere uiterste is niks doen in het kustgebied en de natuur haar gang laten gaan. Zo kan er geen veiligheidsnorm worden gegarandeerd op lange termijn mochten de duinen veel volume verliezen. Hierom is scenarioplanning voor het plannen met die onzekere zeespiegelstijging. Er kan met de meest recente kennis beschikbaar een goede inschatting gemaakt worden wat het meest in de buurt komt van de daadwerkelijke toekomst. Ook hier zullen de inschattingen wat uiteenlopen door onzekere variabelen en zullen er een paar verschillende mogelijkheden uitkomen (Peterson et al., 2003). Dit zijn de scenario's die moeten worden verkend in combinatie met een bijpassende reactie. Hieruit kan dan de balans worden opgemaakt welk scenario het meest voordelig of uitvoerbaar is voor Rijkswaterstaat en de andere betrokken overheden. Dit rapport zal echter nog niet de stap zetten om een keuze te maken welk scenario het meest passend is voor Ameland. Er zal wel een diepgaande analyse worden gedaan van de meest waarschijnlijke scenario's en welke adaptatiestrategieën daarbij toegepast kunnen worden. In het volgende hoofdstuk vindt uitleg plaats hoe dit is aangepakt.

Adaptatiestrategieën

Het rapport van Deltares over de bescherming van deltagebied Nederland (Haasnoot et al., 2019) geeft een voorbeeld van een nuttige verkennende studie. Deze kan goed gebruikt worden als voorbeeld maar is voornamelijk gebaseerd op de kust van het vasteland en de dynamiek van de grote rivieren en de zee. Voor de Wasseneilanden en dus Ameland is de dynamiek met die rivieren niet van toepassing. Wel zijn er criteria behandeld in dit rapport die wel degelijk van toepassing zijn voor Ameland omdat hier goed in naar voren komt wat onzekerheid voor voordelen en nadelen met zich mee kan brengen.

Zoals in het conceptueel model beschreven is eerder in dit hoofdstuk krimpen je adaptieve opties in nummer naarmate de onzekerheid van een vraagstuk groter wordt. Daarom is het van belang om de effecten, zwaktes en sterke punten van de oplossingsrichtingen met diepgang te analyseren (Haasnoot et al., 2012). In de introductie is genoemd dat voor Ameland drie adaptatiestrategieën van toepassing zijn, door deze te beoordelen op meerdere criteria en hun adaptiviteit kan er voor RWS duidelijker naar voren komen welke opties geschikt zijn voor verschillende toekomstscenario's, wat de bijkomende zwaktes per strategie zijn en eventueel wanneer er een switch zou kunnen plaatsvinden van beleid/adaptatiestrategie. Dat laatstgenoemde punt kan in een adaptatiepad worden weergegeven (Haasnoot et al., 2013)

2.6 Internationaal beleid

Vershil in benadering

De kustbescherming in de Mekong Delta in Vietnam bestaat uit meerdere lijnen (Le Xuan *et al.*, 2022). Dit illustreert een voorbeeld van strategieën die vergeleken kunnen worden met de kustbeschermingsstrategieën op Ameland. Ondanks dat kustbescherming daar heel anders in zijn werk gaat en het gaat om een deltagebied, kunnen er nog steeds lessen worden gehaald uit het weren van water op meerdere niveaus. Deze vorm van kustbescherming komt overeen met de Meerlaagse veiligheid zoals die beschreven wordt in hoofdstuk 2. In de Vietnamese Mekong Delta wordt er gebruik gemaakt van onder andere bamboe hekken, gestapelde stenen als waterwering, en verschillende vormen van golfbrekers (Le Xuan *et al.*, 2022). Dit zijn voornamelijk voorbeelden van harde vormen van kustbescherming. Omdat er in Nederland gestreefd wordt naar zachte vormen, zal kustbescherming in lagen op een andere manier worden gedaan. Hierbij kan worden gedacht aan

zandbanken voor de kust als eerste laag, een robuuste zeereep als tweede laag en een waterkering als derde laag.

Een voorbeeld van een minder succesvolle vorm van kustbescherming is de kust van Colombia. Ongeveer 50% van de kustlijn van dit land heeft te maken (gehad) met kusterosie over de laatste 50 jaar. Dit is daar veelal opgelost met 'hard structures'. Dit zijn stenen/betonnen golfbrekers en zeemuren (Rangel-Buitrago et al., 2018). Dat heeft ook tot veel negatieve effecten geleid, zoals ecosysteem verwoesting, vermindering van sedimentatie wat kan neerstrijken in het kustgebied en extra erosie effecten op sommige plekken door deze harde structuren. Ook kan deze manier van harde kustbescherming op den duur beschadigd raken en zal steeds meer onderhoud nodig hebben op de lange termijn (Schoonees *et al.*, 2019). Dit maakt het kostenintensief en niet onderhoudsvriendelijk. Hier wordt duidelijk dat de hele kust bewapenen met steen een slechte optie is voor een goed beleid voor kustbescherming. Dit is nog volgens de 'top-down' aanpak gegaan en heeft weinig eventuele effecten en gevolgen overwogen. De intentie van deze aanpak was dat de muren snel het probleem zouden oplossen. Hier komt dus duidelijk naar voren dat in de praktijk een technische aanpak niet altijd effectief is en dat een probleem complexer kan blijken dan het in eerste instantie wordt geacht (De Roo en Porter, 2012).

In New York is er na hevige orkaanschade van orkaan Sandy in 2012 een initiatief gestart genaamd 'Rebuild By Design' (verder RBD genoemd). RBD (2022) is een ontwerpcompetitie van experts op verschillende gebieden. Economen, milieukundigen en ontwerpers kregen door de concurrentie van verschillende expertgroepen die hun eigen ontwerp maakten een prikkel om met het best mogelijke ontwerp te komen. Deze experts zijn niet aangesteld door de overheid maar komen grotendeels uit de leefgebieden die getroffen waren door orkaan Sandy. Hierdoor zijn de ontwerpen die tot nu toe zijn voortgekomen uit het RBD-initiatief vanuit een 'communicative approach' benaderd omdat er zoveel mogelijk partijen die het gebied goed kennen vanaf het begin zijn betrokken bij de voorgestelde projecten (De Roo, 2010). Deze aanpak is de praktische uitvoering van wat Mfitumuzika et al. (2020) theoretisch stellen. Klaus Jacob, een Special Research Scientist in New York zegt: "In cases like sea-level rise, we all sit in the same boat and live on the same coast, RBD is an opportunity to imbed some of this long-term planning into short- and medium-term solutions". Hiermee zegt hij dat er dus in plaats van simpelweg herbouwen wat beschadigd was er nu wordt nagedacht over hoe het klimaat zich zal ontwikkelen op de lange termijn terwijl er, met de projecten, ook wordt voldaan aan de veiligheidsnormen van de korte termijn. Per onveilige plek worden de karakteristieken van een gebied erkent om met een passend ontwerp te komen. Mogelijke toekomstscenario's worden bij langs gegaan door lokale experts die de regio goed kennen en daar wordt het best mogelijk op geanticipeerd met een ontwerp.

Leren van internationale aanpak

De meerlaagse methodes van kustbescherming in de Vietnamese Mekong Delta, zullen in het Nederlandse waddengebied niet snel gebruikt worden. Voornamelijk omdat het kustgebied simpelweg zeer verschilt, maar ook is er meer kennis en geld in Nederland voor dynamische bescherming zoals zandsuppleties. Toch zijn de Vietnamese inspanningen wel methodes om kusterosie tegen te gaan net als de bedoeling is op Ameland. In de Mekong Delta zijn ook veel Nederlandse partijen betrokken zoals ingenieursbureau DHV, Royal Haskoning, Wageningen UR, Deltares, RebelGroup en Unesco-IHE. Deze adviseurs hebben ervoor gezorgd dat er veel Nederlandse kennis op gebied van kustbescherming in dit gebied terecht is gekomen. Hieraan is dus te zien dat er in de Nederlandse kennis van kustbescherming het liefst wordt gekozen voor zachte vormen van kustbescherming maar dat er waar nodig nog harde structuren worden gebruikt. Dit is zoals Schoonees et al. (2019) beschrijft hoe de huidige trend in kustbescherming zou moeten zijn.

Het RBD-initiatief in New York is een internationaal voorbeeld van lange-termijn planning geïntegreerd in kustbescherming (RBD, 2022). Het plannen van deze projecten legt de focus op de huidige situatie veilig houden en tegelijkertijd nadenken en waar mogelijk implementeren wat er gedaan kan worden om zo goed mogelijk voorbereid te zijn op de toekomst. Rijkswaterstaat probeert hetzelfde te doen in het kustgebied van Ameland. Hier moet veiligheid ook voorop staan maar wordt er ook naar mogelijkheden gezocht om zo goed mogelijk voorbereid te zijn op de toekomstige zeespiegelstijging. Gebieden als New York en Ameland zijn qua context verschillend van elkaar maar toch kan er geleerd worden van de strategieën die worden gebruikt voor lange-termijn planning. Een voorbeeld is dat bij RBD (2022) gefocust wordt op gebruik van lokale expertise en mensen die kennis hebben van het gebied. De focus op de samenwerking met mensen die kennis bezitten over het gebied in kwestie, wat New York maar ook Ameland kan zijn, zorgt voor een robuuster eindproduct volgens Mfitumukiza *et al.* (2020).

3. Methodologie: 'Research by design'

In dit hoofdstuk zal de onderzoeksstrategie worden toegelicht. Ook zal benoemd worden hoe de uitgevoerde analyses zijn gedaan en welke gereedschappen op het gebied van software en data hiervoor gebruikt zijn.

3.1 Opzet

Als eerste stap van dit onderzoek is een literatuuronderzoek uitgevoerd om kennis te verzamelen die nuttig kan zijn voor het onderwerp kustbescherming. Hierdoor kon er in beeld komen welke kennis er al aanwezig is en waar nog ruimte ligt voor dieper onderzoek. In dit geval is er nog ruimte om de kennis over kustbescherming rondom de Waddeneilanden uit te breiden.

Waarom Ameland?

Het vertrekpunt van dit onderzoek is een casus: het Waddeneiland Ameland. Het selectieproces hiervan was al gedaan door Rijkswaterstaat. Ameland heeft een aantal zwakke punten in de primaire keringen. Daarom heeft RWS een stage beschikbaar gesteld om verkennend onderzoek te doen naar de mogelijkheden voor passend toekomstbeleid voor Ameland. De casus als vertrekpunt is verschillend van de onderzoeksmethode 'case-study'. Bij een 'case-study' wordt er een theorie getoetst in meerdere casussen om te achterhalen of die theorie kloppend is (in de gesampelde casussen). Resultaten van bepaalde plekken worden dan gegeneraliseerd. Het verschil met de casus Ameland is dat er aan de uitkomst van dit onderzoek geen verband met de andere Waddeneilanden kan worden verbonden. Er wordt specifiek verkennend naar de casus Ameland gekeken omdat dit gevraagd wordt vanuit RWS.

Onderzoeksopzet en randvoorwaarden

In dit rapport zullen verschillende adaptatiestrategieën worden verkend om de situatie van de huidige kustbescherming op Ameland veiliger te maken. Met deze verkenning wordt deze onzekerheid niet weggenomen. Echter, door het naast elkaar leggen van verschillende adaptatiestrategieën kan er wel bekeken worden wat de knelpunten en voordelen zijn per strategie om een weloverwogen besluit te nemen.

Wat wordt er dan precies onderzocht? De drie adaptatiestrategieën in dit onderzoek zijn gebaseerd op het rapport van Deltares (Haasnoot et al., 2019), met een paar aanpassingen en afbakening, namelijk:

- **Beschermen (open of gesloten)/Behouden van huidige strategie:**
 - Dit houdt in dat het water buitengehouden moet worden door middel van bijvoorbeeld waterkeringen of nature-based oplossingen. Dit kan zowel met een open of gesloten systeem. Bij een open systeem blijven de rivieren in open verbinding met de zee maar is het land wel ingedijkt van zowel de zee als de rivieren. Bij een gesloten systeem is er geen open verbinding tussen de rivieren en de zee. Hierdoor is het meestal niet nodig om het landgebruik aan te passen in het binnenland. Voor de situatie op Ameland is het niet van toepassing of er open of gesloten beschermd wordt aangezien er vanaf dit Waddeneiland geen grote rivieren de zee in stromen. Het gaat erom dat het water buiten de primaire keringen wordt gehouden en dat de BKL kan worden onderhouden. Hierom heet deze adaptatiestrategie in dit onderzoeksrapport: '**Behouden**'. Hiermee wordt bedoeld op het behouden van de huidige strategie van kustbescherming. De locatie van de waterkering en het duingebied zullen nagenoeg gelijk blijven.
- **Meebewegen/landwaarts oplossen:**

- Landwaarts oplossen is een strategie die juist meer de natuurlijke dynamiek volgt in plaats van daartegenin te bewegen. Als het water te hoog komt te staan zullen kwetsbare gebieden gecontroleerd verlaten kunnen worden. Hierdoor is er ruimte voor het zeewater om het eiland in te trekken wanneer dat nodig is. De adaptatiestrategie meebewegen focust op het landwaarts verleggen van waterkerende functies en wat voor ruimtelijke conflicten hierbij komen kijken. Plekken laten overstromen om andere gebieden te ontlasten is hier geen optie, dit wordt verder toegelicht in hoofdstuk 6.2.
- **Zeewaarts oplossen:**
 - Deze strategie focust op de creatie van nieuwe gebieden door kusten te verbreden. Er kan dan bijvoorbeeld nieuw woon-, natuur- of recreatiegebied ontstaan. Hierbij moet wel rekening gehouden worden met bestaande functies die deze gebieden hebben en normen die in de Noordzee gelden, anders wordt uitbreiden onmogelijk. Eilanden voor de kust als ruimtegeneratie en kustbescherming wordt niet als mogelijke adaptatiestrategie gezien in dit onderzoek. Dit is een verplaatsing van een probleem, in hoofdstuk 6.3 wordt verder toegelicht waarom dit geen reële optie is.

Vóór de uitwerking en verkenning van de adaptatiestrategieën is een gebiedsanalyse toegepast. Dit is gedaan om een duidelijk beeld te schetsen van de omstandigheden die er spelen op en rondom Ameland. Ook is het zo makkelijker om een vergelijking te maken met één van de adaptatiestrategieën als de huidige situatie goed in beeld is gebracht. Daarom wordt er in dit hoofdstuk ook aandacht besteed aan het huidige beleid/strategie.

Verder zullen de drie adaptatiestrategieën integraal worden getoetst. Dit gebeurt aan de hand van een multicriteria-analyse (MCA). Door het gebruik van een MCA kan er aan meerdere criteria een waarde worden toegekend waardoor het mogelijk wordt om de drie adaptatiestrategieën te rangschikken. De zes criteria die hiervoor gebruikt zullen worden zijn: acceptatie door belanghebbenden; financiële haalbaarheid en onderhoudskosten; technische haalbaarheid; natuurwaarden; economische impact; politieke en juridische haalbaarheid. Door bureau-onderzoek over de drie adaptatiestrategieën kan er een score per onderwerp worden toegekend door middel van geordende reacties op een ordinale schaal. Deze reiken van - - tot en met ++.

Waarom adaptatiestrategieën?

Deze adaptatiestrategieën kunnen fungeren als hulpmiddelen om de huidige situatie op Ameland veilig te houden maar tegelijk om het eiland zo goed mogelijk te beschermen tegen de mogelijke ontwikkelingen die het veranderende klimaat de komende 100 tot wel 200 jaar met zich meebrengt. Zoals benoemd in hoofdstuk 1 kan het tempo waarmee de zeespiegel stijgt dusdanig variëren dat er lastig besloten kan worden wat de 'juiste' beslissing is voor de toekomst van Ameland. Er worden echter met het uitwerken van deze strategieën geprobeerd zo veel mogelijk factoren in overweging te nemen zodat dit rapport als een vooronderzoek geraadpleegd kan worden bij het maken van een besluit over het kustgebied. Het doel is dan ook om een basis te leggen voor verder onderzoek en besluitvorming voor de kustbescherming van Ameland.

3.2 Onderzoeksmethode

Kwalitatief onderzoek

Verkennd onderzoek is vaak kwalitatief en zo ook in dit onderzoeksrapport. Er is hier sprake van kwalitatief onderzoek omdat er een verkenning wordt gedaan van drie allesomvattende adaptatiestrategieën. Hier zijn te veel aspecten bij betrokken voor een kwantitatieve analyse. Bij kwantitatief onderzoek wordt iets getest aan de hand van numerieke data, vanuit deze data worden dan patronen of gemiddelden gehaald om iets te zeggen over de hele sample. In dit onderzoek zijn te veel aspecten betrokken voor een kwantitatieve analyse. Kwalitatief onderzoek houdt ook het verzamelen en onderzoeken van niet-numerieke data in, bijvoorbeeld de foto's die genomen zijn tijdens veldwerk. Verder moeten concepten meningen en ervaringen worden begrepen, in dit geval uit teksten en kennis van RWS-experts (Bhandari, 2020).

Methodological pluralism

Dit onderzoek vraagt om de onderzoeksstrategie 'methodological pluralism'. Een verkennd kwalitatief onderzoek kan namelijk van verschillende informatiebronnen nuttige aanvullingen ontvangen. Vanuit deze onderzoeksstrategie wordt ook aangenomen dat er geen superieure onderzoeksstrategie bestaat en er dus meerdere tegelijkertijd kunnen worden gebruikt (Barker & Pistrang, 2005). Ook is deze strategie geschikt om complexe problemen aan te vliegen vanuit verschillende benaderingen. Hierdoor is er oog voor context, wat belangrijk is op Ameland omdat er zoveel factoren van invloed zijn op de beslissing over het kustgebied.

