

Binnendijkse zoute aquacultuur in het Waddengebied

Technische verkenning naar de mogelijkheden
en zoekgebieden voor zoute aquacultuur langs
de vastelandskust van de Waddenzee



Definitief rapport 1.0

10 november 2022

ISBN nummer: 9789490289683

Lijst met aanpassingen

Versie:	Datum:	Beschrijving van de wijziging:	Herzien:	Vrijgegeven door:
01	3 maart 2022	Eerste concept-rapport		
02	24 juni 2022	Opmerkingen begeleidingsgroep verwerkt - Toegevoegd indicatie kosten - Toegevoegd resultaten slibvrachtberekeningen		
03	12 september 2022	Voorstel OG met betrekking tot opbouw en andere volgorde kaarten in H3 verwerkt. Toegevoegd HWBP-planning waterschappen		
04	24 oktober 2022	Laatste opmerkingen projectgroep op het concept eindrapport d.d. 12 september verwerkt.		
05	10 november 2022	Opmerkingen projectgroep verwerkt. Kwaliteitsconctrole.		

Verantwoording

Titel: Binnendijkse zoute aquacultuur in het Waddengebied. Technische verkenning naar de mogelijkheden en zoekgebieden voor zoute aquacultuur langs de vastelandskust van de Waddenzee.

Onderwerp: Zoute aquacultuur

Projectnummer: 51006270

Klant: Programma Rijke Waddenzee en Waddenacademie

Referentienummer:

Versie: 05

Datum: 10 november 2022

Auteur: P. Riemersma, B.J. de Greeff & T. Andringa

E-mailadres: Piet.riemersma@sweco.nl

Gecontroleerd door:

Paraaf gecontroleerd:

Vrijgegeven door: Thomas Braaksma

Paraaf vrijgegeven:

Document referentie: p:\5325\51006270-001_verkenning_zoute_aquacultuur\uitwerkin
g\rapportage\definitief rapport zoute
aquacultuur waddenzee (05).docx

Voorwoord

Klimaatbestendige kustlandschappen en duurzame voedselproductie

Het Programma naar een Rijke Waddenzee (PRW) en de Waddenacademie zijn geïnteresseerd in de potentie voor aquacultuur. Hoeveel druk kan er vanuit de Waddenzee worden weggehaald door het aan land kweken van algen, schelpdieren of wormen? Hoeveel productie is mogelijk in het Waddengebied? Wat zijn de economische potenties voor duurzame kweek, voor de lokale gastronomie en voor export?

Om bovenstaande vragen te kunnen beantwoorden is het allereerst noodzakelijk om in te gaan op de vraag naar ruimte; waar zou aquacultuur in het Waddengebied potentieel kunnen? Over hoeveel hectares hebben we het dan? Hoe gemakkelijk of ingewikkeld zal het zijn om deze fysieke potenties te benutten? PRW en de Waddenacademie hebben onderzoeksbureau SWECO gevraagd om dit nader te onderzoeken.

Uit de technische verkenning van SWECO blijkt dat de omvang van potentieel geschikte gebieden geen beperkende factor is voor zoute aquacultuur. Echter, om als ondernemer ook daadwerkelijk de stap naar mariene aquacultuur te kunnen maken is nader onderzoek nodig m.b.t. de inrichtings- en exploitatiekosten, specifiek gericht op een beoogde locatie. Het gaat hierbij om ruimtelijke inpassing van nieuwe activiteiten in bestaand gebruik en eigenaarschap. Dit vraagt dus ook nog om een zorgvuldige beschouwing wat dit voor het huidige gebruik en gebruikers van deze grond zou kunnen betekenen. Ook zijn er nog enkele regeltechnische hobbels te nemen.

Het hier voorliggende rapport maakt duidelijk dat er niet vandaag of morgen al kan worden gestart met aquacultuur in het Waddengebied. Wel is er een wenkend perspectief dat maakt dat een nadere verkenning de moeite waard is.

Wij bedanken SWECO voor het doen van het onderzoek.

Met vriendelijke groet,

Namens Programma naar een Rijke Waddenzee Namens de Waddenacademie

Ing. Wim Schoorlemmer

Prof. Dr.Ir. Katja Philippart

Waarnemend programma manager

Directeur

Inhoudsopgave

Samenvatting	5
1. Kansen voor zoute aquacultuur in het Waddengebied	6
1.1 Achtergrond	6
1.2 Doel en onderzoekvragen	8
1.3 Nadere afbakening en definities	8
1.4 Status, verantwoording en begeleiding	10
1.5 Leeswijzer	10
2. Methode	11
2.1 Zoekgebieden zoute aquacultuur	11
2.2 Aansluit- en investeringskosten	18
2.3 Slibvrachtberekeningen	19
3. Zoekgebieden zoute aquacultuur	22
3.1 Kansrijke gebieden op basis van hoogtegegevens (stap 1)	22
3.2 Nadere begrenzing op basis van lokale (fysieke) omstandigheden (stap 2)	26
3.3 Koppelkansen (stap 3)	28
4. Kosten en slibaanwas	33
4.1 Benodigde maatregelen en aansluitkosten Wad	33
4.2 Aanslibbing en in stand houding	34
5. Discussie	37
5.1 Hoogteligging maaiveld	37
5.2 Wisselpolders	37
5.3 Zeespiegelstijging	38
5.4 Meekoppelkansen	38
6. Conclusies en aanbevelingen	40
6.1 Conclusies	40
6.2 Aanbevelingen vervolgonderzoek	42

Samenvatting

Voor u ligt het rapport verkenning zoute aquacultuur Waddenzee. Dit rapport bevat de resultaten van een verkenning, uitgevoerd in opdracht van Programma naar een Rijke Waddenzee en de Waddenacademie naar de mogelijkheden en zoekgebieden voor binnendijkse zoute aquacultuur langs de vastelandskust van de Waddenzee. Daarbij ligt de focus op zoekgebieden voor dubbele dijken en wisselpolders welke hiervoor in potentie ruimte bieden. Deze verkenning is uitgevoerd met als doel de kansen welke samenhangen met onder meer de ontwikkeling van zeespiegelstijging, verzilting en dijkversterkingen voor de korte en langere termijn in beeld te brengen.

Het onderzoek heeft zich beperkt tot het binnendijks gelegen gebied langs de vastelandskust van de Waddenzee. Daarbij is gezocht naar gebieden die onder vrij verval (zonder pompen) en zonder grondverzet onder invloed van getijdenbeweging vanuit de Waddenzee kunnen worden gebracht. Dit op een zodanige manier dat (via een getijdenduiker in de dijk) dagelijks zout water in en uit deze gebieden kan stromen. Via een GIS-analyse, waarbij met name is gekeken naar de basale fysieke omstandigheden (zoals hoogteligging maaiveld, ligging infrastructuur en aansluitmogelijkheden Wad), is getracht de gebieden die hiervoor in potentie geschikt zijn in beeld te brengen. Tevens is gekeken wat globaal de (investerings)kosten zijn om deze gebieden aan te sluiten op het Wad en hoe snel deze gebieden aanslibben (en wat er voor nodig is om deze gebieden voor een langere periode geschikt te houden voor mariene aquacultuur).

Voor het in kaart brengen van de kansrijke (zoek)gebieden is zowel gekeken naar de korte (2030), middellange (2050) als langere termijn (2100). Op basis van onder meer hoogteligging en getijdenwerking komen er langs de gehele Waddenkust een 5-tal (clusters van) gebieden voor die als zoekgebied kunnen worden aangewezen. Binnen een aantal van deze gebieden liggen meekoppelkansen met dijkversterkingsprojecten en ontwikkeling van binnendijks gelegen brakke natuurgebieden. In een aantal van deze gebieden liggen mogelijk extra kansen doordat deze (op termijn) gevoelig zijn voor verzilting als gevolg van zeespiegelstijging en bodemdaling. Samenhangend met onder meer het slibgehalte en het aanwezige getijdenvenster varieert de aanslibbing in deze gebieden en neemt in oostelijke richting sterk toe (variërend van enkele millimeters tot ca. 4 cm per jaar). Om de mogelijkheden voor zoute aquacultuur binnen deze gebieden (op perceelniveau) beter in beeld te brengen is nader onderzoek noodzakelijk naar lokale en specifieke omstandigheden die hierop van invloed kunnen zijn. Daarbij is een meer brede verkenning nodig waarbij ook andere aspecten en bij voorkeur ook de sector zelf wordt betrokken. Het rapport doet hiervoor een aantal concrete aanbevelingen voor vervolgonderzoek.

1. Kansen voor zoute aquacultuur in het Waddengebied

1.1 Achtergrond

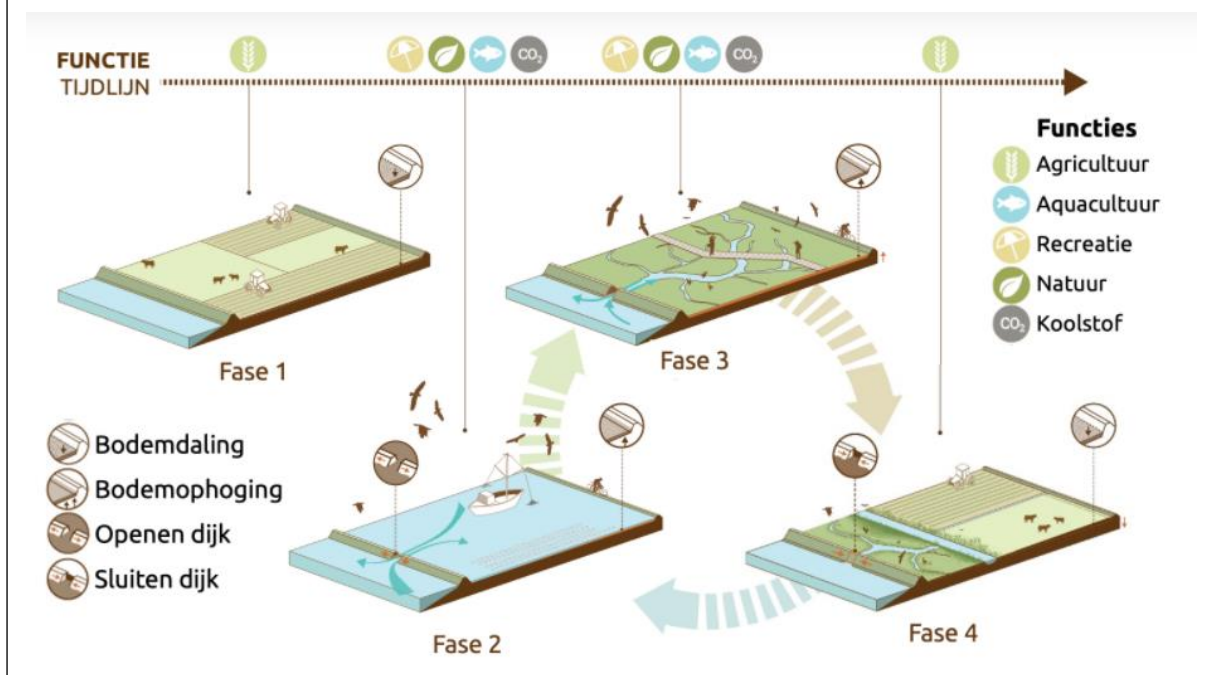
Mariene aquacultuur heeft veel potentie omdat het inspeelt op mondiale uitdagingen op het gebied van voedselvoorziening, klimaatverandering en duurzaamheid. De vraag naar gezond en duurzaam geproduceerd voedsel neemt toe. Daar staat tegenover dat de opbrengsten van zeevisserij onder druk staan door overbevissing en klimaatverandering. Mariene aquacultuur op land kan een alternatieve en duurzame oplossing zijn om aan de vraag naar zeevruchten en zeeieren te voldoen. Dat maakt het Waddengebied potentieel een bakermat voor mariene aquacultuur die voor zowel economische ontwikkeling als versterking en herstel van de ecologie kan zorgen.

Ondanks dat er al geëxperimenteerd wordt op het gebied van mariene aquacultuur in Nederland (bijvoorbeeld dubbele dijken Delfzijl, polder Wassenaar op Texel en diverse initiatieven in Zeeland), is nog wel meer kennis en ervaring vereist met het opschalen van experimenten tot haalbare businesscases. Tegelijkertijd wordt het ook steeds duidelijker dat de klimaatverandering vergt dat we voor de langere termijn kustlandschappen ontwikkelen die op een natuurlijke manier meegroeien met zeespiegelstijging door gebruik te maken van natuurlijke processen van aanslibbing: building with nature. Landschappen waarbij zolang mogelijk de golfdempende werking van de ondiepe Waddenzee wordt benut en waarbij we streven naar maximale benutting van het sediment uit het Waddensysteem door het zoveel mogelijk accommodatieruimte te geven. Toepassing van het concept van een dubbele dijk kan hier een belangrijk rol spelen. Dergelijke “tussengebieden” kunnen voor diverse doeleinden bestemd worden. Bijvoorbeeld in combinatie met kustverdediging tijdelijk als landbouwwisselpolder ter verhoging van het kustfundament en terugdringen verzilting, maar ook als natuurgebied. Voor deze studie ligt de focus op gebruik als mogelijk productiegebied voor mariene aquacultuur. In het verlengde van ervaringen met de proeflocatie voor mariene aquacultuur in Polder Wassenaar op Texel geeft deze technische verkenning inzicht in het aantal locaties en de omvang ervan dat potentieel geschikt is om onder getij te brengen. De verwachting is dat de kweektechniek van diverse aquaculturen de komende jaren verder wordt ontwikkeld tot een niveau waarop opschaling in beeld komt. Vandaar dat het nu het juiste moment is om ons alvast te oriënteren op de potentiële omvang van mariene aquacultuur op land om ons een beter beeld te kunnen vormen van het toekomstperspectief voor mariene aquacultuur langs de Waddenzee.

Kansen voor zoute aquacultuur in ‘wisselpolders’

Het principe van een wisselpolder is gebaseerd op een dubbele dijk. In de huidige zeedijk wordt een opening gemaakt, waardoor eb en vloed weer vrij spel krijgen in het achterliggende land. De zee wordt vervolgens tegengehouden door een tweede dijk: een al bestaande voormalige zeedijk, slaperdijk of nieuw aan te leggen tweede dijk. Die kan iets lager en goedkoper zijn dan de huidige zeewering, omdat de ergste kracht dan al uit het water is gehaald achter de eerste dijk. Vanwege de geringe komberging speelt het sluitingsmechanisme van getijdenduikers een belangrijke rol in relatie tot het overstromingsrisico van deze gebieden.

Het land tussen de dijken zal vervolgens langzaam ophogen door het slib dat na iedere vloed achterblijft. Afhankelijk van de locatie langs de Waddenzee en de dimensionering van de doorlaatduiker zal dit met ongeveer drie tot twintig centimeter per jaar zijn. Na een halve eeuw ligt het land tussen de dijken daarmee aanzienlijk hoger waardoor het ook meer beschermd is tegen hoog water en gevolgen van zeespiegelstijging en bodemdaling (verzilting). In de tussentijd kan er op het groeiende land aquacultuur worden bedreven, kunnen er zilte gewassen groeien en kan later weer gewone landbouw worden bedreven op de vruchtbare zeeklei. Bovendien kan een deel van de wisselpolder worden ingericht als natuurgebied voor steltlopers en andere plant- en diersoorten die van getijdegebieden afhankelijk zijn.



1.2 Doel en onderzoeksvragen

Doel van deze verkenning is door middel van een eerste onderzoek (quicksan) bovengenoemde kansen voor zoute aquacultuur in het Waddengebied te verkennen.

