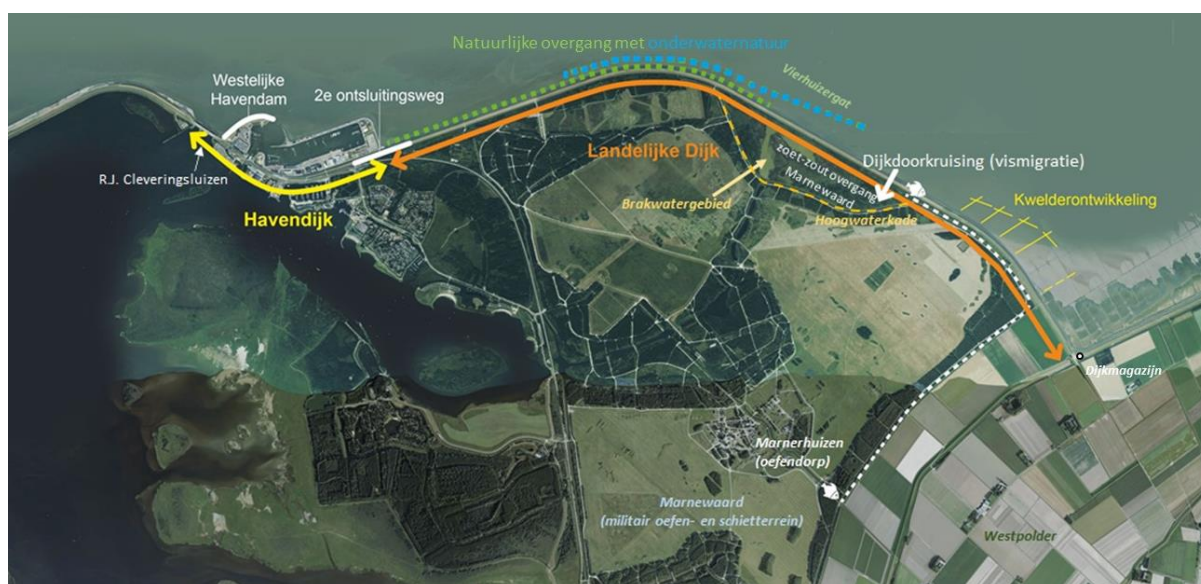


Bijlage 2 Ecologische redeneerlijn

Inleiding

De zeedijk is nodig om de waterveiligheid van Nederland te waarborgen en is een vast element in het landschap. De versterking maakt de dijk weer geschikt voor de toekomstige klimaatverandering. Door met deze versterking ook de kustzone meer ecologisch in te richten, wordt het overgangsgebied tussen de Waddenzee en het achterland verbeterd (Figuur 1). Met de dijkversterking wordt voorzien in de aanleg van drie ecologische koppelprojecten (natuurlijke overgang, vismigratie & zoet-zoutovergang en kwelderontwikkeling). Door de natuurlijke inrichting van de versterkte dijk en de drie ecologische projecten langs de dijk direct grenzend aan de Waddenzee, wordt bijgedragen aan het verbeteren van de instandhouding en ontwikkeling van de biodiversiteit en leefgebieden en soorten. De ecologische projecten dragen ieder op hun eigen manier bij aan het doelbereik van de Waddenzee in het kader van de natuurambities vanuit de Kaderrichtlijn Water (KRW), de Programmatische Aanpak Grote Wateren (PAGW) en de Natura 2000-doelen. Doordat de drie ecologische projecten in de buurt van elkaar liggen, ontstaan er binnen- en buitendijks meerdere leefgebieden naast elkaar. Dit biedt extra synergie en een grotere ecologische plus dan dat de projecten individueel kunnen bijdragen.



Figuur 0-1 Schematische weergave van de integrale dijkversterking Lauwersmeerdijk-Vierhuizergat met de indeling in Havendijk en Landelijke dijk. Ook is indicatief de ligging van de tweede ontsluitingsweg, de drie ecologische projecten en de Westelijke Havendam.

Integrale gebiedsvisie

Door naar het gebied als geheel te kijken kunnen de opgaven uit diverse beleidsvlakken (van natuur tot waterveiligheid) aan elkaar gekoppeld worden. Op die manier kunnen verschillende doelen tegelijkertijd gerealiseerd worden via het dijkversterkingsproject en het uitvoeren van de ecologische koppelprojecten. In dit hoofdstuk wordt de integrale gebiedsvisie gelinkt met de drie ecologische koppelprojecten.

Visie op de Waddenzee en de kustzone

Ten noorden van de Lauwersmeerdijk ligt de Waddenzee: 's werelds grootste (aaneengeschaalde dynamische) systeem met getijdenwerking als sturende kracht. De Waddenzee is het grootste Natura 2000-gebied in ons land en bestaat uit een complex van diepe geulen en ondiep water met zand- en slibbanken waarvan grote delen bij eb droogvallen. Deze banken worden doorsneden door een fijn vertakt stelsel van geulen. In een natuurlijk getijdesysteem is er een balans tussen de oppervlakte van het systeem, het volume (breedte x diepte) aan geulen en kreken, de verhouding diepe en ondiepe (droogvallende) delen en het getijvolume. Door afsluiting van de zeearmen (Zuiderzee, Lauwerszee) en aanleg van dijken is oppervlakte en getijvolume ingeperkt. Het volume van het systeem en de diepte en breedte van de geulen is daar nog niet mee in evenwicht. Op de lange termijn zal dat betekenen dat

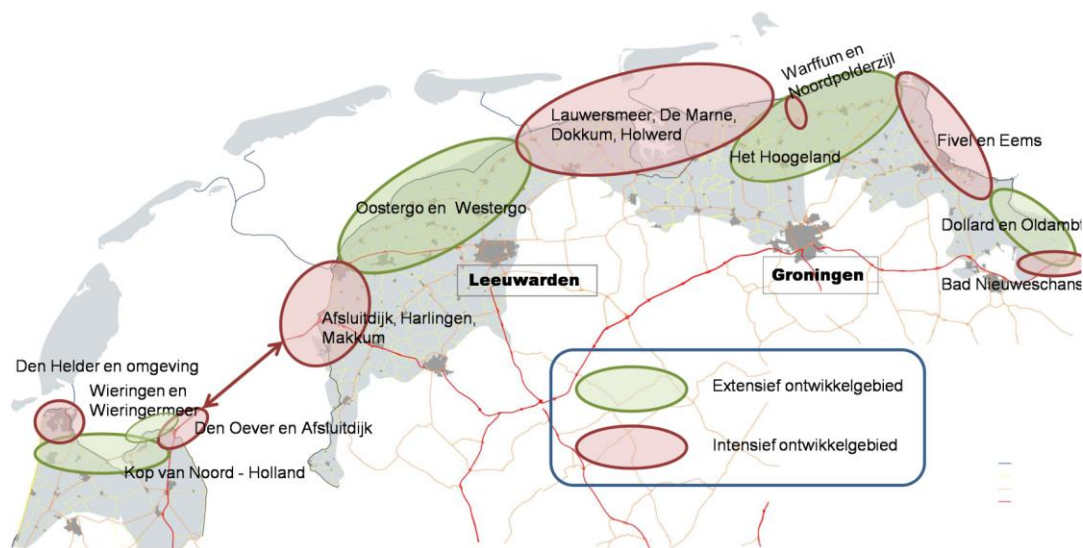
de geulen zich verondiepen en terugtrekken, waardoor bijvoorbeeld de oppervlakte aan wadplaten zal vergroten. Dit betekent ook dat de aanwas van hoogte in de randen van de Waddenzee (op de huidige kwelders) zich geleidelijk aan zal doorzetten. Aandachtspunt is hierbij de zeespiegelstijging en temperatuursverhoging als gevolg van klimaatverandering. Van belang is dat de aanvoer van sediment naar de Waddenzee (in cm's per jaar opslibbing) in balans blijft met de stijging van het gemiddeld waterniveau in de Waddenzee. Alleen dan blijven slikken en platen duurzaam aanwezig in het ecosysteem.

In de huidige situatie bestaat er aan de rand van de Waddenzee langs de vastelandskust een strakke scheiding tussen zoet en zout water en tussen land en water door de aanleg van sluizen en dijken. Deze harde scheiding vormt voor onder andere trekvissen een barrière. Langs het vasteland en de eilanden liggen kweldergebieden verspreid die, net als de droogvallende banken, als hoogwatervluchtplaats maar ook als broedgebied en de geulen als kinderkamerfunctie voor vis dienen. Deze gevarieerde en dynamische omgeving is van groot belang voor een groot aantal vogel- en vissoorten, en biedt daarnaast een groot leefgebied voor zeehonden. Hier mist door de harde dijk de verbinding met de binnendijkse kustzone en de overgang tussen zoet en zout, nat en droog, diep en ondiep.

De meest natuurlijke ontwikkeling voor de Waddenzee op dit moment is om geen ingrepen te doen en het systeem zichzelf op natuurlijke wijze te laten ontwikkelen. Idealiter betekent dit geen enkele ingreep in de morfologie van het systeem, alleen als het nodig blijkt wordt er actief ingegrepen. Dat kan gebeuren als blijkt dat bepaalde vooropgestelde wettelijke doelen niet gehaald zullen worden. Kwelderaanleg heeft ook een functie voor waterveiligheid, waardoor een verdere verhoging van de dijk in de toekomst misschien minder nodig zal zijn omdat het voorland het achterland beschermt. Door de koppelprojecten bij de Lauwersmeerdijk te koppelen wordt er een grotere meerwaarde gecreëerd en worden de verschillende maatregelen versterkt zodat er een win-win situatie ontstaat.

Lauwersmeerdijk: intensief ontwikkelgebied

De Waddenzee is geen heterogeen gebied. Daarom is er voor het gebied rondom de vastelandskust van de Waddenzee onderscheid gemaakt in de gewenste intensiteit van de ontwikkelingen. De extensieve ontwikkelgebieden kenmerken zich door rust, ruimte, duisternis en vergezichten. In de intensieve gebieden is er sprake van meer dynamiek en meer intensieve menselijke activiteiten, zoals recreatie. Het gebied Lauwersmeerdijk valt binnen het intensieve ontwikkelingsgebied Lauwersmeer, De Marne, Dokkum, Holwerd (Figuur 2).