Vanuit 'methodological pluralism' worden er dus meerdere types onderzoek toegepast. Het literatuuronderzoek is bewust als eerste uitgevoerd. Er is hierin gekeken naar concepten en internationale voorbeelden die gebruikt worden voor kustbescherming. Hierdoor is er in beeld gebracht welke kennis RWS kan gebruiken bij het maken van een besluit over het Amelandse kustgebied. Ook is er duidelijk geworden dat er nog een gat is in de literatuur over adaptatiestrategieën die toepasselijk zijn op (bewoonde) eilanden. De meeste onderzoeken zijn nu gebaseerd op kustbescherming van het vaste land. Daarom stimuleert dit onderzoeksrapport ook meteen verder onderzoek naar zowel het Amelandse kustgebied als naar de andere Waddeneilanden

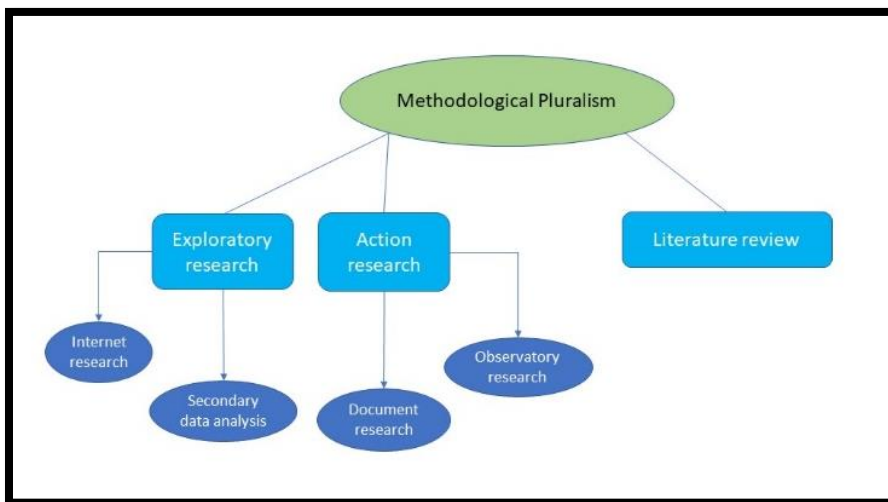
Exploratory & action research

Ten eerste is er gebruik gemaakt van exploratief onderzoek. Exploratief onderzoek is gedaan door middel van GIS. In GIS zijn verschillende kaarten gemaakt, voornamelijk voor de strategie meebewegen, met behulp zowel data beschikbaar vanuit RWS en openbare data. Dit is een 'secondary data analysis'. Er is een hoogtemap gebruikt uit de AHN (actueel hoogtebestand Nederland) om de zwakke plekken van de duinen te verkennen. Vervolgens zijn er bufferzones van honderd meter landwaarts gemaakt in GIS. Met als reden om te kijken of deze bufferzones, mocht deze ruimte in de toekomst voor waterkerende functies gebruikt moeten worden door RWS, bestaande adressen overlappen. Hierdoor kan er duidelijk worden wat voor ruimtelijke effecten deze strategie heeft op de indeling van het eiland.

Voor de strategie 'behouden' is een ander programma gebruikt voor analyses, namelijk MorphAn. MorphAn is een applicatie voor de morfologische analyse van de kust op basis van profielen en rastermetingen. Eerst wordt er gekeken naar één duinmeting op raai 11 in de jaartallen 2000 en 2020. Zo kan de meting duidelijk worden weergegeven en uitgelegd in een grafiek. Daarna kan er worden gekeken naar de verschillen in volumes zand van elk jaar in de afgelopen twee decennia en kan er een inschatting worden gemaakt of de duinen bij het behouden van de huidige strategie nog sterk genoeg zullen blijven. Verder was internetresearch een groot deel van het exploratief onderzoek. Openbare beschikbare rapporten en nieuwsberichten over Ameland, het handelen van RWS en de kustbescherming zijn gelezen om concepten en meningen te begrijpen en af te wegen.

Actieonderzoek voor dit onderzoek bestaat uit veldwerk waarbij er kennis vergaard is door een keuring van de duinen en de waterkering mee te maken. Hierbij wordt duidelijk waar op gelet wordt bij een dergelijke keuring, hoe de dynamieken in het kustgebied zich tot elkaar verhouden en wanneer er een ongewilde situatie zich voordoet. Op deze veldwerkdag zijn er ook foto's gemaakt die waar mogelijk gebruikt zijn in dit rapport.

Documentonderzoek is een deel van zowel exploratief onderzoek als actieonderzoek. Exploratief onderzoek omdat er oude documenten beschikbaar zijn op internet en buiten RWS die uitleg geven over de historie van Ameland en hoe de locatie van de primaire keringen en duinringen tot stand zijn gekomen. Documenten die beschikbaar waren op de stageplek zelf en samen met een adviseur morfologie zijn bekeken zijn deel van actieonderzoek. Al met al komt een schematische weergave van de onderzoeksstrategie in dit rapport er dan uit te zien als in figuur 6.



Figuur 6: Kader van onderzoeksmethodes (Bron: Ontwerp van Auteur)

Betrouwbaarheid data

In dit onderzoek is gebruik gemaakt van data wat beschikbaar is gesteld vanuit RWS. De meeste bevindingen in dit rapport zijn dan ook afhankelijk van de validiteit en betrouwbaarheid van de metingen en meetinstrumenten van Rijkswaterstaat. Omdat RWS de aangewezen partij is om deze data te verkrijgen, op te slaan en bij te houden wordt er uitgegaan van de correctheid van de data.

3.3 Ethische overwegingen

Voor dit onderzoek is er gering contact geweest met mensen. Het contact wat heeft plaatsgevonden was voornamelijk verbale kennisoverdracht van de expertkennis vanuit de werknemers van RWS aan de auteur van dit rapport. De auteur is verantwoordelijk omgegaan met deze informatie en heeft dit met als enige doeleinde een nuttig rapport op te stellen gebruikt. Sommige van deze expertkennis kwam van GIS-georiënteerde werknemers die hulp boden bij het verstrekken van GIS-data uit de database van RWS. Dit ging om data van duinmetingen en diepte van de vooroevers. Deze data is niet openbaar beschikbaar, maar was ook niet verboden om te gebruiken voor het publiceren van kaarten in een openbaar rapport zoals deze. Daarom heeft dit onderzoek geen waarden en normen geschonden die over het algemeen redelijk worden geacht en is dus ethisch verantwoord. De overige data die is gebruikt in dit onderzoek (hoogtemetingen, adressen en de ligging van primaire keringen) is openbaar beschikbaar en het gebruik hiervan beïnvloedt geen partijen op negatieve wijze.

4. Gebiedsanalyse

In dit deelhoofdstuk zal de een beschrijving worden gedaan van het Amelandse kustgebied en de overheden en regels die hier een rol spelen. De partijen die verantwoordelijk zijn voor de waterveiligheid op en rondom Ameland worden toegelicht samen met de veiligheidsstrategieën en regels die er op dit moment gelden. Daarvoor moet allereerst duidelijk zijn wat de huidige stand van zaken en het huidige kustbeleid is in dit gebied.

4.1 Het Amelandse kustgebied

Onzekere toekomst voor Amelandse kustbescherming

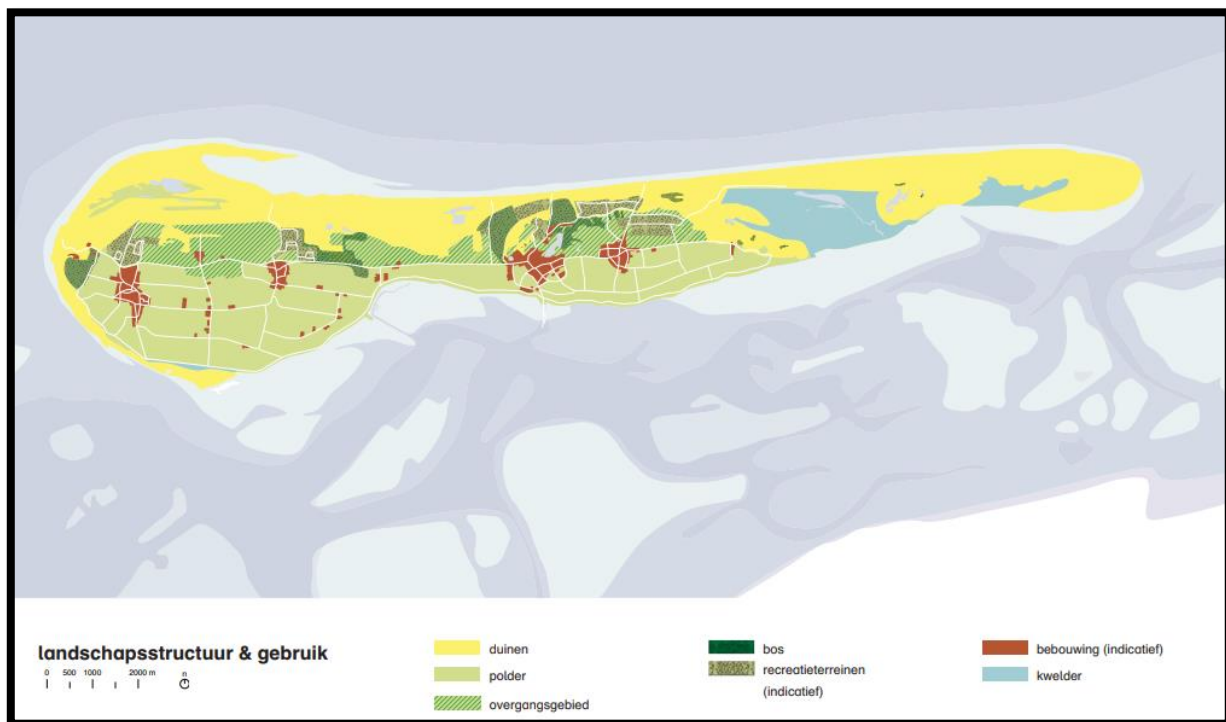
Deze studie focust dus op de kustbescherming van Ameland. Ameland is een Waddeneiland dat hoort bij de provincie Friesland. Door de aanhoudende zeespiegelstijging wordt er verwacht dat de huidige situatie van de Amelandse kust in de komende decennia niet meer zal voldoen aan de gestelde veiligheidsnormen. De veiligheidsnorm voor de waterkering wordt uitgedrukt in overstromingskans. De signaleringswaarde ligt bij een overstromingskans van 1:1000, dan moet er iets gedaan worden om de veiligheid te verbeteren maar daar is nog wel tijd voor. De ondergrens ligt bij een overstromingskans van 1:300. Vanaf dit punt wordt de kans op gevaarlijke situaties, zoals overstromingen, te groot en daarom zal de waterkering ook worden afgekeurd na deze ondergrens. Er zal een verkenning gedaan moeten worden over wat er nodig is om dit eiland veilig te houden van overstromingen en niet langzaam in de buurt te komen van de signaleringswaarde. Het huidige ruimtegebruik op Ameland wordt als vertrekpunt genomen, vanuit hier wordt gekeken wat er kan en misschien wel moet veranderen in het kustbeheer en in het ruimtegebruik op het eiland. De uitdaging van deze studie is echter wel, of dit ruimtegebruik parallel aan de opgave voor de eventuele versterking van de waterkering kan worden verbeterd. Bij het kustgebied horen het strand, het duingebied (gemarkeerd in groen) tot en met de waterkering, gemarkeerd (in rood) op de kaart in figuur 7.



Figuur 7: Primaire waterkering Ameland en kustgebied (Bron: Ontwerp van Auteur)

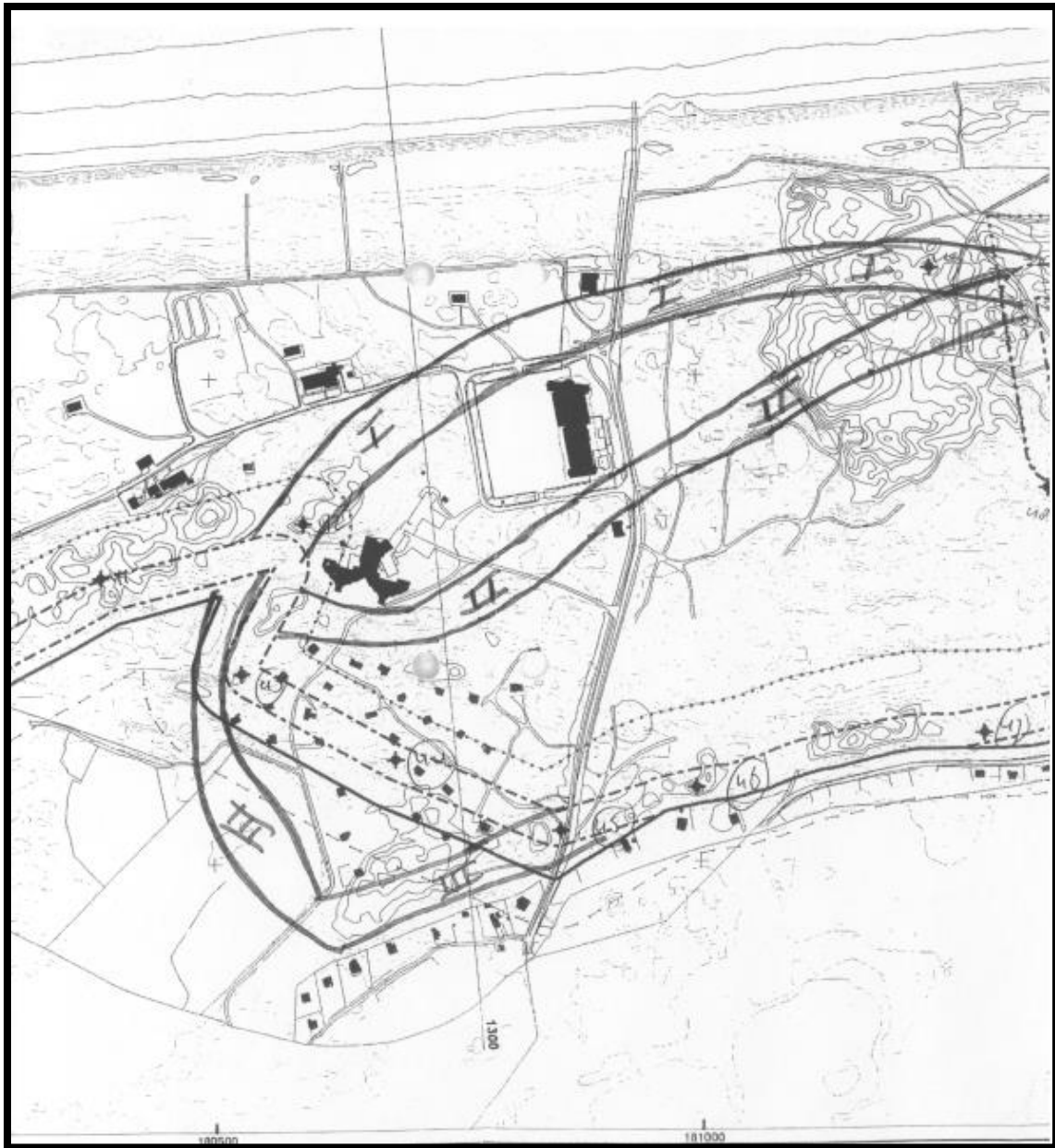
Huidige gebiedsindeling

Op Ameland is de huidige gebiedsindeling in de basis vrij simpel. Van Noord naar Zuid een strand, een duingebied, de waterkering en dan een overgangsgebied met daarachter de polder waar de bevolking van het eiland leeft en de landbouwgrond zich bevindt (Figuur 8). De polder is over het algemeen laag gelegen en wordt daarom beschermd van de zee. Hier vindt de meeste landbouw plaats en is daarom belangrijk voor de economie van Ameland. Vroeger zijn boeren achter duinringen gaan wonen omdat dit het veiligst was. Nu is het kustgebied dus in dienst van de polder doorontwikkeld, waarbij er ook natuur is ontstaan zoals duinen en bossen in overgangsgebieden.



Figuur 8: Landgebruik Ameland (Bron: Gemeente Ameland 2013)

Door de waterkering is er een duidelijke grens tussen tot waar het zeewater in theorie nog (tijdelijk) mag komen en tot waar niet meer. Rondom deze waterkering liggen over het algemeen duingebieden aan de Noordkant en overgangsgedebieden of bos aan de Noord- en Zuidkant. Er is weinig woongebied dichtbij de waterkering zoals is te zien in figuur 8. Tijdens de afgelopen decennia zijn er geen overstromingen binnendijks geweest en hebben de zandsuppleties die rondom Ameland worden uitgevoerd er zelfs voor gezorgd dat het zeewater nog nauwelijks tot de waterkering kan komen omdat de duinreep sterk genoeg is. Dit heeft ervoor gezorgd dat er een aantal activiteiten buitendijks ontwikkeld zijn, zoals een camping, een appartementencomplex en een aantal vakantiehuisjes. Ondanks dat de eventuele schade die deze gebouwen zouden kunnen krijgen voor de rekening van de eigenaren zullen zijn, is de kans dat het zover komt klein. Voornamelijk omdat dit gebied relatief veilig is doordat dit gebied qua overstromingskans voldoet aan de veiligheidsnorm (RWS, 2020). In de legger was namelijk eerst overwogen dit gebied wel binnendijks te plaatsen, echter omdat het toen ook al bijna voldeed aan de veiligheidsnormen van de primaire waterkering op het eiland, was besloten dat dit niet meer nodig was. In figuur 9 (zie volgende pagina) staat een schets van de tracé-voorstellen toentertijd, aangeduid met de romeinse cijfers I, II en III (Rijkswaterstaat, 2006). Hierin is goed te zien wat de overwogen tracés waren vóór het uiteindelijke besluit werd genomen. Ook hier zijn dus verschillende scenario's verkend om af te wegen welke de meest geschikte was voor de toenmalige situatie.