Voor deze verkenning zijn de volgende onderzoeksvragen geformuleerd:

- A) Inventariseer alle locaties langs de Nederlandse Waddenkust die vanwege de relevante fysieke omstandigheden in aanmerking zouden kunnen komen om onder invloed van getij te brengen. Die locaties zouden ook wat verder landinwaarts kunnen liggen. Relevante informatie die daarbij dient te worden vergaard is in ieder geval de oppervlakte, hoogteligging, bodemdaling, mate van verzilting, het lokaal tijverschil, het lokale slibgehalte van het zeewater en opties voor de doorgang tussen zout en zoet (zoals, waar zou dat kunnen, hoe groot moet die doorgang minimaal zijn om in de polder de amplitude van het getij te kunnen volgen, hoe groot kan die doorgang maximaal zijn, is het mogelijk om zowel een inlaat als een uitlaat te verwezenlijken).
- B) Maak een inschatting van de kosten voor de aansluiting van de locatie met de Waddenzee met daarbij helder aangegeven welke elementen noodzakelijk zijn voor het veilig onder invloed brengen van getij (waaronder aanleg tweede dijk of versterking van slaperdijk, evt. het graven van een kanaal, het aanbrengen van een opening in de dijk groot genoeg om het waterpeil in de polder minimaal mee te laten lopen met het getij in de Waddenzee)
- C) Bereken de tijdsperiode waarbinnen getij nog aanwezig blijft totdat de polder is opgeslibd. En bereken het tijdstip en de hoeveelheid te baggeren slib om de polder op diepte te houden zodat het gebruik voor aquacultuur in stand kan blijven, rekening houdend met zeespiegelstijging en bodemdaling (indien relevant).

1.3 Nadere afbakening en definities

Zoute Aquacultuur is een ruim begrip. Zo zijn er diverse typen en vormen van aquacultuur mogelijk en kan ook de manier waarin dagelijks wordt voorzien in toevoer en uitwisseling van zout water op verschillende manieren worden bewerkstelligd. Samenhangend met de geleidelijke opslibbing van een wisselpolder (zie tekstkader) zal in eerste instantie de focus kunnen liggen op "natte" vormen van zoute aquacultuur, zoals mosselteelt, visteelt en zeewier. Naarmate de polder verder opslibt ontstaan ook kansen voor meer "droge" vormen van aquacultuur en ook zilte teelten (zeekraal en lamsoor). In deze verkenning zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Er is uitsluitend gekeken naar het binnendijks gebied van de vastelandskust van de Waddenzee. De Waddeneilanden en vormen van zoute aquacultuur op zee of buitendijks zijn niet meegenomen.
- Gekeken is naar mogelijke locaties en zoekgebieden voor zoute aquacultuur waarbij het zoute water onder vrij verval (zonder behulp van pompen) en zonder noemenswaardige verlaging van het maaiveld dagelijks in- en uit kan stromen.

Definities

In dit rapport worden een aantal termen gehanteerd die in dit tekstkader eerst nader worden gedefinieerd.

Zoute aquacultuur

Volgens de meest strikte definitie is zoute aquacultuur de teelt van zoute gewassen en/of dieren zoals bijvoorbeeld zeewier, vis, schaal- en schelpdieren voor (menselijke) consumptie, waarvoor verversend zout water benodigd is. Binnen dit rapport wordt een bredere definitie gehanteerd in dat zilte teelten, waarvoor "brakke" condities voldoende zijn (bijvoorbeeld de teelt van zeekraal en lamsoor), ook onder de zoute teelten wordt geschaard. In deze verkenning ligt de focus vooral op de productie van dierlijke producten waarvoor permanent (open) water is vereist.

Wisselpolder

Een tussen twee dijken gelegen gebied welke onder getijdenwerking van het Wad wordt gebracht met als doel het land op te hogen, waardoor de meest landwaartse dijk minder zwaar (= kostbaar) hoeft te worden uitgevoerd, maar toch als primaire zeekering kan functioneren. Door de opslibbing veranderd de functie van het gebied in de loop van de tijd. De wisselpolder hoogt op doordat er dagelijks slibrijk water (vanuit zee) het gebied in- en uit kan stromen.

Dubbele dijken

Een dubbele dijk bestaat uit een hogere dijk aan de zeezijde en lagere dijk landinwaarts. De dijken samen beschermen het achterland tegen het hoge water.

Slaperdijk

Een in het achterland aanwezige (zee)dijk welke in het verleden dienst heeft gedaan als primaire zeekering. Slaperdijken kunnen na versterking mogelijk worden ingezet als meest landwaartse dijk van een wisselpolder en/of systeem van dubbele dijken.

Primaire kering

De langs het Wad aanwezige zeedijk die dienst doet als hoofdkering en hiermee het achterliggende land tegen overstromingen vanuit zee beschermt.

Getijdencyclus

Het als gevolg van de getijdenwerking twee keer per dag terugkerend patroon van hoog (vloed) en laag (eb) water. Het tijdstip van hoogwater en laagwater verschuift dagelijks ongeveer 50 minuten. Op de Waddenzee is er getij.

Getijdenduiker

Een duiker is een doorlaatmiddel door de primaire waterkering/zeedijk (ook vaak een kunstwerk genoemd), waardoor water kan stromen naar het achterliggende gebied. In het geval een wisselpolder, stroomt het water onder invloed van de veranderde getijde stand door vrij verval tussen het Wad en de wisselpolder heen en weer. Hierdoor treedt er uitwisseling van zout slibrijk water op tussen het (in dit geval) waddengebied en de wisselpolder.

Komberging

De komberging is de hoeveelheid water die in een gebied geborgen wordt tussen laag en hoog water, dus ook de hoeveelheid water die ieder getij het gebied instroomt. Soms wordt dit ook getijprisma genoemd, analoog aan het Engelse tidal prism.

Slibvracht

De hoeveelheid slib die met het zoute water en de getijstrooming een bepaald gebied (in dit geval een wisselpolder) binnenstroomt en daar kan bijdragen aan de (netto) opslibbing en verhoging van het maaiveld.

Zeespiegelstijging

De (verwachte) verhoging van de zeespiegel/waterstanden op zee als gevolg van klimaatwijziging.

Bodemdaling

De (verwachte) verlaging van het maaiveld als gevolg van autonome processen (bijvoorbeeld inklinking door verdergaande drooglegging en ontwatering) en delfstoffenwinning (bijvoorbeeld zout en aardgas).

- Er zijn diverse vormen en typen van zoute aquacultuur te onderscheiden. Er is in deze verkenning vooral gekeken naar mogelijke locaties en zoekgebieden voor de meer “nattere” vormen van zoute aquacultuur waarbij gebruik wordt gemaakt van de getijdendynamiek en de toestroom van benodigde voedingsstoffen dagelijks wordt aangevoerd met de in- en uitstroming (onder vrij verval) van zout water.
- In verband met de verwachte bodemdaling en zeespiegelstijging zijn mogelijke locaties en zoekgebieden voor de korte termijn (tot 2030), middellange (2050) en langere termijn (2100) in beeld gebracht.

1.4 Status, verantwoording en begeleiding

Dit rapport is met de nodige zorg samengesteld. Het betreft echter niet meer dan een eerste globale verkenning van kansrijke gebieden op basis van een aantal basale fysieke omstandigheden langs de randen van het Wad. Via een GIS-analyse zijn een aantal zoekgebieden als “vlekkenkaart” op schaalniveau van de gehele vastelandskust Waddenzee in beeld gebracht. Gezien de aard en omvang van de verkenning moeten deze gebieden echter vooral worden gezien als een eerste indicatie van gebieden welke op basis van hoogteligging bij doorsteek van de voorliggende dijken onder werking van het getij kunnen worden gebracht. Hoewel daarbij tevens een aantal koppelkansen in beeld zijn gebracht, is echter niet gekeken naar zaken als eigendomssituatie, huidig grondgebruik en effecten op de omgeving. De kaarten kennen een hoog abstractieniveau en lenen zich bijvoorbeeld niet voor het analyseren van kansen op perceelsniveau. Daarvoor is meer gedetailleerd onderzoek en informatie noodzakelijk. Naast fysieke factoren spelen daarbij bovendien meerdere criteria en (omgevings)factoren een rol voor het al dan niet kunnen benutten van dergelijke gebieden ten behoeve van zoute aquacultuur.

Voor de begeleiding van deze verkenning is een begeleidingsgroep samengesteld waarin naast PRW en Waddenacademie ook NIOZ, Wageningen Universiteit (WUR) en diverse waterschappen zitting hebben gehad. In bijlage 2 is een overzicht opgenomen van de samenstelling van deze groep.

1.5 Leeswijzer

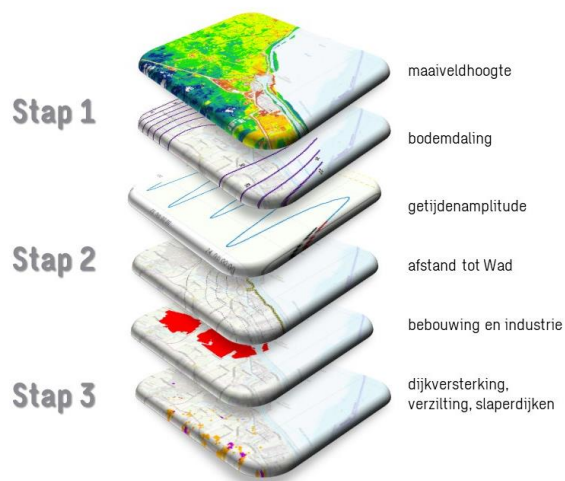
De opbouw van dit rapport volgt grotendeels de gevolgde werkwijze. Na dit hoofdstuk wordt de in deze verkenning gehanteerde werkwijze en de hierin gehanteerde uitgangspunten nader uiteen gezet. Dit zowel voor het in beeld brengen van de zoekgebieden zoute aquacultuur als het inzichtelijk maken van de aansluitkosten op het Wad en de indicatieve berekeningen voor de benodigde getijdenduiker en aanslibbing. Vervolgens worden in hoofdstuk 3 de resultaten van de verkenning gepresenteerd voor wat betreft de kansrijke gebieden. Centraal hierin staan de kaarten met daarop de zoekgebieden en koppelkansen zoute aquacultuur voor zowel de korte als de langere termijn. In hoofdstuk 4 wordt een kostenindicatie gegeven voor inrichting en aansluiting op het Wad en de mate van aanslibbing van gebieden. In hoofdstuk 5 volgt een bespreking en discussie van de gehanteerde werkwijze en resultaten in hoofdstuk 4. Hier vanuit worden tot slot in hoofdstuk 6 de belangrijkste conclusies van de verkenning gegeven en worden aanbevelingen gedaan voor vervolgonderzoek.

2. Methode

2.1 Zoekgebieden zoute aquacultuur

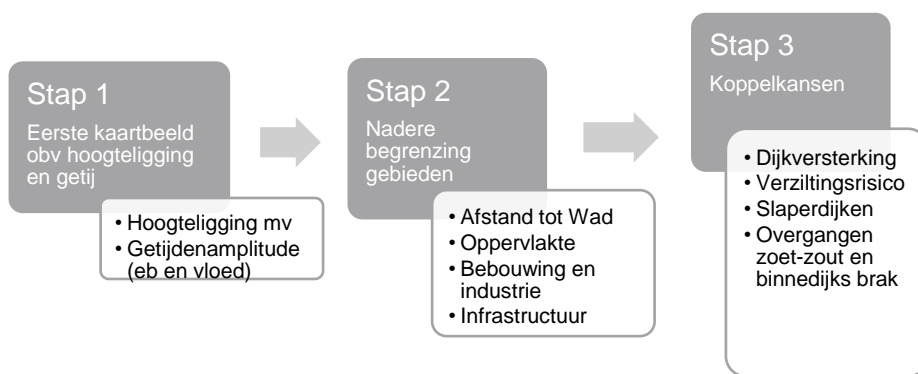
Voor het in beeld brengen van gebieden welke zich binnendijks mogelijk lenen om onder invloed van het getij te brengen is een GIS-analyse uitgevoerd. Daarbij zijn in een aantal stappen van grof naar fijn een aantal kaartlagen over elkaar heen gelegd met als resultaat zoekgebieden voor zoute aquacultuur. Figuur 1 geeft de gevolgde werkwijze schematisch weer. Achtereenvolgend zijn hierin de volgende stappen doorlopen:

- Stap 1: het vervaardigen van een eerste "ruwe" kaart van kansrijke gebieden op basis van hoogteligging maaiveld en getij.
- Stap 2: een nadere afbakening van gebieden op basis van lokale omstandigheden.
- Stap 3: het in beeld brengen van koppelkansen



Onderstaand wordt de gevolgde werkwijze en hiervoor gebruikte informatie nader uiteengezet.

Figuur 1: GIS-analyse kaartbeelden



Figuur 2: Selectiecriteria zoekgebieden zoute aquacultuur

- *Stap 1: Hoogtegegevens maaiveld relateren aan getijdenvenster*

Voor het onder getij brengen van een gebied is het noodzakelijk dat het aanwezige achterland qua hoogteligging binnen het bereik van eb en vloed komt te liggen. Ligt het achterland te hoog dan zal deze slechts bij vloed onder water lopen en bij eb geheel of grotendeels droog vallen. Ligt het achterland laag dan staat zowel bij eb als bij vloed permanent water op het maaiveld. Als eerste stap is daarom een analyse uitgevoerd waarbij de maaiveldhoogte van de binnendijks gelegen gebieden zijn gerelateerd aan het getijdenvenster van het voorliggende wad. Voor de hoogtegegevens van het maaiveld is gebruik gemaakt van de AHN2-bestanden. Voor de waterstanden buitendijks is gebruik gemaakt van de gegevens van de langs de kust gelegen meetstations van Rijkswaterstaat (zie tabel 1). Op basis hiervan is de vastelandskust opgedeeld in een aantal compartimenten waarin eenzelfde getijdenvenster wordt verondersteld. In de tabel is te zien dat het getijdenvenster/getijdenamplitude langs de Waddenzee van west naar oost sterk toeneemt van ca. 1,5 m bij Den Helder tot ca. 3 m bij Nieuwe Statenzijl.

Door het aanhouden van een brede range qua hoogteligging zijn gebieden geselecteerd die zowel geschikt zijn voor "natte" (tidal) aquacultuur als meer "droge" (subtidal) vormen van zoute aquacultuur. Als uitgangspunt is voor de hoogteligging van het binnendijks gebied een onder- en bovengrens aangehouden van resp. minimaal 1 m beneden gemiddeld hoogwater (HW) en maximaal 1 m beneden laagwater (LW) (zie figuur 3). Deze grens is vrij arbitrair gekozen. Door rekening te houden met de genoemde bovengrens van HW -1m zijn langs de kust gelegen gebieden geselecteerd die bij gemiddelde vloedwaterstand (HW) met minimaal 1 m inunderen. Bij eb kunnen deze gebieden echter droogvallen, tenzij wordt gekozen voor een hogere ligging van een getijdenduiker (of ander kunstwerk) die het water op peil houdt en daarmee leegloop voorkomt. De ondergrens van 1 m beneden laag water (LW) betekent dat gebieden zijn geselecteerd waar bij eb nog maximaal 1 m water op het maaiveld staat. Bij vloed kan de waterstand in deze gebieden dus oplopen tot wel 2,5m waterdiepte. Uit de analyse blijkt overigens dat dergelijke laag gelegen gebieden in de huidige situatie alleen in de kop van Noord-Holland voorkomen. Het naar beneden bijstellen van deze grens heeft daarmee alleen effect op de omvang van geselecteerde kansrijke gebieden in dit deel van de Waddenzee.