Figuur 2 Indeling typen ontwikkelgebieden. Bron: Uitvoeringskader Waddenkust (2014).

In de gebieden van de vastelandskust van de Waddenzee die met 'extensief ontwikkelgebied' aangeduid worden is het menselijk gebruik minder intensief. Industriegebieden, havens en intensieve recreatie is hier afwezig. Er bevinden zich ook geen grote kunstwerken die hun stempel op de inrichting van het gebied leggen. Hier speelt natuur en ruimte een hoofdrol bij de ontwikkeling van het beleid. Natuurlijke processen hebben daardoor meer vrij spel. In de gebieden van de vastelandskust van de Waddenzee die met 'intensief ontwikkelgebied' aangeduid worden is natuur en ruimte ook het hoofddoel, maar hier wordt meer afgestemd met intensief menselijk gebruik en andere ontwikkelingsdoelen (transport, werk, recreatie). Aanwezige kunstwerken (dammen, havens) leggen grotere beperkingen op aan de mate

waarin natuurlijke processen kunnen optreden. Natuurontwikkeling is hier mogelijk door aanpassingen aan bestaande structuren en het aanbrengen van meer gradiënten tussen hard en zacht, droog en nat, diep en ondiep. Natuurlijke processen vrijelijk hun beloop laten is in deze gebieden vaak lastiger omdat andere belangen ook een rol spelen.

In het gebied van de Lauwersmeerdijk (binnen het als 'intensief ontwikkelgebied' aangeduide gebied Lauwersmeer, De Marne, Dokkum, Holwerd) is de dominante kunstmatige structuur de Lauwersmeerdijk zelf die een belangrijke functie heeft voor de waterveiligheid. Bij het verbeteren van de kustzone langs de Lauwersmeerdijk is het goed te kijken naar oplossingen die natuurlijke processen zoveel mogelijk herstellen en daarmee de plotselinge overgang van natuurlijk wad naar kunstmatige dijk overbruggen. Meer gradiënten ontstaan door het verzachten van de overgang tussen wad en land door op en langs de dijk mogelijkheden te bieden voor:

- Meer natuurlijke processen
- Meer biodiversiteit
- Op termijn ontstaat hierdoor een meer veerkrachtig ecosysteem (dat beter bestand is tegen klimaatverandering) en meer veiligheid.

Doel ecologische koppelprojecten: toevoeging van natuurlijkheid aan een kunstmatige omgeving

De kustzone langs de Lauwersmeerdijk heeft vanwege de aanwezigheid van de dijk een kunstmatig karakter: de harde grens die de dijk vormt tussen zoet en zout water, een abrupte en steile overgang van water naar land en een hoge dynamiek waar de golven van Waddenzee op de dijk slaan. De natuurlijke morfologische processen in de Waddenzee zijn beperkt door maatregelen die in het verleden zijn uitgevoerd voor waterveiligheid (dijken, dammen, inpolderingen) en die nog slechts een beperkte mate van erosie en sedimentatie, verlegging van geulen en ontstaan van banken toelaten. Hierdoor is de biodiversiteitswaarde van de zone langs de dijk en de natuurlijkheid van het systeem beperkt. Nu de dijk versterkt moet worden om de functie voor waterveiligheid in de toekomst te kunnen waarborgen, biedt dit een kans om tegelijkertijd na te denken over de ecologische functie die de dijk na de uitvoering van de versterking kan hebben. Met relatief kleine aanpassingen aan de dijk zelf en in de directe omgeving van de dijk kan aanzienlijke ecologische verbetering optreden. Hiervoor worden drie ecologische koppelprojecten opgezet die als doel hebben:

- Stimuleren en zo veel mogelijk terugbrengen van natuurlijke processen en natuurlijke dynamiek.
- Gebruik maken van vormen en structuren die aansluiten op bestaande (vaak kunstmatige) vormen en structuren.
- Aanbrengen van gradiënten en verbindingen in de overgang van zout naar zoet water, droog naar nat, diep naar ondiep.
- Verbinden van leefgebieden (binnendijs met buitendijs, droog met nat buitendijs).

Hiermee kunnen de koppelprojecten bijdragen aan het verhogen van de biodiversiteitswaarde van de kust van het vasteland en van de Waddenzee rond de Lauwersmeerdijk:

- De natuurlijke overgang van de dijk streeft naar een grotere diversiteit aan habitats (leefomstandigheden) onder aan de dijk: zowel in het sublitoraal (permanent onderwater), aan de voet van de dijk als op de dijk. Binnen de randvoorwaarde van een veilige dijk kan een ecologische kwaliteitsverbetering bereikt worden. Hiermee ontstaat er een meer geleidelijke overgang tussen het kale zand in de geul, de met harde structuren verrijkte zijkant van de geul, de meer diverse voet van de dijk en de glooiing van de dijk die voor veiligheid is geoptimaliseerd.
- Als vismigratievoorziening heeft bijvoorbeeld de vismigratierivier bij de Afsluitdijk of de vismigratieroute door de Cleveringsluizen een grotere potentie: het verbindt grotere gebieden, biedt plaats aan grotere vissen en biedt een geleidelijke zoet-zout overgang over vele kilometers. Bij het koppelproject vismigratie gaat het echter om het verbinden van zoet en zout door middel van een overgangsgebied met een brakwatermilieu. Dit biedt extra kansen, die bij de vismigratierivier niet beschikbaar zijn. Ook is een vismigratievoorziening bij de Lauwersmeerdijk voor andere vissoorten geschikt en verbindt het andere gebieden.
- De kwelderontwikkeling streeft naar het terugbrengen van zandplaten, kreken en jonge kwelder langs de dijk op een plaats waar van nature al enige opslibbing plaats vindt maar waar nu de dynamiek voor verdere ontwikkeling te hoog is. Het creëren van luwte kan de opslibbing stimuleren en kan leiden tot een grotere diversiteit van habitats. De hoog-dynamische diepe geulen in de buurt beperken de mate van natuurlijke kwelderuitbreiding. Door natuurlijke processen te stimuleren ontstaat een divers en aantrekkelijk nieuw landschap, waarbij het natuurlijke proces van opslibbing waarschijnlijk de stijging van de zeespiegel vóór kan blijven. Zo wordt een kwelder aangelegd die verschillende functies voor ecologie (vis, vogels, vegetatie) maar ook voor waterveiligheid kan vervullen.

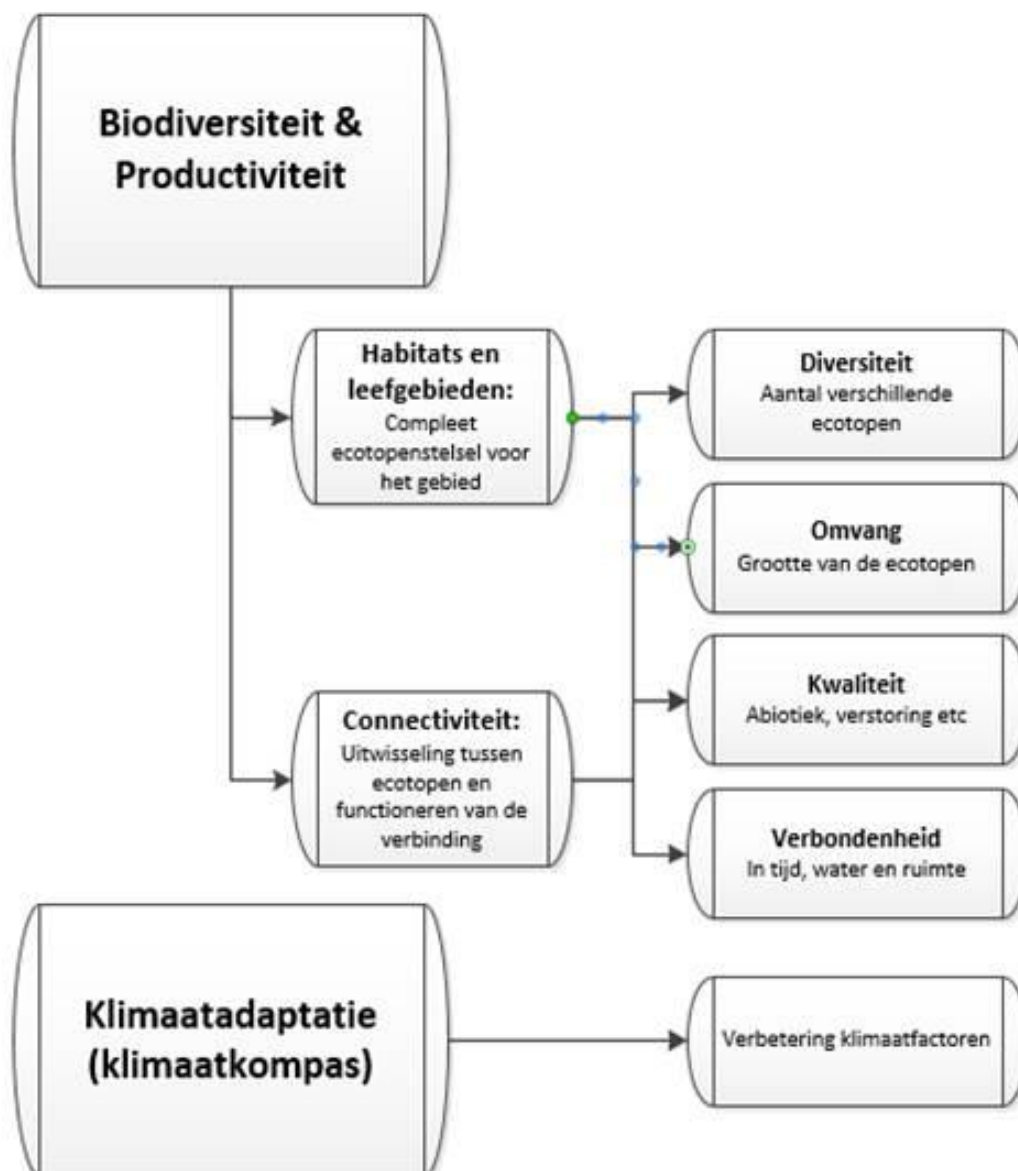
Natuurambitie Grote Wateren

In 2014 is de Natuurambitie Grote Wateren (NAGW) opgesteld, een beleidsvisie van het ministerie van Economische Zaken waarin een beeld is geschetst van de robuuste natuur in 2050/2100 met kansen voor synergie met onder meer waterveiligheid, recreatie en voedselproductie. Vervolgens verkende Rijkswaterstaat in 2017 in opdracht van het Ministerie van I&W en LNV wat nodig is om de grote wateren ecologisch gezond en toekomstbestendig te maken. De ministers van Infrastructuur en Waterstaat, en Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit willen die maatregelen treffen die nodig zijn voor toekomstbestendige grote wateren waar hoogwaardige natuur goed samengaat met krachtige economie. Met 33 projecten worden binnen de Programma Aanpak Grote Wateren (PAGW) ontbrekende leefgebieden aangelegd, het estuariën karakter van de Delta versterkt, natuurlijke dynamiek teruggebracht, en gezorgd voor geleidelijke overgangen tussen land en water en zoet en zout en/of betere verbindingen tussen zee, estuaria en rivieren. Als natuur en ecologische waterkwaliteit op orde zijn, zijn opgaven uit de gebiedsagenda als verstedelijking, recreatie, transport en bedrijvigheid beter in te passen. Alle maatregelen worden klimaatrobust ontworpen om ook de grote wateren robuuster te maken voor toekomstige ontwikkelingen: ze houden rekening met zeespiegelstijging, opwarmend water, droogte en extreme rivierafvoeren.