Figuur 9: Schets van de mogelijke tracés van de waterkering uit de legger van Ameland (Bron: Rijkswaterstaat, 2006)

4.2 Beleid en beheer

Kustbescherming en onderhoud

De kust van Ameland heeft door de stroming van water van de Waddenzee naar de Noordzee last van kusterosie. Om de BKL te behouden en de duinen sterk te houden, worden er zandsuppleties uitgevoerd. Hierbij worden grote hoeveelheden zand vanuit andere plekken van de zeebodem opgespoten op de plekken die zand tekortkomen door erosie of duinafslag. Met deze vorm van kustonderhoud moet er om de zoveel tijd weer zand worden gesuppleerd teneinde de kubieke meters zand die aanwezig zijn op en rondom het eiland aan te vullen. Deze suppleties zijn niet alleen nuttig voor het behoud van de BKL (basiskustlijn) maar ook voor het versterken van de duinen. Dit beleid komt uit November 1990, toen het Ministerie van Verkeer en Waterstaat besloten heeft om de BKL te handhaven en dus zand te suppleren. De BKL wordt jaarlijks getoetst op zijn ligging en of er

een landwaarts bewegende trend is. Als dit het geval is, moet er worden ingegrepen door middel van aanvullende suppleties op desbetreffende plekken (Rijkswaterstaat, 1992). De duinen verliezen volume als er golven tegenaan slaan. Doordat de suppleties gedaan worden, zullen de duinen over tijd weer aansterken. Door het slim bespelen van natuurlijke processen zoals wind, stroming en golfbewegingen wordt het gesuppleerde zand verspreid over het kustgebied. De landwaartse winden laten nieuw zand neerstrijken in de duinen en de duinen houden dat vast door het helmgras wat erop groeit. Zolang dit evenwicht in balans is of overwegend aan de kant van toenemend duinvolume ligt, wordt het kustgebied veilig gehouden.

Betrokken overheden

Ameland valt onder de provincie Friesland waar de waterschappen en de Rijksoverheid (RO) verantwoordelijk zijn voor de waterveiligheid. De RO, waar Rijkswaterstaat ook onder valt, is verantwoordelijk voor het landelijk beleid voor waterveiligheid en de normen die gelden voor de primaire keringen. De waterkering op Ameland is ook een dergelijke kering. Rijkswaterstaat geeft waterstandsverwachtingen af die een inschatting kunnen geven wat er nodig is om gebieden te beschermen van overstromingen. De kosten die gemaakt worden bij de kustbeschermingsmaatregelen worden gefinancierd uit de rijksbegroting. Hierom moet elke uitgave wel verantwoord kunnen worden, dit is de taak van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (Rijksoverheid, 2021).

De waterschappen zijn vaak verantwoordelijk voor de regionale wateren en bijbehorende waterkeringen. Op Ameland onderhouden zij ook de dijk aan de zuidkant van het eiland. Rijkswaterstaat is een overheidsinstantie die verantwoordelijk is voor de waterveiligheid van de Waddeneilanden samen met de waterschappen. De zandsuppleties rondom Ameland worden vanuit Rijkswaterstaat geïnitieerd, RWS laat dit uitvoeren door middel van een aanbesteding bij een bedrijf zoals Boskalis. Zo'n bedrijf heeft de expertise en het gereedschap voor een suppletieklus van grote schaal. Verder is de provincie verantwoordelijk voor de vertaling van waterbeleid naar regionale maatregelen. De provincie bepaalt het beleid en stelt doelen voor de gemeente. Gemeente Ameland heeft dus een rol om de eventuele ruimtelijke veranderingen op het eiland in goede banen te leiden. Er moet goede communicatie zijn tussen de verschillende overheidslagen om beleid voor waterveiligheid soepel in goede banen te leiden (Ons Water, 2019).

Het afvoeren van afvalwater en overtollig grondwater is ook de taak van de gemeente, in dit geval gemeente Ameland. Een hoog grondwaterpeil kan voor de waterveiligheid van belang zijn omdat dat peil bij de duinen of dijken langdurig hoog mag zijn om beschadiging te voorkomen (Rijksoverheid, 2015). Het grondwaterpeil wordt verder buiten beschouwing gelaten in dit onderzoek, omdat de focus ligt op de dreiging van de zeespiegel.

Meerlaagse veiligheid

Sinds 2009 wordt het meerlaagse-veiligheidsprincipe gehanteerd vanuit het Nationaal Waterplan. Deze methode bestaat uit drie lagen. De eerste daarvan is preventie, waar het dynamische kustbeheer onder valt zoals boven beschreven. Dit gaat om het beveiligen van landschappen tegen overstromingen, het voorkomen ervan. Laag twee is gefocust op een logische ruimtelijke indeling mocht er wel een overstroming plaatsvinden. Dit houdt bijvoorbeeld in dat huizen op palen worden gebouwd of dat benedenverdiepingen waterproof worden gemaakt. Ook kan er bij laag twee rekening worden gehouden wat eerst overstroomt en wat later. Kritieke infrastructuur kan daarbij extra beschermd worden. Mocht de overstroming te extreem zijn voor laag twee dan is er nog een derde beschermingslaag, namelijk crisisbeheersing. Deze veiligheidslaag focust zich op

crisismanagement, een spoedig verloop van gebiedsevacuatie. Dit hoort bij voorbereiding op de meest heftige situatie, terwijl er geprobeerd wordt om het nooit zo ver te laten komen (Nationaal Waterplan, 2009). Een schematische weergave van deze drie lagen van veiligheid is te zien in figuur 10. De huidige situatie van Ameland is voornamelijk beveiligd door veiligheidslaag 1. Er wordt gezorgd dat het eiland veilig is van overstromingen door middel van het strand, het duingebied en de waterkering. Bij eventuele stormen die een overstroming kunnen veroorzaken is evacuatie lastig aangezien het een waddeneiland is en de bewoners dus weinig kanten op kunnen. Ook is het lastig om veiligheidslaag 2 te integreren op gebied van ruimtelijke indeling omdat de hoogst gelegen gebieden van Ameland de duinen en de waterkering al zijn. De duinen liggen vaak buitendijks of zijn niet goed te bebouwen en als er water over de waterkering gaat zijn dus ook de hoogst gelegen gebieden niet veilig van het water. Wel zou er meer gedaan kunnen worden met overstromingsrisico's door meer waterproof gebouwen te bouwen met een waterdichte eerste verdieping of bouwen op palen.



Figuur 10: Schematische weergave meerlaagse veiligheid (Bron: Nationaal Waterplan, 2009)

Binnendijks of Buitendijks?

Het Meerlaagse veiligheidsplan is gebaseerd op een duidelijke scheiding van binnendijkse gebieden en buitendijkse gebieden. Als een overstroming hevig genoeg is, moeten gebieden ontruimd worden als deel van de crisisbeheersing. Tijdens de afgelopen jaren is de zeereep, de voorste duinrij, op Ameland echter op de meeste plekken genoeg geweest om grote overstromingen buiten te houden wat heeft geresulteerd in gebouwen, zowel commercieel als woningen, buiten de primaire keringen.

Deze gebouwen liggen dus wettelijk buitendijks, wat betekent dat Rijkswaterstaat niet verantwoordelijk is voor de bescherming tegen overstromingen van deze buitendijkse gebieden. Dit wil niet zeggen dat deze gebieden niet veilig zijn en dat Rijkswaterstaat deze gebieden verwaarloost, de afgelopen jaren zijn ze namelijk niet overstroomd. Het is echter wel een risico wat de eigenaren van deze gebouwen moeten accepteren als ze zich dus buitendijks positioneren. Er is dan niemand anders dan de eigenaar van het gebouw aansprakelijk te stellen voor eventuele waterschade. Dit gebied kan bebouwd worden omdat het niet binnen het aangewezen tracé van de waterkering ligt zoals vastgesteld in de legger. Op andere Waddeneilanden zoals Terschelling is er een brede legger die het gebied van het duin tot aan de waterkering omvat. Dit zorgt ervoor dat er in dit gebied niet mag worden gebouwd zonder vergunning en in de toekomst door RWS kan worden gebruikt, mocht dit nodig zijn. Dit kan toekomstig ruimtelijk conflict voorkomen en wordt nu ook verkend als optie voor Ameland. Er wordt dan namelijk niet meer bijgebouwd in deze gebieden. De bestaande bebouwing zal nog wel voor problemen kunnen zorgen bij het ontwerp voor een brede legger. De bestaande bebouwing zal dan waar mogelijk moeten worden verplaatst en anders worden uitgekocht.

Waterwet & Omgevingswet

De Wet op de waterkering (Wow, 1996) is ingesteld om normen voor kustbescherming vast te stellen in een wet. Deze wet heeft een paar punten die voor Rijkswaterstaat van belang zijn. Allereerst moet

de waterbeheerder een legger vaststellen, hierin worden de locatie en kenmerken van waterkeringen vastgelegd. De legger is een soort blauwdruk voor de waterkeringen, met daarin de reden van de gekozen locatie, wie de waterkeringen gaat onderhouden en de lengte, hoogte en vorm. Deze moet de redenen van genomen beslissingen bevatten om uit te kunnen leggen waarom er op welke locaties ingrepen op het gebied van waterveiligheid verricht zullen worden. Verder moet de kans op overstromingen van dijkringen berekend en vermeld zijn. Ook moet elke 5 jaar weer getoetst worden of de waterkering voldoet aan de normen die zijn gesteld. Als laatste heeft de Rijksoverheid (RO) de verantwoordelijkheid om structurele kusterosie tegen te gaan door middel van bijvoorbeeld zandsuppleties.

Deze wettelijk vastgestelde punten maken duidelijk welke verantwoordelijkheid en aansprakelijkheid Rijkswaterstaat heeft in kustgebieden. De waterkeringen vroegtijdig voorbereiden op klimaatverandering helpt dan ook bij het voldoen aan de gestelde eisen uit deze wet.

Begin 2024 zal een veelomvattende wet, namelijk de omgevingswet, worden ingevoerd. Deze wet pleit voor participatie van alle betrokken partijen van een project vanaf een zo vroeg mogelijk stadium. Het liefst al bij het ontwerp van het plan. Dit komt overeen met de literatuur die in het komende hoofdstuk behandeld zal worden. Ook is er aandacht voor ruimtelijke kwaliteit door middel van logisch en soms multifunctioneel landgebruik te stimuleren.

5. Mogelijke Adaptatiestrategieën

Allereerst zal het behouden van de huidige strategie worden verkend. Hierbij wordt gebruik gemaakt van hoogtedata en ontwikkelingen van zandvolumes in de duinen van Ameland. Is het behouden van de huidige strategie nog een mogelijkheid met de dreigende zeespiegelstijging en hoe ziet het voortzetten van de huidige strategie er dan uit in de komende jaren?

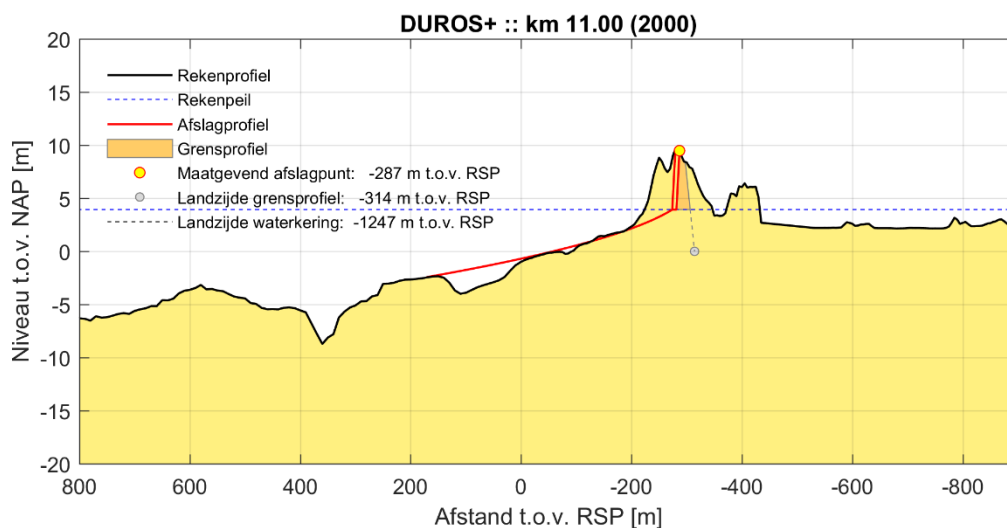
5.1 Behouden van huidige strategie

Duinvolumes

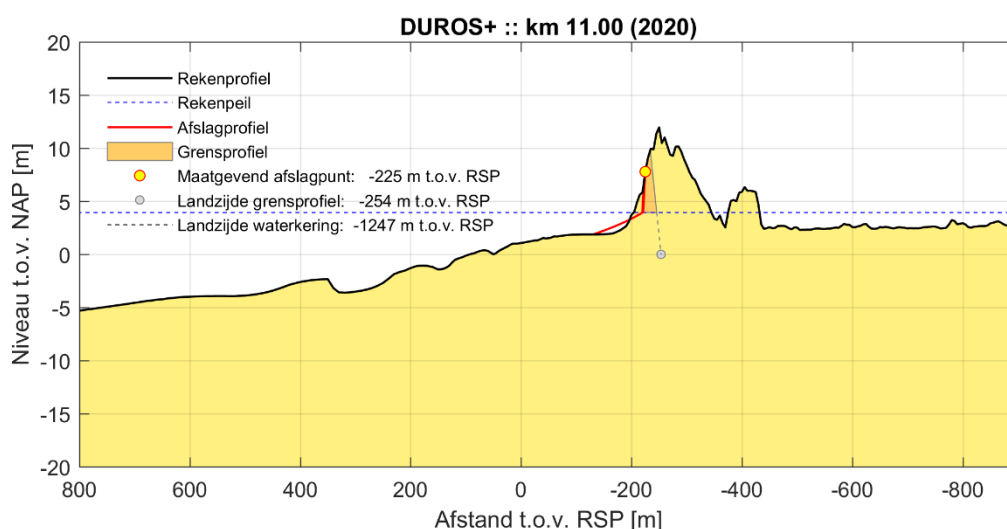
In hoofdstuk 2 wordt beschreven hoe de kust van Ameland wordt beschermd en de basiskustlijn (BKL) wordt onderhouden door middel van zandsuppleties. De suppleties voor de kust voor de kust van Ameland dienen er voornamelijk voor om de kusterosie tegen te gaan maar er worden ook suppleties op het strand uitgevoerd om de duinen aan te sterken. Rijkswaterstaat heeft de data van de zandvolumes in de duinen bijgehouden. Op de raaien rondom het eiland zijn hoogtemetingen uitgevoerd. In figuur 11 is de grafiek te zien met de zandvolumes uit het jaar 2000 op Raai 11.

Figuur 12 laat het zandvolume op dezelfde plek, maar dan 20 jaar later zien. Wat opvalt, is dat de eerste duinrij een stuk meer volume heeft gekregen ten opzichte van het zandvolume in 2000. Dat is in de figuur te zien aan dat de hoeveelheid zand wat in de top van de duin aanzienlijk is toegenomen. Door de hoeveelheid zand die na de suppleties door de natuurlijk dynamieken zoals wind of stroming langzaam gedistribueerd wordt over het kustgebied, wordt er zowel op de ondiepe bodem als in de duinen nieuw zand vervoerd. Door de stroming komt het zand van de suppleties deels op het strand terecht waar de wind het de duinen in blaast. Het zand wat in de duinen terecht komt wordt vaak vastgehouden door het helmgras wat daar groeit. De suppleties hebben er dus voor gezorgd dat het duin sterker is geworden over de jaren heen.

Het rood/oranje gemarkeerde deel in de grafieken, het grensprofiel, is het volume zand wat een duin minimaal moet overhouden na de berekende duinafslag. Duinafslag is de hoeveelheid zand die een duin verliest doordat golven ertegenaan slaan. Het gele gebied (zandvolume) wat in de grafieken links van dit grensprofiel ligt, slaat van het duin af in de gesimuleerde situatie waarmee gerekend wordt. In de grafieken is duidelijk te zien dat er tegenwoordig (2020) meer zand overblijft in de voorste duinen dan in 2000 als het zand voor het grensprofiel volledig wegslaat. In Figuren 11 en 12 is ook goed te zien wat dit extra zandvolume doet met het grensprofiel. Het grensprofiel komt namelijk veel verder voor in het duin te liggen. Dit komt met name doordat er in 2020 meer zand op het strand voor de duinen ligt dan in 2000, wat zorgt dat de golven al met minder energie het duin bereiken dan als de bodemhelling steil is. Ook blijft er in 2020 nog een flink stuk duin over na het afslaan van het voorste zand in het geval van een storm. Dit betekent dat de kans dat het zeewater hier voorbij het voorste duin komt aanzienlijk minder is geworden dan in het jaar 2000. Het kustgebied achter de duinen op deze plek is dus veiliger geworden over de afgelopen 20 jaar. Of dit in direct causaal verband staat met de suppleties kan niet met 100% zekerheid gezegd worden. Feit is wel dat er dus gedurende de jaren dat Rijkswaterstaat suppleties uitgevoerd heeft op en rondom Ameland, dat het duingebied als geheel een stuk sterker is geworden.



