

Werkdocument Advies Getij Grevelingen

- Nadere toelichting en onderbouwing Advies Getij Grevelingen -



Opgesteld door Expertteam Getij Grevelingen:

- [] – directeur Consulting/PS operations bij PwC
- [] – senior adviseur ecologie bij Deltares en professor Ecological Hydraulic Engineering bij de TU Delft
- [] (voorzitter) – programmadirecteur bij Rijkswaterstaat en docent Waterveiligheid bij de TU Delft
- [] – expertadviseur waterkwaliteit en ecosystemen bij Deltares
- [] – topadviseur waterbeheer bij Rijkswaterstaat
- [] – directeur bij de RebelGroup.

3 februari 2021

1. Aanleiding

Met de aanleg van de Brouwersdam als één van de Deltawerken is in 1971 de Grevelingen afgesloten. Waterveiligheid en bereikbaarheid werden daarmee geborgd. Het gebied is inmiddels een internationaal belangrijk natuurgebied, aantrekkelijk voor recreatie en duiksport en van belang voor visserij op schaal- en schelpdieren. Door het verdwijnen van het getij zijn in de diepere delen van het Grevelingenmeer gebieden met een gebrek aan zuurstof en daarmee zonder bodemleven ontstaan. In de ondiepere delen is het bodemleven substantieel afgenomen doorwerkend in de voedselbeschikbaarheid voor vissen en vogels. Door het realiseren van een afsluitbare doorlaat in de Brouwersdam kan een beperkt getij teruggebracht worden in de Grevelingen. Het terugbrengen van een beperkt getij heeft een belangrijke impact op de (beschermde) bovenwaternatuur en maatregelen hiervoor vormen een integraal onderdeel van de opgave. Een doorlaat kan ook kansen bieden voor de combinatie met een getijdencentrale. Voor het project Getij Grevelingen is door het ministeries van IenW en LNV een taakstellend budget voor de aanleg (en compenserende maatregelen) van 149 M€ (inclusief een bijdrage van partners in de regio) gereserveerd.

Voor het doorlaatmiddel is in de Verkenning een voorkeursalternatief vastgesteld en zou de planuitwerking kunnen starten. Naar aanleiding van de kostenraming van de planuitwerking zijn intern RWS een collegiale review en audit uitgevoerd. De resultaten van de audit wijzen – naast een onvoldoende projectmatige werkwijze voor de planuitwerking – ook op een onvoldoende beheerste scope ten aanzien van technische maakbaarheid, toekomstvastheid en kosten. Naar aanleiding hiervan hebben beide ministeries een Expertteam samengesteld om een advies uit te brengen over het vervolg van het project aan de hand van een aantal opties, zie bijlage 1. Het Expertteam heeft dit advies in een vijftal stappen in de periode december 2020 – januari 2021 (zie bijlage 3) opgesteld, op basis van verstrekte documenten (zie bijlage 2, aangevuld met mondelinge informatie tijdens de werkbijeenkomsten).

2. Wat ging eraan vooraf: Verkenning, Voorkeursalternatief en Audit

In de Verkenning¹ is gezocht naar een balans tussen de grootte van de getijslag en het behouden van de beschermde natuur op de eilanden en oevers. Deze balans is gevonden door een verlaging van het middenpeil (van NAP -20 centimeter naar NAP -30 centimeter, middenpeil Noordzee is NAP +3 centimeter) en een getijslag van 40 centimeter (hoogwater NAP -10 centimeter, laagwater NAP -50 centimeter). Het hiervoor benodigde doorlaatmiddel bestaat uit 12 afsluitbare kokers (met afmetingen van 8 bij 8 meter). Daarmee kan de oppervlakte van het zuurstofloze areaal worden teruggebracht van circa 1300 tot 650 hectare (op een totaal van 10500 hectare), wordt de bestaande natuur ontzien en gecompenseerd, wordt 'en passant' circa 660 hectare intergetijdengebied gecreëerd en is de omvang van de te compenseren effecten op de bestaande infrastructuur overzichtelijk. Zie bijlage 4 voor een overzicht van het huidige waterbeheer van de Grevelingen. In tabel 1 zijn de belangrijkste componenten van het Voorkeursalternatief inclusief geraamde kosten aangegeven.