In de systeemanalyse PAGW Waddenzeekust, die is uitgevoerd voor de dijkversterking Koehool – Lauwersmeer, zijn de beleidskaders voor natuur in de Waddenzee onderzocht en is op hoofdlijnen voor het gehele gebied aangegeven waar de knelpunten liggen. De natuurwaarden in het Waddengebied zijn middels de Kader Richtlijn Water (KRW) en de Vogel- en habitatrichtlijn (Natura 2000 beheerplan) beschermd, met een focus op de kernopgaven: Herstel overgangen; Kinderkamerfunctie voor vis; Visstand; en Sublitorale mosselbanken. Een analyse van de kwaliteit en staat van instandhouding laat zien dat de:

- staat van instandhouding van de Natura 2000-habitattypen Permanent overstromde zandbanken (H1110A), Slik- en zandplaten (H1140A) en Schorren en zilte graslanden (H1330A/B) niet voldoen aan de doelstellingen. Ook de populatiedoelstellingen voor diadrome vissoorten (zeeprik, rivierprik en fint) worden niet gehaald. Voor zowel broedvogels, als niet-broedvogels, wordt voor >60 % van de soorten de doelstelling niet gehaald;
- ecologische toestand gezien vanuit de Kaderrichtlijn Water voor de Waddenzee wordt beoordeeld als ontoereikend tot matig, met name door vertroebeling, het gebrek aan zeegras, de matige kwaliteit (veroudering) van kwelders en normoverschrijding van chemische stoffen;
- ook de ecologische toestand (KRW) van binnendijkse wateren wordt als ontoereikend beoordeeld. Het achterland is met name ten behoeve van de landbouwkundige functie ingericht waardoor er (generiek gezien) weinig ruimte is voor ecologie. Daarnaast is het gebied maar in beperkte mate geschikt als opgroeigebied voor migrerende vis en wordt migratie zelf verhinderd door allerlei kunstmatige barrières.

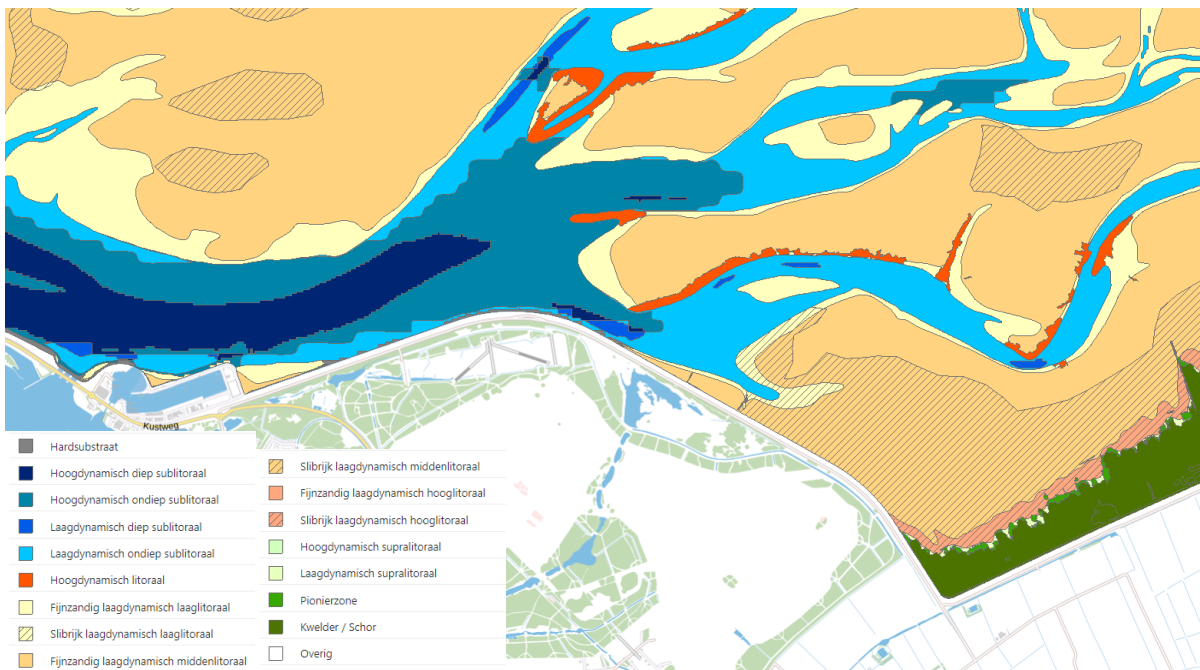
De NAGW zet voor het Waddengebied als geheel in op meer ruimte voor natuurlijke processen en op een rijk, vitaal en productief ecosysteem dat zich ook kan aanpassen aan klimaatverandering. Ook herstel van natuurlijke zeegrasvelden en mosselbanken (belangrijke biobouwers in de Waddenzee), de aanwezigheid van verschillende ontwikkelingsstadia van kwelders, herstel van vismigratieroutes en de ontwikkeling van populaties trekvis zijn onderdeel van de Natuurambitie voor het Waddengebied. De PAGW is ingesteld om de doelen van KRW en Natura 2000 te behalen en om daarnaast ook een verdergaande ambitie te bereiken, zoals verwoord in de NAGW (natuurlijke dynamiek/processen, veerkracht, gezonde ecosystemen en klimaatbestendigheid). Daarom werkt dit project voor de ecologische plus met het doelbereik van de PAGW (Figuur 3) inzichtelijk te maken hoe de koppelprojecten bijdragen aan een half-natuurlijke kustzone rondom de Lauwersmeerdijk.



Figuur 3 Doelbereik PAGW (algemeen)

Biodiversiteit & productie

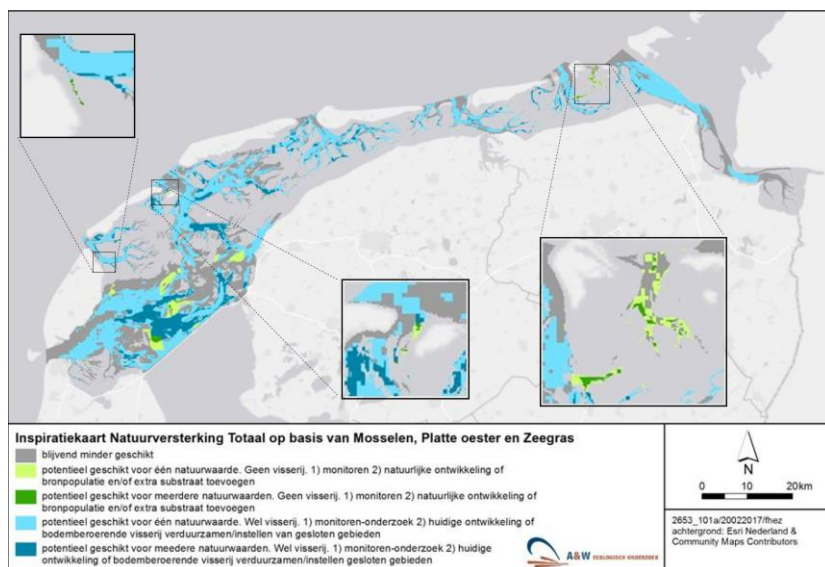
Binnen het plangebied van de dijkversterking Lauwersmeerdijk is een grote diversiteit van ecotopen aanwezig (Figuur 4). Aan de oostkant van het plangebied gaat het middenlitoraal van de Waddenzee (zout) direct over in de harde Lauwersmeerdijk met daarachter de Marnewaard (zoet). De ecotopenkaart maakt onderscheid naar de milieufactoren hoogteligging ten opzichte van het getij (sublitoraal, litoraal, supralitoraal), dynamiek (hoog-dynamisch en laag-dynamisch), substraat (slibrijk, fijnzandig en hard substraat) en begroeiing (pioniervegetatie, kwelder). Een extra vorm van dynamiek is die als gevolg van de visserij. De diepere delen van de Waddenzee worden op vele plekken intensief bevist, waardoor het moeilijk, zo niet onmogelijk is dat zich daar een sublitoraal ecosysteem met hoge kwaliteit kan ontwikkelen.



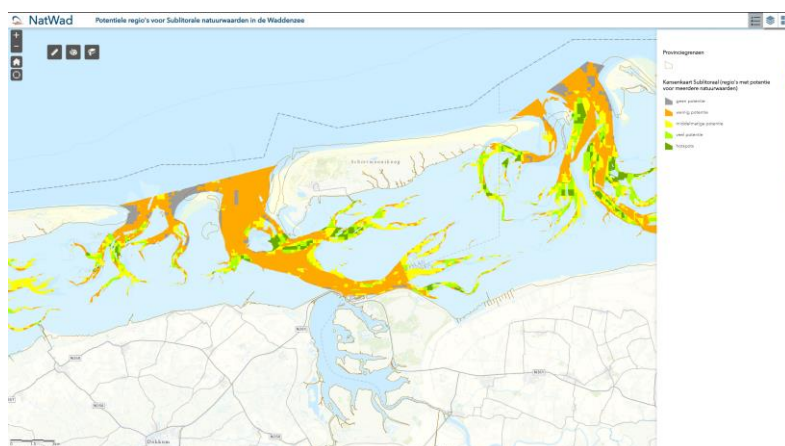
Figuur 4 Ecotopenkaart van het plangebied van de koppelprojecten. Dit betreft de ecotopenkaart uit 2017 (Ecotopen GeoWeb Viewer, Rijkswaterstaat).