Output

Stap 1 heeft als resultaat een 1^e kaartbeeld met daarop een ruwe begrenzing van gebieden langs het Wad die qua hoogteligging in potentie geschikt zijn om onder invloed van getijdenwerking te brengen. Daarin zijn de categorieën onderscheiden zoals weergegeven in de tabel onderaan deze paragraaf (tabel 2). Omdat met behulp van een getijdenduiker dan wel een kunstwerk in de kering de waterstand bij eb kunstmatig hoog kan worden gehouden, is geen verder onderscheid gemaakt in gebieden die zich qua hoogteligging meer lenen voor "droge" en "natte" vormen van aquacultuur.

Tabel 1: Waterstanden meetpunten Rijkswaterstaat

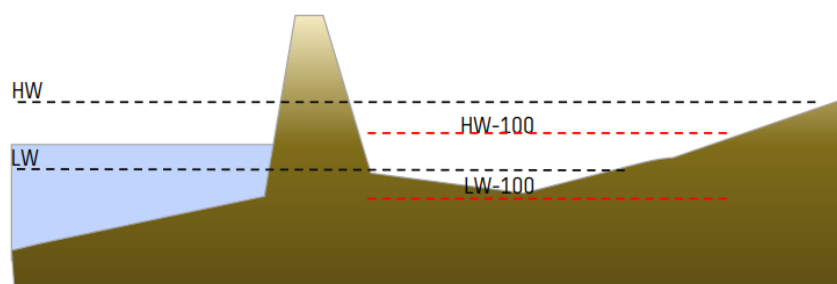
Gemiddeld tij

Meetpunt	HW-stand	LW-stand
Den Helder	61	-81
Den Oever buiten	74	-74
Harlingen	95	-99
Lauwersoog	106	-126
Eemshaven	122	-140
Delfzijl	140	-166
Nieuwe Statenzijl	147	nb



Gewenste getijdeslag - waterdiepte

- Typen zoute aquacultuur - het gaat met name om de getijdewerking. Getijdewerking kun je altijd dempen, alhoewel naast de aanvoer van vers water met voedingsstoffen ook altijd de afvoer van afvalstoffen van belang is. Vis, garnalen en zeewier.
- Uitgangspunt 1: ter plaatse van zoekgebied aquacultuur wordt het maaiveld niet vergraven.
- Uitgangspunt 2: het in- en uitlaten van zout water vindt onder vrij verval (onder invloed van (gemiddelde) getijden) plaats.
- Uitgangspunt 3: waterdiepte zoute aquacultuur 1 meter.
- Maaiveldhoogte dient minimaal 100 cm onder de hoogwaterstand (HW) te liggen en maximaal 100 cm onder de laagwaterstand (LW)



Figuur 3: Gehanteerde onder- en bovengrenzen voor zoekgebieden zoute aquacultuur

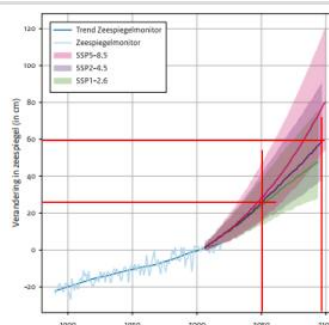
Gevolgen zeespiegelstijging en bodemdaling (2050 ev)

Naast de kansen voor de korte (2030) termijn is binnen de verkenning ook gekeken naar de gevolgen die de toekomstige zeespiegelstijging en bodemdaling hierop hebben. Daarbij zijn de gegevens over maaiveldhoogte en de getijdenamplitude zoals gebruikt in stap 1 gecorrigeerd met de verwachte zeespiegelstijging (buitendijks) en de verwachte effecten van de bodemdaling (binnendijks).

Als gevolg van klimaatwijziging zal de waterstand in de Waddenzee de komende decennia steeds verder gaan stijgen. Gelijktijdig daalt het maaiveld in het achterland als gevolg van winning van aardgas en zout, maar ook een verdere inklinking van de bodem als gevolg van ontwatering. Beide effecten versterken elkaar. De mate waarin dit gebeurt is echter sterk afhankelijk van de snelheid waarin het klimaat daadwerkelijk wijzigt en de mate waarin wij er in slagen deze opwarming tegen te gaan. Duidelijk is wel dat dat dit ook de komende decennia invloed zal hebben op de waterstanden langs de Waddenkust. Naar verwachting zullen zowel de gemiddeld hoogwaterstanden (HW) als de gemiddeld laagwaterstanden (LW) verder gaan stijgen. Het KNMI heeft hiervoor scenario's ontwikkeld die regelmatig worden bijgesteld aan de nieuwste inzichten (zie onderstaande figuur). In deze scenario's wordt zowel rekening gehouden met een langzame, gemiddelde en snellere zeespiegelstijging. Op basis van deze informatie is een inschatting gemaakt van de wijziging van HW en LW voor de verschillende meetstations langs het Wad (uitgaande van gemiddeld scenario). Tezamen met de verwachte bodemdaling in deze periode is deze informatie vervolgens gebruikt voor het maken van een kaartbeeld waarop de gebieden staan weergegeven die in de toekomst qua maaiveldhoogte en verwachte waterstanden op het wad onder invloed van het getij kunnen worden gebracht.

Zeespiegelstijging

- KNMI Klimaatsignaal'21
- Korte/middellange termijn (2050) +24 cm
- Lange termijn (2080) +60 cm



Figuur 4.2 Zeespiegel aan de Nederlandse kust zoals waargenomen en volgens de nieuwe, indicatieve zeespiegelprojecties. De getrokken lijnen in groen, paars, rood geven de mediaan aan van die projecties, het gekleurde gebied de 90%-bandbreedte. Het nulpunt van de mediaanlijnen ligt bij het jaar 2005; de bandbreedte in 2005 komt overeen met de natuurlijke variabiliteit.

Meetpunt	2050		2100	
	HW-stand	LW-stand	HW-stand	LW-stand
Den Helder	85	-57	121	-21
Den Oever buiten	98	-50	134	-14
Harlingen	119	-75	155	-39
Lauwersoog	130	-102	166	-66
Eemshaven	146	-116	182	-80
Delfzijl	164	-142	200	-106
Nieuwe Statenzijl	171	-176*	207	-132*

* aanname

Tabel 2: categorieën

Categorie	Hoogteligging gebied tov getij
Geschikt	Het gebied ligt tussen gemiddeld hoog water -1 m en -1 m laag water.
Ongeschikt	Het gebied ligt hoger dan gemiddelde waterstand (HW) van het voorliggende Wad

- *Stap 2: Nadere begrenzing zoekgebieden*

Het resultaat van stap 1 geeft een eerste ruwe begrenzing van gebieden welke op basis van (relatieve) hoogteligging in potentie geschikt zijn om onder invloed te brengen van getijdenwerking. In stap 2 is getracht te komen tot een nadere begrenzing van zoekgebieden op basis van lokale (fysieke) omstandigheden. Daarin zijn de volgende factoren betrokken (zie ook figuur 2):

Oppervlakte

Hoewel dit sterk afhankelijk is van de teelt(wijze) en vorm van aquacultuur is als minimaal areaaleis voor zoute aquacultuur een oppervlakte aangehouden van 10 ha. Daarbij gaan we er vanuit dat kleinere gebieden niet geschikt zijn om te worden ingericht. Overigens zijn op de kaartbeelden wel deze kleinere gebieden weergegeven.

Afstand tot Wad

Het mooiste is als een groter aaneengesloten gebied direct grenzend aan de primaire kering kan worden ingericht als wisselpolder en (een deel hiervan) geschikt kan worden gemaakt voor zoute aquacultuur. Dat sluit technisch gezien niet meteen uit dat meer landinwaarts gelegen gebieden hiervoor ook geschikt kunnen worden gemaakt. In dit geval is het echter nodig de afstand tot aan zee te overbruggen met een geul/verbindingskanaal, waarbij zowel het gebied zelf als het verbindingswater wordt omgeven door kaden. Omdat dit gepaard gaat met veel grondverzet en hoge kosten is in deze verkenning een (arbitraire) grens aangehouden van ca. 5 km. De gebieden die buiten deze grens vallen liggen daarmee te ver landinwaarts en worden als niet kansrijk gekwalificeerd.

Een uitzondering hierop vormen de gebieden welke weliswaar verder landinwaarts liggen, maar waar in de huidige situatie reeds een uitwaterings- of verbindingskanaal met de zee aanwezig is. Dit betreft in principe de huidige afwateringspunten langs de Waddenkust. Hoewel hiermee de beschikbare infrastructuur en (water)verbinding aanwezig is, wil dit echter niet zeggen dat deze ook daadwerkelijk voor dit doel kan worden ingezet. Dit zou alleen kunnen gelden voor die gebieden waar het toelaten van zout water en getijdenwerking (geleidelijk overgangen van zoet naar zout) niet conflicteren met de overige functies in het betreffende gebied. Omdat dit nader onderzoek en een bredere verkenning vereist is dit buiten de scope van dit onderzoek gelaten. Daar waar plannen aanwezig zijn voor een meer geleidelijke overgang van zoet naar zout (en binnendijks brakke natuurgebieden) is dit wel meegenomen met de koppelkansen in stap 3.

Aanwezigheid bebouwing en industrie

De inrichting van wisselpolders en zoute aquacultuur vraagt om fysieke ruimte. Uiteraard kunnen deze niet worden ontwikkeld binnen de dorpskernen en het stedelijk gebied, dan wel op gronden waar momenteel industrie en bebouwing aanwezig is. Deze gebieden zijn daarmee als niet kansrijk gekwalificeerd en “wit” gelaten op betreffende kaartbeeld. Dit met uitzondering van de verspreid in het buitengebied gelegen woningen. Voor de begrenzing van deze gebieden is de “erfgrens” aangehouden zoals vermeld op de GBKN-kaart.

Infrastructuur en aanwezigheid voorland

Hoewel vanwege de mogelijke werking aanvankelijk was bedacht om de aanwezigheid van kwelders (buitendijks voorland) als criterium mee te nemen is hier bij nader in zien toch van afgeweken. Hoewel kwelders in potentie een barrière vormen voor de aansluiting van binnendijks gelegen gebieden op het Wad blijkt in de praktijk dat hier mogelijk goed kan worden aangesloten op de bestaande afwateringsstelsels van deze gebieden. Deze zijn hier destijds als gevolg van de landaanwinningswerken aangelegd en worden op veel plekken nog steeds goed onderhouden. In geval van kwelders waarbij sprake is van een “zomerpolder”¹ is aansluiting echter niet zonder meer mogelijk en moeten wellicht extra maatregelen worden genomen. Dit in de vorm van kaden langs de door deze gebieden aan te leggen verbindingssloten naar het Wad. Omdat dergelijke gebieden feitelijk alleen langs de Friese kust (Fryslân Bûtendyks) voorkomen en de aansluitmogelijkheden door deze gebieden nader onderzoek behoeven, is dit in onderhavige verkenning niet meer meegenomen.

- *Stap 3: Koppelkansen*

Als laatste stap zijn een aantal (fysieke) ontwikkelingen en meekoppelkansen geïdentificeerd die de kans op realisatie van wisselpolders en zoute aquacultuur langs de Waddenkust mogelijk kunnen vergroten. Deze kansen zijn zo veel mogelijk² meegenomen in de vervaardigde kaartbeelden. Waar deze raken dan wel een overlap kennen met de kansrijke gebieden uit stap 1 en 2 worden de kansen mogelijk vergroot. De volgende (meekoppel)kansen zijn in beeld gebracht.

Dijkversterkingsprojecten

De focus van deze verkenning ligt sterk op de kansen voor zoute aquacultuur tussen dubbele dijken en wisselpolders. Hiervoor is het noodzakelijk dat aansluitend op de huidige zeedijk (primaire) kering in het achterland een tweede kering (ringdijk) wordt aangelegd. Door deze met dubbele dijken gecreëerde intergetijdengebieden kan door opslibbing de kustzone meegroeien met de zeespiegelstijging. Hierdoor kan de levensduur van keringen mogelijk worden verlengd en zijn deze minder snel weer aan een volgende versterkingsronde toe. Vanuit het Hoogwaterbeschermingsprogramma wordt ook de komende jaren nog hard gewerkt aan dijkversterkingen. Dit met als doel de dijken voor 2050 weer veilig te maken zodat deze weer aan de normen kunnen voldoen. Binnen deze projecten is steeds meer aandacht voor meer natuurlijke oplossingen en meekoppelkansen voor andere ruimtelijke

¹ Dit zijn buitendijks gelegen gebieden (kwelders) met een eigen waterpeil welke door middel van een lage kade/rug zijn afgesloten van het Wad en alleen gedurende het winterhalfjaar (stormseizoen) onder water kunnen lopen.

² Hoewel de meekoppelkansen in dit rapport in algemene zin zijn beschreven, is het niet mogelijk gebleken deze alle op kaartbeeld weergegeven. Dit vanwege de soms nog onzekere status van sommige projecten. Gekozen is daarom alleen de dijkversterkingsprojecten volgens HWBP-programmering op te nemen.

maatschappelijke opgaven. Dit biedt mogelijk ook kansen voor dubbele dijken en zoute aquacultuur.

In verband met zeespiegelstijging en bodemdaling is het noodzakelijk de zeedijken langs de Waddenkust regelmatig (om de 20 a 30 jaar) te versterken. De huidige dijkversterkingsprojecten beogen veilige dijken tot in ieder geval 2050. Gebieden en dijkvakken waar de komende jaren nog aan dijkversterking moet worden gewerkt bieden mogelijk ook kansen voor zoute aquacultuur. Dit geldt in mindere mate voor dijkvakken en gebieden waar deze versterking al heeft plaatsgevonden, dan wel waar reeds keuzes zijn gemaakt en welke zich momenteel in de voorbereidende fase van planuitwerking en realisatie bevinden. Op kaartbeeld met zoekgebieden is daarom ook informatie opgenomen met betrekking tot de status van voorliggende dijk (primaire kering). Daarbij is gebruik gemaakt van het interactief overzicht HWBP-projecten 2022-2027, waarbij een indeling is aangehouden zoals weergegeven in onderstaande tabel (3).

Tabel 3: Status meekoppelkans dijkversterking

Status	Omschrijving	Meekoppelkans
Geen opgave	Tot 2027 geen veiligheidsopgave	Kansen op langere termijn
Verkenning	Nog geen voorkeursoplossing bepaald	Kansen op kortere termijn
Planuitwerking	Voorkeursoplossing staat vast	Matige kans
Realisatie	Werk in uitvoering	Geringe kans
Afgerond	Werkzaamheden afgerond	Geen

Voormalige zeedijken en slaperdijken

Zoals boven beschreven is voor de realisatie van een wisselpolder dan wel de inrichting van een binnenbedijkt gebied voor zoute aquacultuur de aanleg van een extra kering/dubbele dijk in het achterland noodzakelijk. Waar mogelijk kan hierbij worden aangesloten op reeds in het achterland aanwezige bestaande voormalige zeedijken en/of slaperdijken. Dit zijn veelal dijken die hier nog liggen vanuit de inpolderingsgeschiedenis. Deze dijken zijn op betreffende kaartbeelden als kans weergegeven. Er heeft in het kader van deze verkenning echter geen verder onderzoek plaats gevonden naar de geschiktheid van deze oude dijken en slaperdijken.