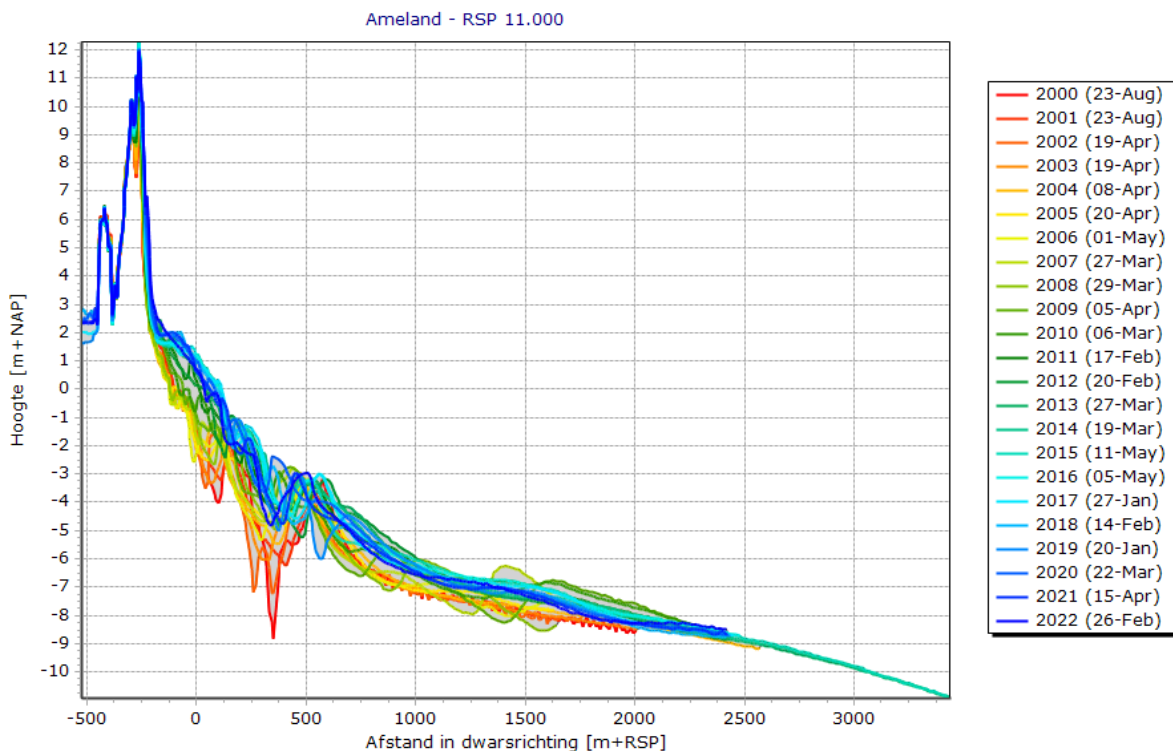
Figuur 11: Zandvolumes Duinen Ameland in 2000. (Bron: Rijkswaterstaat 2000)



Figuur 12: Zandvolumes in Duinen Ameland in 2020. (Bron: Rijkswaterstaat, 2020)

In figuur 13 (pagina 34) zijn de hoogtemetingen van de zeebodem, de kust en de duinen op raai 11 te zien. Dit is dezelfde raai als de grafieken weergegeven in figuur 11 en 12, het verschil is dat in figuur 13 alle metingen van de jaren 2000 tot en met 2022 staan vermeld. Hierdoor komt er duidelijker naar voren wat er veranderd is de afgelopen twee decennia en welke trend deze verandering heeft. De meest opvallende punten aan de grafiek in figuur 13 zijn de hoogte van de zeebodem en de duintoppen. De zeebodem is vanaf het jaar 2000 gestegen in hoogte. De rode lijn geeft de vroegste meting uit deze grafiek weer, de blauwe lijn juist de meest recente. Over het algemeen ligt de rode lijn lager gelegen dan de blauwe lijn. In ieder geval voor de kust en op de duintop is dit het geval.

Dat de zeebodem vlak voor de kust meer volume zand heeft gekregen is gunstig voor het duingebied van Ameland. Doordat er namelijk meer zand voor de kust op de bodem ligt zullen de golven met minder kracht de kust en het duingebied bereiken. Dit betekent dat er minder duinafslag plaatsvindt bij hoog water dan wanneer de bodem voor de kust steiler gevormd was. Rond het jaar 2000 zou er dus een groter stuk duin zijn afgeslagen dan nu bij dezelfde waterstanden.



Figuur 13: Hoogtemeting duinen, kust en zeebodem op raai 11, jaar 2000 tot en met 2022 (Bron: Rijkswaterstaat, 2022)

Op basis van de data van één raaimeting aan de Noordkant van het eiland is het lastig om een gegeneraliseerde aanname te doen over de rest van Ameland. Onderzoek van Logtenberg (2023) wijst echter op een ontwikkeling van duinvolume over bijna de gehele Noordkust. In de tabel hiernaast staan de raainummers die in haar onderzoek geanalyseerd zijn. Hieruit blijkt dat van de 19 raaien die onderzocht zijn, er 18 een positieve volumeontwikkeling hebben doorgemaakt. Op de plek waar een negatieve volumeontwikkeling heeft plaatsgevonden zal dus waarschijnlijk gesuppleerd moeten worden mits de negatieve ontwikkeling betekent dat er op die plek niet meer aan de veiligheidsnorm wordt voldaan.

Veilig voor nu

De eerste adaptatiestrategie, behouden van huidige situatie, lijkt met oog op de SSP-scenario's uit figuur 2 en de bovengenoemde redenen een prima optie te zijn voor in ieder geval de komende 50 jaar. Een voorwaarde is dus wel dat de suppleties uitgevoerd moeten blijven worden wanneer dat nodig blijkt uit metingen van de duinvolumes. De huidige trend laat voornamelijk zien dat het duin hoger en steviger is geworden over de jaren dat de suppleties zijn gedaan (van 1980 tot heden). Ook ligt er over het algemeen meer zand voor de kust van het eiland waardoor er minder zand van het duin afslaat bij hoog water. Hierdoor wordt de veiligheidsnorm, gebaseerd op overstromingskans 1 op 1000, ruim gehaald en zal er voorlopig zelfs genoeg zand in het duingebied liggen om een meter zeespiegelstijging aan te kunnen.

Mocht de zeespiegel verder stijgen dan verwacht, zover dat de voorste duinen te veel volume verliezen bij een storm dan moet er om dit op te vangen wel gezorgd worden dat het duingebied niet alleen aan de kant van de zee sterker wordt gedurende de komende jaren maar ook daarachter. Dit kan door doorstuiving naar achterliggende

Tabel 1: Oppervlakteontwikkeling van 19 raaien (Bron: Logtenberg, 2023)

Raai	Oppervlakte ontwikkeling (m ²)	Aantal jaar data
48.600	141,56	32
49.160	231,47	43
49,66	444,77	43
1.400	775,83	32
2.600	447,317	46
3.040	-272,36	43
3.800	331,8	46
4.600	359,68	56
6.000	241,2	46
7.000	498,27	46
8.000	222,92	43

11.000	437,33	45
12.000	350,87	46
13.200	643,83	45
14.000	388,7	45
15.400	213,85	45
16.200	169,55	50
18.000	99,52	43

duinen te stimuleren. Doorstuiving betekent dat het zand wat met de wind in de eerste duinreep terecht komt door te laten stuiven naar verder gelegen duinen. Dit kan gedaan worden door kunstmatig de toppen van het voorste duin open te leggen zodat het zand daar niet wordt vastgehouden door de aanwezige begroeiing van bijvoorbeeld helmgras. Dit wordt op sommige plekken in het kustgebied van Ameland ook al gedaan zoals in figuur 14 te zien is. Doordat er meer zandvolume komt in de duinen achter de eerste duinreep zal het grensprofiel langer in het duingebied als geheel kunnen blijven liggen voor deze moet verplaatsen naar de waterkering. Doorstuiven stimuleren is dus al deel van de huidige strategie.



Figuur 14: Doorstuihgaten in de zeereep (Bron: eigen ontwerp)

Toekomst

Een gevaar van deze strategie is dat de trend die nu positief lijkt snel kan omslaan naarmate de zeespiegel stijgt. Dit komt doordat de voet van het duin een grotere doorsnee heeft dan de top van het duin. Naarmate de zeespiegel stijgt en het water hoger komt dan de voet van het duin, neemt het volume zand in de duinen wat nog boven water ligt dus exponentieel af. Als aan de veiligheidsnorm op basis van overstromingskans wil worden voldaan door RWS, zal er ook een exponentiele groei moeten komen in de hoeveelheid zand die zal moeten worden gesuppleerd (Rijkswaterstaat, 2006). Dit zal tot een bepaald punt mogelijk zijn, maar daarna wordt het suppleren te duur. Dit komt omdat de prijs van suppleties wordt berekend per kubieke meter zand. Dit kan weer leiden tot een aanpassing van beleid.

Voordat dit punt bereikt wordt zal er al een duidelijke negatieve trend worden ingezet in de zandvolumes van de duinen. Dit kan een goed moment zijn om te bepalen of de strategie houdbaar lijkt voor de toekomstige jaren of om toch naar een andere strategie te kijken.

5.2 Meebewegen met de zee

In dit deelhoofdstuk zal de adaptatiestrategie 'Meebewegen' worden verkend die toepasselijk is bij een toekomstscenario waarin de zeespiegel sterker stijgt dan verwacht. Er zal dan anders moeten worden gehandeld dan in de huidige situatie wordt gedaan. Deze strategie analyseert de mogelijkheden die er zijn om mee te bewegen met de zee, landwaarts dus.

Uitbreiding duinen

De tweede adaptatiestrategie die dit rapport zal verkennen is 'meebewegen met de zee'. Dit is een strategie die zich aanpast aan een scenario waarbij de zeespiegel dusdanig stijgt dat het duingebied en het achterliggende buitendijkse land op sommige plekken onder te veel druk komen te staan. In een scenario als deze, moet er anders omgegaan worden met de bescherming van het eiland dan in de huidige situatie. In de huidige situatie wordt het zeewater voornamelijk buitengehouden vanaf de zeereep. Op sommige plekken is het voorste duin wel weggeslagen, zoals in figuur 15.



Figuur 15: Kleine overblijfselen van weggeslagen duin op Ameland. (Bron: eigen foto)

Op plekken zoals weergegeven in figuur 15 ligt er echter nog genoeg volume achter de zeereep om het grensprofiel heen te verplaatsen. De veiligheidsnorm wordt dus nog steeds gehaald. Bij de strategie meebewegen is de druk op de waterkerende functies dusdanig hoog dat deze landwaarts uitgebreid moeten worden. Dan moet gedacht worden aan dat het duin niet alleen meer in de hoogte kan groeien op de plekken waar het nu ligt, maar dat er meer zandvolume wordt gecreëerd door het duin ook breder te laten groeien.

Ruimte voor water?

Op verschillende plekken in Nederland wordt er gewerkt met een principe dat ruimte geeft aan water om druk af te nemen van de waterkerende functies. Een voorbeeld hiervan is het 'Ruimte voor de rivier' programma. Voor kustbescherming werkt dit principe anders. Als er hoog water is op zee, kan dit niet worden opgelost door in het kustgebied van Ameland bepaalde plekken te laten overstromen om zo de druk op het duingebied te verminderen. De Noordzee is een dusdanig groot waterlichaam dat een klein stukje eiland onder water zetten niks verandert aan het waterpeil op dat moment (Hofstede, 2019). Dit verschilt dus van waterveiligheid rondom rivieren waarbij door het

water meer ruimte te geven de druk op waterkerende functies en dus kans op overstromingen vermindert.

Wel kan er gekozen worden om te accepteren dat bepaalde gebieden van het eiland niet gedurende het hele jaar beschermd kunnen worden van hoogwaterstanden en dus wel eens overstromen. De ruimtelijke indeling van deze gebieden zal daar dan ook naar moeten worden ingericht. Het accepteren dat sommige gebieden kunnen overstromen en er daarom niet meer actief acteren door middel van suppleties heeft als gevolg dat het duingebied op die plekken minder beïnvloedbaar zal zijn omdat er met die overstromingen grote hoeveelheden zand van de duinen afslaan. Hierdoor zal het niet meer mogelijk zijn om het grensprofiel (beschreven in hoofdstuk 6.1) in de duinen te passen en zal deze moeten verplaatsen naar achterliggende duinen of de waterkering zelf. Als het zeewater met dit beleid tot achter de duinen komt kan het zijn dat het zeewater de waterkering een aantal keer zal bereiken. Dit is slecht voor de kwaliteit van de waterkering en een mogelijk gevolg hiervan kan zijn dat door de afgezwakte waterkering de situatie niet langer voldoet aan de veiligheidsnorm. Om die veiligheidsnorm wel te blijven halen zou er dan ook aan de Noordkant van het eiland een dijk gebouwd moeten worden. Dit is een vorm van een 'hard structure' ten behoeve van kustbescherming (Rangel-Buitrago, 2018; Schoones et al., 2019) waar de bewoners van het eiland naar verwachting fel op tegen zullen zijn omdat het de bereikbaarheid van het strand en bos beperkter maakt en negatieve gevolgen heeft voor het uitzicht van de bewoners. Ook kan een dijk meer ruimte vereisen dan de huidige waterkering. Dit betekent dus ook ruimte aan de landwaartse kant van de kering, waar vaak grond ligt wat wordt gebruikt voor de landbouw. Dit zal ook weer ruimtelijk conflict opleveren met de grondbezitters daar.

Deze variant van de adaptatiestrategie meebewegen zal niet getoetst worden in de integrale toetsing Omdat dit een vorm van landwaarts meebewegen is die grote stukken oppervlakte van het huidige Ameland af zou moeten staan aan de zee en ruimtelijk conflict zal opleveren op het overgebleven land. Het is een adaptatiestrategie die ruimtelijk meer problemen zou veroorzaken dan het op zou lossen en lijkt daardoor geen reële optie. Hierom zal deze deelstrategie niet verder worden overwogen voor nu en gefocust worden op waterkerende functies landwaarts uitbreiden zonder het water binnen te laten.

Ruimte voor het duingebied

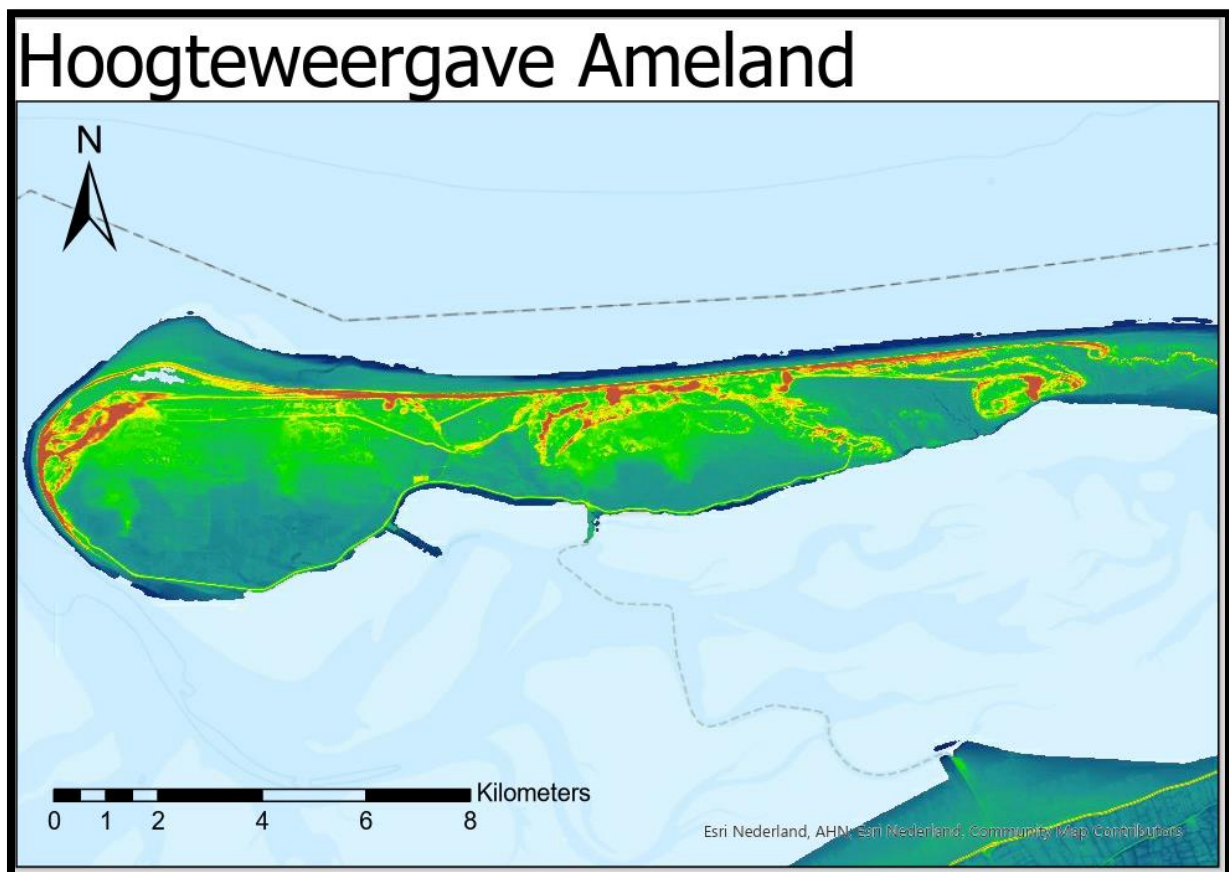
Het is mogelijk dat, doordat de waterkerende functies breder moeten worden in oppervlakte (in landwaartse richting), de functie van de stukken land waar dit zal gebeuren moet veranderen. Op veel plekken aan de Noordzijde van Ameland ligt er overgangsgebied tussen het achterste duin en de waterkering en is er dus ruimte om het duin landwaarts uit te breiden. De waterkering ligt niet overal ver achter het duin. Op sommige plekken ligt de waterkering meteen gepositioneerd aan de voet van het duin of gaat het duin zelfs over in de waterkering. Op dit soort plekken is het lastig om het duin breder te maken en zou dit in theorie alleen landwaarts kunnen als het tracé van de waterkering ook meer landwaarts komt te liggen. Dit is juridisch lastig vanwege de legger waarin de locatie van de waterkering met uitgedachte redenen is vastgesteld. Ook ligt er vlak achter de waterkering vaak meteen landbouwgrond of bebouwing. Deze zouden dan ook verplaatst moeten worden waar de eigenaren naar waarschijnlijkheid niet op zitten te wachten.

Op een aantal buitendijkse plekken op Ameland is er bebouwing aanwezig in de vorm van horeca, vakantiehuisjes, hotel/appartement complexen en woningen. Als de adaptatiestrategie meebewegen gehanteerd zou worden, zou dit kunnen betekenen dat de bestemming van deze plekken een waterkerende functie zal zijn. Hiervoor zullen er een gebouwen moeten verdwijnen van die plekken of verplaatsen naar andere plekken. Deze buitendijks bebouwd land zullen in de analyse van de

adaptatiestrategie 'meebewegen' worden benoemd als conflictgebied. Door middel van een GIS-analyse wordt bepaald en duidelijk weergegeven waar dit conflictgebied zich voordoet.