De huidige ecotopenkaart van de Waddenzee laat niet zien wat de heterogeniteit binnen een ecotoop is en de mate waarin natuurlijke processen daarbinnen een rol spelen. Zo is een geul die aan één kant door de dijk begrensd wordt, op de kaart hetzelfde als een geul die midden tussen de platen stroomt. In deze laatste zullen zich de natuurlijke processen op grotere schaal en intensiteit kunnen afspelen doordat er geen dijk is die de natuurlijke processen beperkt. Een ander aspect is de heterogeniteit van de bodem binnen een ecotoop. Natuurlijke mosselbanken en natuurlijke mossel-patches in het sublitoraal zijn potentieel zeer biodiverse plekken. Ze trekken namelijk ook andere bodemdieren en vissen aan. Ook zijn sublitorale mossels een aanhechtingsplaats voor wieren en dieren als anemonen en vele andere dieren (Ens et al, 2007). Het in werkelijkheid al of niet aanwezig zijn van dergelijke diverse plekken in het laag of hoog-dynamische sublitoraal hangt af van abiotische omstandigheden maar ook van gebruik en beheer, zoals visserij en baggeren.

Uit de inspiratiekaart natuurversterking (figuur 5) en kansenkaart sublitoraal (figuur 6) blijkt dat er in de kustzone rond de Lauwersmeerdijk potentie is voor natuurversterking. Dit kan door het aanbrengen van meer luwte en kunstriffen onder water.



Figuur 5 Inspiratiekaart voor maatregelen voor versterking van natuurwaarden op basis van potentiekaarten voor mosselen, platte oester en zeegras. Bron: Van der Zee et al (2017).



Figuur 6 Kansenkaart sublitoraal (regio's met potentie voor meerdere natuurwaarden). Deze kaart is identiek aan de Hotspotkaart uit Van der Zee et al (2017). Bron: Natwad.nl.

De drie ecologische koppelprojecten zorgen elk voor een vergroting van de diversiteit aan habitats en voor een betere connectiviteit tussen habitats. Daarnaast versterken ze elkaar omdat door het koppelen van de maatregelen verschillende functies van de Waddenzee voor soorten worden gefaciliteerd.

In de kustzone rondom de Lauwersmeerdijk wordt vooral ingezet op het vergroten van biodiversiteit en kwaliteit van habitats. Er zullen daardoor meer habitats ontstaan, waardoor de totale omvang van natuur toeneemt (let op niet: de omvang van N2000 gebied neemt niet toe).

De kwaliteit van de habitats hangt samen met de aanwezigheid van gradiënten, de nabijheid van andere habitats en de afwezigheid van drukfactoren of dynamiek die een natuurlijke ontwikkeling in de weg kan zitten. De drie ecologische koppelprojecten dragen positief bij aan al deze onderdelen en daarmee aan de kwaliteit van de habitats.

Connectiviteit

De connectiviteitsopgave voor de Waddenzee speelt op meerdere aspecten van het gebied:

- Land-water overgang: een geleidelijke land-water overgang zorgt voor meer gradiënten in het gebied en de mogelijkheid voor soorten om zich op deze gradiënten te vestigen en tussen gradiënten te migreren. Op de kwelders en in het brakwatergebied in de Marnewaard bepaalt de gradiënt in de hoogte ook de mate waarin een plek blootstaat aan zout of zoet water. Door getijdepoelen aan te leggen aan de voet van de dijk ontstaan plekken waar water langer blijft staan en waar dieren tijdelijk kunnen verblijven gedurende laagwater.
- Hard-zacht overgang: bij de dijken in de Waddenzee ligt een harde overgang van slib en zand (zachte materialen) naar bestorting van de dijk (harde materialen). Een meer geleidelijke overgang van zand naar zand met stenen naar stenen met zand en ten slotte gevarieerde steenbestorting zorgt voor een meer geleidelijk en meer diverse overgang tussen wad en dijk.
- Zoet-zout overgang: een geleidelijke zoet-zout overgang speelt een belangrijke rol in de verbinding tussen watersystemen en de mogelijkheid van dieren om zich tussen beide systemen te verplaatsen. Trekvisen zijn voor het voltooien van hun levenscyclus afhankelijk van zowel zoet als zout water. Specifieke brakwatersoorten zijn voor hun leefgebied en voortbestaan afhankelijk van de aanwezigheid van een geleidelijke zoet-zout-overgang met brakwaterzone. Over vrijwel de gehele vastelandskust van de Waddenzee ontbreken dergelijke geleidelijke overgangen.
- Diep-ondiep overgang: bij natuurlijke kreekvorming op de kwelder ontstaat een scala aan kreken en prielen (met verschillende dieptes, breedtes, stroomsnelheid, enz.) die zorgen voor de aanvoer en afvoer van het water naar slikken en kwelder. Ook structuren voor de dijk zorgen voor een meer geleidelijke overgang van diep water in de geulen naar het ondiepe water voor de dijk. Dit biedt een habitat voor wieren, anemonen, schelpdieren en verschillende vissoorten in verschillende levensstadia om een deel van het getij het wad te kunnen gebruiken als leefgebied en foerageergebied.
- De Lauwersmeerdijk vormt momenteel een sterke barrière tussen de meer natuurlijke habitats ten westen en ten oosten van de dijk. De verbetering van de habitatdiversiteit langs de dijk verkleint deze barrièrewerking van de dijk.

Voedselweb

De ecologische koppelprojecten zorgen voor een grotere diversiteit aan habitats in het gebied rond de Lauwersmeerdijk. Hiermee ontstaan meer en meer diverse leefgebieden voor verschillende soorten flora en fauna. Meer sublitorale biodiversiteit met schelpdierbanken en riffen verhogen de filtercapaciteit binnen het ecosysteem. De grotere diversiteit aan habitats in het gebied levert meer diversiteit aan soorten en daarbij een meer divers voedselweb (meer soorten maken gebruik van een meer divers aanbod aan prooisorten). Het voorkomen van meer habitattypen in elkaars nabijheid zorgt ervoor dat dieren die verschillende eisen stellen aan hun omgeving in verschillende levensfasen gemakkelijker hun levenscyclus kunnen vervullen binnen het gebied rond de Lauwersmeerdijk, doordat het gebied die verschillende functies die ze nodig hebben faciliteert. Door het ontstaan van kleine kreken op de slikken en kwelders, die met hoog water vollopen, zorgt ervoor dat vissen uit de Waddenzee het voedsel in de slikken en kreken kunnen benutten. Zo wordt het voedselweb van de kwelders en dat van het open water beter met elkaar verbonden en zorgt voor een meer robuust ecosysteem. Dit kan positief werken bij het opvangen van veranderingen als gevolg van klimaatverandering.

Klimaatadaptatie (klimaatkompas)

Een belangrijk onderdeel van de PAGW is de klimaatrobustheid van systemen. Het klimaatkompas is ontwikkeld om te kijken hoe bepaalde alternatieven binnen een PAGW-project bijdragen aan de klimaatrobustheid (Noordhuis et al, 2019; De Rijk et al, 2020). Binnen het huidige project is op basis van het klimaatkompas een indicatie gegeven van de manier waarop de verschillende ecologische koppelprojecten bijdragen aan een klimaat robuuster Waddengebied. Het klimaatkompas gaat uit van vier indicatoren van klimaatrobustheid op basis van de zeven principes van veerkracht van het Stockholm Resilience Centre (SRC):

- Diversiteit (van zowel habitattypen als soorten).
- Connectiviteit (aan elkaar gerelateerde habitats zijn aan elkaar verbonden en soorten die meerdere habitats nodig hebben hier vrij tussen kunnen bewegen).
- Dynamiek (een belangrijk mechanisme voor het behoud en het realiseren van diversiteit en connectiviteit).
- Waterkwaliteit (systemen worden niet overbelast door bijvoorbeeld hoge nutriëntenconcentraties).

De opties voor het vergroten van de klimaatrobustheid liggen in de Waddenzee voornamelijk bij de diversiteit (van habitattypen en soorten). De connectiviteit is goed maar zoals al genoemd is verbetering nog mogelijk richting het achterliggende zoete water. De dynamiek in het gebied is vrijwel natuurlijk maar verbetering hiervan met oog op de zoet-zout overgang is wel mogelijk. Het gebied is ingesnoerd door dijken, dat heeft gezorgd dat zoet-zout overgangen zijn verminderd en verkleind (coastal squeeze). Door binnendijs meer overgangsgebieden aan te leggen wordt de zoet – zout overgang verbeterd (en op termijn de coastal squeeze verminderd). De waterkwaliteit in de Waddenzee is op orde. Alleen de opgeloste organische stoffen (DIN) zijn te hoog in het systeem.

<i>Klimaatindicator</i>	<i>Weging: Relatieve bijdrage aan klimaatrobustheid</i>
Diversiteit	65
Connectiviteit	15
Dynamiek	5
Waterkwaliteit	15
totaal	100

Binnen de PAGW worden vier hoofdgebieden onderscheiden. Het plangebied voor de dijkversterking en de ecologische koppelprojecten bevindt zich in het deelgebied Waddenzee en Eems-Dollard. Voor dit gebied zijn vier knelpunten voor de ecologie geformuleerd:

1. De Waddenzee is door afdammingen en bedijkingen in de afgelopen eeuwen de natuurlijke stroming van zand en water veranderd.
2. De oppervlakte intergetijdengebied - dat essentieel is voor het ecologisch functioneren van deze gebieden – is verminderd.
3. Juist de oorspronkelijke geleidelijke overgangsgebieden leiden tot gevarieerde leefgebieden in het waddenecosysteem: ondiep water, slik en kwelder, brakwaterzones. De omvang van deze leefgebieden is afgenomen en de kwaliteit is sterk verminderd.
4. Twee belangrijke trends laten zien dat de kwaliteit van het ecosysteem in de Waddenzee vermindert: het broedsucces van wadvogels neemt af en de visstand verslechtert (de Waddenzee herbergt minder 'kraamkamers' en minder grote vissen). De Waddenzee verliest dus zijn waarde als schakel in de flyway van vogels en de swimway van vis.