Tabel 1 Kostenraming verdeeld over doorlaatmiddel en compensatie

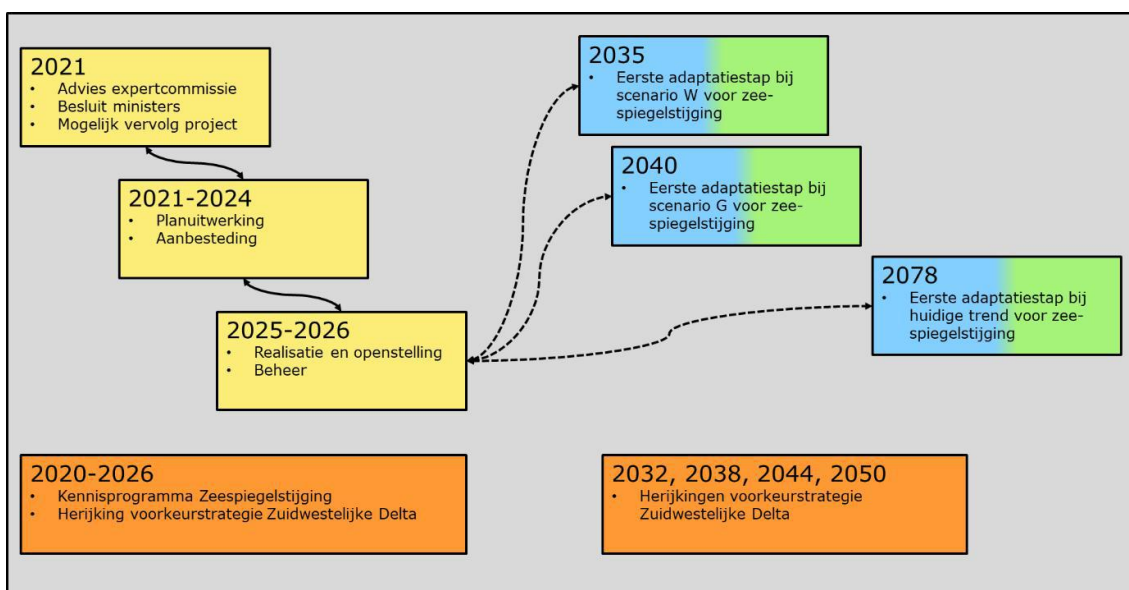
Onderdeel	Kostenraming [M€]
Doorlaatmiddel	112
Compensatie natuur	23
Compensatie infrastructuur	14
	Totaal: 149

Door zeespiegelstijging wordt het bij een lagere middenstand lastiger om bij eb het water uit de Grevelingen te laten stromen. De getijslag wordt kleiner en de zuurstofloosheid en impact op het bodemleven nemen weer toe. Om dit effect van zeespiegelstijging tegen te gaan zijn er twee adaptatiemogelijkheden: 1) er kunnen pompen (of pompturbines voor een combinatie met de opwekking van duurzame energie) worden ingebouwd waarmee de lage middenstand en de gewenste getijslag worden gehandhaafd of 2) de middenstand stijgt mee met de zeewaterstand, waardoor de schade aan de bestaande natuur en infrastructuur toeneemt. Bij het Voorkeursalternatief is de eerste adaptatiestap nodig bij een zeespiegelstijging van 17 centimeter ten opzichte

¹ Verkenningenrapport (Werkverband Getij Grevelingen, 1 juni 2020)

van 1995. Uitgaande van een opgetreden zeespiegelstijging van 10 centimeter bij de ingebruikname van het doorlaatmiddel (2026²) zal dit liggen tussen 2035 (W-scenario) en 2040 (G-scenario)³. De maximale stijgsnelheden van beide scenario's zijn respectievelijk 7,5 mm/jaar en 5,5 mm/jaar in 2050. Gezien de huidige snelheid van circa 2 mm/jaar is dat voor de kortere termijn geen realistische en dus te pessimistische aanname.