Verziltingsrisico

Als gevolg van de toenemende zeespiegelstijging en bodemdaling krijgen sommige gebieden in de kuststrook de komende decennia steeds vaker te kampen met verziltingsproblemen. Hierdoor komt ook het huidige grondgebruik in dergelijke gebieden steeds meer onder druk te staan en dient op termijn mogelijk zelfs een transitie plaats te vinden naar andere vormen van grondgebruik. In dergelijke gebieden doen zich mogelijk ook kansen voor voor zoute aquacultuur. Deze verziltingsgevoelige gebieden zijn daarom als kans op kaart gezet. Daarbij is gebruik gemaakt van de hiervoor reeds eerder opgestelde kaartbeelden en beschikbaar gestelde bestanden. Daar waar deze gebieden raken aan dan wel een overlap kennen met de kansrijke gebieden van stap 1 en 2 worden de kansen voor dubbele dijken dan wel zoute aquacultuur mogelijk vergroot.

Uitwateringspunten

Voor zoute aquacultuur is het noodzakelijk dat de gebieden worden aangesloten op het Wad. Hiervoor is een doorgang in de dijk (primaire kering) noodzakelijk. Voor gebieden welke verder landinwaarts liggen is daarnaast ook een verbindingskanaal noodzakelijk. Waar mogelijk kan hierbij worden aangesloten dan wel gebruik worden gemaakt van reeds bestaande infrastructuur en uitwateringspunten langs het Wad. In deze situaties is reeds een doorgang in de vorm van bijvoorbeeld een gemaal of sluis in de dijk aanwezig en kan mogelijk gebruik worden gemaakt van bestaande waterlopen die de in het achterland liggende gebieden reeds met het Wad verbinden. Hoewel het hier gaat om de bekende uitwateringspunten langs de kust moet wel worden opgemerkt dat deze niet zonder meer voor dit doel kunnen worden gebruikt. Betreffende punten hebben namelijk een belangrijke functie in de afwatering van achterliggende stroomgebieden en beschermen hiermee het achterland tegen overstromingen. Ook het toelaten van getijdenwerking in dergelijke gebieden kan tot problemen leiden met de waterafvoer dan wel het bestaande grondgebruik. Nader onderzoek is daarom noodzakelijk in hoeverre dergelijke gebieden hiervoor geschikt kunnen worden gemaakt (zie ook overgangen zoet-zout).

Overgangen zoet-zout en binnendijks brak

Als laatste is gekeken naar de bestaande plannen en ideeën voor wisselpolders langs de Waddenkust, incl. meekoppelkansen zoet-zout en plannen voor binnendijks brak. Dergelijke plannen liggen er bijvoorbeeld in de kop van Noord-Holland, bij Harlingen, Holwerd aan Zee, Lauwersmeer, Noordpolderzijk, Delfzijk en langs het Eems-Dollard estuarium (VLOED). Om deze plannen te kunnen realiseren is ook een doorgang door de dijk noodzakelijk om het achterliggende gebied onder invloed van getijdenwerking te kunnen brengen. Deze ideeën en plannen bieden daarbij mogelijk ook kansen voor zoute aquacultuur. Hoewel deze plannen op kaart zijn gezet is het lang niet altijd zeker of deze ook daadwerkelijk worden gerealiseerd. Omdat deze projecten zich nog in de initiërende dan wel verkennende fase bevinden moet in veel gevallen de definitieve besluitvorming hierover ook nog plaats vinden. Veelal is bij de betreffende provincie echter wel actuele informatie van betreffende projecten op te vragen.

2.2 Aansluit- en investeringskosten

Om een inschatting te kunnen maken van de kosten voor inrichting van de gebieden en aansluiting op en onder getij brengen van het Wad is in eerste instantie een inschatting gemaakt van de hiervoor benodigde maatregelen (zie tabel 4). Naast een doorvoer in de dijk (primaire kering) is daarbij zowel rekening gehouden met benodigde maatregelen binnendijks als buitendijks. Gebruik is gemaakt van kengetallen en (beperkte) ervaringscijfers van elders. Hoewel hiermee een gemiddelde kostenindicatie is gegeven kunnen investeringskosten lokaal sterk verschillen. Naast de in de inleiding reeds benoemde punten zijn voor de kostenraming aanvullend de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- uitgegaan is van een gebied van ca. 10 ha groot met een benodigde doorgang in de dijk via een getijdenduiker;
- de gebieden krijgen een zelfstandige inrichting en aansluiting (met een aparte doorgang) op het Wad;

- rondom de gebieden is een kade en kwelsloot noodzakelijk om het omliggende gebied te beschermen tegen hoog water en de negatieve effecten op de omgeving te voorkomen (vernatting en verzilting);
- in de berekeningen wordt uitgegaan van een gesloten grondbalans, waarbij de benodigde grond voor aanleg van (interne) kaden ter plekke kan worden gewonnen;
- in de berekening is tevens een stelpost opgenomen voor bijkomende plankosten (maken van een inrichtingsplan, vergunningen en procedures en bestek) en voorbereidings- en uitvoeringskosten (maken bestek, inschakelen aannemer, tijdelijke voorzieningen, directie en toezicht, enz);
- voor de aanleg van de dubbele kering in het achterland is uitgegaan van een kade/dijklichaam met relatief beperkte hoogte³;
- geen rekening is gehouden met kosten beheer en onderhoud⁴.

Het los van andere functies en meekoppelkansen aansluiten en inrichten van geschikte gebieden brengt uiteraard hoge kosten met zich mee. Het spreekt voor zich dat in die gevallen waarbij gebruik kan worden gemaakt van bestaande infrastructuur dan wel de mogelijkheden voor meekoppeling met andere projecten (dijkversterking, slaperdijken, overgangen zoet-zout, binnendijks brak) kunnen worden benut, sterk op de kosten voor inrichting en aansluiting kan worden bespaard.

Tabel 4: maatregelen

Maatregelen binnendijks	Maatregelen doorgang dijk	Maatregelen buitendijks
Graven toevoerkanaal	Aanleg van een getijdenduiker (al dan niet met drempel)	Graven geul naar Wad
Graven kwelsloot rondom gebied		Beschermende maatregelen primaire kering
Aanleg kaden/dijken rondom gebied		

2.3 Slibvrachtberekeningen

Om een indicatie te kunnen geven van de tijdsperiode waarbinnen getij nog aanwezig blijft totdat de polder is opgeslibd en de benodigde inspanning die nodig is om het achterliggende gebied voor zoute aquacultuur in stand/op diepte te kunnen houden, zijn een aantal volume- en slibvrachtberekeningen uitgevoerd. De slibaanwas is afhankelijk van vele variabelen waaronder:

- omvang en hoogteligging in te richten gebied
- getijslag binnendijks
- grootte van inlaatduiker
- hoogteligging en dimensionering getijdenduiker
- concentratie slib in binnenkomend water

³ De benodigde hoogte van ringdijken hangt sterk samen met het kombergingsvolume en (veilige) sluitingsmechanisme van in te richten gebieden.

⁴ Vanwege de mogelijk gebruik van en combinatie met wisselpolders (ten behoeve van kustophoging) zijn ook baggerkosten niet meegenomen.

- korrelverdeling slib

Met behulp van het 1D-model SOBEK zijn voor een 3-tal fictieve gebieden langs de Waddenkust (Noord-Holland, Friesland en Groningen) een aantal scenario's doorgerekend. Deze gebieden kennen eenzelfde omvang, maar variëren in getij en slibconcentraties. De waarde van de variabelen is gebaseerd op de gebiedskenmerken uit de GIS-analyse. Per gebied zijn twee scenario's⁵ doorgerekend:

- Scenario 1: hoogliggend binnendijks gebied en kleine duiker (3 m breed)
- Scenario 2: laagliggend binnendijks gebied en grote duiker (10 m breed)

Om een indicatie te krijgen van de inkomende en uitgaande watervolumes is voor zes varianten (zie tabel 5) een simpele hydrodynamische berekening uitgevoerd met het model SOBEK.

Tabel 5: varianten

	Noord Holland Scenario 1	Noord Holland Scenario 2	Friesland Scenario 1	Friesland Scenario 2	Groningen Scenario 1	Groningen Scenario 2
Grootte gebied (hectare)	20	20	20	20	20	20
Min. waterstand buitendijks (cm+NAP)	-77.5	-77.5	-112.5	-112.5	-166	-166
Max. waterstand buitendijks (cm+ NAP)	67.5	67.5	100.5	100.5	140	140
Breedte inlaatduiker (m)	10	3	10	3	10	3
Hoogte inlaatduiker (m)	-0.8	0.4	-0.8	0.4	-0.8	0.4
Hoogte binnendijks gebied (NAP)	-0.8	0.4	-0.8	0.4	-0.8	0.4

Op basis van verschillende data en informatiebronnen is een inschatting/aanname gemaakt van de slibgehalten en transporten. Daarbij is onder meer gebruik gemaakt van de volgende informatie en zijn de volgende aannames en uitgangspunten gehanteerd:

- Rapport NIOZ, 2018, Waterkwaliteit metingen in het Eems estuarium voor kokkelweek.
- Slibgehalten (SPM) op basis van metingen. Deze variëren door de Waddenzee en dus voor de drie verschillende gebieden.
- Percentage anorganisch materiaal is inschat op circa 25% op basis van metingen.
- Eerder uitgevoerde 2D modelstudie Dubbele Dijk en studie van Tauw van Polder Breebaart.
- Droge dichtheid slib 1600 kg/m³ (aanname).

⁵ Gezien het aantal variabelen zijn er in principe heel veel combinaties en scenario's mogelijk. Deze twee zijn gekozen als twee extremen om op deze manier een indicatie en bandbreedte te kunnen schetsen.

- Valsnelheid van slib varieert sterk en is afhankelijk van deeltjesgrootte. Grote deeltjes zinken 300 m/ dag en kleine deeltjes 0.3 m/dag. Op basis hiervan kunnen we er vanuit gaan dat bijna alle deeltjes bezinken binnen de periode van het getij.
- Door stroming en turbulentie zal een deel echter weer in suspensie worden gebracht en met het water mee terug naar buiten stromen.
- Op basis van indicatieve 2D berekeningen bleek dat ca. 95% achterblijft bij een korrelgrootte van 32 micrometer. Terwijl slechts circa 50% achterblijft bij een korrelgrootte van 10 micrometer.
- Omdat niet precies bekend is wat de korrelverdeling is en het om een indicatieve berekening gaat is gekozen deze twee waarden als bandbreedte te gebruiken in de berekeningen.

	Noord Holland Scenario 1	Noord Holland Scenario 2	Friesland Scenario 1	Friesland Scenario 2	Groningen Scenario 1	Groningen Scenario 2
Slibgehalte (SPM in mg/l)	25	25	110	110	125	125
Percentage anorganisch	75%	75%	75%	75%	75%	75%
Slibgehalte anorganisch (mg/l)	18.75	18.75	82.5	82.5	93.75	93.75
Percentage slib dat achterblijft minimaal	50%	50%	50%	50%	50%	50%
Percentage slib dat achterblijft maximaal	95%	95%	95%	95%	95%	95%

Voor alle zes varianten is het achterblijvende slib per getijslag berekend op basis van slibgehalte en volumes van het verversende water. Dit is omgezet naar aantal centimeters aanslibbing per jaar. De berekeningen zijn gemaakt voor zowel 50% als 95% achterblijvend slib om zo een bandbreedte van slibvang aan te kunnen geven per variant.

3. Zoekgebieden zoute aquacultuur

In dit hoofdstuk worden per stap de resultaten van de analyse zoekgebieden zoute aquacultuur besproken. Daarbij worden in paragraaf 3.1 eerst de resultaten op basis van hoogtegegevens maaiveld en getijdewerking (stap 1) besproken. Vervolgens wordt in paragraaf 3.2 en 3.3 de resultaten van de nadere afbakening (stap 2) van zoekgebieden en de koppelkansen (stap 3) besproken. Deze stappen leiden uiteindelijk tot de kansenkaart(en) zoals opgenomen in bijlage 1.

3.1 Kansrijke gebieden op basis van hoogtegegevens (stap 1)

Op basis van de uitgevoerde GIS-analyse is een kaartbeeld samengesteld zoals opgenomen op kaartbeeld 1. Deze kansenkaart geeft een beeld van de binnendijks gelegen gebieden welke in de huidige situatie qua hoogteligging en (huidige) waterstanden op het Wad in potentie geschikt zijn om onder getijdenwerking te brengen. Op de kaart is te zien dat deze gebieden zich feitelijk concentreren tot een aantal locaties of clusters van gebieden langs de Waddenkust zoals weergegeven in tabel 6.

Tabel 6: Indicatie areaal geschikt potentieel gebied zoute aquacultuur

Gebied	Geschatte oppervlakte
Kop van Noord-Holland	1.500 ha
Gebied rond Harlingen	1.300 ha
Voormalige Middelsee*	1.000 ha
Rond het Lauwersmeer	2.000 ha
Delfzijl en Eems-Dollard	10.000 ha

*Let op! Wel hoge rug (kwelder/oeverwal) aanwezig.

Kaartbeeld 1: Geschiktheid op basis van hoogteligging maaiveld en waterstanden buitendijks (zichtjaar 2030)



Het betreft de (van ouds) laag gelegen gebieden en droogmakerijen langs het Wad welke de afgelopen decennia als gevolg van winning van aardgas en zout en inklinking van veen nog lager zijn komen te liggen. Met name de gebieden in de kop van Noord-Holland, rond het Lauwersmeer (Marnewaard) en het gebied rond Delfzijl en de Eems-Dollard kennen daarbij een directe ligging aan zee welke alleen door de zeedijk (primaire) kering is afgesloten van het Wad. De overige gebieden kennen weliswaar ook kansrijke gebieden, maar deze liggen veelal verder landinwaarts (en zijn daardoor mogelijk minder kansrijk).

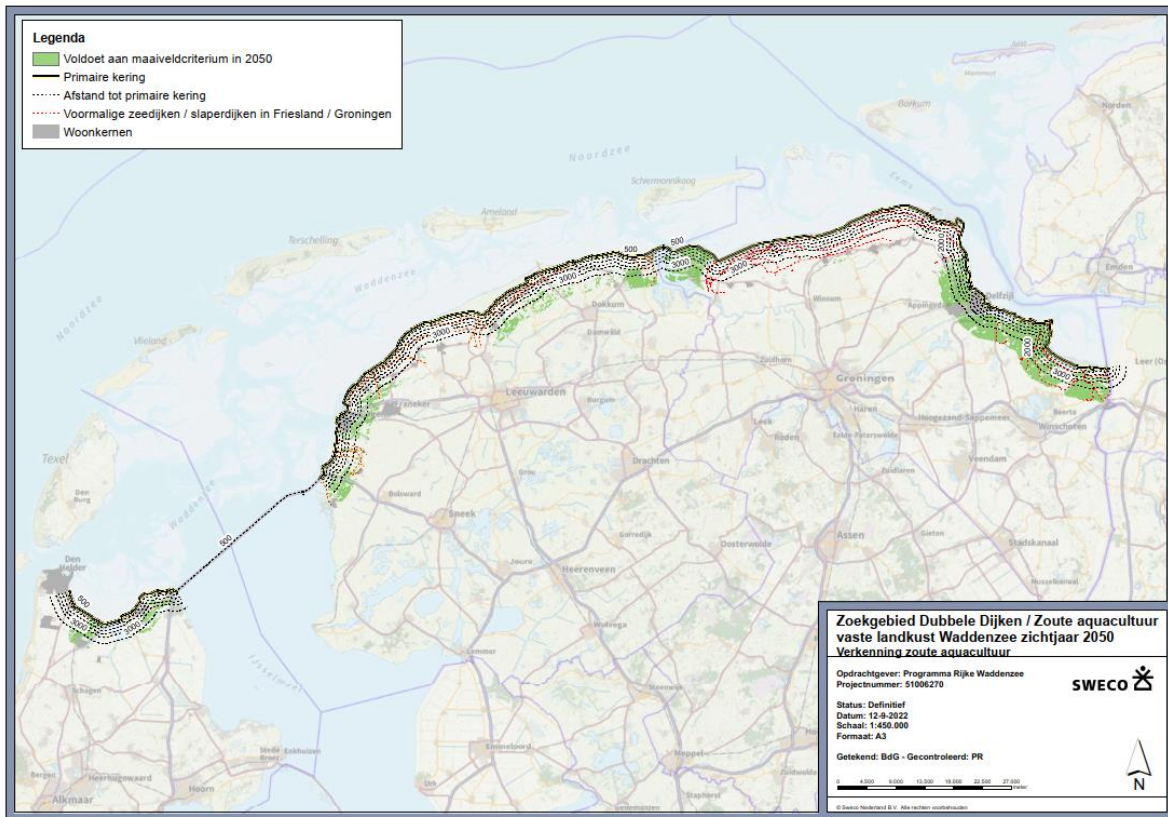
In de overige (tussenliggende) gebieden ligt het maaiveld veelal te hoog, zodat deze gebieden zelfs bij vloed niet overstromen en/of bij eb het achterliggende grondgebied langdurig droog komt te vallen.