Conflictgebied

De hoogte weergegeven in figuur 16 laat zien dat het duingebied op de meeste plekken genoeg volume bevat om te voldoen aan de veiligheidsnorm. De rood gemarkeerde delen aangegeven op de kaart zijn hoger dan 4 meter t.o.v. NAP. Uit deze kaart wordt echter ook duidelijk dat de zeereep op sommige plekken de enige beschermingslinie is. Verder is te zien dat er niet op alle plekken een breed en hoog duingebied aanwezig is. Ook wordt duidelijk dat de stukken van het eiland die beschermd worden vanwege de landbouw en bewoners van het eiland zeer laag gelegen zijn. Deze plekken behoren tot de laagstgelegen gebieden van het eiland.

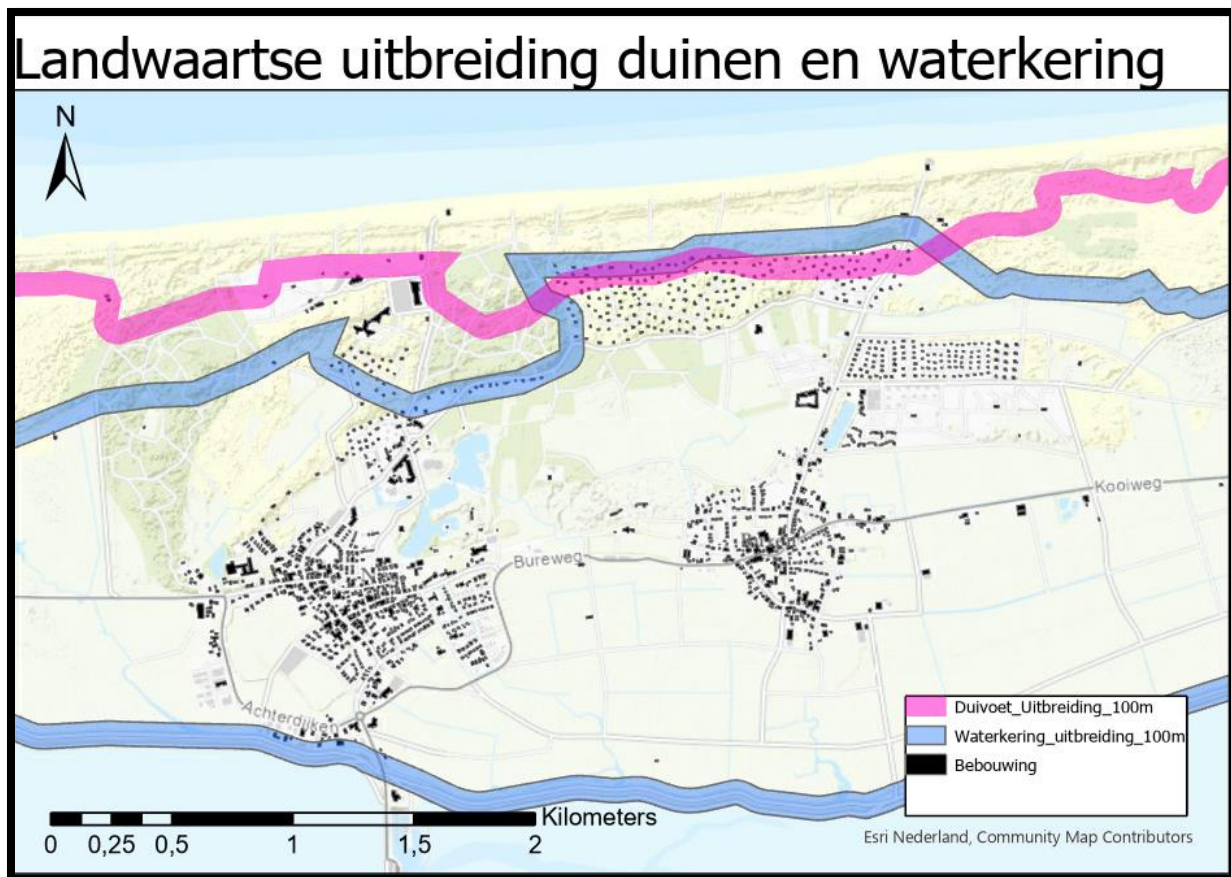


Figuur 16: Hoogtekaart Ameland (Bron: Ontwerp van auteur, data AHN, 2023)

In figuur 17 is ook de data van de huidige bebouwing op Ameland weergegeven. In deze kaart zijn er bufferzones gemaakt vanaf de duinvoet en vanaf de waterkering. Dit is gedaan door op de hoogtemap de viermeterlijn te nemen als duinvoet en vanaf daar een honderdmeterzone landwaarts te trekken. Deze honderdmeterzone geeft weer welke ruimte in de toekomst eventueel nodig is om de kustbescherming van Ameland aan de veiligheidsnorm te laten blijven voldoen.

Extra ruimte voor de waterkerende functies gaat ten koste van het huidige landgebruik. Zowel vlak achter het duin als in het duingebied zelf liggen een aantal bebouwingen. Op de kaart die te zien is in figuur 17 staat de bebouwing die aanwezig is op Ameland weergegeven in het zwart. Deze data neemt bebouwing met een adres eraan verbonden, wat betekent dat alle campingplekken niet te zien zijn maar de openbare gebouwen van de camping wel. De achterkant van het duin is in dit onderzoek en dus ook op de kaarten het eerste punt waar het duin nog 4 meter hoogte heeft ten

opzichte van het NAP. De bufferzones zijn gemeten vanaf de exacte locatie van de waterkering en vanaf de duinvoetlijn. Deze duinvoetlijn is handmatig getrokken over de hoogtekaart en is niet overal precies op vier meter geplaatst. Dit is gedaan om een lijn te krijgen en niet meerdere losse eilanden met vier-meterlijnen. Deze lijn wordt verder benoemd als de duinvoetlijn.



Figuur 17: Landwaartse uitbreiding van duinen en waterkering (Bron: Ontwerp van auteur)

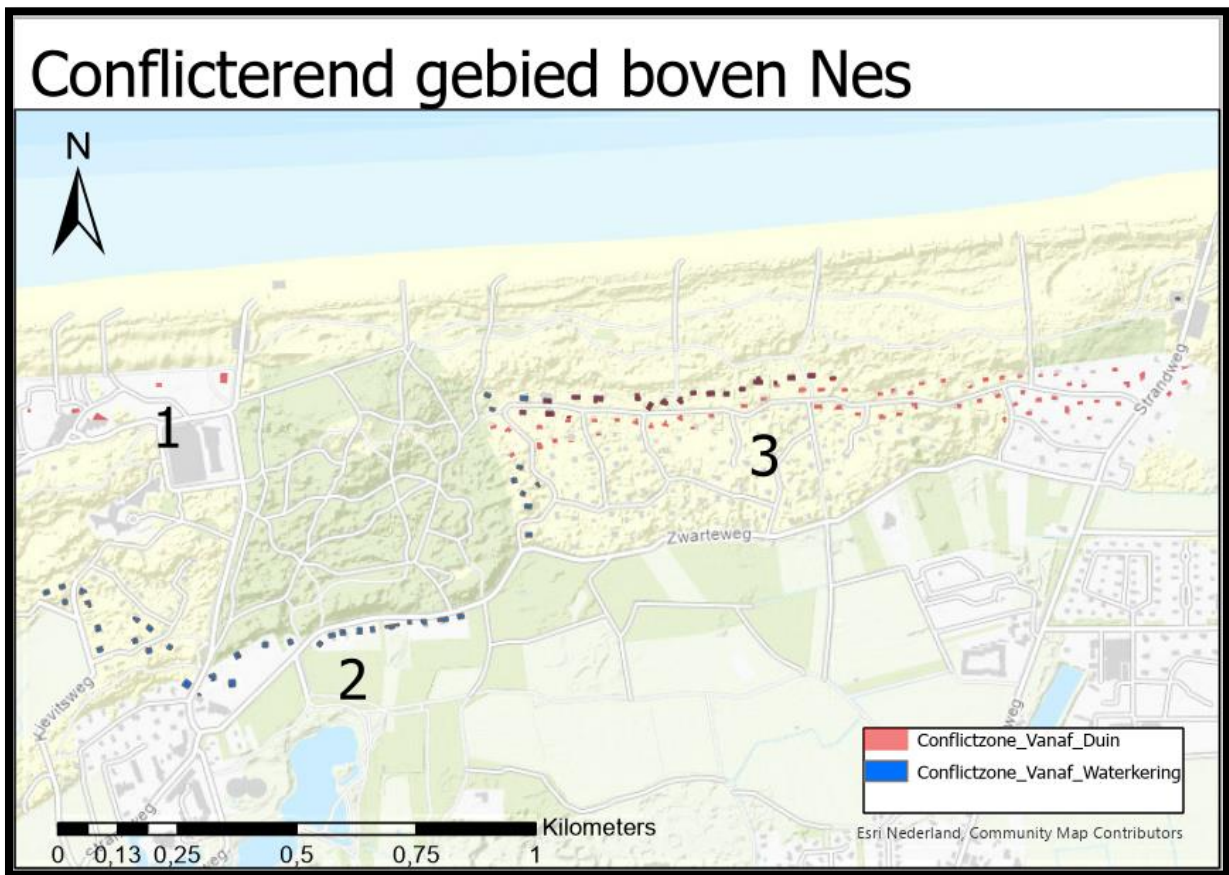
Wanneer de bebouwing wordt geselecteerd die binnen de bufferzones liggen, blijven de potentiële conflictgebieden zichtbaar. Dit is te zien in figuur 18 (volgende pagina). De conflictgebieden zijn onderverdeeld in drie gebieden met de nummers 1,2 en 3 op de kaart. Dit is gedaan vanwege de verschillen in gebruik van deze gebieden. Bij nummer 1 ligt een camping met bijbehorende openbare gebouwen. Bij nummer 2 liggen naast vakantiehuisjes ook al normale woningen binnen de bufferzone. Nummer 3 is een park met vakantiehuisjes die zich deels bevindt in de duinen zelf. Bij nummer 3 liggen de duinhuisjes ook in de bufferzone van zowel de waterkering als de duinvoetlijn.

Ruimtelijke veranderingen

Op veel plekken is er dus in theorie wel ruimte voor de landwaartse uitbreiding van het duin, maar in de praktijk zijn er problemen voor de ruimtelijke inpassing hiervan. Mocht het zover komen dat de duinen verbreed moeten worden dan moeten er dus op minimaal 3 plekken ingrepen worden verricht. De camping, de woningen en de vakantiehuisjes moeten van plek veranderen. Dit betekent dat het bestemmingsplan moet worden aangepast, wat juridisch lastig zal zijn. Ook zullen de grondbezitters of de eigenaars van deze gebouwen vragen hebben over waarom sommige gebieden nodig worden geacht voor het behoud van waterveiligheid en de andere gebieden niet.

Kortom, dit zou met de huidige omstandigheden al een uitdaging zijn. Daarom is het verstandig om de ontwikkelingen van nieuwe bebouwing in het duingebied en dicht aan de waterkering te beperken

voor de komende jaren. Mocht het nodig zijn om de adaptatiestrategie meebewegen te implementeren, dan zorgt een volgebouwd duingebied voor een nog grotere uitdaging dan dat er nu al ligt.



Figuur 18: Potentiële conflictgebieden binnen de aangewezen bufferzones (Bron: Ontwerp van auteur)

5.3 Zeewaarts bewegen

In dit hoofdstuk wordt de derde strategie, zeewaarts bewegen, verkend. Bij deze strategie wordt er gekeken wat de mogelijkheden zijn om Ameland zeewaarts uit te breiden en wat voor eventuele ruimtelijke gevolgen dit zou hebben ten opzichte van de huidige indeling van het eiland.

Zandbanken of eilanden als kustbescherming

Volgens Deltares (Haasnoot et al., 2019) zijn er meerdere manieren om zeewaarts uit te breiden, bijvoorbeeld door eilanden voor de kust aan te leggen of door de kust te verbreden. Deze paragraaf onderzoekt de mogelijkheid om stukken te ontwerpen voor de kust.

Technisch zou het creëren van eilanden voor de Amelandse kust haalbaar zijn. Hiermee kan bereikt worden dat de golven die eerst op de huidige kust van Ameland zouden klappen nu zullen stuiten op de kunstmatig gemaakte eilanden. Hierdoor is de BKL beter beschermd tegen stroming en golven. Ook kan het de ruimtelijke puzzel oplossen omdat nu niet alles op het bestaande eiland zou hoeven worden ingepast door de creatie van extra ruimte. De keerzijde van deze vorm van zeewaarts uitbreiden is ten eerste dat het enorme hoeveelheden zand zal vergen en daardoor lopen de kosten hoog op. Ten tweede is deze vorm van een zeewaarts uitbreiden, mochten de nieuwe eilanden ruimtelijke functies toebedeeld krijgen, een verplaatsing van het huidige probleem. Mochten er menselijke activiteiten worden verricht op de nieuwe eilanden, dan moet ook hier worden voldaan aan de veiligheidsnorm en moet kusterosie worden tegengegaan. Dit zal geen reële optie zijn vanwege de hoge kosten in aanleg en onderhoud.

Eilanden voor de kust in de vorm van zandbanken met als enige functie de bescherming van de huidige kustlijn zou een realistischere vorm van landwaarts uitbreiden zijn. Dit is een vorm van een 'soft structure' waar volgens Schoones et al. (2019) meer mee moet worden gewerkt. Hierdoor zou de huidige kust zich langzaam kunnen door ontwikkelen op gebied van duingroei. De aanleg van deze zandbanken zal ook hoge kosten met zich meebrengen maar zorgt er wel voor dat er aan de huidige kustlijn minder onderhoud hoeft plaats te vinden doordat er minder zand van de duinen en het zand zal afslaan. De zandbanken zullen wel moeten worden onderhouden met supplementies. Wordt dit niet gedaan, dan zal veel van dat zand door water- en winderosie weer op andere plekken terecht komen. Grotendeels bij de huidige kustlijn van Ameland, waardoor het strand op deze plek naar verwachting zal aansterken, maar de aangelegde zandbanken zullen verdwijnen. Op de lange termijn zal de erosie van stroming, wind en golven dus weer aan de kust plaatsvinden. Als de zeespiegel in de tussentijd dan ook gestegen is, zit RWS weer met hetzelfde probleem, echter is de situatie dan nog dringender.

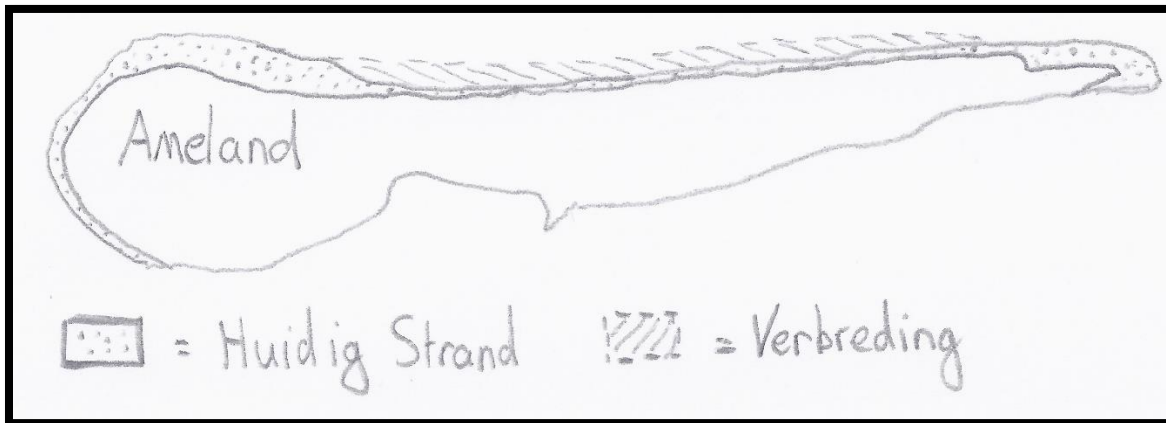
Strand verbreden

Het doel van alle drie de beschreven adaptatiestrategieën is dat de duinen voldoende volume hebben om het grensprofiel in te passen. Bij voorkeur is er ook de mogelijkheid om het grensprofiel naar de achterliggende duinen te verplaatsen mits daar dus ook genoeg zandvolume ligt. De strategie zeewaarts uitbreiden probeert dit te bereiken door het kustgebied dusdanig in te richten dat het duin de ruimte en rust krijgt om zich natuurlijk te ontwikkelen.



Figuur 19: Zeewaartse bescherming voor de kust (Bron: De ingenieur, 2008)

Een manier om de duinen die ruimte te geven om te groeien is het strand zeewaarts verbreden. Op deze manier wordt ervoor gezorgd dat er over een groter oppervlak zand zou kunnen opstuiven dan op een smal strand wat de duingroei bevordert. Ook zorgt een breed strand ervoor dat de golven pas bij de duinen komen als er sprake is van hoog water. Het extra zandvolume op het strand zal er over het algemeen juist voor zorgen dat de energie uit een golf eerder afneemt en er dus minder zand van de duinen af zal slaan. Hoe dit eruit zou kunnen zien is weergegeven in een schets in figuur 20.