Wat betreft adaptatie spelen verschillende tijdschalen een rol. In figuur 1 staan in de gele blokken de nog te doorlopen stappen in het project Getij Grevelingen. De oranje vakken laten het kennisprogramma Zeespiegelstijging zien en de aanstaande herijking (2026) van de voorkeursstrategie Zuidwestelijke Delta in het kader van het Deltaprogramma. Het is overigens niet te verwachten dat de herijking van 2026 tot een wezenlijk andere strategie gaat leiden dan de huidige strategie (gesloten Brouwersdam, geen berging van rivierafvoeren in de Grevelingen). In de groen-blauwe vakken zijn de eerste adaptatiestappen voor de verschillende klimaatscenario's (en voor het lineair doortrekken van de huidige trend) neergezet.



Figuur 1 Planning project, adaptatie en Deltaprogramma (op basis van getallen uit Verkenningsrapport)

De kosten voor de adaptatiemaatregelen zijn niet opgenomen in het Voorkeursalternatief. Ter illustratie zijn in tabel 2 de geraamde kosten voor de compensatie van natuur en infrastructuur weergegeven bij hogere hoogwaterstanden op de Grevelingen zowel voor de gekozen balans van getijslag/middenpeil van 40/-30 alsook voor twee andere combinaties van getijslag/middenpeil. Voor het inbouwen van pompen is in de verkenning rekening gehouden met meerkosten van 77 M€ (voor 12 pompturbines + aansluiting op het elektriciteitsnet).

Tabel 2 Kostenraming compensatie verdeeld over natuur en infrastructuur

Peilbeheer [cm + NAP]	Compensatie natuur [M€]	Compensatie infrastructuur [M€]
40/-30	23,4	14
50/-30	55,4 (+32)	18 (+4)
50/-20	80,4 (+25)	24 (+6)

² Dit jaartal is als een gegeven gebruikt en niet gebaseerd op de meest recente planning (nog in ontwikkeling).

³ Anno 2020 is de opgetreden zeespiegelstijging sinds 1995 circa 6 centimeter. Naar verwachting komt de zeespiegelstijging in 2026 (7,1 centimeter) daarmee onder de 10 centimeter uit. Hierdoor schuift het verwachte moment van de eerste adaptatiestap 4-6 jaren op, afhankelijk van het gehanteerde klimaatscenario. Voor waterveiligheidsprojecten is het W-scenario voorgeschreven, voor Getij Grevelingen is uitgegaan van het G-scenario.

Bij de interne audit van Rijkswaterstaat op het plan van aanpak voor de planuitwerking is geconstateerd dat het project een reset nodig heeft ten aanzien van de scope, sturing en werkwijze. De scope van de planuitwerking zou vereenvoudigd moeten worden door het weglaten van de getijdencentrale. Het ontwerpproces voor het doorlaatmiddel was en is thans (januari 2021) nog gaande en de kostenraming was inmiddels opgelopen met 30-35 M€ (inmiddels 50-55 M€). De geraamde kosten voor de compensatie van natuur en infrastructuur zijn gebaseerd op een compensatie van alle effecten en dat lijkt op voorhand hoog. Het vraagstuk van de klimaatadaptatie is complicerend voor de planuitwerking (doorlooptijd natuurwinstplan is veel groter dan doorlooptijd planuitwerking). De aanbeveling is dan ook om vóór de start van de planuitwerking het project te resetten. De opdrachtgevers IenW en LNV hebben deze aanbeveling overgenomen.

Tenslotte is de juridische context van belang. Getij Grevelingen is als project⁴ aangemerkt (en niet als beheer) omdat de maatregelen niet aantoonbaar nodig zijn voor de instandhoudingsdoelen. Daarmee zijn naar verwachting de volgende besluiten of vergunningen nodig:

- besluit over de wijziging van de primaire waterkering (bouw van een doorlaat met of zonder getijdencentrale);
- peilbesluit Grevelingenmeer om getijverschil toe te kunnen laten;
- vergunning of ontheffing in het kader van de Wet natuurbescherming vanwege effecten van het project op Natura 2000-doelstellingen en soortenbescherming.

3. Belangrijkste observaties en vraagstukken van het Expertteam

In deze paragraaf wordt een aantal in eerste instantie losse observaties en vraagstukken beschreven die in tweede instantie in volgende hoofdstukken in samenhang gebracht en beantwoord worden.