Voor het oplossen van bovenstaande knelpunten zijn de volgende maatregelen zinvol:

- Het vergroten van het intergetijdengebied met geleidelijke overgangen en droogvallende platen. Dit draagt bij aan zowel de diversiteit als de connectiviteit. Alle drie de koppelprojecten dragen hieraan bij:
 - Het koppelproject natuurlijke overgang draagt bij aan een meer geleidelijke overgang door meer structuren voor een diverser leefgebied aan te brengen.
 - Het koppelproject vismigratie draagt bij aan de connectiviteit tussen de Waddenzee en het achterland door een opening in de dijk, een brakwatergebied en een vismigratieroute.
 - Het koppelproject kwelderontwikkeling draagt bij aan het verhogen van de kwaliteit van het intergetijdengebied.
- Het vergroten van de komberging van de Waddenzee is beperkt mogelijk. Dit project vergroot de komberging door via opening in de dijk, de Marnewaard aan te sluiten.
- Het verzachten van harde overgangen en het invangen van slib, bijvoorbeeld natuurlijke kwelderontwikkeling in combinatie met het vergroten van het areaal van mossel- en oesterbanken. Dit draagt bij aan zowel de diversiteit als de connectiviteit. Alle drie de koppelprojecten dragen hieraan bij:

- Het koppelproject natuurlijke overgang draagt bij aan het verzachten van de overgang door de dijk natuurlijker in te richten en meer structuren te bieden om extra leefgebieden te creëren rondom de dijk. Daarnaast draagt het bij aan de ontwikkeling van sublitorale biodiversiteit met mossels, oesters en andere organismen door kunstmatige rifelementen te plaatsen.
- Het koppelproject vismigratie draagt bij aan de connectiviteit tussen de Waddenzee en het achterland door een opening in de dijk, een brakwatergebied en een vismigratieroute.
- Het koppelproject kwelderontwikkeling draagt met een zo natuurlijk mogelijke kwelderontwikkeling bij aan het invangen van slib uit de Waddenzee.
- Het verbinden van het zoete en zoute milieu. Dit draagt bij aan zowel de diversiteit als de connectiviteit. Het ecologisch koppelproject vismigratie verbetert de overgang van zoet naar zout water en verbindt beide door middel van een overgangsgebied met een brakwatermilieu.

Ecologische plus integrale dijkversterking

De Lauwersmeerdijk wordt integraal versterkt, gericht op het ontwikkelen van een vitale toekomstbestendige kustzone langs de Waddenkust. De benodigde dijkversterking wordt gecombineerd met een aantal gebiedsontwikkelingen in de kustzone. De integrale dijkversterking zorgt daarmee voor de ontwikkeling van een vitale toekomstbestendige kustzone, de verbinding van de verschillende natuuropgaven binnen- en buitendijks en vormt een ecologische plus:

- De versterkte Landelijke dijk functioneert aan de binnenzijde en op de kruin als corridor voor insecten en vogels, doordat de grasbekleding bestaat (op locaties waar dat kan) uit een lokaal zadenmengsel van diverse grassen, kruiden en bloemen. Daarnaast biedt de dijk waar mogelijk ook meer ruwe oppervlakken waar ruimte ontstaat voor planten en dieren om zich te vestigen, schuilen of foerageren.
- De overgang van de dijk naar het wad wordt meer natuurlijk gemaakt door de aanleg getijdepoelen op de dijk en rifelementen om onderwaternatuur te ontwikkelen vóór de dijk. Doel is het creëren van extra leefgebied voor algen, wieren, epifauna en vissen. De teen van de dijk wordt zo aangepast dat er een geleidelijke overgang van het asfalt naar het wad vóór de dijk ontstaat. Deze getijdepoelen en rifelementen bieden ook schuil- en foerageermogelijkheden en verhogen de biodiversiteit. Doordat hier extra leefgebieden ontstaan, gaan er meerdere soorten leven en ontstaan ook foerageermogelijkheden voor de diverse vogelsoorten in het gebied. De rifelementen vormen een corridor van de nieuwe opening in de dijk naar de kwelder verderop. Voor vis zijn deze rifelementen een rust- en foerageerpunt om verder te trekken richting paaigronden (in Drenthe). Met de getijdepoelen neemt ook de ecologische kwaliteit van de dijk toe.
- Ter hoogte van het brakwatergebied in de Marnewaard wordt in de Landelijk dijk om vismigratie mogelijk te maken een opening gemaakt (dijkdoorkruising met vispassage) om de Waddenzee te verbinden met het binnendijkse gebied (circa 70 hectare). De connectiviteit tussen de Waddenzee en het Lauwersmeer wordt hersteld. Door het toevoegen van deze verbinding met beperkte getijdedynamiek vormt zich een geleidelijk zoet-zout overgangsgebied van waaruit vissen verder kunnen migreren naar het Hogeland van Groningen en naar de Drentse beken. De peildynamiek zorgt ook voor oeververanderingen die periodiek droogvallen, waardoor zich bijzondere vegetatie kan ontwikkelen. De ecologische winst wordt behaald door de connectiviteit tussen de twee gebieden te herstellen, met een toename van de habitat(kwaliteit) en een grotere biodiversiteit. De productiviteit en robuustheid van het voedselweb voor vissen en vogels neemt toe in het overgangsgebied (zowel binnen- als buitendijks).
- Ook kwelders zijn van groot belang voor diverse (vis)soorten. In de Waddenzee liggen de kwelders vast en is er weinig vernieuwing, waardoor er steeds minder pionierkwelders aanwezig zijn. Ten oosten van de zeedijk worden daarom rijshouten dammen aangelegd in een natuurlijk patroon om zo de natuurlijke vorming van een extra kwelder te stimuleren. Zo ontstaat een nieuw type habitat kwelder vóór de Lauwersmeerdijk, dat leefgebied vormt voor diverse flora- en faunasoorten, een opgroei- en rustgebied is voor (jonge) vis en een foerageer- en broedgebied voor diverse (broed)vogels. Bij het plaatsen van de rijshouten dammen wordt rekening gehouden met het ter plaatse aanwezige zeegras en de mosselbanken op de rand van het wad, zodat de waarde daarvan ook behouden wordt.
- Samen zorgen de drie ecologische koppelpoorten voor een extra impuls op het gebied van diversiteit en robuustheid. De verrijking van de habitattypen in de kwelder, de natuurlijke overgang en het binnendijks gelegen brakwatergebied zorgt voor een grotere biodiversiteit in en op het water en een grotere complexiteit en stabiliteit van het voedselweb in de kustzone. Deze zoet-zout overgang is een toevoeging aan het gebied en biedt een grote kwaliteitsimpuls aan de brakke habitattypen in de Waddenzee, voor zowel flora als fauna. De harde rifelementen in de permanent overstroomde zone bieden aanhechtingsplaatsen voor wieren en schelpdieren en ook foerageer- en schuilmogelijkheden voor vis. Hierdoor ontstaat voor diverse soorten extra leefgebied tussen de vispassage in de dijk en het binnendijkse brakwatergebied enerzijds en de kwelder anderzijds. Via de vispassage in de dijk en het achterliggende brakwatergebied kunnen aquatische soorten het zoetwatersysteem bereiken, waar diverse vissoorten kunnen paaieren en opgroeien.

Voor de ecologische projecten is de bijdrage aan de doelen KRW, PAGW en Natura 2000 hierna beschreven in tabel 1 en verder uitgediept per koppelpoort.

Tabel 1 Overzicht bijdrage van de combinatie van de drie ecologische koppelpoorten aan verschillende ecologische doelen in het Waddengebied

Combinatie van de ecologische projecten	Bijdrage aan doelen		
	KRW-doel	PAGW-doel	Natura 2000
Verhoging van biodiversiteit	+++	Diversiteit en productiviteit	Doelbereik wordt in zijn geheel dichterbij gebracht
Duurzaamheid oplossingen	+++	Robuustheid	Duurzame populaties, duurzame habitattypen

Natuurlijke overgang naar Waddenzee

De aanleg van een natuurlijke overgang naar de Waddenzee, bestaande uit een mozaïek van afwisselend zand en getijdpoelen en rifelementen vóór de dijk, zorgt voor diversiteit in habitats wat tot uiting komt in verschillende waarden voor abiotische milieufactoren zoals diepte, stroomsnelheid, sediment-samenstelling, beschikbaarheid van licht en beschikbaarheid van plankton. Dit zorgt voor diversiteit in aangroemogelijkheden voor flora en fauna en diversiteit in schuil- en rustmogelijkheden en voedsel voor vissen en ongewervelden. Een overzicht van de verschillende ecologische functies van de natuurlijke overgang is samen met de bijdrage aan de ecologische doelen in het Waddengebied in tabel 2 aangegeven.