Zeespiegelstijging en bodemdaling

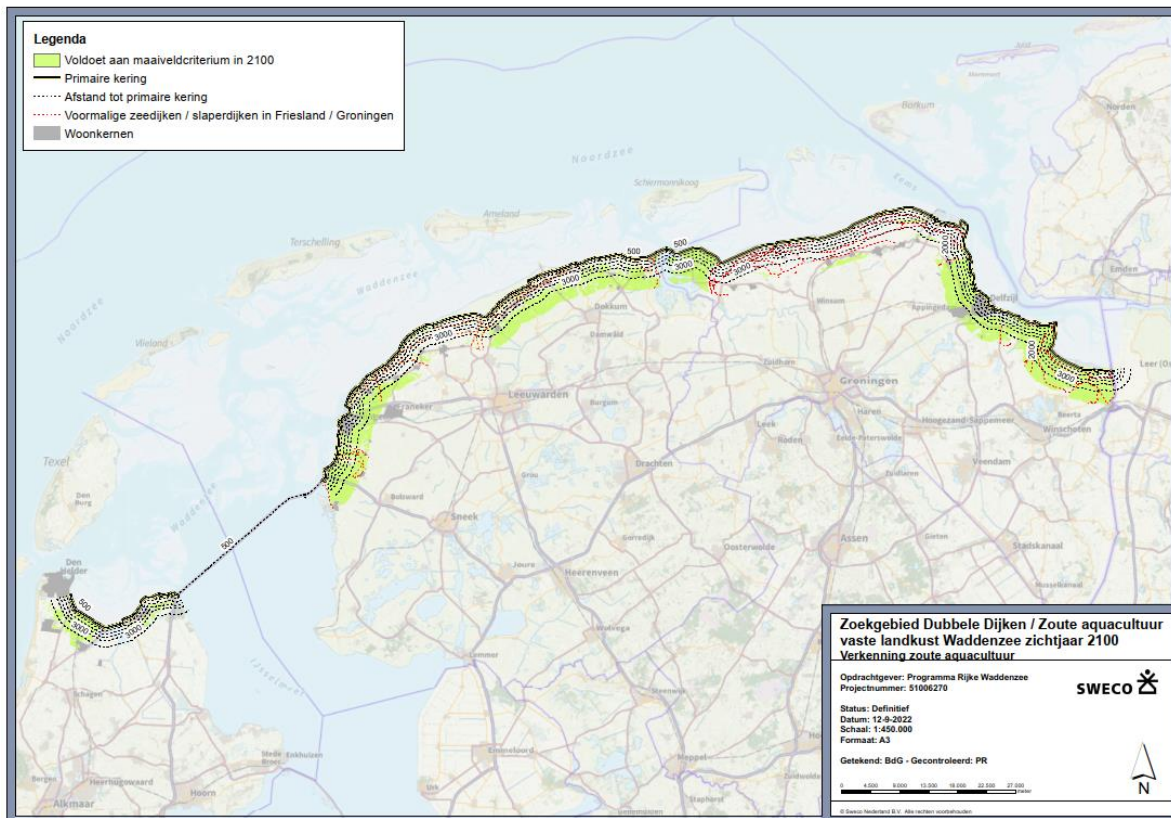
Op kaartbeeld 2 en 3 is ook de verwachte situatie in 2050 en 2100 weergegeven op basis van de verwachte zeespiegelstijging (middenscenario) en bodemdaling. Op deze kaartbeelden is te zien dat het areaal aan gebieden die langs de Waddenkust onder getijden kan worden gebracht aanzienlijk is vergroot. Echter, ook in deze situatie blijven sommige gebieden (met name langs het centrale deel van de Friese kust) nog gescheiden door een hogere rug (voormalige kwelderwal) in het landschap van de Waddenzee. Dit geldt niet voor de situatie 2100 waarbij is gerekend met het worst-case-scenario voor zeespiegelstijging. In deze situatie blijkt dat de waterstanden op zee dan zodanig hoog zijn gestegen, dat het maaiveld nergens meer hoog genoeg is en vrijwel de gehele Waddenkust onder zeeniveau en het bereik van getijden komt te liggen.

Uit het kaartbeeld 2100 is ook te zien dat enkele kansrijke gebieden uit 2030 op dat moment reeds zo ver (relatief) zijn weg gezakt dat deze daarmee feitelijk weer ongeschikt zijn geworden. Dit omdat bij vloed in dergelijke gebieden een te grote waterdiepte zou ontstaan (enkele meters) die vanwege risico stratificatie en zuurstofloosheid niet of minder geschikt zijn voor zoute aquacultuur. Dit effect is het ergst in de droogmakerijen in de kop van Noord-Holland welke momenteel ook al erg laag liggen. Als dergelijke gebieden in de toekomst zouden worden ingericht als wisselpolder of voor zoute aquacultuur is het ook maar zeer de vraag in hoeverre deze "achterstand" door natuurlijke aanslibbing nog (versneld) kan worden ingelopen (en de aanslibbing hier nog voldoende is om de bodemdaling bij te kunnen houden).

Kaartbeeld 2: Geschiktheid op basis van hoogteligging maaiveld en waterstanden buitendijks (zichtjaar 2050)



Kaartbeeld 3: Geschiktheid op basis van hoogteligging maaiveld en waterstanden buitendijks (zichtjaar 2100)



3.2 Nadere begrenzing op basis van lokale (fysieke) omstandigheden (stap 2)

Kaartbeeld 4a t/m 4e geeft een meer gedetailleerd beeld van de zoekgebieden stap 1. In deze kaartbeelden zijn ook de bebouwde gebieden en aanwezige (bovengrondse) infrastructuur meer duidelijk te zien. Gebieden kleiner dan 10 ha zijn uitgefilterd. Op de kaartbeelden zijn ook de koppelkansen voor wat betreft de verzilting en dijkversterkingsprojecten alvast weergegeven. Ze vormen daarmee feitelijk een uitsnede/vergroting van de 5 (clusters van) zoekgebieden zoals opgenomen in de kansenkaart van bijlage 1.

Kop van Noord-Holland

In de kop van Noord-Holland komen op enige afstand van de kust grote aaneengesloten gebieden voor die zich qua hoogteligging in potentie lenen voor zoute aquacultuur. De gebieden liggen echter veelal van de zee gescheiden door bestaande (natte en droge) infrastructuur als sloten en wegen. Het betreft een grootschalig landschap van de voormalige droogmakerijen. Het gebied is voornamelijk in gebruik als landbouwgrond. Industrie en bebouwing komen in minder mate voor.

Gebied rond Harlingen

Ook in het gebied rond Harlingen komen op enige afstand van de kust grotere, maar ook kleinere aaneengesloten gebieden voor die zich qua hoogteligging in potentie lenen voor zoute aquacultuur. De gebieden liggen echter veelal van de zee gescheiden door de stad Harlingen en bestaande (natte en droge) infrastructuur, waaronder het Westerzeedijkgebied en de A31. Het natuurgebied Hegewiersterfjild biedt in potentie mogelijkheden voor koppelkansen.

Voormalige Middelsee

Centraal langs de Friese Waddenkust komen verspreid in het achterland gebieden voor die zich qua hoogteligging in potentie lenen voor zoute aquacultuur. Het gebied is open van karakter en spaarzaam bebouwd. De aanwezige hoge (kwelder)rug vormt echter een barrière voor aansluiting op het Wad. Hierdoor liggen de gebieden wat verder landinwaarts en moet een relatief grote afstand worden overbrugd tot aan het Wad. Buitendijks vormen de kwelders mogelijk een belemmering voor de inrichting van meer grootschalige gebieden voor zoute aquacultuur.

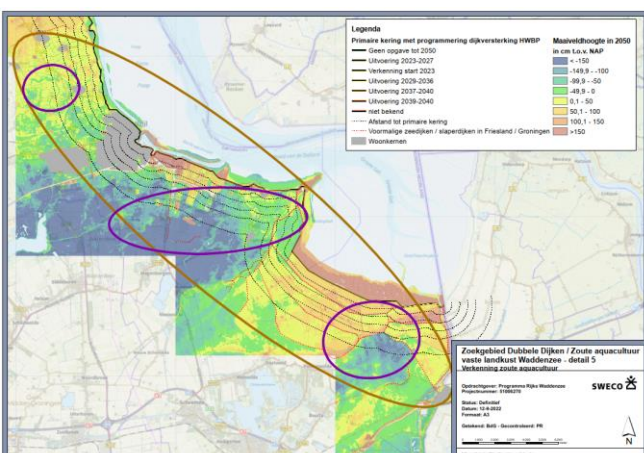
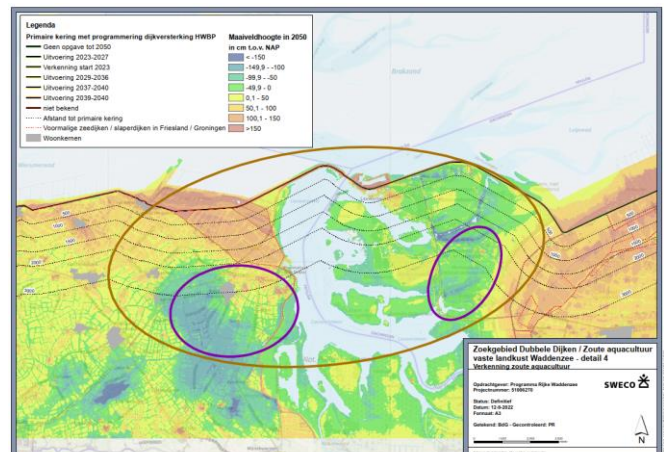
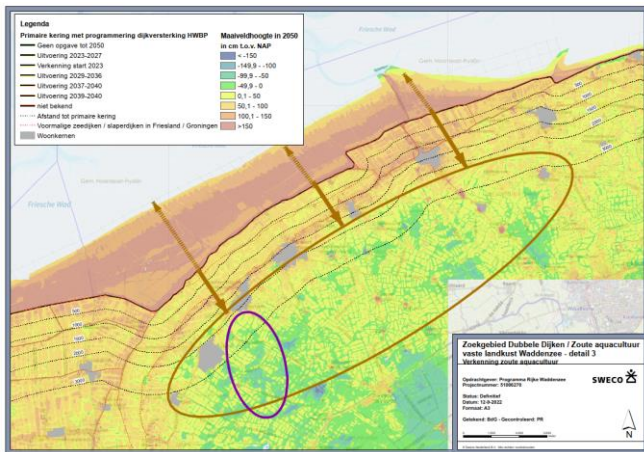
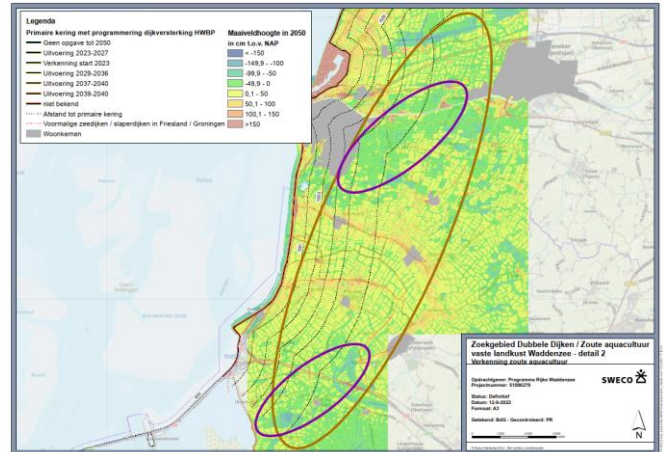
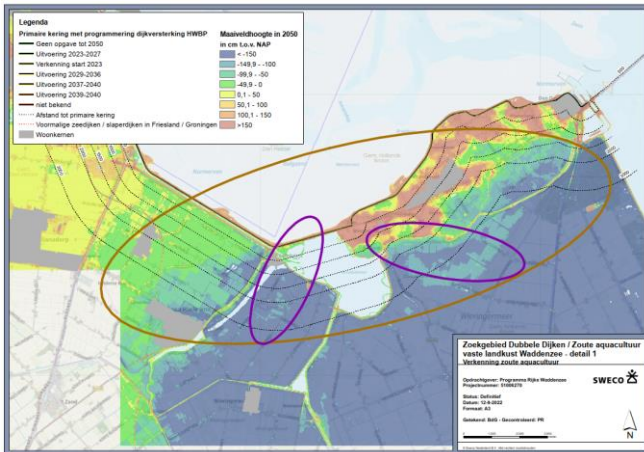
Rond het Lauwersmeer

Rond het Lauwersmeer bevinden zich zowel aan Friese als Groningse kant gebieden die zich qua hoogteligging in potentie lenen voor zoute aquacultuur. Ook deze gebieden kennen echter wat een grotere afstand tot aan het Wad. Tevens vormt het aanwezige meer en bestaande infra belemmeringen (maar ook kansen!) voor zoute aquacultuur.

Delfzijl en Dollard

Rond Delfzijl en de Dollard bevinden zich de grootste aaneengesloten arealen die zich qua hoogteligging in potentie lenen voor zoute aquacultuur. Het gebied kenmerkt zich door een groot open landschap, voornamelijk in gebruik als landbouw. Rond Delfzijl komt meer bebouwing, leidingen en industrie voor die (lokaal) invloed hebben op het potentieel geschikte areaal.

Kaartbeeld 4a t/m 4e: Nadere selectie op basis van infrastructuur (zichtjaar 2030)



3.3 Koppelkansen (stap 3)

Op kaartbeeld 5a en 5b zijn de mogelijke koppelkansen weergegeven met de (toekomstige) dijkversterkingsprojecten, slaperdijken en verziltingsgevoelige gebieden. Op deze kaart is te zien dat de kansrijke gebieden op veel plaatsen raken dan wel een overlap kennen met verziltingsgevoelige gebieden (de 'paarse' gebieden op de kaart). Dit met uitzondering van het gebied rond Delfzijl en de Eems-Dollard welke (voor grondwater) niet als verziltingsgevoelig is aangemerkt.