In de Verkenning is naar verschillende scenario's voor het peilbeheer gekeken (50/-20, 50/-30, 40/-30 en 30/-20). Deze scenario's komen in de adaptatiestrategie – enigszins aangepast – grotendeels terug (begin bij 40/-30, einde bij 50/-20). Uit het rapport *Adaptieve Investeringsstrategie* (Stratelligence, 2019) blijkt dat de in het project onderzochte opties min of meer allemaal eindigen met het scenario 50/-20 en met de inzet van pompen. Voor de adaptatiestrategie wordt voor de functionele levensduur uitgegaan van een zeespiegelstijging van 40 cm. Voor het W-scenario is dat naar verwachting in het jaar 2068 en voor het G-scenario is dat in het jaar 2089. Over deze levensduur beschouwd zijn de kosten van de opties redelijk vergelijkbaar.

Tegelijkertijd zijn er op deze termijn grote onzekerheden in de klimaatverandering en de effecten daarvan op de zeespiegelstijging en de ecologie, zowel wat betreft de autonome ontwikkelingen als het effect en de kosten van maatregelen. In tegenstelling tot waterveiligheid zijn er voor (maatregelen voor) waterkwaliteit en natuur geen kaders, noch wettelijk noch informeel, over hoe om te gaan met de onzekerheden van klimaatverandering. Het project heeft hiervoor eigen uitgangspunten gekozen.

In de Verkenning zijn maatregelen onderzocht om de oppervlakte van het zuurstofloze areaal tot circa 650 hectare te reduceren en de condities voor het bodemleven te verbeteren. In *Optimalisatie van peilbeheer Getij Grevelingen door aansturing van het doorlaatmiddel in de Brouwersdam* (Deltares, augustus 2019) wordt aangegeven dat over de afgelopen 20 jaar de gemeten oppervlakte van het zuurstofloze areaal varieert tussen 800 en 1600 hectare.

Een getijdencentrale is voor de beheersbaarheid van het vervolg een groot risico, vanuit een technische invalshoek (maakbaarheid), vanuit een bedrijfseconomische invalshoek (betaalbaarheid) en vanuit de invalshoek van toekomstig beheer (aansprakelijkheid). Deze aspecten zijn door het Expertteam in bijlage 5 nader beschreven.

In het Natura 2000 aanwijzingsbesluit voor de Grevelingen zijn instandhoudingsdoelen geformuleerd voor flora en fauna. De KRW stelt doelen voor een goed ecologisch potentieel en een goed

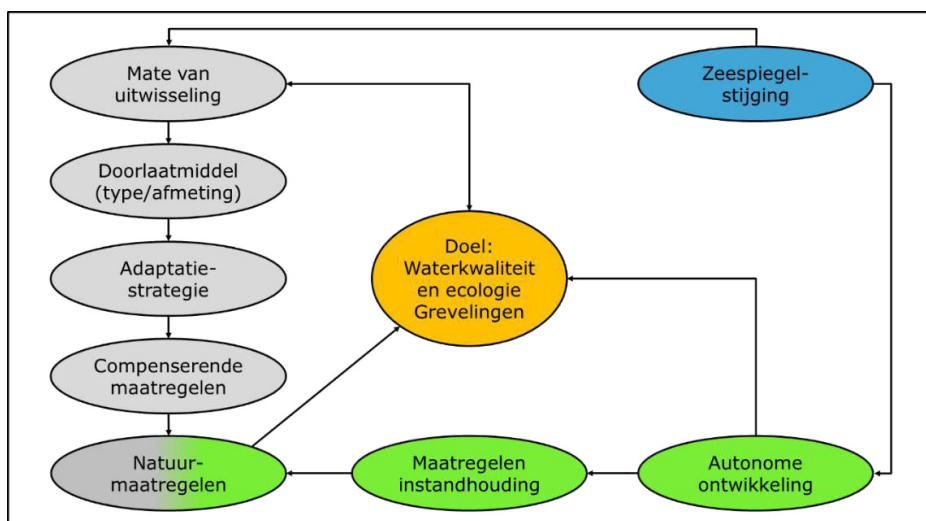
⁴ Hiermee wordt bedoeld een plan of project in de context van de habitat- en vogelrichtlijn.