Tabel 2 Overzicht van ecologische functies van de natuurlijke overgang met de bijdrage aan ecologische doelen in het Waddengebied

Aspect	Ecologische functie	Bijdrage aan doelen		
		KRW-doel	PAGW-doel	Natura 2000
Rifelementen voor de dijk	Nieuw habitat sublitoraal	In KRW-waterlichaam K2 zijn geen doelen voor vis vastgesteld	Habitatuitbreiding, verbetering habitatkwaliteit, toename habitat-diversiteit, verbetering connectiviteit (verzachten overgang tussen wad en dijk)	H1110A. Toename schelpdieren en andere soorten als voedsel voor vogels en verbetering visstand rond rif elementen
	Habitat: Aangroei-mogelijkheid wieren, schelpdieren, weekdieren	KE Macro-invertebraten	Toename habitatdiversiteit en kwaliteit, toename biodiversiteit en productiviteit, verbetering connectiviteit (verzachten overgang tussen wad en dijk)	Toename voedselbeschikbaarheid voor vogels en vissen door toename diversiteit
	Goede waterkwaliteit	KE Macro-invertebraten, specifiek filterende organismen, mogelijk afname slibconcentraties verbetering waterkwaliteit	Verbetering habitatkwaliteit	Toename kwaliteit H1110A door meer biodiversiteit (vis en schelpdieren)
	Habitat: schuil-, rust- en foerageerplek invertebraten en vissen	KE Macro-invertebraten KE Vis	Toename diversiteit en productiviteit, verbetering habitatkwaliteit toename Connectiviteit (verzachten overgang tussen wad en dijk)	Toename voedselbeschikbaarheid voor vogels door toename diversiteit en productiviteit, verbetering visstand (H1110A)
	Hotspot biodiversiteit	KE Macro-invertebraten	Toename biodiversiteit en productiviteit	Toename voedselbeschikbaarheid voor vogels door toename biodiversiteit en mogelijk mosselbanken
	Voedselbeschikbaarheid voor vissen en duikvogels	KE Macro-invertebraten, specifiek filterende organismen	Verbetering connectiviteit en toename biodiversiteit met als gevolg productiviteit en robuustheid voedselweb	Duurzame populaties visetende en schelpdier etende vogels zoals Visdief, lepelaar, Eider
	Voedselbeschikbaarheid vogels	KE Macro-invertebraten	Verbetering habitatkwaliteit en connectiviteit met als gevolg toename biodiversiteit en productiviteit	H1140A, H1110A, Lepelaar, Visdief, scholekster, eider, kleine mantelmeeuw, steenloper.
Getijdpoelen op de dijk	Nieuw habitat	In KRW-waterlichaam K2 zijn geen doelen voor vis vastgesteld	Verbetering habitatkwaliteit en connectiviteit met als gevolg toename biodiversiteit en robuustheid voedselweb	H1110A en H1140A: meer diversiteit in de vorm van schelpdieren, wieren en weekdieren. Lepelaar, Visdief, steenloper, scholekster
	Schuilplek, foerageerplek invertebraten	KE Macro-invertebraten KE Vis	Verbetering habitatkwaliteit door meer diversiteit	H1110A en H1140A: meer diversiteit in de vorm van schelpdieren, wieren en weekdieren.

Vismigratie en zoet-zout overgang Marnewaard

De dijkdoorkruising met vispassage zorgt voor een zoet-zout overgang die de Waddenzee verbindt met het binnendijkse brakwatergebied in de Marnewaard. Deze verbinding met binnendijkse natuur is uniek en komt maar op enkele plekken in het Waddengebied voor. Voor anadrome en katadrome vissoorten²⁶ wordt hiermee de connectiviteit tussen de Waddenzee en het binnendijkse gebied hersteld. Daarnaast ontstaat er binnendijks een zoet-zout overgangsgebied, brak milieu, dat aantrekkelijk is voor zoutminnende flora en fauna. Dat biedt weer extra foerageer- en rustmogelijkheden voor diverse soorten (broed)vogels in het Waddengebied. Een overzicht van de verschillende

²⁶ Een anadrome vis trekt vanuit zee naar de rivieren om te paaien (zoals spiering). Een katadrome vis trekt vanuit het zoete water naar zee om te paaien (zoals bot en paling).

ecologische functies van de vismigratie en zoet-zoutovergang is samen met de bijdrage aan de ecologische doelen in het Waddengebied in tabel 3 gegeven.

Tabel 3 Overzicht van ecologische functies van de vismigratie en zoet-zout overgang in Marnewaard en bijdrage aan ecologische doelen in het Waddengebied

Aspect	Ecologische functie	Bijdrage aan doelen		
		KRW-doel	PAGW-doel	Natura 2000
Vismigratie mogelijk maken door dijkdoorgang en aanpassing kunstwerken	Verbinding zoet-zout water	KE Macro-invertebraten KE Vis	Vergroten Connectiviteit in de vorm van vismigratie en zout-zout overgang, toename habitat	H1110A: kernopgave zoet-zout overgang en versterken visstand
	Vismigratie	KE Vis	Vergroten Connectiviteit in de vorm van vismigratie	Trekvisen en visstand bevorderen
	Habitat vispopulaties binnendijks	KE Vis	Toename habitat en connectiviteit	Trekvisen en visstand bevorderen (driedoornige stekelbaars, bot, etc.)
	Habitat vispopulaties buitendijks versterken	KE Vis Waddenzee	Toename habitatkwaliteit en connectiviteit	visstand bevorderen: meun, bot, grondels, slakdolf
	Voedselaanbod visetende vogels binnendijks en buitendijks		Toename habitatkwaliteit en connectiviteit met verhoogde biodiversiteit en productiviteit als gevolg	Duurzame populaties visetende vogels, Lepelaar, Visdief, sterns
Brakwatergebied Marnewaard	Voedselbeschikbaarheid voor visetende vogels binnendijks en buitendijks		Verbetering habitatkwaliteit en voedselbeschikbaarheid	Duurzame populaties visetende vogels Lepelaar, Visdief, sterns, Kernopgave herstel zoet-zout overgang
	Brakwaterhabitat, overgangsgebied	KE Vis	Herstel connectiviteit zee en achterland. Herstel overgangsgebied zoet-zout. Toename habitat.	Lepelaar, Visdief, sterns Bijdrage aan kernopgave herstel zoet-zout overgang, Bijdrage aan kernopgave Herstel visstand H1110A Verbetering kwaliteit habitat H1110A vergroten diversiteit.

Kwelderontwikkeling stimuleren

Met het plaatsen van rijshouten dammen wordt de ontwikkeling van kwelders gestimuleerd. De kwelderontwikkeling ontstaat buitendijks door het aanbrengen van luwtestructuren (rijshouten dammen), zie tabel 4:

- Er ontstaan nieuwe ecotopen van slibrijk, laag dynamisch sublitoraal die natuurlijk ontwikkelen naar pionierszone en later kwelder. Het areaal kwelder neemt daarmee toe. Dit verloop (gradiënt) treedt zowel op in ruimte als in tijd. De gradiënt van periodiek overstroomde zandbanken naar hoge kwelder zorgt voor een betere verbinding tussen het achterliggende land en de kwelder. In eerste instantie zullen door de toegenomen luwte vooral slikken, zandplaten en afwaterende kreekjes ontstaan. Later kunnen zich hierop pioniersvegetaties ontwikkelen. De dynamiek aan de randen van de kwelder zorgt er in de toekomst voor dat de gradiënt en daarmee de verbinding aanwezig blijft en er dan geen harde grens ontstaat tussen hoge kwelder en wad. Dit is een waardevolle ontwikkeling voor het gebied.
- Vanuit de optiek van het Natura 2000-gebied Waddenzee zorgen de ontwikkelingen die gepaard gaan met het plaatsen van de luwtestructuren om natuurlijke kwelderontwikkeling te stimuleren, afname in het oppervlak van habitattypen slik- en zandplaten (getijdengebied) (H1140A) van maximaal 35 ha. In de huidige beheerperiode (2016 – 2022) is een netto oppervlaktetoename geconstateerd van H1140A. Na cumulatie is er daarom sprake van een oppervlaktetoename van 13,25 ha aan H1140A in het gehele Waddengebied (inclusief integrale dijkversterkingsproject Lauwersmeerdijk-Vierhuizergat). De grens waarbij een significant effect optreedt ligt op een oppervlakteverlies van 10 ha. Er is na cumulatie daarom geen significant negatief effect op de instandhoudingsdoelstelling voor de omvang van H1140A.
- Vanuit de optiek van het Natura 2000-gebied Waddenzee zorgen de ontwikkelingen die gepaard gaan met het plaatsen van de luwtestructuren om natuurlijke kwelderontwikkeling te stimuleren, voor een toename in kwaliteit van habitattypen slik- en zandplaten (getijdengebied) (H1140A). De toename in kwaliteit, samen met het extra oppervlak waar verschillende kwelderhabitattypen (H1310A, H1320, H1330A) zich kunnen ontwikkelen tot hoge kwaliteit, zorgt voor meer dan alleen de compensatie van deze afname in het oppervlak. Ook het areaal aan geulen en kreken zal toenemen door kwelderontwikkeling. Door ruimte te laten voor natuurlijke geulvorming betekent dit dat er op de rand van de platen en kwelder geultjes ontstaan die voor jong vis interessant foerageergebied en rustgebied zijn.

Een overzicht van de verschillende ecologische functies van de kwelderontwikkeling is samen met de bijdrage aan de ecologische doelen in het Waddengebied in tabel 4 aangegeven.

Tabel 4 Overzicht functies en onderdelen kwelderontwikkeling en bijdrage aan ecologische doelen in het Waddengebied

Aspect	Ecologische functie	Bijdrage aan doelen		
		KRW-doel	PAGW-doel	Natura 2000
Aanbrengen luwte	Nieuw habitat	Overige Waterflora (Kwelders)	Verbetering connectiviteit land-water, toename habitat	Pioniervegetatie H1130
	Habitatdiversiteit	KE Overige Waterflora (Kwelders)	Verbetering connectiviteit land-water, toename habitat, verbetering habitatkwaliteit, vergroten biodiversiteit	Pioniervegetatie H1130, broedvogels kwelders
	Voedselbeschikbaarheid vogels	KE Overige Waterflora (Kwelders)	Verbetering connectiviteit land-water, verbetering habitatkwaliteit	Duurzame populaties wadvogels
Kreekvorming	Verbinden land-water	KE Overige Waterflora (Kwelders)	Natuurlijke dynamiek, verbetering connectiviteit, verbetering habitatkwaliteit, vergroten biodiversiteit	Pioniervegetatie H1130, kinderkamersoorten vis
	Habitatdiversiteit	KE Overige Waterflora (Kwelders), Macro-invertebraten (diversiteit)	Verbetering habitatkwaliteit, vergroten biodiversiteit en robuustheid ecosysteem	H1310A, H1310B, H1320, kinderkamerfunctie Waddenzee
	Opgroei- en foerageergebied vissen	KE Vis	Verbetering connectiviteit, verbetering habitatkwaliteit	haring, sprat, bot, grondels, spiering etc. Kernopgave kinderkamerfunctie Waddenzee
	Foerageergebied vogels	KE Overige Waterflora (Kwelders)(diversiteit)	Verbetering connectiviteit, verbetering habitatkwaliteit en biodiversiteit	Duurzame populaties vogels, Lepelaar, Kluut, Bontbekplevier, Visdief
	Verbinden land-water	KE Overige Waterflora (Kwelders)	Natuurlijke dynamiek, verbetering connectiviteit, verbetering habitatkwaliteit, vergroten biodiversiteit	Pioniervegetatie H1130, kinderkamersoorten vis
	Verjonging kwelder	Overige Waterflora (Kwelders)	Verbetering habitatkwaliteit en biodiversiteit, toename habitat	H1310A, H1310B, H1320
Kweldervorming	Diversiteit (=kwaliteit) kwelder	KE Overige Waterflora (Kwelders)	Verbetering habitatkwaliteit en biodiversiteit	H1310A, H1310B, H1320
	Broedplekken vogels	Overige Waterflora (Kwelders)	Verbetering habitatkwaliteit en biodiversiteit	Duurzame populaties vogels, Kluut
	Verhoging voorland van dijk	Overige Waterflora (Kwelders)	Verbetering connectiviteit in vorm van zachte overgang	H1330A, Vluchtmogelijkheid dieren, Bruine kiekendief, Blauwe kiekendief