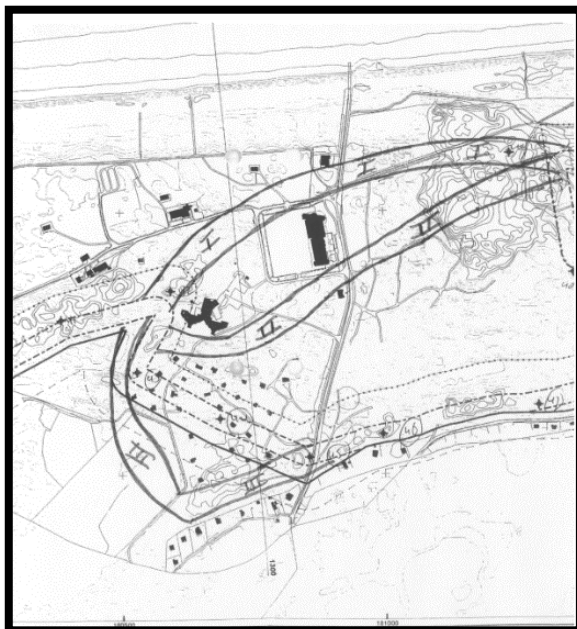


Figuur 20: Schets van auteur voor stranduitbreiding (Bron: ontwerp van auteur)

Ook bij deze vorm van zeewaarts uitbreiden zal er een grote hoeveelheid zand moeten worden gesuppleerd wat op korte termijn veel geld kost doordat het een directe ingreep is. De precieze hoeveelheid zand en kosten hangt af van hoe breed de uitbreiding van het strand wordt. Als RWS deze adaptatiestrategie zou kiezen kan hier diepgaander onderzoek naar gedaan worden. Het is daarna echter weer alleen een kwestie van juist onderhoud plegen. De BKL zou dan ook zeewaarts verplaatst kunnen worden om dit onderhoud structureel bij te houden en de ontwikkelingen van de kustlijn te monitoren.

Locatie waterkering

Deze adaptatiestrategie zou de ruimte kunnen bieden om het huidige tracé van de waterkering te herzien. Mochten de duinen zich ontwikkelen zoals gewild bij de zeewaartse uitbreiding, dan kan de waterkering eventueel ook zeewaarts verlegd worden op sommige plekken. Met als gevolg dat plekken die nu buitendijks liggen in dat geval binnendijks komen te liggen. Hierdoor zal er minder onenigheid zijn over het beleid wat er in de duinen wordt gevoerd omdat alles binnendijks aan de gestelde veiligheidsnorm moet voldoen. Binnen de waterkering wonen of eigendom hebben garandeert dus grotendeels de veiligheid zoals die berekend is voor de veiligheidsnorm. Als daar niet aan voldaan wordt dan kan eventuele schade ook verhaald worden op de verantwoordelijke partij.



Herhaling Figuur 6

In figuur 6, hiernaast in het klein herhaald, is een voorbeeld te zien van alternatieve tracés voor de waterkering van Ameland. Deze opties waren voorgesteld bij de bepaling van de locatie van de

legger. Wanneer het strand verbreed is bij de raaien 13 tot en met 15, waar het gebied uit figuur 6 van ten Zuiden ligt, kan er na verloop van tijd misschien gekozen worden voor tracé nummer 1. Dit is dan eventueel mogelijk omdat de zeereep de ruimte heeft gekregen om zich te versterken. Daardoor is de veiligheidsnorm nu ook geldig voor dit gebied boven Nes en kan de waterkering dichterbij het strand komt te liggen.

De verbreding van het strand die is weergegeven in de schets (figuur 20) zou er met eventuele alternatieve tracés voor de waterkering dan als volgt uit kunnen komen te zien:



Figuur 21: Alternatieve tracés na stranduitbreiding (Bron: Ontwerp van auteur)

Deze optie komt wederom met voor en nadelen. Nadelen zijn dat het tracé van de waterkering aanpassen een grootschalige ingreep is. Er moet een aanpassing worden voorgesteld aan de legger die moet worden goedgekeurd. De fysieke verplaatsing van de waterkering is ook een grootschalige ingreep, helemaal in de vorm van het tweede alternatieve tracédeel. Dit is stuk is ongeveer 5 kilometer lang.

Voordelen van een verplaatsing van de waterkering richting zee is dat er een groot oppervlakte van het eiland waar nu weinig menselijke activiteit plaatsvindt (Figuur 5) dan binnendijks komt te liggen. Dit betekent dat er actief onderhoud wordt verricht voor het behouden van de veiligheidsnorm van dit gebied. Hierdoor ontstaat er eventuele nieuwe ruimte voor woningen, vakantiehuizen of grond voor boeren. Het zou dus een positief effect hebben op de mate van MLU (Chen et al., 2022).

5.4 Toetsingsaspecten

In dit deelhoofdstuk worden de drie eerdergenoemde adaptatiestrategieën beoordeeld op toetsingsaspecten. Deze aspecten zullen eerst worden uitgelegd. Later zullen de strategieën een score ontvangen voor elk aspect met een bijbehorende redenatie. Als laatst zal er in een overzicht gepresenteerd worden hoe deze scores zich verhouden tot elkaar.

Beschrijving van aspecten

Voor elk van de adaptatiestrategieën zal een analyse worden gedaan van welke voor- of nadelen de bijbehorende ruimtelijke indeling heeft voor het eiland. Deze voor- en nadelen worden gemeten aan de hand van 6 toetsingsaspecten die een score zullen ontvangen op een schaal van 5. Deze score varieert van een --, tot een ++. Daartussen zitten een -, een 0 en een +. Deze score is subjectief, maar wel betrouwbaar doordat er voor elke strategie naar dezelfde factoren gekeken zal worden. Ze zullen worden getoetst op de volgende aspecten:

- Acceptatie door belanghebbenden:
 - o Mocht er iets veranderen in de ruimtelijke indeling van het eiland, in hoeverre zijn de bewoners van het eiland het (naar verwachting) hier mee eens of tevreden over? En is die weerstand te verhelpen of zal het voor problemen zorgen? Ook andere belanghebbenden naast de bewoners kunnen bezwaar hebben tegen een plan wat er ligt. Deze worden ook meegenomen in dit aspect.
- Juridische haalbaarheid
 - o Als er een stuk land voor een andere functie gebruikt moet worden dan dat het nu heeft, is dat juridisch haalbaar? Hierbij kan een verandering in het bestemmingsplan nodig zijn, of een verandering in grondeigendom. Dit kan als gevolg hebben dat er lastige juridische processen bij komen kijken. Hoe meer de juridische processen een plan voor een adaptatiestrategie vertragen, hoe lager de juridische haalbaarheid.
- Natuurwaarden
 - o Hier is bewust gekozen om naar effecten op flora en fauna te kijken en milieueffecten buiten beschouwing te laten. De uitstoot van broeikasgassen valt onder milieueffecten, om deze een score te geven moet de hoeveelheid uitstoot bij suppleties gemeten kunnen worden. Dit kan wanneer er cijfers zijn van de hoeveelheid zand die gesuppleerd wordt. Deze cijfers zijn geen onderdeel van de verkenning van de adaptatiestrategieën en dus zal er alleen gekeken worden naar de effecten op de natuur bij ruimtelijke veranderingen. In de Waddenzee, Noordzee en het grootste deel van het Amelandse kustgebied zijn er Natura2000 gebieden die wettelijk beschermd zijn. Hier mag dus niet zomaar iets aan veranderd of verstoord worden. Een voorstel van een alternatieve ruimtelijke indeling van Ameland zal daarom eerst getoetst moeten worden aan de normen van de Natura2000 regeling.
- Technische haalbaarheid
 - o Per adaptatiestrategie zal er ook gekeken worden hoe technisch haalbaar de opties zijn. Hierbij wordt gekeken of een adaptatiestrategie goed uitvoerbaar is met de beschikbare kennis, technologieën en middelen
- Financiële haalbaarheid en onderhoudskosten
 - o Wanneer er een voorstel is voor een aanpassing in de ruimtelijke indeling van Ameland moet er ook gekeken worden naar de kosten die hierbij komen kijken. Daarnaast is het belangrijk hoe onderhoudsvriendelijk dit voorstel is. Wat moet er gebeuren op welk tijdsbestek om de gewilde situatie te behalen en behouden?
- Economische impact

- Een verandering in de ruimtelijke indeling van een landschap kan als gevolg hebben dat er ruimte ontstaat voor nieuwe functies, of dat een stuk land juist noodgedwongen zijn functie verliest. In beide gevallen kan dat invloed hebben op de economie van dat gebied, zowel positieve als negatieve invloed. Voor dit toetsingsaspect wordt gekeken naar wat voor effect de adaptatiestrategieën zullen hebben op de economie van het eiland.

De tabel die hieronder zichtbaar is zal aan het eind van de analyse worden ingevuld met de scores om een overzichtelijke vergelijking te geven.

Tabel 2: Scores op toetsingsaspecten van de drie adaptatiestrategieën

Schaal: --, -, 0, +, ++	1. Behouden	2. Meebewegen	3. Zeewaarts
Acceptatie door belanghebbenden			
Juridische haalbaarheid			
Natuurwaarden			
Technische haalbaarheid			
Financiële haalbaarheid en Onderhoudskosten			
Economische impact			

5.5 Scores van adaptatiestrategieën

Acceptatie door belanghebbenden

De acceptatie door belanghebbenden van de strategie behouden is hoog, omdat er weinig verandert voor de inwoners van het eiland. De enige factor waar rekening mee gehouden moet worden is wat deze strategie op lange termijn voor gevolgen kan hebben. Er kan namelijk een vorm van ‘coastal squeeze’ optreden op de lange termijn, waardoor activiteit in de duinen, zoals bijvoorbeeld paviljoens, moeten stoppen. ‘Coastal squeeze’ het verlies van natuurlijk gebied, in dit geval duingebied, doordat de zeespiegel aan de ene kant druk uitoefent op dit gebied, en de ruimtelijke activiteit van mensen aan de andere kant. Dit is een lange-termijn effect en zal daarom voor weinig weerstand zorgen, verder verandert er weinig voor belanghebbenden ten opzichte van nu. Hierom wordt deze strategie beoordeeld met een ++.

De acceptatie door belanghebbenden zal voor de strategie meebewegen relatief laag zijn. Ten opzichte van de strategie ‘behouden’ zal er ruimtelijk veel moeten veranderen bij het toepassen van deze strategie. Eigenaren van de vakantiehuisjes in de duinen, campinggebruikers en eigenaren, en omwonenden van de waterkering zullen niet wachten op de verplaatsing of verwijdering van hun eigendommen. Dit zal zorgen voor bezwaar. Omdat iedereen baat heeft bij een breder en dus veiliger kustgebied zullen er ook mensen zijn die bij de dreiging van een stijgende zeespiegel akkoord gaan met deze strategie. Daarom krijgt de strategie meebewegen niet de laagste score, maar één -.

Om een zeewaartse uitbreiding te realiseren is er acceptatie van belanghebbenden nodig. Naar waarschijnlijkheid zal deze acceptatie hoog zijn voor deze strategie omdat het voor weinig tot geen ruimtelijk conflict zorgt binnen het huidige landgebruik. Ook doet zich bij deze strategie op lange termijn de optie voor om de waterkering ook zeewaarts te verplaatsen. Ondanks dat dit wel voor

enig ruimtelijk conflict kan zorgen, is de acceptatie van belanghebbenden waarschijnlijk nog steeds hoog doordat er meer grondgebied binnendijks komt te liggen. Omdat er een veiligheidsnorm verbonden is aan al het binnendijkse gebied verlaagt de verplaatsing van buitendijks naar binnendijks de risico op schade aan eigendommen door eventuele overstromingen. Om deze reden is de score voor dit toetsingsaspect een ++.

Juridische haalbaarheid

Juridische kwesties komen vooral aan bod als er sprake is van botsende belangen of als er een wijziging moet worden doorgevoerd in het bestemmingsplan. Botsende belangen zouden kunnen voortkomen uit natuuractivisten, de landbouwsector van Ameland of particuliere sector. De juridische haalbaarheid is hoog voor de strategie behouden omdat er weinig van doen is met grondrechten bij het behouden van de huidige locaties van zowel de duinen als de waterkering. Wel moet er op lange termijn eventueel ruimte gemaakt worden voor groeiende duinen. Hier zou een verandering van het bestemmingsplan bij kunnen komen kijken. Hierom wordt deze strategie beoordeeld met een 0.

Door eigenaarschap van vastgoed en het veranderen van het bestemmingsplan is er voor de strategie meebewegen waarschijnlijk aanzienlijke juridische weerstand te verwachten. De eigenaren van de vakantiehuisen zullen niet tevreden zijn als deze moeten verplaatsen. Ook de campingvoorzieningen zouden moeten verplaatsen mocht de ruimte uit de aangewezen bufferzones (figuur 15) nodig zijn voor de versterking van het duingebied. Als er onenigheid ontstaat door de verplaatsingen van vastgoed kan er naar juridische hulpmiddelen worden gegrepen die het proces vertragen en voor moeilijke uitvoerbaarheid zorgen. Ook het veranderen van het bestemmingsplan kan extra tijd kosten. Daarom krijgt de juridische haalbaarheid van de strategie 'landwaarts meebewegen' een -- als score.

De Juridische haalbaarheid van de strategie zeewaarts uitbreiden is hoog ten opzichte van de adaptatiestrategie meebewegen en redelijk gelijk aan het behouden van de huidige strategie. Dit komt doordat er weinig tot geen ruimtelijk conflict plaatsvindt. Een verbreding van het strand richting het Noorden is juridisch en politiek goed te verantwoorden omdat er weinig ruimtelijke functieveranderingen zijn ten opzichte van de huidige situatie bij deze verbeding. De schelpenbanken voor de kust zullen wel tijdelijk bedekt worden onder grote hoeveelheden zand wat misschien in strijd is met Natura2000 richtlijnen omdat het de voedselvoorziening van vogels tijdelijk verstoort. Hierdoor scoort deze strategie ook één + op dit aspect.

Natuurwaarden

De natuurwaarden op en rondom Ameland zijn met name bepaald door de aangewezen Natura 2000 gebieden. Deze zijn te zien in figuur 22. In het groen gemarkeerde deel geldt een combinatie van vogelrichtlijnen en habitatrichtlijnen (HR + VR). Hier geldt dat vogels en hun habitatten, maar ook habitatten van andere dieren beschermd zijn. Daarom zou het hier dus bijvoorbeeld niet mogelijk zijn om windmolens vlak bij de kust te plaatsen of plotselinge veranderingen in landgebruik uit te voeren in gebieden waar natuurlijke habitatten aanwezig zijn. In het beheerplan voor een Natura2000 gebied wordt een bevoegd gezag aangewezen, dit is meestal de provincie (in dit geval provincie Friesland). Als er dus veranderingen plaats gaan vinden moet dit eerst overlegd worden met het bevoegd gezag en verwerkt worden in een beleidsplan (Natura2000, n.d.). Behouden van de huidige strategie is voor deze gebieden geen probleem omdat de huidige strategie ook al bekend is in het beleidsplan, hierom krijgt deze strategie de score +. De suppleties die voor de kust worden gedaan hebben geen negatief effect op vogels of de habitatten die aanwezig zijn aan land. Ook de plek waar het zand wordt verkregen is morfologisch inactief en bestaat alleen uit een zandbodem. De

suppleties zorgen alleen voor geleidelijke veranderingen in het duinprofiel. Hier kunnen de dieren en planten die daar leven zich prima aan aanpassen.



Figuur 22: Natura 2000 gebieden op en rondom Ameland (Bron: Coastviewer, 2022)

De strategie meebewegen zal voor meer problemen zorgen. Omdat er hier mogelijk stukken strand, duin en natuurgebied worden teruggegeven aan de zee zal er zeker strijd zijn met de habitatrichtlijnen uit het Natura2000 gebied. Om dit door te kunnen laten gaan moet er veranderingen worden doorgevoerd in het beleidsplan van Natura2000. Zo ook het bos boven Nes ligt binnen de Natura2000 gebieden. Veranderingen in dit soort gebieden kan protest van natuuractivisten zich meebrengen. Beide zorgen voor een trager proces waar ook eventuele beperkingen uit voort kunnen komen. Op sommige plekken kunnen ook betere naturomstandigheden ontstaan door menselijke activiteit terug te trekken, wat dus gebeurt bij een landwaartse strategie. Hierom wordt, alles overwogen, de score van deze strategie een 0.

De natuurwaarden in dit gebied zijn weinig in strijd met de voorgestelde strategie zeewaarts uitbreiden. Er worden geen habitatten verstoord met het suppleren om zeewaarts uit te breiden. Een gevolg is wel dat er op korte termijn een voedingsplek voor vogels bedolven worden onder het zand. Dit zijn de schelpenbanken die over tijd aanspoelen op het strand en aan de vooroever. Dit zal op lange termijn op natuurlijke wijze weer verholpen worden door nieuwe schelpen die zullen aanspoelen. Ook creëert een breder strand weer nieuwe bronnen van bereikbaar voedsel voor vogels. Hierom wordt dit toetsingsaspect beoordeeld met een 0.

Technische haalbaarheid

De technische haalbaarheid van de suppleties, die voor de strategie behouden en zeewaarts uitbreiden leidend zijn, is hoog. De kennis, technologie en middelen zijn aanwezig. Deze strategieën krijgen dan ook beide een ++.

Ook de technische haalbaarheid van de strategie meebewegen is hoog, mocht het ook tot een technische ingreep komen. Daarmee wordt bedoeld, als de benodigde extra meters duingebied kunstmatig worden toegevoegd aan het bestaande duin is het een technische ingreep. Een andere manier van de aangewezen bufferzones gebruiken is plaats maken voor de natuurlijke dynamieken die ervoor kunnen zorgen dat het duin zich uitbreidt door middel van wind. De waterkering moet wel worden verbreed doormiddel van een technische ingreep. Hiervoor zijn de kennis, vaardigheden, apparatuur en hulpmiddelen wel beschikbaar. Dit zijn allemaal ingrepen op het land van Ameland zelf wat gecompliceerder kan zijn dan vooroeversuppleties waarbij het zand vanzelf wordt verspreid door stroming. Dit maakt het ten opzichte van de andere twee strategieën technisch ingewikkelder. Het kan namelijk zijn dat er ook middelen van het vaste land moeten komen. Algeheel is deze strategie dus prima technisch uit te voeren en deze wordt dan ook beoordeeld met een +.