chemisch potentieel. De beheerders van de Grevelingen (Rijkswaterstaat en Staatsbosbeheer) zijn gehouden om met beheermaatregelen deze doelen te realiseren. Deze maatregelen zijn opgenomen in een beheerplan. De doelen en maatregelen hierin hebben betrekking op 'droge' natuurwaarden (boven water of in de getijzone), voor waterkwaliteit en ecologie onder water ligt dit minder eenduidig. De relatie tussen waterkwaliteit en ecologie met de instandhoudingsdoelen Natura2000 en de KRW-doelen wordt in het project niet (direct) gelegd vanwege onzekerheden in de kwantificering van die relatie. In *Natuureffectenstudie Getij Grevelingen* (HaskoningDHV, 4 juli 2019) wordt aangegeven dat het behoud van macro-benthos in het ecosysteem belangrijk is voor zowel de instandhoudingsdoelen Natura2000 als voor het bereiken van de gewenste kwalificatie volgens de Kaderrichtlijn Water. Er is een grote inhoudelijke overlap tussen de compensatiemaatregelen voor het doorlaatmiddel en de beheermaatregelen om de autonome ontwikkeling tegen te gaan. Dit wordt nader toegelicht in bijlage 6. Een meer expliciete koppeling tussen het projectdoel (waterkwaliteit en ecologie) en de Natura2000-instandhoudingsdoelen en KRW-doelen is relevant voor het doelbereik en wellicht ook voor de vergoedbaarheid van maatregelen.

Het civieltechnische ontwerp van het doorlaatmiddel is nog in beweging. In het Voorkeursalternatief bestond het doorlaatmiddel uit 12 kokers. Als onderdeel van de prioritaire opdrachten ter voorbereiding op de planstudie heeft het projectteam het ontwerpproces doorgezet. Dit resulteert in een ontwerp van meer (12 → 15) en langere (49 → 90 meter) kokers. Ook andere onderdelen van het ontwerp zoals de bodembescherming zijn aangepast. Dit is in bijlage 7 nader toegelicht.

Projectmatig gezien is het project Getij Grevelingen nog bezig om de scope voor de planuitwerking te stabiliseren en uit te werken (het civieltechnische ontwerp en de daarbij horende raming is niet op het niveau van een voorkeursalternatief). De beoogde scope voor de planuitwerking is breed, waarbij de eerste stap (van drie) nog alle kenmerken van een verkenning heeft. Het Expertteam is gevraagd om een aantal technische opties voor het vervolg van het project te onderzoeken en te waarderen. Gelet op de korte doorlooptijd en de beschikbare informatie is het een illusie om te verwachten dat dit leidt tot een eenduidige en voldoende uitgewerkte keuze, waarmee de planuitwerking direct kan worden gestart. Wel helpt het waarderen van de opties bij het opstellen van het advies voor het vervolg van het project.

Het Expertteam heeft voor het waarderen van de opties een raamwerk opgesteld, waarin het doel (van het project) centraal staat (zie figuur 2). Dit doel is het verbeteren van waterkwaliteit en ecologie van de Grevelingen als geheel, onder en boven water. In het project Getij Grevelingen (en voorlopers) is meer wateruitwisseling tussen Grevelingen en Noordzee als oplossingsrichting voor verbetering van de waterkwaliteit en onderwaternatuur naar voren gekomen en in de Verkenning uitgewerkt tot voorkeursalternatief. Daaraan gekoppeld zijn doorlaatmiddel (en peilbeheerscenario), adaptatiestrategie en – vanuit de instandhoudingsdoelen – ook natuurmaatregelen om de bestaande natuurwaarden te compenseren. Ook zonder verbetering van de waterkwaliteit zijn natuurmaatregelen nodig om de bestaande natuurwaarden in stand te houden (en zelfs te verbeteren). De aspecten waterkwaliteit en ecologie zijn nauw verweven, maar ook de natuurmaatregelen (voor compensatie en instandhouding).