Door de aanleg van de luwtestructuren zal er op termijn kwelderhabitat tot uiting komen door een verandering in sedimentatie en erosie in (een deel van) het gebied. Er is daarmee op den duur sprake van oppervlakteverlies van het oorspronkelijke habitat (H1140A). Het uitgangspunt is dat het gebied op termijn (vele jaren) geleidelijk evolueert en dat overgangen tussen nieuwe gevormde ecotopen (subtypen binnen één type habitat) natuurlijk verlopen. De effecten van dit oppervlakteverlies worden hieronder vanuit verschillende perspectieven beoordeeld.

Oppervlakteverlies door kwelderontwikkeling: ecologisch perspectief

Het stimuleren van natuurlijke kwelderontwikkeling voor de Lauwersmeerdijk wordt gedaan om te voldoen aan diverse ecologische doelstellingen vanuit de ambitie van het N2000 beheerplan. Dit zijn onder meer de verbeterdoelstellingen voor de kwaliteit van de habitattypen slik- en zandplaten (getijdengebied) (H1140A) en schorren en zilte graslanden (buitendijks) (H1330A). Het extra oppervlak aan kwalitatief kwelderhabitat zorgt onder meer voor een positieve bijdrage aan foerageer- en broedgebied voor tal van (niet-) broedvogels met veelal (zeer) ongunstige landelijke staat van instandhouding. Door het creëren van zachte overgangsgebieden en herstellen van natuurlijke gradiënten wordt een hogere connectiviteit en samenhang tussen habitats verwacht. Dit zijn ook doelstellingen vanuit het PAGW. Andere doelstellingen van het PAGW, zoals het verhogen van de productiviteit en diversiteit van leefgebieden, kunnen op termijn ook positief worden beïnvloed.

In de huidige vorm bestaat het habitattype slik- en zandplaten in dit gebied vooral uit één ecotoop: slibrijk laag dynamisch middenlitoraal (Rijkswaterstaat, 2017). Dit zijn bij eb droogvallende slikplaten, er zijn momenteel geen biogene structuren zoals mosselbanken of zeegrasvelden aanwezig binnen de invloedssfeer van de luwtestructuren. Daarmee vervult dit gebied hoofdzakelijk een basale (maar belangrijke) functie als foerageergebied, tijdens laagtij voor diverse vogels en tijdens hoogtij onder meer voor vissen. Voor het habitattype slik- en zandplaten wordt echter

genoemd dat de afwisseling en samenhang tussen de ecotopen juist een belangrijk aspect vormt voor dit habitatype. De kwaliteit van het habitatype slik- en zandplaten wordt daarom mede bepaald door de diversiteit tussen deze ecotopen en de daarmee gepaard gaande biodiversiteit (Ministerie van LNV, 2008c).

In de eerste jaren na implementatie van de luwtestructuren heeft er naar verwachting nog relatief weinig verandering plaatsgevonden. Er is dan niet tot nauwelijks sprake van oppervlakteverlies en de ecologische functie als foerageergebied zal min of meer gelijk zijn. Door de geleidelijke morfologische veranderingen in de luwste delen is het de verwachting dat er op den duur een divers mozaïek aan slik- en zandplaat ecotopen vorm krijgt. Het is mogelijk dat er delen slibrijk laag-, midden- en hooglitoraal tot stand komt, eventueel is er in en rond nieuw gevormde geulen zelfs ruimte voor fijnzandig laag-, midden- en/of hooglitoraal. Deze diversiteit aan ecotopen biedt vervolgens mogelijk geschikt habitat voor een scala aan verschillende flora en fauna, denk hierbij bijvoorbeeld aan gunstigere omstandigheden voor geschikte vestigingslocaties van zeegras, een grote diversiteit aan bodemfauna en de kraamkamerfunctie voor juveniele vis in de nieuwe geulen en prielen. Dit leidt tot een grotere ecologische waarde van het resterende gebied dat geclassificeerd blijft als habitatype slik- en zandplaten ten opzichte van de huidige situatie (waarbij het gehele gebied wordt gevormd door één homogeen ecotoop). De meer heterogene invulling van het habitatype heeft ook toegevoegde waarde voor Natura 2000-gebied Waddenzee als geheel. Dit omdat een heterogeen gebied tot stand komt dat relatief weinig aanwezig is binnen het habitatype slik- en zandplaten in Natura 2000-gebied Waddenzee, idealiter krijgen kwaliteitskenmerken zoals zeegras hierdoor mogelijk ook extra kansen (eventueel met menselijke hulp).

De verwachtingen voor dit gebied is dat na de ontwikkeling van bovenstaande mozaïek dit geleidelijk door ontwikkelt naar pionierkweldervegetaties bij goede omstandigheden. Het is aannemelijk dat dit als eerst gebeurt op de hoger gelegen delen en op delen waar de meeste opslibbing plaatsvindt. Nadat de veranderde invloed van sedimentatie en erosie voor meerdere decennia (!) hun werk hebben verricht kan uiteindelijk een divers gebied zijn ontstaan, waarin slik- en zandplaten worden afgewisseld door meanderende geulen en prielen en mozaïeken van kweldervegetaties in verschillende successiestadia. Hierin verlopen overgangen tussen habitattypen geleidelijk en natuurlijk. Samen vormt dit dan een zachte, meer natuurlijke overgangszone tussen de landelijke dijk en het wad. Door de wisselwerking door (gedeeltelijke) 'resets' van stormevents zal het gebied ook voortdurend (cyclische) veranderingen doormaken. Dit komt in de buurt van de vroegere natuurlijke landschappen die ontstonden onder invloed van het getij zonder de aanwezigheid van dijken. Dergelijke dynamiek tussen habitattypen is ook goed terug te zien op de habitatypekaarten van Natura 2000-gebied Waddenzee van verschillende jaren. Over de jaren breiden kwelderhabitattypen zich uit ten koste van slik- en zandbanken en vice versa.

De geleidelijke herschikking van een gedeelte van slik- en zandplaten richting andere typen habitat, door een veranderingen in de invloed van sedimentatie en erosie, geldt als oppervlakteverlies van het habitatype binnen Natura 2000-gebied Waddenzee. Dit verloren oppervlak van habitatype slik- en zandplaten biedt echter weer kansen voor de uitbreiding van andere karakteristieke kwelderhabitattypen binnen Natura 2000-gebied Waddenzee. Deze groep aan kwelderlandschappen komt in aanzienlijk mindere mate voor dan slik- en zandplaten, ongeveer met een respectievelijke ratio van 1:40. Dit betekent dat het uiteindelijk verminderde areaal voor soorten die een voorkeur hebben voor slik- en zandplaten relatief minimaal is, terwijl ditzelfde gebied aan nieuwe kwelderlandschappen voor soorten die hier een voorkeur voor hebben een relatief grote toevoeging betekent. Onder meer diverse soorten broedvogels en niet-broedvogels profiteren hiervan, maar ook kweldergrassen. De vogelsoorten maken graag gebruik van de kwelders als foerageer-, rust- en/of broedgebied. Verder is het aannemelijk dat er door de eerder omschreven cyclische werking op termijn kwelderlandschap aanwezig blijft in verschillende successiestadia. Een diverse verdeling en verjonging van kwelderlandschap van verschillende successiestadia wordt genoemd als belangrijk kwaliteitskenmerk van habitatype schorren- en zilte graslanden (Ministerie van LNV, 2008k).

Daarnaast wordt binnen de integrale dijkversterking ook de zoet-zout overgang in de Marnewaard hersteld. Waarbij binnendijs gebied verbonden wordt met de Waddenzee. In historisch perspectief is dit normaal maar tegenwoordig is dit uniek, het komt maar op enkele plekken in het Waddengebied voor. Het brakwatergebied Marnewaard wordt geoptimaliseerd om de connectiviteit en diversiteit aan habitats te vergroten. Onderdeel daarvan is het graven van een geul en smalle watergang om de Waddenzee en het kwelmeer te verbinden met het achterland. Hierdoor ontstaan in het brakwatergebied waardevolle oevers deels bestaande uit slik- en zandplaten die gelijkenissen vertonen met het habitatype slik- en zandplaten (getijdengebied) (H1140A), dit biedt weer extra foerageermogelijkheden voor vogels. De Marnewaard vormt daarmee een grote ecologische meerwaarde voor het gebied en compenseert vanuit ecologisch perspectief ook gedeeltelijk het verloren oppervlak slik- en zandplaten door kwelderontwikkeling aan de buitendijkse zijde. In de huidige vorm bestaat het habitatype slik- en zandplaten in dit gebied vooral uit één ecotoop: slibrijk laagdynamisch middenlitoraal. Dit zijn bij eb droogvallende slikplaten, er zijn momenteel geen biogene structuren zoals mosselbanken of zeegrasvelden aanwezig binnen de invloedssfeer van de luwtestructuren. Daarmee

vervult dit gebied hoofdzakelijk een basale (maar belangrijke) functie als foerageergebied, tijdens laagtij voor vogels en tijdens hoogtij voor vissen. Voor het habitatype slik- en zandplaten wordt echter genoemd dat de afwisseling en samenhang tussen de ecotopen juist een belangrijk aspect vormt voor dit habitatype.