Tevens is te zien dat in veel gebieden die als kansrijk zijn aangemerkt in het achterland reeds voormalige zeedijken en slaperdijken aanwezig zijn. Om een verder beeld te krijgen van de kansrijkheid zijn de verschillende kaartlagen over elkaar heen gelegd en is met cirkels aangegeven waar mogelijk kansen liggen. Hoe meer van deze cirkels in een gebied samen komen, hoe hoger de (potentiële) kans.

Dijkversterkingsprojecten

Uit de informatie en programmering van het HWBP blijkt dat langs de gehele Waddenkust ook de komende jaren (t/m 2027) nog een groot aantal dijkversterkingsprojecten op stapel staan. Uit het kaartbeeld blijkt echter ook dat er reeds een aantal projecten zijn gerealiseerd of zich reeds in de fase van planuitwerking bevinden. Tabel 7 geeft per gebied een overzicht van de projecten zoals beschikbaar op de site van het HWBP.

Tabel 7: Status dijkversterkingen vastelandskust Waddenzee

Gebied	Project	Status
Kop van Noord-Holland	Den Oever – Den Helder (22,3 km)	Planuitwerking
	Wieringermeerkust (6 km)	Verkenning
Gebied rond Harlingen	Zurich – Koehool (16 km)	Verkenning
Voormalige Middelsee	Koehool – Lauwersmeer (47 km)	Verkenning
Rond het Lauwersmeer	Lauwersmeerdijk (4,4 km)	Afgerond
Delfzijl en Eems-Dollard	Eemshaven – Delfzijl	Afgerond
	Kerkhovenpolder – Duitsland (12,5 km)	Demonstratie*

Kaartbeeld 5a: Dijkversterkingsprojecten Waddenkust



Verziltingsrisico

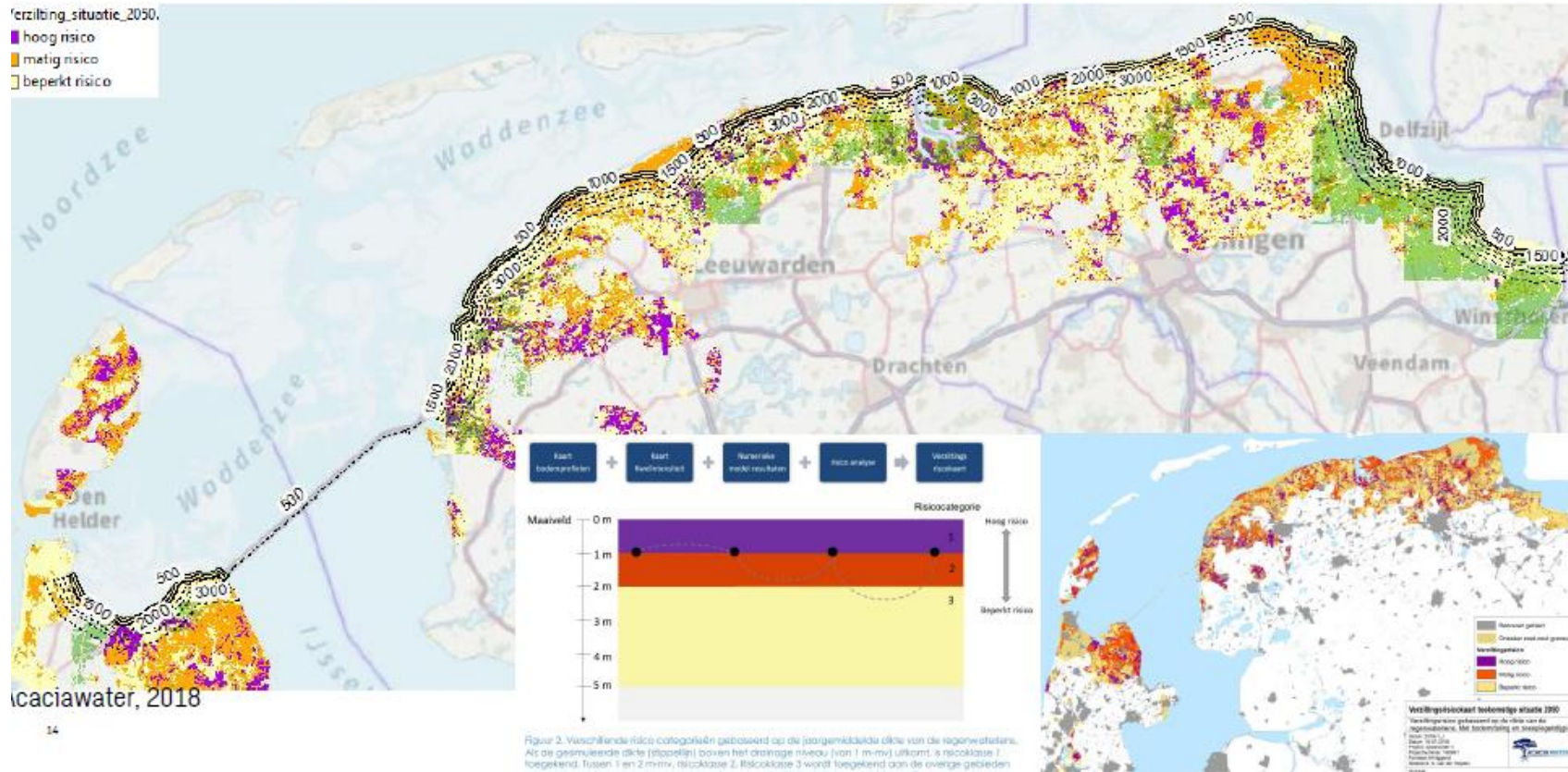
Op kaartbeeld 5b is een overzicht gegeven van de verziltingsgevoelige gebieden die zich bevinden langs de Waddenkust. Daaruit blijkt dat verspreid veel gebieden voorkomen waar zich bij verdergaande bodemdaling en stijging van de zeespiegel op termijn risico's gaan voordoen met betrekking tot verzilting. Uit tabel 8 blijkt dat deze gebieden ook in meer of mindere mate een overlap vertonen met de in stap 1 geïdentificeerde zoekgebieden voor zoute aquacultuur. Met name betreft dit het gebied rond Harlingen, de voormalige Middelsee en het gebied rondom het Lauwermeer. Hoewel ook in het gebied in de Kop van Noord-Holland en rond Delfzijl verziltingsgevoelige gebieden voorkomen lijkt de overlap met de gebieden die hier in de huidige situatie onder invloed van getijden kunnen worden gebracht toch aanzienlijk kleiner. Dit laat echter onverlet dat op kleiner schaal(perceelsniveau) wel degelijk overlap aanwezig kan zijn. Opvallend is dat er langs de Groningse Noordkust het risico van verzilting ook sterk aanwezig is. Dit gebied ligt in de huidige situatie echter te hoog waardoor deze in stap 1 niet is geselecteerd als kansrijk gebied voor zoute aquacultuur.

Tabel 8: Risico op verzilting in de kansrijke (clusters van) gebieden voor zoute aquacultuur

Gebied	Overlap verzilting	Mate verzilting
Kop van Noord-Holland	Matig – gering	Matig risico
Gebied rond Harlingen	Groot	Hoog risico
Voormalige Middelsee	Matig – groot	Hoog risico
Rond het Lauwersmeer	Matig – groot	Matig tot hoog risico
Delfzijl en Eems-Dollard	Gering	Matig risico

Kaartbeeld 5b: verziltingsgevoelige gebieden langs de Waddenkust (zichtjaar 2030)

Verziltingsgevoelige gebieden en zeef 1 2050



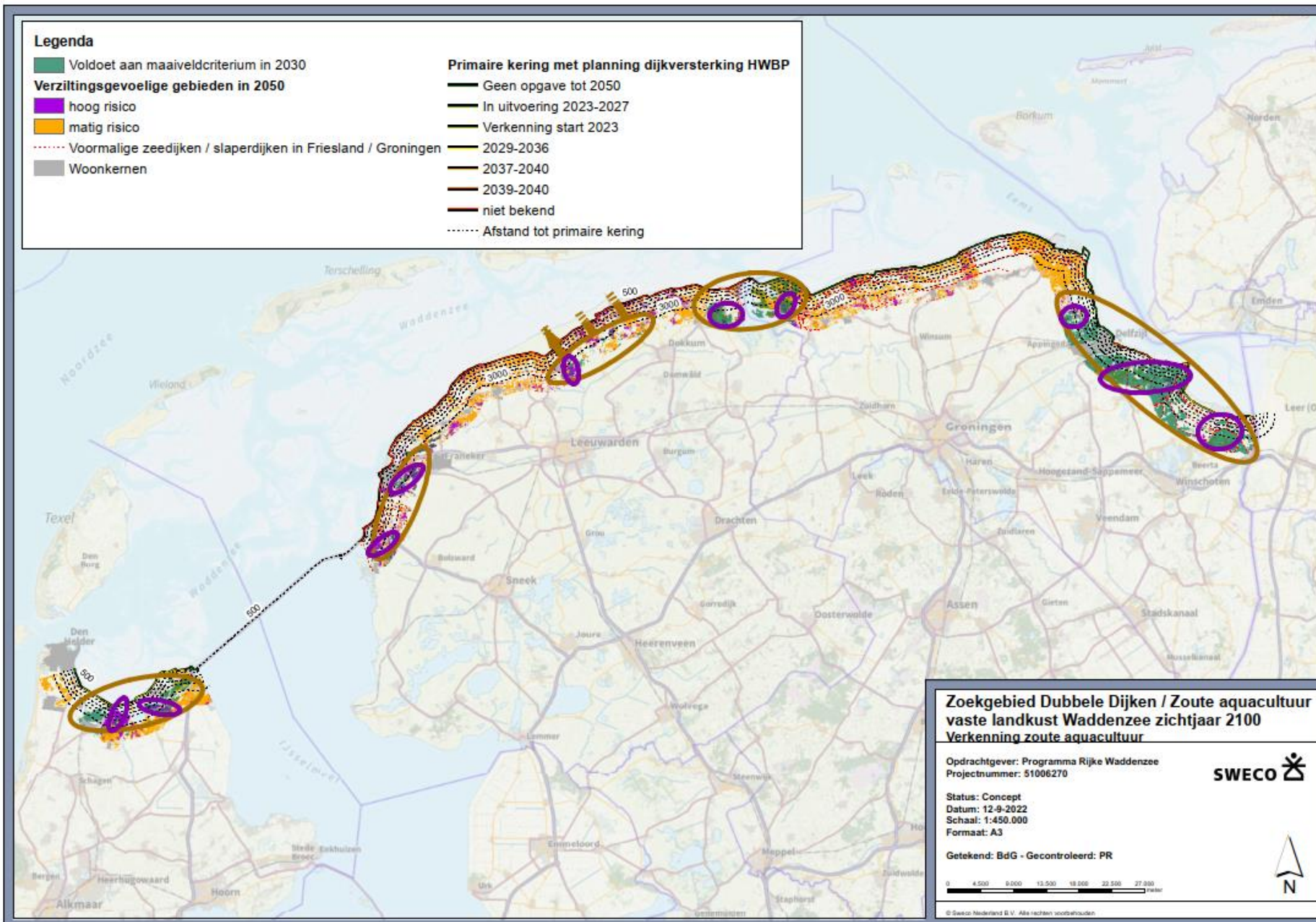
Figuur 2. Verschillende risico categorieën gebaseerd op de jaargemiddelde dikte van de regenwatertafels. Als de gemiddelde dikte (flooielijn) boven het drainage niveau (van 1 m-mv) uitkomt, is risicoklasse 1 toegekend. Tussen 1 en 2 m-mv, risicoklasse 2. Risicoklasse 3 wordt toegekend aan de overige gebieden

Uitwateringspunten

In tabel 9 is een overzicht gegeven van de uitwateringspunten welke een overlap dan wel een mogelijk raakvlak vertonen met de in stap 1 geselecteerde gebieden.

Tabel 9: Overzicht van uitwateringspunten in de kansrijke gebieden voor zoute aquacultuur

Gebied	Uitwateringspunt	Type kunstwerk
Kop van Noord-Holland	Den Oever	Gemaal
	Den Helder	Gemaal
	Oostoever	Spuisluis
Gebied rond Harlingen	Harlingen	Uitwateringssluis
Voormalige Middelsee	Roptazijl	Gemaal
	Zwarte Haan	Gemaal
	5 huizen	Gemaal
Rond het Lauwersmeer	Lauwersoog	Spuisluis
Delfzijl en Eems-Dollard	Delfzijl	Spuisluis/gemaal
	Farmsum	Scheepvaartsluis
	Termunten	Gemaal



4. Kosten en slibaanwas

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de volume- en slibvrachtberekeningen gepresenteerd en wordt een kostenindicatie gegeven voor inrichting en aansluiting van binnendijs gelegen gebieden op het Wad.

4.1 Benodigde maatregelen en aansluitkosten Wad

Tabel 10 geeft een indicatie van de benodigde investeringskosten voor de inrichting van binnendijs gelegen gebieden voor zoute aquacultuur. Daarin is te zien dat de grootste kosten zijn gemoeid met het realiseren van een getijdenduiker als benodigd kunstwerk door de primaire kering. Dit wordt mede bepaald door de aanpassingen die hiervoor noodzakelijk zijn aan de primaire kering en de eisen die worden gesteld aan een veilige sluiting. Afhankelijk van de benodigde lengte en diameter kunnen benodigde investeringen al snel oplopen tot enkele miljoenen euro's. Hoewel voor de benodigde aanleg van kaden/dijken in het achterland en een verbindingkanaal naar het Wad beduidend minder grote investeringen benodigd zijn, is een en ander wel sterk afhankelijk van de eisen die hieraan door de beheerder/bevoegd gezag van de keringen worden gesteld (zie ook discussie). Indien in verband met veiligheid hoge eisen hieraan worden gesteld zullen ook deze kosten snel kunnen oplopen (tot wel een factor 10). Afhankelijk van lokale omstandigheden kunnen de kosten ook sterk per locatie verschillen. Om per situatie een goede en meer betrouwbare raming te verkrijgen is maatwerk (op basis van een ontwerp) per locatie noodzakelijk.

N.B. Een nadere specificatie en onderbouwing van de kosten (SSK-raming) zijn aanwezig maar niet bij dit rapport gesloten.

Tabel 10: Kostenindicatie inrichting en aansluiting Wad (let op! soms is een meterprijs aangegeven)

	Investeringskosten	Objectoverstijgend risico	Investeringskosten
Maatregelen zilte aquacultuur			
Prijspeil 01-01-2022		25,00%	
Duiker door dijk			
Optie B1: 2 x ø 1000 mm gestuurde boring door de dijk	€ 2.430.176	€ 607.544	€ 3.037.720
Optie B2: koker 10 x 5 m m L = 83 m in open bouwkuip	€ 11.235.227	€ 2.808.807	€ 14.044.034
Graven toevoer/verbindingkanaal B = 10,00 m D = 1,5 m; taluds 1:5			
Kosten per m zonder stortsteen	€ 568	€ 142	€ 710
Kosten per m met stortsteen (in hele geul)	€ 3.678	€ 919	€ 4.597
Kade buitendijks hoogte 3 m; kruinbreedte 5 m; talud 1:5; 25% zetting			
Kosten per m kade (enkelzijdig) uitkomende klei	€ 995	€ 249	€ 1.243
Kosten per m kade (enkelzijdig) geleverde klei (geen erosieklasse)	€ 3.927	€ 982	€ 4.908
Kade binnendijks hoogte 3 m; kruinbreedte 5 m; talud 1:5; 25% zetting en kwelsloot			
Kosten per m kade (enkelzijdig) uitkomende klei	€ 1.287	€ 322	€ 1.608
Kosten per m kade (enkelzijdig) geleverde klei (geen erosieklasse)	€ 4.218	€ 1.055	€ 5.273

4.2 Aanslibbing en in stand houding

De resultaten van de modelberekeningen slibvrucht zijn weergegeven in tabel 11, 12 en 13. Daar uit blijkt dat de mate van aanslibbing sterk afhankelijk is van het debiet en de slibconcentraties van het zeewater dat bij vloed het gebied binnen stroomt. Daarnaast speelt ook de dimensionering en hoogteligging van de te plaatsen getijdenduiker en het volume (komberging) van het achterliggende gebied een belangrijke rol. Deze factoren beïnvloeden elkaar en bepalen samen de snelheid waarmee het gebied opslibt en het maaiveld uiteindelijk zo hoog (boven HW) komt te liggen dat deze uiteindelijk niet meer geschikt is voor zoute aquacultuur.