Financiële haalbaarheid en onderhoud

Een nadeel van de huidige strategie behouden zijn de onderhoudskosten. Er is geen investering nodig om de situatie te veranderen, maar de suppleties moeten wel blijven gedaan worden om de BKL en de duinen te onderhouden. Suppleties zijn duur en zullen naarmate er bij zeespiegelstijging meer zand gesuppleerd moet worden, worden de kosten alleen maar hoger. Op termijn kan dit dus zo duur worden dat het niet meer rendabel is. Dan moet er zo frequent grote hoeveelheden zand gesuppleerd worden dat de kosten te hoog worden. De huidige trend binnen RWS is minder willen suppleren werd gezegd in één van de expertmeetings. Het is dus geen duurzame oplossing op het gebied van onderhoudskosten. Hierom is dit toetsingsaspect met een - beoordeeld. De reden dat het niet de meest negatieve beoordeling heeft gekregen is omdat de suppleties voorlopig nog voldoen aan de BKL behouden en het duingebied versterken. Ook is er nog geen teken is dat ze vaker moeten worden uitgevoerd dan nu wordt gedaan.

Na de toepassing van de strategie meebewegen zullen de onderhoudskosten vermoedelijk minder zijn als dat ze zijn bij het behouden van de huidige strategie. Omdat de BKL niet meer onderhouden hoeft te worden scheelt dit in aantal suppleties en dus in suppletiekosten. De keuringen van het duingebied en de waterkering moeten nog steeds worden gedaan om te toetsen of de veiligheidsnorm nog wordt gehaald. Er komt wel meer oppervlakte aan duingebied en waterkering bij om te beheren. De keuringen zullen dus waarschijnlijk langer duren en met meer oppervlakte is er ook meer kans dat er ergens zal moeten worden ingegrepen. De beoordeling voor dit aspect is daarom neutraal, namelijk een 0.

De financiële haalbaarheid van deze strategie is relatief laag. Er moet een enorme hoeveelheid zand worden gesuppleerd om de Noordkust uit te breiden. Dit brengt zowel tijdens de implementatie als tijdens het onderhoud hoge kosten met zich mee. Dit komt mede door de kusterosie die blijft plaatvinden en dus continu bestreden moet worden door middel van onderhoud suppleties. Nu is de huidige denkwijze binnen de expertise van Rijkswaterstaat dat er gestreefd moet worden naar minder suppleties waar mogelijk, om geld te besparen. Door deze redenen scoren de onderhoudskosten een -- op de schaal van positieve en negatieve effecten.

Economische impact

Op de economische impact hebben de suppleties weinig invloed naast dat de bestaande activiteiten en gebouwen toegewijd aan horeca, amusement en ontspanning kunnen blijven bestaan en draaien zoals zij nu doen. Op lange termijn zou 'coastal squeeze' kunnen zorgen dat er geen ruimte meer is voor paviljoens in de duinen, of dat deze moeten verplaatsen. Hierom zal dit toetsingsaspect beoordeeld worden met een 0.

De economische kosten zijn wel aanwezig bij de strategie meebewegen. Er zouden namelijk voorzieningen zoals een camping moeten worden verplaatst of verwijderd. Ook de vakantiehuisjes in de duinen hebben economische waarde voor Ameland in de vorm van toerisme. Deze zullen ook deels verplaatst of verwijderd moeten worden. Verder komt er geen gebied vrij voor nieuwe ontwikkelingen bij deze strategie. Wel zou er gesteld kunnen worden er meer toeristen worden getrokken met recreatiegebied in de vorm van het duingebied. Hier zou geld aan verdiend kunnen worden doordat deze groep strandpaviljoens of hotels bezoekt. Dit weegt niet helemaal af tegen de mogelijke verplaatsing van vakantiehuisjes, een camping of hotels. Vandaar dat de beoordeling voor deze strategie een - is.

De economische impact van deze strategie is positief. Een bijeffect van een zeevaartse uitbreiding van het strand omwille van de kustbescherming is meer ruimte voor recreatie. In de zomer zal dit meer strandtoerisme lokken en dus zullen de aanwezige paviljoens en hotels meer klanten krijgen.

De initiatie van deze strategie bedoeld is om meer zand te laten stuiven waardoor de duingroei wordt bevorderd. Hierom zullen de bestaande paviljoens wel ruimte moeten geven aan de ontwikkeling van de duinen in de toekomst en eventueel last krijgen van ‘coastal squeeze’. Mocht dit gebeuren rondom de paviljoens dan kan het zijn dat deze van locatie moeten veranderen. Om deze reden krijgt de strategie zeewaarts uitbreiden een + in plaats van een ++ voor de economische impact ervan.

5.6 Score overzicht

Ingevuld komt de tabel er dan als volgt uit te zien:

Tabel 3: Scores behaald door adaptatiestrategieën (Bron: auteur)

Schaal: --, -, 0, +, ++	1. Behouden	2. Meebewegen	3. Zeewaarts
Acceptatie door belanghebbenden	++	-	++
Juridische haalbaarheid	0	--	+
Natuurwaarden	+	0	0
Technische haalbaarheid	++	+	++
Financiële haalbaarheid en Onderhoudskosten	-	0	--
Economische impact	0	-	+
Totaalscore:	+4	-3	+4

Hieruit kan worden opgemaakt dat de ruimtelijke impact van de voorgestelde strategieën in één geval, bij de strategie meebewegen, negatief scoort op de toetsingsaspecten en in twee gevallen, bij behouden en zeewaarts uitbreiden, is deze score positief. Dit betekent dat, wanneer de genoemde toetsingsaspecten in overweging worden genomen, de strategie meebewegen de meeste nadelen heeft en dus het minst toepasbaar is.

Toekomstscenario

Wat Rijkswaterstaat bij deze score ook in overweging moet nemen is dus de effectiviteit van de adaptatiestrategieën bij verschillende toekomstscenario's. Meebewegen is hier de strategie met de nadeligste score, maar kan relatief veel zeespiegelstijging hebben bij het landwaarts terugtrekken (Deltares, 2019). 'Veel' wordt niet gedefinieerd door Deltares, maar is in subjectieve termen wel meer dan bij de strategieën behouden en zeewaarts. Hierom is 'path dependency' eerder uitgelegd (hoofdstuk 3). Dit is een belangrijk begrip om te begrijpen dat de verkenning van deze strategie dus nog steeds nuttig kan blijken. Meebewegen kan voor nu namelijk de minst geschikte optie zijn, gegeven de toetsingsaspecten, maar kan mogelijk een vervolgstategie zijn als de zeespiegel zo hoog is gestegen dat het behouden van de huidige strategie of een zeewaartse uitbreiding niet meer voldoen om Ameland veilig te houden.

6. Discussie en aanbevelingen

Om beter te begrijpen wat de resultaten van dit onderzoek aantonen zal er in dit hoofdstuk een discussie plaatsvinden. Deze discussie zal onder meer gaan over de bevindingen uit het ruimtelijk onderzoek, de data-analyse en de scores van de toetsingsaspecten. Uit de ruimtelijke analyse van de adaptatiestrategieën en de resultaten van de integrale toetsing wordt een antwoord op de hoofdvraag geformuleerd. Daarnaast zal de mening van de schrijver over de problematiek van waterveiligheid belicht worden waarbij een erkenning van verbeterpunten voor dit onderzoek wordt gegeven. Zo wordt er duidelijk welke aanbevelingen worden gedaan voor verder onderzoek naar de waterveiligheid en ruimtelijke inpassing op Ameland.

6.1 Discussie

Welke strategie?

De ruimtelijke inpassing van de drie adaptatiestrategieën in dit rapport die verkend zijn voor de veiligheid van Ameland bieden samen met de integrale toetsing de optie om een afweging te maken over wat het juiste toekomstbeleid is voor de waterveiligheid van dit Waddeneiland. Deltares (2012) noemt dat toekomstbeleid een ‘investeringsagenda’. Dit woord beschrijft meteen de gebreken van een adaptieve benadering. Namelijk, dat er geïnvesteerd moet worden op basis van een keuze die gemaakt wordt in het heden over de toekomst. Meteen investeren in een radicale strategie maakt het moeilijker om daarna nog naar een andere strategie over te stappen omdat er acties vanuit het vorige beleid ontdaan of omgekeerd moeten worden. Hierdoor is de toekomst afhankelijk van het pad wat nu gekozen wordt, ‘path dependent’ (David (2007)). Daarom is het bij een besluit over welke adaptatiestrategie het meest passend is bij dit kustgebied van groot belang. Niet alleen om nu de meest passende aanpak te kiezen maar ook om te kijken hoe ingewikkeld het is om vanuit de ene strategie een nieuw pad in te slaan naar een andere strategie. Ofwel, hoe groot de drempel is om van het ene adaptatie pad over te stappen naar een andere. Hierop kan het uiteindelijke besluit ook worden gebaseerd.

Voor de adaptatiestrategieën die zijn verkend in dit rapport is de strategie meebewegen ruim de meest ingrijpende voor het ruimtelijke domein. Deze scoort ook het laagst op de totaalscore van de toetsingsaspecten. Dit staat niet per definitie in verband met hoe eenvoudig het is om vanuit deze strategie over te stappen op een andere. In dit geval is dat echter wel zo, omdat de landwaartse strategie ook het meest ruimtelijk ingrijpend is voor het eiland en daarom ook het moeilijkst om van over te stappen op een van de andere twee strategieën (David, 2007). Dit betekent dat er juridische problemen bij komen kijken zoals verandering van het bestemmingsplan, grondeigendommen en protesten die uit kunnen lopen tot juridische stappen. In de beschrijving van deze strategie wordt vooral gekeken wat het effect is als de ruimte achter de duinen en de waterkering gereserveerd wordt, mocht er niet meer worden voldaan aan de veiligheidsnorm in de toekomst. Maar deze reservering betekent wel dat er minder functies aan deze stukken land kunnen worden toebedeeld. Daardoor is de optimalisatie van multifunctioneel landgebruik hier ook lager (Chen et al., 2022).

De zeewaartse en behouden strategie zijn beide passende opties voor het Amelandse kustgebied. Echter door de beoordeling op de toetsingsaspecten is er geconstateerd dat de strategie zeewaarts uitbreiden de duurdere optie is waarbij de grootste hoeveelheid zand gesuppleerd moet worden. De huidige strategie heeft ook minder nadelen voor de natuur. De zeewaartse strategie heeft wel als voordeel dat het de economie van het eiland positief kan beïnvloeden. Met deze bevindingen kan Rijkswaterstaat een overwogen besluit nemen doordat zij aan sommige factoren meer waarde zullen hechten dan andere.

6.2 Verder onderzoek

Aanbevelingen

Er zijn ook vragen die dit onderzoek niet beantwoord of verkend en die verder uitgezocht kunnen worden. Allereerst zou er per adaptatiestrategie een meer kwantitatieve analyse gedaan kunnen worden. Voorbeelden hiervan zijn: een nauwkeurige berekening van de oppervlakte die nodig is in vierkante meter per strategie, een nauwkeurige kostenanalyse en de hoeveelheden zand in kubieke meters die nodig zijn per strategie. Ten tweede zou er na een verkenningsstudie, bij een voorkeur voor een strategie, eens communicatie met stakeholders opgepakt kunnen worden. Rijkswaterstaat is de beheerder van de waterkering maar werkt natuurlijk niet alleen aan waterveiligheid. Als een strategie die RWS implementeert ruimtelijke aanpassingen zou maken op het eiland moet er al helemaal goed gecommuniceerd en afgestemd worden met andere belanghebbenden als de gemeente en waterschappen (de Roo & Porter, 2012).

Ook is het nuttig om een beslissingsboom te ontwerpen. Dit doet Haasnoot (2013) in de vorm van adaptatiepaden met zogenaamde 'transfer stations' als beslissingspunten. Vanuit hier kan dan worden overgestapt naar een andere strategie of beslissen de strategie door te zetten die op dat moment al gebruikt wordt. Als er een weloverwogen beslissingsboom komt voor hoe de Waddeneilanden in de toekomst zullen handelen kan er meer duidelijkheid worden gegeven aan de bewoners van het Waddengebied. Met een goede beredenering zullen deze plannen dan discussie over beleid kunnen verminderen. Daarom kan het nuttig zijn om ook alvast verkennend/exploratief onderzoek te doen voor de andere Waddeneilanden, ongeacht of de situatie daar minder dringend is dan op Ameland. Dit kan bijdragen aan een voorbereiding op een snelle zeespiegelstijging die per Waddeneiland de unieke eigenschappen en omgevingsfactoren erkent. Zoals besproken wordt in de literatuur analyse, kan een scenario-aanpak helpen om de unieke eigenschappen van een situatie te erkennen (Peterson et al., 2003). Hierom kan een analyse per eiland, zowel kwalitatief als kwantitatief, helpen om in te schatten wat elk Waddeneiland voor adaptieve strategie nodig heeft.

7. Conclusie: de uitkomst van een verkenning

In de conclusie zal er antwoord worden gegeven op de deelvragen. Met de antwoorden op de verschillende deelvragen kan er een antwoord worden geformuleerd op de hoofdvraag. Uit het verkennende onderzoek zullen de bevindingen worden opgesomd. Verder wordt er met deze bevindingen uitgelegd of de situatie voor het Amelandse kustgebied problematisch blijkt of nog tijd heeft voor geleidelijke veranderingen.

7.1 Oplossingen door Adaptatie

Deelvragen

- (1) Hoe kan er gepland worden met onzekerheid over de toekomst, specifiek inzake de mate van de zeespiegelstijging?

Deze vraag is beantwoord in de literatuuranalyse. Adaptief plannen is een gevolg van erkennen dat er veel onzekerheid is over in welke richting de toekomst zich zal ontfouwen. Scenarioplanning is een manier om te verschillende tegenstrijdige toekomstbeelden te schetsen waardoor er een beter beeld ontstaat wat er mogelijk is in die onzekere toekomst (Peterson et al., 2003; Chermack, 2004). Zo kan er in het geval van Ameland worden gekeken naar de SSP-scenario's en hoe de zeespiegel stijgt bij de verschillende CO₂ uitstootgehaltenes. Het onderscheid tussen adaptief plannen en scenarioplanning is dat de adaptatiestrategieën voortkomen uit de verkende scenario's. Dus door een combinatie van het verkennen van scenario's, wat in dit geval al was uitgevoerd door Deltares (2019), en de reactie op die scenario's kan het best mogelijke plan voor de toekomst worden gemaakt.

- (2) Welke strategieën zijn voor Ameland mogelijk om met de gevolgen die verbonden zijn aan de onzekerheden om te gaan?

In het kort, zijn dit de strategie behouden, meebewegen en zeewaarts uitbreiden. Uit het rapport van Deltares (2019), waarin onderzoek is gedaan naar oplossingsrichtingen voor de Nederlandse delta, was voorwerk verricht voor dit antwoord. Hier zijn de strategieën zeewaarts uitbreiden en landwaarts meebewegen ook verkend, maar niet expliciet voor een Waddeneiland. De andere strategieën, namelijk open of gesloten beschermen, waren gebaseerd op de omgang met grote rivieren die in de kustzone uitmonden. Hier is geen sprake van op Ameland en dus is hier gekozen om het beschermen van het eiland zoals dat nu gedaan wordt, behouden van de huidige strategie te noemen. Binnen de strategie meebewegen en zeewaarts bewegen zijn nog meerdere opties mogelijk waar ook in geselecteerd is. Voor meebewegen is het op de Waddeneilanden geen optie om stukken land te laten fungeren als tijdelijke overstromingsgebieden omdat dit effect verwaarloosbaar is door de hoeveelheid water van de zee (Hofstede, 2019). Wel kan er een selectie worden gemaakt van wat land is wat eventueel kan worden opgegeven bij zeer hoog water. Dit wordt voor Ameland dan ook verstaan onder meebewegen, met de ruimtelijke gevolgen van dien. Zeewaarts uitbreiden in de vorm van eilanden voor de kust is een verplaatsing van het huidige probleem, namelijk kusterosie en zandafslag. Suppletiekosten blijven dan hoog. Een verbreding van het strand is voor Ameland een betere zeewaartse strategie omdat hierdoor het zand de optie krijgt om te stuiven en het duin op de lange termijn aansterkt.

- (3) Hoe zien de ruimtelijke indeling en de bijbehorende effecten eruit per adaptatiestrategie?

Om deze vraag te beantwoorden is er voor de strategie meebewegen een ruimtelijke analyse gemaakt in GIS. Hierin zijn bufferzones gemarkeerd die in de toekomst misschien nodig zijn om de waterkerende functies van Ameland te versterken. Hieruit is gebleken dat er op meerdere plekken in

de duinen en achter de waterkering conflictzones ontstaan als deze ruimte daadwerkelijk gebruikt wordt (Figuur 18). De ruimtelijke aanpassingen voor de zeewaartse strategie zijn simpeler dan bij meebewegen omdat er bij een uitbreiding van het strand geen rekening gehouden hoeft te worden met menselijke activiteit in het uitbreidingsgebied. Wel heeft de ruimtelijke uitbreiding invloed op de natuur omdat er een enorme hoeveelheid zand gesuppleerd moet worden voor de uitvoering van deze strategie. Voedplaatsen voor vogels worden dan tijdelijk bedolven onder het zand.

Het behouden van de huidige strategie heeft weinig ruimtelijke impact op de korte termijn. Dit komt simpelweg door weinig veranderingen die worden aangebracht. Wat ruimtelijk wel kan veranderen op de middellange/ lange termijn zijn de buitendijkse menselijke activiteiten in de duinen. Bijvoorbeeld: vakantiehuizen, een camping, en appartementen/hotels. Bij het behoud van de huidige strategie hoort namelijk het stimuleren van de groei van het gehele duin, niet alleen de zeereep.

(4) Welke toetsingsaspecten spelen een rol bij het integraal afwegen van de verschillende adaptatiestrategieën?

Hier is een selectie gemaakt van zes aspecten, namelijk: 1. Acceptatie door belanghebbenden; 2. Juridische haalbaarheid; 3. Natuurwaarden; 4. Technische haalbaarheid; 5. Financiële haalbaarheid en onderhoudskosten; 6. Economische impact. Deze aspecten zijn geselecteerd op basis van relevantie voor Ameland en haar kustgebied. Per adaptatiestrategie is er een beoordeling gemaakt van de positieve of negatieve effecten op deze aspecten.

(5) Hoe scoren de verschillende adaptatiestrategieën op deze aspecten?