Oppervlakteverlies door kwelderontwikkeling: juridisch perspectief

Op termijn kan er oppervlakteverlies ontstaan door de geleidelijke kwelderontwikkeling binnen een gebied slik- en zandplaten (getijdengebied) van worst-case 35 ha (update augustus 2022: stand van zaken januari 2022, is inmiddels door wijzigingen in het ontwerp 22 ha). De leidraad significantie bepaling schrijft voor dat oppervlakteverlies niet significant is wanneer de omvang hiervan lager is dan het vereiste minimum oppervlakte waarmee de aanwezigheid van een habitatype kan worden vastgesteld (Steunpunt Natura 2000, 2010). Voor marine habitattypen is dit vereiste minimum oppervlakte 10 ha (Ministerie van Economische Zaken, 2014). Ondanks dat het aannemelijk is dat er op slechts een gedeelte van de invloedssfeer van de luwtestructuren sprake is van oppervlakteverlies, kan op termijn sprake zijn van een overschrijding van de grens van 10 ha. Dit leidt in juridische zin tot een significant negatief effect op de instandhoudingsdoelstelling voor omvang van het habitatype slik- en zandplaten (getijdengebied).

Door de kwelderontwikkeling wordt er gehandeld in lijn van de verbeterdoelstelling voor de kwaliteit van habitattypen slik- en zandplaten (getijdengebied) (H1140A) en schorren en zilte graslanden (H1330A). Dit is toegelicht in de redenering vanuit ecologisch perspectief. Er is geen negatief effect.

Het brakwatergebied Marnewaard behoort niet tot Natura 2000-gebied Waddenzee. Het habitat dat hier mogelijk tot uiting komt dat gelijkenissen vertoont met slik- en zandplaten (getijdengebied) (H1140A) kan daarom in juridische zin niet in mindering worden gebracht ten opzichte van het oppervlakteverlies aan de buitendijkse zijde (binnen Natura 2000-gebied Waddenzee).

Er kan sprake zijn van cumulatie van oppervlakteverlies van habitatype slik- en zandplaten (getijdengebied) (H1140A). Hiervoor dienen vergunde activiteiten plaats te vinden in Natura 2000-gebied Waddenzee die oppervlakteverliezen of -toenames van H1140A veroorzaken of hebben veroorzaakt binnen dezelfde beheerplanperiode (2016-2022) gezamenlijk bekeken te worden. De leidraad significantie bepaling schrijft voor dat oppervlakteverlies niet significant is wanneer de omvang hiervan lager is dan het vereiste minimum oppervlakte waarmee de aanwezigheid van een habitatype kan worden vastgesteld (Steunpunt Natura 2000, 2010). Voor marine habitattypen is dit vereiste minimum oppervlakte 10 ha (Ministerie van Economische Zaken, 2014).

In de Waddenzee zijn drie vergunde activiteiten beschreven die oppervlakteverlies of -toename veroorzaken van habitatype H1140A in Natura 2000-gebied Waddenzee. Het betreft de volgende projecten:

- Dijkversterking Prins Hendrikzanddijk Texel (sectie 9). Oppervlaktoename H1140A van tenminste +26 tot maximaal +66 ha op termijn. Al uitgevoerd.
- Dijkversterking Waddenzeedijk Texel (sectie 3, 4, 7 en 10). Totaal oppervlakteverlies H1140A van -1,12 ha. Al uitgevoerd.
- Aanpassing Afsluitdijk Waddenzeezijde. Oppervlakteverlies van -0,6 ha. Al uitgevoerd.

Gezamenlijk vormen deze projecten een netto oppervlaktoename van H1140A van +24,28 tot +64,78 ha. In het aanpassingsbesluit voor de Aanpassing Afsluitdijk Waddenzeezijde wordt door het Ministerie van LNV geconcretiseerd dat bij de Prins Hendrikzanddijk 50 ha H1140 Slik- en zandplaten is aangelegd en dat dit zich ook als zodanig aan het ontwikkelen is (Ministerie van LNV, 2019). Daarmee komt de netto oppervlaktoename van deze drie activiteiten op +48,28 ha.

In de Passende Beoordeling is geconcludeerd dat er binnen het gehele huidige project Dijkversterking Lauwersmeerdijk-Vierhuizergat sprake is van worst-case 35,03 ha oppervlakteverlies van habitatype slik- en zandplaten (getijdengebied) (H1140A). Dit is de gezamenlijke hoeveelheid oppervlakteverlies van de 2^e ontsluitingsweg (onderdeel 1) en kwelderontwikkeling (onderdeel 3). De daadwerkelijke hoeveelheid oppervlakteverlies van H1140A is naar verwachting overigens een stuk lager, omdat in praktijk slikken behouden zullen blijven in de minder luwe delen van het kwelderontwikkelingsgebied en er geulen en prielen tot ontwikkeling.

Na cumulatie is er sprake van een oppervlaktoename van 13,25 ha aan H1140A. De grens waarbij een significant effect optreedt ligt op een oppervlakteverlies van 10 ha. Er is na cumulatie daarom geen significant negatief effect op de instandhoudingsdoelstelling voor de omvang van H1140A.

Bijdrage aan klimaatadaptatie

De drie ecologische projecten dragen zowel gezamenlijk als individueel bij aan een klimaatrobuuste Waddenzee. Zowel de dynamiek als de connectiviteit tussen zoet en zout wordt verbeterd wat bijdraagt aan het vergroten van de diversiteit en productiviteit in het systeem. De aanleg van de natuurlijke overgang (onderwaterstructuren) maakt de overgang tussen de dijk en de zee minder abrupt, zorgt voor een meer heterogene onderwaterwereld waardoor een toename in diversiteit van habitatten en soorten in het gebied optreedt.

In tabel 5 zijn de vier indicatoren van klimaatrobuustheid uitgesplitst in een aantal gebiedsindicatoren om het effect van de ecologische projecten op klimaatadaptatie te duiden. Deze gebiedsindicatoren zijn bepaald op basis van expertkennis en onderverdeeld in een aantal projectindicatoren die specifiek zijn voor het projectgebied.

Tabel 5 Indicatie van de effecten op klimaatrobuustheid van de koppelpromen Lauwersmeerdijk

Klimaatindicator	Gebiedsindicator	Projectindicator	Score	Effect ecologisch project
Diversiteit	Ecotopen samenstelling	Zoute ecotopen	++	In de zoute ecotopen vindt een verschuiving plaats binnen het projectgebied door het vergroten van het areaal toekomstige kwelder. Vooral de toename van slikken en pionierskwelder is een waardevolle toevoeging in het systeem. Op de toekomstige slikken en pionierskwelders vormen zich natuurlijk kreken en prielen.
		Brakke ecotopen	+	De samenstelling van het brakwatergebied blijft bij benadering gelijk. De kwaliteit neemt toe doordat het gebied in verbinding komt te staan met de Waddenzee. Door de herinrichting ontstaat er meer diversiteit in brakke ecotopen.
	Ruimtelijke verdeling	Omvang zoute ecotopen	0	De omvang van de zoute ecotopen in het gebied blijft gelijk.
		Omvang brakke ecotopen	0	De omvang van de brakke ecotopen blijft bij benadering gelijk
	Kwaliteit	Kwaliteit zoute ecotopen	++	De kwaliteit van de aanwezige zoute ecotopen neemt toe als gevolg van de realisatie van de drie koppelpromen. Met name het stimuleren van de kraamkamer functie voor vis en kwelderontwikkeling levert een verbetering van de benodigde verdeling in successiestadia van pioniers- naar hoge kwelder.
		Kwaliteit brakke ecotopen	++	De realisatie van de vismigratie-voorziening levert een robuuster brakwatergebied met een betere en daarmee waardevollere verbinding voor soorten tussen zoet en zoutwatergebieden.
Connectiviteit	Verbinding achterland	Verbetering migratie diadrome vissoorten	++	Voor een aantal diadrome vissoorten wordt de verbinding met het achterland verbeterd door de realisatie van de vismigratievoorziening en de diverse schuil- en foerageermogelijkheden voor de kust.
	Verbinding land en wad	Zachte overgang	++	Het stimuleren van kwelderontwikkeling zorgt voor een verzachting van de overgang tussen het wad en het achterliggende land. Daarnaast helpt het plaatsen van structuren in de in de vooroever voor een geredelijkere overgang tussen de Waddenzee en de dijk op de plekken waar geen kwelderontwikkeling en verzachting mogelijk zijn.
Dynamiek	Golven	Golfbreking kwelder Golfploopzone dijk	++	De veiligheid wordt verhoogd door golfbreking door onderwaterstructuren en stimulatie van kwelderontwikkeling.
	Stroming	Stromingsdiversiteit	++	Door natuurlijk geulvorming en stromingspatronen binnen en om de kwelder ontstaat een meer divers habitat met meer stromingsvariatie.
	Vastleggen sediment	Luwte door kwelder	++	Door het stimuleren van kwelderontwikkeling wordt het proces van vastleggen van sediment in het systeem versneld. Door de aanwezige dynamiek blijven de randen van de kwelder een meer hoog dynamisch gebied.
	Dynamiek zoet-zout	Aanwezigheid brakwatergebied	++	Door de realisatie van de vismigratievoorziening wordt de dynamiek tussen het brakwatergebied (nu gevoed door zoute kwel) en de Waddenzee hersteld.
Waterkwaliteit	Lichtklimaat	Sedimentatie	+	Het stimuleren van de kwelderontwikkeling zorgt voor een toename van de sedimentvolumes die in het systeem bezinken en een verlaging van de slibconcentratie in het water wat weer een positief effect heeft op het lichtklimaat onderwater.
	Productiviteit	Nutriënt vastlegging kwelder	+	Er is een toename aan productiviteit door de verhoging van de habitatdiversiteit, zowel voor de kust als in het brakwatergebied Marnewaard. Door het afvangen van zwevend stof door de groeiende kwelder en de opname van nutriënten door de planten neemt in theorie de productiviteit van het water enigszins af. Dit effect is echter marginaal op systeemniveau.
Waterveiligheid	Afname impact golven op de dijk.	Robuustere voorlanden	+	Door de rifelementen en extra kwelder voor de zeedijk ontstaan extra golfremmende elementen die zorgen voor een grotere waterveiligheid.