Uit de berekeningen blijkt dat als gevolg van hogere slibconcentraties en een grotere getijslag de aanslibbing naar het oosten toe sterk toeneemt. Afhankelijk van het beschouwde scenario varieert deze van minimaal enkele millimeters per jaar in Noord-Holland tot maximaal ca. 4 cm per jaar in de provincie Groningen. Uiteraard gaat het hier om een indicatie en gemiddelde waarden. Door lokale omstandigheden kunnen deze cijfers per gebied sterke variaties vertonen. Vertaald naar de toepassing voor zoute aquacultuur betekent dit dat in het oostelijke deel van de Waddenzee deze gebieden aanzienlijk sneller kunnen aanslibben. Dit betekent ook dat de duur waarin deze gebieden geschikt zijn en kunnen worden gebruikt voor zoute aquacultuur hier een stuk geringer zijn dan in het westelijk deel van de Waddenzee (dan wel een hogere inspanning benodigd is om deze gebieden voor zoute aquacultuur geschikt te houden). Uiteraard kan hierin worden gestuurd door te kiezen voor een kleinere duiker dan wel een gebied met geringere komberging (hetzij door hoogteligging maaiveld, hetzij door beperking waterstanden in het gebied).

Tabel 11: Indicatie waterdiepte en hoeveelheden water dat per getij in- en uitstroomt

	Noord Holland Scenario 1	Noord Holland Scenario 2	Friesland Scenario 1	Friesland Scenario 2	Groningen Scenario 1	Groningen Scenario 2
Volume minimaal (m ³)	30643	10790	29801	23932	29460	37287
Volume maximaal (m ³)	148139	13636	181114	36969	220067	68038
Volume per getij (m ³)	117487	2846	151313	13037	190607	30751
Verversingspercentage (%)	79%	21%	84%	35%	87%	45%
Waterdiepte minimaal (m)	0.31	0.11	0.30	0.24	0.29	0.37
Waterdiepte maximaal (m)	1.48	0.14	1.81	0.37	2.2	0.68
Waterdiepte variatie (m)	1.17	0.03	1.51	0.13	1.91	0.31

Tabel 12: Indicatie minimale aanslibbing en hoeveelheid slib dat in binnendijks gebied achter blijft

	Noord Holland Scenario 1	Noord Holland Scenario 2	Friesland Scenario 1	Friesland Scenario 2	Groningen Scenario 1	Groningen Scenario 2
Slib dat achterblijft in polder per getij (kg)	1101	27	6242	538	8935	1441
Slib dat achterblijft in polder per jaar (kg)	804052	19477	4556413	392577	6522333	1052261
(droge) dichtheid slib (kg/m ³)	1600	1600	1600	1600	1600	1600
Slib (m ³)	503	12	2848	245	4076	658
Aanslibbing per jaar (cm)	0.3	0.01	1.4	0.1	2.0	0.3

Tabel 13: Indicatie maximale aanslibbing en hoeveelheid slib dat in binnendijks gebied achter blijft

	Noord Holland Scenario 1	Noord Holland Scenario 2	Friesland Scenario 1	Friesland Scenario 2	Groningen Scenario 1	Groningen Scenario 2
Slib dat achterblijft in polder per getij (kg)	2093	51	11859	1022	16976	2739
Slib dat achterblijft in polder per jaar (kg)	1527698	37007	8657184	745896	12392433	1999295
(droge) dichtheid slib (kg/m ³)	1600	1600	1600	1600	1600	1600
Slib (m ³)	955	23	5411	466	7745	1250
Aanslibbing per jaar (cm)	0.5	0.01	2.7	0.2	3.9	0.6

Hoewel de uitkomsten van deze (indicatieve) modelberekeningen met de nodige voorzichtigheid moeten worden geïnterpreteerd valt toch wel een duidelijk verschil te zien tussen de verschillende scenario's en gebieden. Zo is duidelijk te zien dat als gevolg van het grotere getijdenslag en relatief veel hogere slibgehalten langs de Eems-Dollard de grootste aanslibbing mag worden verwacht. Voor de gebieden Friesland en Noord-Holland ligt dit beduidend lager. Ook is duidelijk te zien dat indien er grote hoeveelheden water wordt ingelaten (grote duiker, laag liggend binnendijks gebied) er het meeste slib neerslaat. Bij kleinere hoeveelheden water dat ingelaten wordt (hoog liggend gebied, kleine duiker) is de aanslibbing aanzienlijk minder. Tot slot is ook te zien dat de korrelgrootteverdeling van het slib en de mate waarin deze met de ebstroom in het gebied achterblijft van grote invloed is en een grote bandbreedte in de berekeningsresultaten vertoont.

5. Discussie

5.1 Hoogteligging maaiveld

De in deze verkenning gehanteerde uitgangspunten ten aanzien van de hoogteligging van het maaiveld zijn sterk bepalend voor het uiteindelijke kaartbeeld. De focus in deze verkenning heeft daarbij sterk gelegen op de in het achterland liggende gebieden die zonder behulp van pompen/hevels en graafwerk onder invloed van de getijdenwerking kunnen worden gebracht. In sommige gevallen kan het echter ook gunstig zijn gebieden te moeten vergraven, zodat het vrijkomende materiaal bijvoorbeeld kan worden hergebruikt voor de versterking van dijken en de inrichting van wisselpolders.

In deze verkenning is voor de zoekgebieden zoute aquacultuur een onder- en een bovengrens aangehouden van resp. -1m beneden gemiddeld Laag Water (LW) en -1 m beneden gemiddeld Hoog Water (HW). Dit vanuit de gedachte dat er voor zoute aquacultuur altijd een bepaalde waterdiepte aanwezig moet zijn. Indien deze grenzen echter ruimer worden genomen en voor meer droge vormen van zoute/zilte aquacultuur gebieden ook bij eb mogen droogvallen wordt het zoekgebied ruimer (en beslaat feitelijk het gehele gebied tussen HW en LW). Een ondergrens -1 m beneden Laag Water is aangehouden vanuit de gedachte dat anders het risico ontstaat voor een (te) diep, slibrijk gat achter de dijk die vooral veel slib gaat invangen, maar minder geschikt is voor zoute aquacultuur. Uit de analyse blijkt dat in de huidige situatie (2030) dit alleen geldt voor enkele gebieden in de Kop van Noord-Holland. In de verdere uitwerking moet per gebied nog eens kritisch worden gekeken naar de in deze verkenning gehanteerde onder- en bovengrens. Dit mede in relatie tot de mogelijkheden voor kleiwinning voor dijken en de beoogde soorten voor zoute aquacultuur.

5.2 Wisselpolders

Deze verkenning legt de focus op kansen voor zoute aquacultuur in wisselpolders. Hoewel de kansrijke gebieden hiervoor in principe sterk overeenkomen met de in deze verkenning genoemde zoekgebieden, zijn niet alle wisselpolders per definitie voor dit doel geschikt. De kansen voor zoute aquacultuur in deze gebieden zijn namelijk sterk afhankelijk van het beoogde (eind)doel van deze wisselpolders. Die doelen kunnen mogelijk op gespannen voet staan met het benutten van deze gebieden voor zoute aquacultuur. Waar wisselpolders bijvoorbeeld worden ingericht met als (eind)doel hier een (blijvend) natuurgebied van te maken, is nader onderzoek noodzakelijk naar multifunctioneel ruimtegebruik en combinatiemogelijkheden met zoute

aquacultuur. Hetzelfde geldt voor wisselpolders die met name worden ingericht met als doel een zo groot mogelijke opslibbing te bevorderen, zodat deze gebieden weer snel aan de landbouw kunnen worden terug gegeven (en een bijdrage leveren aan de integrale kustverdediging). Nader onderzoek (maar ook praktijkvoorbeelden) is noodzakelijk hoe deze doelstellingen zich verhouden tot de doelen en het kunnen benutten van deze gebieden voor zoute aquacultuur (zowel in ruimte als in tijd).

Een ander discutabel punt betreft de veiligheid en benodigde hoogte van (dubbele) dijken in het achterland in relatie tot een veilige sluiting. Binnen het concept van dubbele dijken fungeert de achterliggende dijk samen met de voorliggende dijk als primaire kering. Afhankelijk van de te hanteren getijslag/gedempt tij in het achterland zou deze 2^e kering daarmee in principe een stuk lager kunnen worden aangelegd. Door de geringe komberging van intergetijdengebieden speelt echter dat (extra) hoge eisen worden gesteld aan de veiligheid van getijdenduikers. Indien deze falen heeft de zee hier namelijk meteen vrij spel en staat het gebied binnen mum van tijd onder water. Vanuit de huidige veiligheidseisen betekent dit dat in het achterland vrijwel een even hoge kering nodig is als de voorliggende primaire kering. Dit is momenteel onderwerp van discussie in diverse gebieden. Verwacht wordt dat de komende jaren de normering op dit punt zal worden bijgesteld (dan wel hiervoor andere methoden en technieken zullen worden toegepast).

5.3 Zeespiegelstijging

Uit de verkenning blijkt dat de verwachte bodemdaling en zeespiegelstijging een grote invloed heeft op het areaal langs de Waddenkust dat in de toekomst onder getijdenwerking kan worden gezet. Hoewel de zeespiegelstijging tot 2050 vrij goed voorspelbaar is, zitten hier voor de langere termijn (2100) nog grote onzekerheden in. Het middenscenario laat echter zien dat het areaal aan geschikt gebied als gevolg van bodemdaling en zeespiegelstijging sterk toeneemt. Door een te grote waterdiepte zakken echter ook veel gebieden qua maaiveldhoogte onder de grens van -1m beneden Laag Water en voldoen hiermee niet meer aan de gestelde criteria (tenzij ze meegroeien door opslibbing). Zoals boven beschreven ontstaan bij het onder getijdenwerking brengen van deze gebieden een diep en slibrijk gat dat voor zoute aquacultuur minder geschikt is. In feite heeft het dan geen zin meer deze gebieden met het Wad te verbinden (en zijn de kansen verdwenen). Dit geldt zeker voor de gebieden waar de voorliggende dijken net zijn versterkt en normaal gesproken niet eerder dan over 30 a 40 jaar weer een volgende dijkversterking op stapel staat. Gezien de onomkeerbaarheid hiervan zijn op dat moment de kansen voor inrichting van een wisselpolder voorlopig verdwenen.

5.4 Meekoppelkansen

Op de kaartbeelden waarop de zoekgebieden voor zoute aquacultuur langs de Waddenkust zijn weergegeven staan ook de mogelijke koppelkansen (stap 3) weergegeven. Dit betreft onder meer de dijktrajecten welke komende jaren nog moeten worden versterkt en de in het achterland aanwezige voormalige zeedijken en slaperdijken. Dit is gedaan vanuit de gedachte (en de kans) dat deze oude dijken mogelijk kunnen worden ingezet als dubbele kering. Hiermee is echter niet gezegd dat deze dijken ook daadwerkelijk hier voor geschikt zijn en daarmee (nu of in de toekomst) zonder meer voor dit doel kunnen worden

ingezet. Dit is namelijk mede afhankelijk van de kwaliteit van deze dijken en de mogelijkheden om deze weer om te bouwen en in te kunnen zetten als dubbele kering. Nader onderzoek is daarom noodzakelijk om deze kansen daadwerkelijk op waarde in te kunnen schatten.

Voor een beeld van de ligging van voormalige zeedijken en slaperdijken is gebruik gemaakt van de hiervoor beschikbare informatie. Het kan echter zijn dat deze informatie niet volledig is dan wel moet worden geactualiseerd. Dit is een mogelijk aandachtspunt voor de vervolgfase van deze verkenning.

6. Conclusies en aanbevelingen

6.1 Conclusies

De belangrijkste conclusie die naar aanleiding van deze verkenning kan worden getrokken is dat er op basis van (huidige en toekomstige) hoogtegegevens verspreid langs de vastelandskust van de Waddenzee kansen liggen voor het onder getijdewerking brengen van binnendijs gelegen gebieden voor zoute aquacultuur. De kosten voor aansluiting op het Wad zijn echter dermate hoog, dat op zoek moet worden gegaan naar meekoppelkansen. Met name het concept van dubbele dijken en wisselpolders, maar ook langs de kust beoogde natuur(herstel)projecten waarbij een meer geleidelijke overgang van zoet naar zout en intergetijdengebieden worden nagestreefd, lijken daarbij kansrijk. Dit niet alleen vanuit oogpunt van zoute aquacultuur, maar ook vanuit de maatschappelijke meerwaarde en bijdrage die deze gebieden kunnen leveren aan de natuur- en veiligheidsopgave en de verdediging en leefbaarheid van de kustzone op langere termijn. Daarmee lijken de kansen voor zoute aquacultuur in het Waddengebied onlosmakelijk verbonden met de keuzes die de komende jaren voor deze opgaven (zowel in tijd als ruimte) worden gemaakt.

Onderstaand worden de belangrijkste conclusies per onderzoeksvraag weergegeven.

A) Kansen voor zoute aquacultuur in het Waddengebied

Op basis van hoogtegegevens van het maaiveld en waterstanden op het wad zijn er verspreid langs de kust diverse gebieden welke binnen redelijke afstand onder getijdenwerking van de Waddenzee kunnen worden gebracht. Daarbij kunnen globaal de volgende gebieden worden onderscheiden:

- Kop van Noord-Holland;
- Gebied rond Harlingen
- Voormalige Middelsee
- Rond het Lauwersmeer
- Delfzijl en Eems-Dollard

Als gevolg van bodemdaling en zeespiegelstijging neemt dit areaal in de toekomst aanzienlijk toe. De mate waarin is echter sterk afhankelijk van het tempo en scenario waarmee de zeespiegelstijging zich de komende decennia gaat voltrekken. Uitgaande van een verregaande zeespiegelstijging (worst case scenario) zal het areaal in 2100 zelfs de gehele kuststrook van Den Helder tot aan Nieuwe Statenzijl (Duitsland) kunnen beslaan. Het effect van bodemdaling en zeespiegelstijging is echter tweeledig. Als gevolg van bodemdaling zullen er

namelijk ook gebieden ontstaan die feitelijk te laag komen te liggen en hiermee ongeschikt worden. De verwachting is echter dat door de verziltingsproblematiek in deze gebieden al eerder een transitie heeft plaats gevonden naar een ander grondgebruik (waaronder mogelijk zoute en zilte teelten/aquacultuur).