Door de adaptatiestrategieën te beoordelen op de aspecten genoemd in deelvraag vier, komt er een uiteindelijke score naar voren die de toepasbaarheid van de strategieën aantoont. Hierbij is uitgegaan van het uitvoeren van een strategie vanaf het heden. Daarbij zou meebewegen het laagst scoren met -3, en behouden van huidige strategie en zeewaarts uitbreiden hebben beide een +4 als resultaat. Wel is voor de laatste twee genoemde strategieën de oorsprong van het positieve overwicht verschillend. Hier kan dus een afweging worden gemaakt in wat Rijkswaterstaat belangrijk vindt bij het toepassen van een strategie en van daaruit de meest voordelige optie worden gekozen.

Hoofdvraag

Terugkijkend op de hoofdvraag, **“Hoe scoren voor Ameland mogelijke adaptatiestrategieën die voorbereiden op een onzekere mate van zeespiegelstijging en de daaraan gekoppelde ruimtelijke effecten, in een integrale toetsing?”**, zijn er van de drie verkende strategieën twee strategieën die een reële optie lijken te zijn in het heden. Er wordt tegenwoordig gezocht naar zachte vormen van kustbescherming (Schoones et al., 2019). Dit is dan ook de voorkeur van RWS. De zeewaartse strategie en het behouden van de huidige strategie liggen qua score in voor- en nadelen namelijk op dezelfde positieve hoogte, namelijk +4 en bieden beide de ruimte voor het gebruik van zachte vormen van kustbescherming. Meebewegen blijkt een adaptatiestrategie te zijn die bij relatief hoge zeespiegelstijging wel mogelijk is. Echter, voor de nabije toekomst en de toekomstscenario's met minder zeespiegelstijging dan verwacht is het niet een volmaakte optie door alle negatieve impact die de ruimtelijke aanpassingen voor deze strategie met zich meebrengen. Dit komt overeen met de bevindingen uit het rapport van Deltares (Haasnoot et al., 2019) over de Nederlandse delta als geheel. Hier wordt namelijk ook gesteld dat het opgeven van land op veel weerstand zal duiden, maar dat migratie naar veilige gebieden wel relatief hoge zeespiegelstijging aankan.

Dan kan er als tweede beoordeling nog gekeken worden wat het verschil is tussen van de huidige situatie naar een zeewaartse strategie over te stappen, of van een zeewaartse strategie terug te gaan naar de huidige strategie. Dit is niet onbelangrijk omdat beslissingen die nu worden genomen bepalend zijn voor de vormgeving van de toekomst (David, 2007). Als er gekozen wordt om de zeewaarts mee te bewegen moet er een grote hoeveelheid zand worden gesuppleerd voor de kust. Als dit over tijd niet tot de gewenste resultaten leidt of niet meer voldoet aan de veiligheidsnormen is het van belang om te weten hoe intensief het is om dan weer van deze strategie af te stappen en terug te gaan naar de huidige strategie of over te stappen naar de strategie meebewegen.

Scenarioplanning kan dus een meest geschikte optie selecteren met de kennis die tot aan het heden beschikbaar is (Bunn & Salo, 1993; Chermack, 2004). De conclusie hier is dat het toekomstscenario wat werkelijkheid zal worden niet te voorspellen valt en dat RWS met de drie toepasbare adaptatiestrategieën voor Ameland een besluit moet maken voor toekomstig beleid.

7.2 Reflectie

Onderzoek

Zoals elk ander onderzoek heeft dit verkenningsrapport sterke punten maar ook beperkingen. De kracht van dit onderzoek ligt in de hoeveelheid verschillende aspecten die in overweging zijn genomen en de verschillende vormen van analyse die gebruikt zijn. Er is bijvoorbeeld een kwalitatieve analyse gedaan waarbij het programma GIS is gebruikt om in beeld te brengen wat ruimtelijke knelpunten zijn bij de adaptatiestrategie meebewegen. Ook is er een kwantitatieve manier van data-analyse gebruikt in de vorm van duinvolumes in Morphan. Deze kwantitatieve analyse onderbouwt een kwalitatieve aanname, namelijk dat het huidige duingebied en vooroevergebied groeien. Door documentanalyse is de ontbrekende kennis over het Waddengebied en Ameland ingevuld die vereist was om dit gebied en haar dynamieken te kunnen begrijpen. Door deze verschillende methodes gebruikt te hebben is er een verkenningsrapport ontworpen die over een wijde selectie van factoren heeft nagedacht.

De beperkingen van dit onderzoek liggen voornamelijk in de diepgang van het onderzoek. De bevindingen die zijn gedaan blijven vrij generiek. Diepgang kan komen van interviews met stakeholders die preciezere schattingen kunnen maken van de effecten van een adaptatiestrategie. Dan kan er bijvoorbeeld naast de constatering dat er een grote hoeveelheid zand gesuppleerd moet worden, een schatting gemaakt worden van de exacte hoeveelheid zand. Verder kan diepgang komen van een nog scenario-specifiekere aanpak. In dit onderzoek zijn er strategieën verkend voor de gehele Noordzijde van Ameland. Ook dit gebied is op te delen in verschillende stukken, zoals Arcadis heeft gedaan in het beoordelingsrapport voor de waterkering van Ameland. Zo zou er zelfs een scenario-specifieke analyse kunnen worden gedaan voor verschillende stukken van de kust of tracédelen van de waterkering. De grootte van het onderzochte domein is dus een beperking, echter is het wel een nodige eerste stap van een verkenningsproces om op deze schaal te analyseren. De MCA die is uitgevoerd in dit onderzoek is subjectief omdat deze alleen is uitgevoerd door de auteur. De resultaten uit deze MCA waren betrouwbaarder en waardevoller geweest als de score ook was toegekend door een aantal experts vanuit RWS met vakspecifieke kennis.

Wat heeft RWS aan dit onderzoek gehad?

Dit rapport is opgesteld met de reden om een eerste verkenning op papier te produceren voor de mogelijke strategieën die Ameland zou kunnen toe passen teneinde om te gaan met haar onzekere toekomst. Rijkswaterstaat kan dit rapport gebruiken bij eventuele toekomstige discussies over het kiezen van een dergelijke strategie en wat voor effect dit zou kunnen hebben op de ruimtelijke indeling van het eiland. Doordat hier al is over nagedacht in dit rapport kan er mogelijk sneller

worden vergaderd richting een besluitvorm omdat er al een verkenningsfase is uitgevoerd. Er is in dit onderzoek geen rekening gehouden met beschikbaarheid van budgetten of voorkeuren voor beleidsvorm. Dit maakt een objectieve verkenning van de mogelijkheden voor Ameland een nuttig middel om besluiten te nemen of verder onderzoek te inspireren.

Stageproces

Ik, als auteur van dit rapport, kijk terug op een ontzettend leerzame stageperiode. Zowel sociaal en academisch als persoonlijk. Vanuit een opleiding die veel in groepen aan een wijde reeks van ruimtelijke en milieutechnische problemen werkte was ik nu aangewezen op mezelf in een vakgebied waar ik dacht redelijk wat over te weten. Het bleek dat er nog een ontzettende hoop aan begrippen, natuurlijke dynamieken en data was waar ik nog niks vanaf wist. Door stage te lopen binnen een organisatie als Rijkswaterstaat heb ik vriendelijke en intelligente mensen leren kennen die beschikten over expertise in allerlei onderwerpen. Je leert steeds meer afkortingen en begrippen kennen door de presentaties en overleggen waar ik bij mocht aansluiten in de afgelopen maanden. Vooral door wekelijks contact te hebben met mijn stagebegeleider Robert Zijlstra heb ik enorm veel kunnen opsteken over het onderwerp waterveiligheid. Robert is een enorme bron van kennis over het Waddengebied waar hij altijd wel wat nieuws over wist te vertellen. Mede dankzij Robert kijk ik terug op een fijne stageperiode bij Rijkswaterstaat en ik wil hem en de organisatie dan ook bedanken dat ik deze kans heb gekregen.

8. Referentie lijst

Bibliografie door Zotero:

Barker, C., & Pistrang, N. (2005). Quality criteria under methodological pluralism: Implications for conducting and evaluating research. *American journal of community psychology*, 35, 201-212.

Basu, N. *et al.* (2022) 'The influence of the built environment on pedestrians' perceptions of attractiveness, safety and security', *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 87, pp. 203–218. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.trf.2022.03.006>.

Batty, M. (2016) 'Evolving a plan: Design and planning with complexity', *Springer Proceedings in Complexity*, pp. 21–42. Available at: https://doi.org/10.1007/978-3-319-32653-5_2.

Beyer, J. (2005) 'Not all path dependence is alike - A critique of the "implicit conservatism" of a common concept', *Zeitschrift fur Soziologie*, 34(1), pp. 5–21.

Borsje, B.W. *et al.* (2011) 'How ecological engineering can serve in coastal protection', *Ecological Engineering*, 37(2), pp. 113–122. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2010.11.027>.

Bunn, D.W. and Salo, A.A. (1993) 'Forecasting with scenarios', *European Journal of Operational Research*, 68(3), pp. 291–303. Available at: [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(93\)90186-Q](https://doi.org/10.1016/0377-2217(93)90186-Q).

Burby, R.J. (2003) 'Making Plans that Matter: Citizen Involvement and Government Action', *Journal of the American Planning Association*, 69(1), pp. 33–49. doi:10.1080/01944360308976292.

Chen, H. *et al.* (2022) 'Mixed Land Use Levels in Rural Settlements and Their Influencing Factors: A Case Study of Pingba Village in Chongqing, China', *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(10), p. 5845. Available at: <https://doi.org/10.3390/ijerph19105845>.

Chermack, T.J. (2004) 'Improving decision-making with scenario planning', *Futures*, 36(3), pp. 295–309. Available at: [https://doi.org/10.1016/S0016-3287\(03\)00156-3](https://doi.org/10.1016/S0016-3287(03)00156-3).

David, P.A. (2007) 'Path dependence: A foundational concept for historical social science', *Cliometrica*, 1(2), pp. 91–114. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11698-006-0005-x>.

Deltares (2020): Technisch advies rol en mogelijkheden van buitendelta's voor het kustbeheer; ten behoeve van het beleidsadvies voor Kustgenese 2.0, auteurs Edwin Elias, Ad van der Spek, Zheng Bing Wang en Stuart Pearson; Deltares rapport 1220339-009-ZKS-0006, in opdracht van Rijkswaterstaat WVL, maart 2020.

van Dijk, T. (2021) 'Strategic spatial planning through pragmatic blueprints: Forms and levels of adaptivity in modernist planning of the Dutch IJsselmeerpolders', *Futures*, 125. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.futures.2020.102665>.

Duarte, C.M. *et al.* (2013) 'The role of coastal plant communities for climate change mitigation and adaptation', *Nature Climate Change*, 3(11), pp. 961–968. Available at: <https://doi.org/10.1038/nclimate1970>.

Forester, J. (1982) 'Planning in the Face of Power', *Journal of the American Planning Association*, 48:1, 67-80.

Haasnoot, M. *et al.* (2012) 'Exploring pathways for sustainable water management in river deltas in a changing environment', *Climatic Change*, 115(3–4), pp. 795–819. Available at: <https://doi.org/10.1007/s10584-012-0444-2>.

Haasnoot, M. *et al.* (2013) 'Dynamic adaptive policy pathways: A method for crafting robust decisions for a deeply uncertain world', *Global Environmental Change*, 23(2), pp. 485–498. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2012.12.006>.

Haasnoot, M, F. Diermanse, J. Kwadijk, R. de Winter, G. Winter, 2019, Strategieën voor adaptatie aan hoge en versnelde zeespiegelstijging. Een verkenning. Deltares rapport 11203724-004

Healey, P. (1996) 'The communicative turn in planning theory and its implications for spatial strategy formations', *Environment and Planning B: Planning and Design*, 23(2), pp. 217–234. doi:10.1068/b230217.

Innes, J.E. and Booher, D.E. (2018) *Planning with complexity: An introduction to collaborative rationality for public policy*. (Planning with Complexity: An Introduction to Collaborative Rationality for Public Policy), p. 230. Available at: <https://doi.org/10.4324/9781315147949>.

Jordan, P. and Fröhle, P. (2022) 'Bridging the gap between coastal engineering and nature conservation?', *Journal of Coastal Conservation*, 26(2), p. 4. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11852-021-00848-x>.

Klijn, F., Mens, M.J.P. and Asselman, N.E.M. (2015) 'Flood risk management for an uncertain future: economic efficiency and system robustness perspectives compared for the Meuse River (Netherlands)', *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 20(6), pp. 1011–1026. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11027-015-9643-2>.

Kravchuk, T. (2021) 'Features of land use optimization of water protection zones and coastal protective strips in Kyiv by the method of land management', *Zemleustrij, Kadastr i Monitoring Zemel*, 0(3). Available at: <https://doi.org/10.31548/zemleustriy2021.03.09>.

Le Xuan, T. *et al.* (2022) 'Evaluation of coastal protection strategies and proposing multiple lines of defense under climate change in the Mekong Delta for sustainable shoreline protection', *Ocean & Coastal Management*, 228, p. 106301. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2022.106301>.

Li, J., Qi, X. and Yuan, W. (2022) 'Spatial differentiation of multi-functional mixed use of construction land based on points of interest', *Progress in Geography*, 41(2), pp. 239–250. Available at: <https://doi.org/10.18306/dlkxjz.2022.02.005>.

Mattijsen, T. (2022) *Bijdrage Nature Based Solutions (NBS) aan de oplossing van maatschappelijke opgaven*, WUR. Available at: <https://www.wur.nl/nl/onderzoek-resultaten/onderzoeksprojecten-Inv/expertisegebieden/kennisonline/bijdrage-nature-based-solutions-nbs-aan-de-oplossing-van-maatschappelijke-opgaven.htm> (Accessed: 8 December 2022).

Mfitumukiza, D. *et al.* (2020) 'SCALING LOCAL AND COMMUNITY-BASED ADAPTATION', p. 27.

Narayan, S. (2020) 'Global Adaptation to Sea-Level Rise and Coastal Hazards Must Fit Local Contexts', *One Earth*, 3(4), pp. 405–408. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.09.018>.

- Nationaal Waterplan* (2009) STOWA. Available at: <https://www.stowa.nl/deltafacts/waterveiligheid/innovatieve-dijkconcepten/meerlaagsveiligheid-de-praktijk> (Accessed: 11 October 2022).
- Peterson, G.D., Cumming, G.S. and Carpenter, S.R. (2003) 'Scenario planning: A tool for conservation in an uncertain world', *Conservation Biology*, 17(2), pp. 358–366. Available at: <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2003.01491.x>.
- Pierson, P. (2000) 'Increasing returns, path dependence, and the study of politics', *American Political Science Review*, 94(2), pp. 251–267. Available at: <https://doi.org/10.2307/2586011>.
- Rangel-Buitrago, N., Williams, A.T. and Anfuso, G. (2018) 'Hard protection structures as a principal coastal erosion management strategy along the Caribbean coast of Colombia. A chronicle of pitfalls', *Ocean and Coastal Management*, 156, pp. 58–75. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2017.04.006>.
- Rebuild by design (2022), no author. *Rebuild by design*. Retrieved from: <https://www.rebuildbydesign.org/hurricane-sandy-design-competition/> on 22-11-22.
- Rijkswaterstaat (2022) *Waterveiligheid, Kenniscentrum InfoMil*. Available at: <https://www.infomil.nl/onderwerpen/lucht-water/handboek-water/thema-s/waterveiligheid-0/> (Accessed: 9 September 2022).
- de Roo, G. (2016) 'Framing the planning game: A cognitive understanding of the planner's rationale in a differentiated world', *Springer Proceedings in Complexity*, pp. 153–179. Available at: https://doi.org/10.1007/978-3-319-32653-5_9.
- de Roo, G., Hillier, J. and Van Wezemaal, J. (2012) *Complexity and planning: Systems, assemblages and simulations*. (Complexity and Planning: Systems, Assemblages and Simulations), p. 443.
- de Roo, G. and Porter, G. (2012) *Fuzzy planning: The role of actors in a fuzzy governance environment*, p. 233.
- Schoonees, T. *et al.* (2019) 'Hard Structures for Coastal Protection, Towards Greener Designs', *Estuaries and Coasts*, 42(7), pp. 1709–1729. Available at: <https://doi.org/10.1007/s12237-019-00551-z>.
- Shenhar, A.J. *et al.* (2001) 'Project success: A multidimensional strategic concept', *Long Range Planning*, 34(6), pp. 699–725. Available at: [https://doi.org/10.1016/S0024-6301\(01\)00097-8](https://doi.org/10.1016/S0024-6301(01)00097-8).
- Temmerman, S. *et al.* (2013) 'Ecosystem-based coastal defence in the face of global change', *Nature*, 504(7478), pp. 79–83. Available at: <https://doi.org/10.1038/nature12859>.
- Thorpe, A. (2017). Rethinking participation, rethinking planning. *Planning Theory & Practice*, 18(4), 566–582.
- Todes, A. (2011) 'Reinventing Planning: Critical Reflections', *Urban Forum*, 22(2), pp. 115–133. Available at: <https://doi.org/10.1007/s12132-011-9109-x>.
- VanKoningsveld, M. *et al.* (2008) 'Living with sea-level rise and climate change: A case study of the Netherlands', *Journal of Coastal Research*, 24(2), pp. 367–379. Available at: <https://doi.org/10.2112/07A-0010.1>.

Waterstaat, M. van I. en (2019) *Fryslân - Droogte en wateroverlast - Ons water*. Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. Available at: <https://www.onswater.nl/droogte-en-wateroverlast/wie-beheert-ons-water-in-de-provincie/friesland> (Accessed: 17 February 2023).

Waterstaat, M. van I. en (2022) *Kustonderhoud Waddeneilanden*. Available at: <http://www.rijkswaterstaat.nl/water/waterbeheer/beheer-en-ontwikkeling-rijkswateren/waddenzee/kustonderhoud-waddeneilanden> (Accessed: 11 October 2022).

Wedding, L.M. *et al.* (2022) 'Embedding the value of coastal ecosystem services into climate change adaptation planning', *PeerJ*, 10. Available at: <https://doi.org/10.7717/peerj.13463>.