Er spelen langs de kust diverse plannen en ontwikkelingen die de kansen op zoute aquacultuur nu en in de toekomst mogelijk kunnen vergroten. Naast bovengenoemde verzilting betreft dit onder meer plannen voor dijkversterking en natuurprojecten waar herstel van zoet-zout overgangen en binnendijks brak (intergetijdengebieden) wordt nagestreefd. Door bij dijkversterking te kiezen voor meer natuurlijke oplossingen (waterkerend landschap), zoals dubbele dijken en wisselpolders, wordt het zoute water (tijdelijk) weer toegelaten en ontstaan ook kansen voor zoute aquacultuur. Ook bij natuurprojecten kan alvast ruimte worden gereserveerd voor vormen van zoute aquacultuur welke goed samengaan met de beoogde natuurdoelstellingen voor deze gebieden (zie ook aanbevelingen).

B) Kosten voor inrichting en aansluiting

De kosten voor inrichting worden met name bepaald door de aansluiting op het Wad. Hiervoor is het noodzakelijk dat een (getijden)duiker door de bestaande zeedijk (primaire kering) wordt aangebracht. Gezien de hiervoor benodigde grootte is het noodzakelijk dat de dijk gedeeltelijk wordt open gebroken. Afhankelijk van de te overbruggen afstand en de benodigde aansluitkosten op de primaire kering bedragen de kosten hiervoor al snel 0,5 – 1 miljoen euro. Daarnaast zal in het achterland nog een dubbele dijk/kering, een kwelsloot en mogelijk ook een verbindingskanaal moeten worden aangebracht om negatieve effecten op de omgeving te voorkomen (vernatting en verzilting van omliggende gronden). Tevens zal in veel gevallen de waterhuishouding moeten worden aangepast om een blijvende afwatering van omliggende percelen te kunnen waarborgen.

C) Instandhouding en slib

De indicatieve berekeningen laten zien dat de mate van opslibbing in het achterland sterk afhankelijk is van onder meer de slibvracht/concentratie van het instromende water, fractiegrootte slibdeeltjes, de dimensionering en hoogteligging van een getijdenvenster (al dan niet met drempel) en de diepte/komberging van het achterliggende maaiveld. Gezien de wisselende slibgehalten en getijdenvenster/amplitude langs de Waddenkust is daarmee ook de locatie in het Waddengebied van belang. Zo is de getijslag in het oosten groter en kan er daardoor meer water en dus slib ingelaten worden. Daarnaast zal in delen van de Waddenzee (bijvoorbeeld. Eems-Dollard) waar de slibgehalten hoog zijn ook na iedere vloed meer slib worden achtergelaten waardoor de aanslibbing sneller verloopt. Overigens is de mate waarin slib wordt afgezet recht evenredig met de mate waarin de komberging afneemt. Door toename van slibvangst wordt de waterdiepte en daarmee de komberging geringer als gevolg waarvan ook minder slibrijk water het gebied in kan stromen en achter blijft. Als gevolg hiervan zal de slibafzet de eerste jaren snel verlopen en daarna steeds meer gaan afnemen.

Indien er grote hoeveelheden water ingelaten wordt (grote duiker, laagliggend binnendijks gebied) zal er het meeste slib neerslaan. Ordegrootte 0 tot 4 cm per jaar. Bij kleinere hoeveelheden water dat ingelaten wordt (hoogliggend gebied, kleine duiker) is de aanslibbing aanzienlijk minder. Tot 1 cm per jaar.

Vanwege de hogere slibconcentratie van het zeewater neemt de aanslibbing in oostelijke richting sterk toe. Afhankelijk van het scenario verschilt deze van enkele millimeters per jaar in Noord-Holland tot een aanslibbing van ca. 4 cm per jaar in Groningen.

6.2 Aanbevelingen vervolgonderzoek

In deze verkenning zijn een aantal basale onderzoeksvragen beantwoord en zijn mogelijke kansen en zoekgebieden voor zoute aquacultuur langs de Waddenkust globaal in beeld gebracht. Voor het meer in detail in beeld brengen van kansen (en deze goed op waarde te kunnen schatten) is echter een meer brede en gebiedsgerichte verkenning noodzakelijk.

Verfijnen en verbreden zoekcriteria

In deze verkenning zijn zoekgebieden vooral in beeld gebracht op basis van de hoogteligging van het achterliggende maaiveld. Om een meer realistisch en verfijnd beeld te krijgen van de langs de Waddenkust aanwezige gebieden die zich lenen voor zoute aquacultuur wordt aanbevolen deze uit te breiden. Naast een uitbreiding van fysieke omstandigheden (bijvoorbeeld grondgebruik en toevoer voedingsstoffen) wordt aanbevolen daarin ook andere criteria te betrekken die meer van belang zijn voor de economische bedrijfsvoering (bijvoorbeeld beschikbaarheid van afzetmarkten). Tevens wordt aanbevolen verder onderscheid te maken in vormen van "natte" aquacultuur (schelpdieren, garnalen, zeewier en vissen) en meer "drogere" vormen van (zilte) aquacultuur (zoals zeekraal en lamsoor, maar ook diverse vormen van zilte landbouw). Met het oog op wisselpolders kan daarbij ook worden onderzocht in hoeverre het binnen een economisch rendabele bedrijfsvoering mogelijk is deze verschillende vormen (in tijd en ruimte) in één of meer wisselpolders naast elkaar te laten bestaan (gemengd bedrijf).

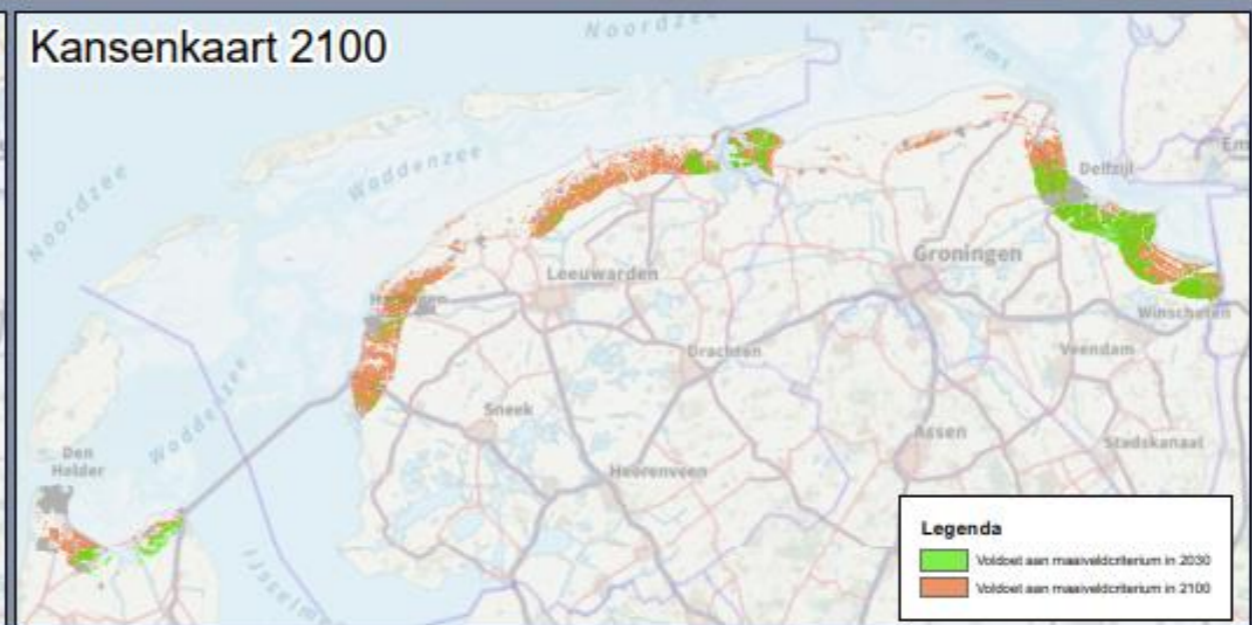
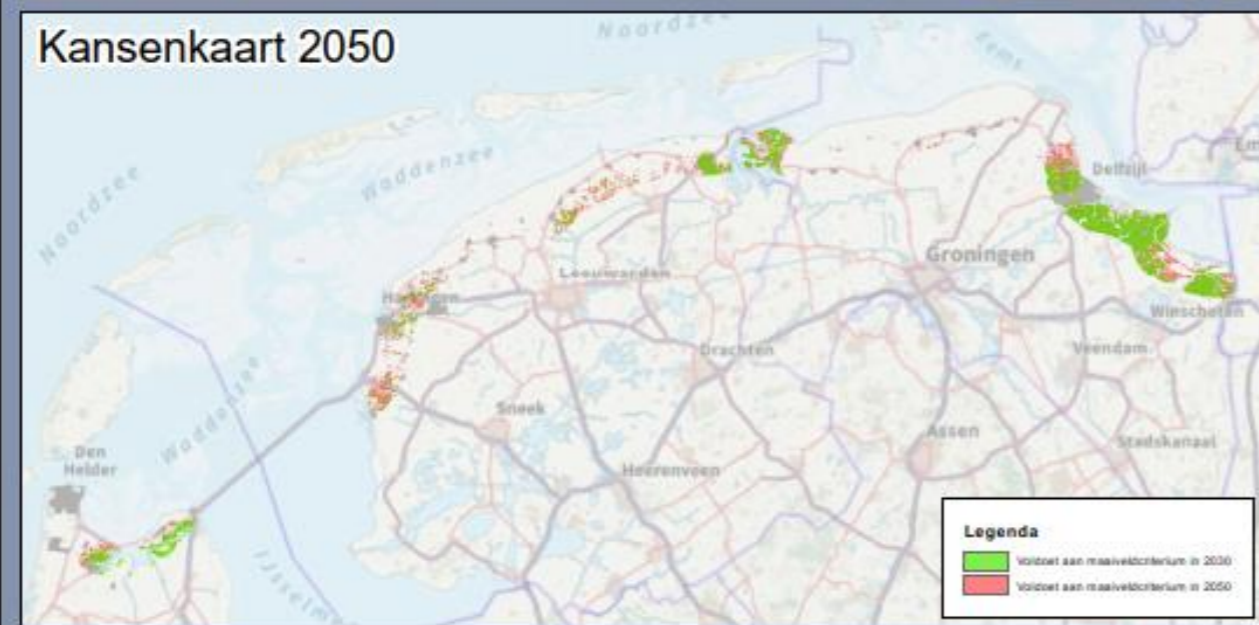
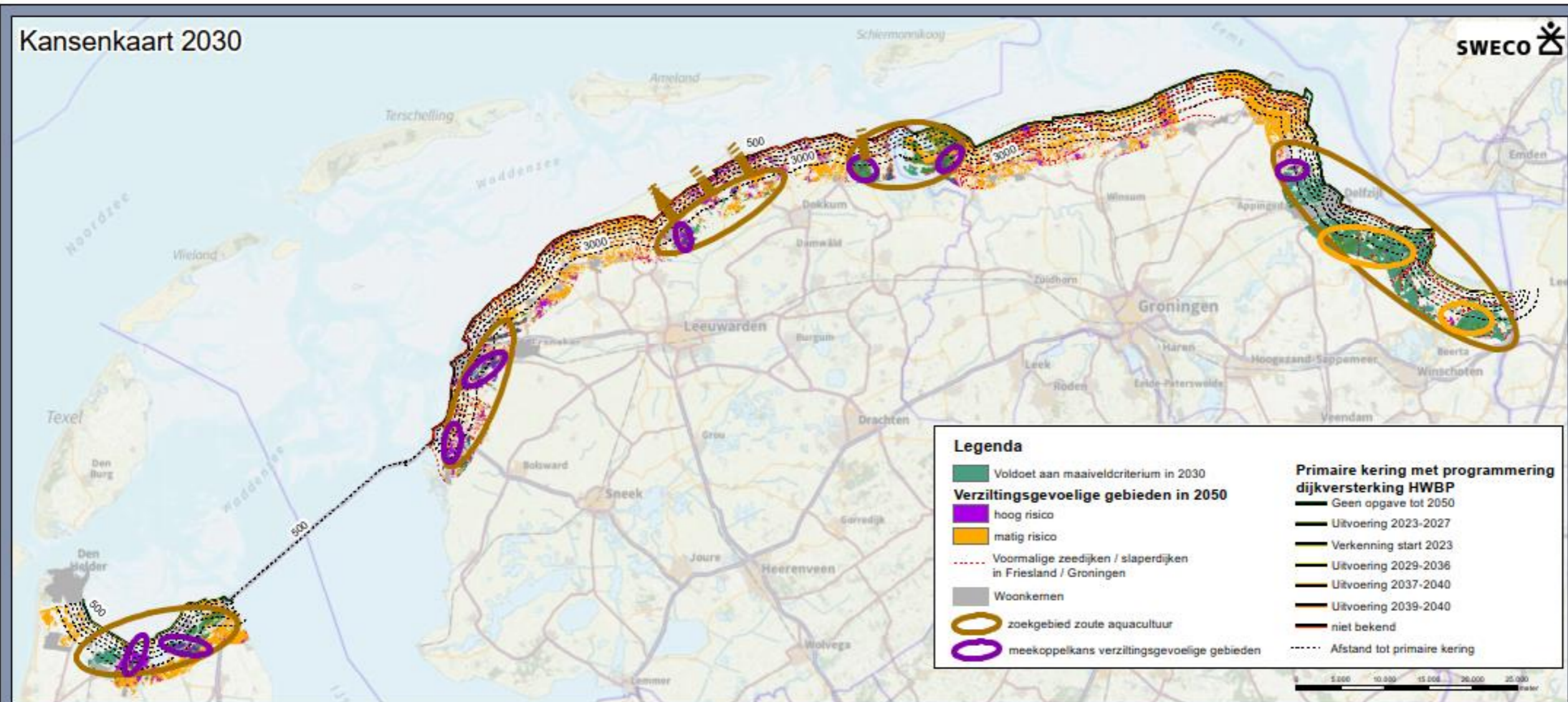
Zoute aquacultuur in wisselpolders

Binnen deze verkenning lag de focus aanvankelijk op de kansen voor zoute aquacultuur binnen de dubbele dijken en wisselpolders. Zoals in de discussie van hoofdstuk 5 reeds is beschreven zijn de mogelijkheden voor zoute aquacultuur sterk afhankelijk van het beoogde (tussen- en eind)doel van deze polders (slibvang, natuur dan wel landbouw). Aanbevolen wordt daarom om nader onderzoek uit te voeren naar de mogelijkheden voor functiecombinaties en multifunctioneel ruimtegebruik binnen (diverse typen) wisselpolders.

Integrale aanpak en meekoppelkansen

Uit deze verkenning komt duidelijk naar voren dat de kosten voor inrichting en aansluiting op het wad hoog zijn. Dit pleit voor het benutten van meekoppelkansen die zich bijvoorbeeld voordoen bij dijkversterkings- of natuurherstelprojecten langs het Wad. Aanbevolen wordt de mogelijkheden voor een gebiedsgerichte en integrale aanpak nader in beeld te brengen. Naast het werk-met-werk maken kan daarbij ook worden gedacht aan nuttige toepassing en hergebruik van slib en klei als bouw materiaal voor de voorliggende dijk.

Bijlage 1 - kansenkaart



Bijlage 2 - begeleidingsgroep

Voor de begeleiding van deze verkenning is een begeleidingsgroep samengesteld bestaande uit:

- Tjeerd Bouma, Koninklijk Nederlands Instituut voor Onderzoek der Zee / Rijksuniversiteit Groningen / Universiteit Utrecht / Hogeschool Zeeland
- Klaas Deen, Waddenacademie
- Petra Goessen, Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier
- Sonja van der Graaf, Programma naar een Rijke Waddenzee
- Kees de Jong, Waterschap Noorderzijlvest
- Jantsje van Loon, Wageningen University and Research
- Henk van Norel, Waterschap Hunze en Aa's
- Katja Philippart, Waddenacademie
- Wim Schoorlemmer, Programma naar een Rijke Waddenzee