Figuur 2 Samenhang doel, autonome ontwikkeling en versterken uitwisseling

4. Onderzochte opties

Als autonome ontwikkeling is aangehouden dat de 'droge' natuurwaarden⁵ achteruit gaan door natuurlijke successie van de huidige pioniersvegetatie (zoals de Groenknolorchis, die afhankelijk is van jonge, natte, kalkrijke duinvalleien) en door erosie van oevers. Naar verwachting zal het middenpeil de komende 50 jaar geen bedreiging vormen voor de terrestrische habitats, omdat zowel het middenpeil als de maximale en minimale peilgrenzen van NAP -30 en NAP -10 centimeter met het huidige operationeel peilbeheer nog lang gehandhaafd worden. In de praktijk varieert het peil afhankelijk van het peilbeheer en de weersomstandigheden⁶. De wateruitwisseling neemt wel langzaam af met stijgende zeespiegel en daardoor verandert de waterkwaliteit van het Grevelingenmeer. Naar verwachting veranderen de condities voor het bodemleven echter niet veel en is een voortzetting van de huidige matige toestand en een voortzetting van een licht negatieve trend het meest waarschijnlijk.

Beheersmaatregelen in *Natura 2000 Deltawateren Beheerplan Grevelingen 2016-2022* (Rijkswaterstaat, 17 juni 2016) zijn gericht op het tegengaan van het verlies van terrestrische natuurwaarden door natuurlijke successie. Deze maatregelen zijn nodig op grond van het *Aanwijzingsbesluit Natura 2000-gebied Grevelingen* (Ministerie van Economische Zaken, 4 juli 2013). Voor de beheersmaatregelen is voor de periode na 2022 nog geen budget gereserveerd⁷. Ter indicatie: dit gaat naar schatting in de periode tot 2070 totaal om circa 75 M€. Dit is nog exclusief de inschatting voor de middelen, die nodig zijn om de verbeteropgave uit het aanwijzingsbesluit te realiseren.

Voor waterkwaliteit en ecologie is de autonome ontwikkeling moeilijker in te schatten. Er is een beter begrip nodig van de autonome ontwikkeling om de beheersmaatregelen te kunnen bepalen, die nodig zijn om te voorkomen dat de huidige dalende trend in biologische variabelen zich voortzet met als mogelijk gevolg het instorten van het ecosysteem. In het huidige beheerplan zijn geen maatregelen op het vlak van waterkwaliteit en 'natte' ecologie voorzien. De huidige KRW-maatregelen richten zich op zeegrasherstel en niet op verbetering van het bodemleven.

⁵ Nadelige effecten zijn wellicht met operationeel beheer verder te beperken. Bijvoorbeeld door bij harde wind (salt spray) het peil uit voorzorg lager te houden. Omdat bij harde wind er veel verticale menging is, is het missen van een getij niet negatief voor het zuurstofgehalte.

⁶ Dit is geen gereduceerd getij. De huidige variaties spelen op een grotere tijdschaal (weken in plaats van halve dagen).

⁷ Rijkswaterstaat is voornemens om het lopende beheerplan te verlengen. De achtergrond hiervan is dat het niet goed mogelijk is om voor alle maatregelen uitspraken te doen over de effectiviteit hiervan (Intranet RWS).

Een doorlaatmiddel maakt een vergroting van de getijslag op de Grevelingen mogelijk, waardoor de uitwisseling toeneemt en naar verwachting de waterkwaliteit en de natte natuurwaarden verbeteren. Daaraan dragen zowel de verhoogde uitwisseling met de Noordzee bij (door extra toevoer van nutriënten en organisch materiaal) als vooral de verhoogde menging en stroming door het sterkere getij. De menging is verantwoordelijk voor een betere zuurstofvoorziening van de bodem in de diepe delen (beneden NAP -10 meter), de stroming vermoedelijk voor een betere zuurstofvoorziening van de bodem in de ondiepere delen (boven circa NAP -10 meter). Het eerste hebben modelberekeningen laten zien, het tweede is een belangrijke aanname. Te verwachten is dat door deze verbeteringen de bodemfauna en vis in biomassa zullen toenemen, wat positief zal uitwerken op een aantal door Natura2000 beschermde vogelsoorten.

Door het getij nemen de hoogwaterstanden op de Greveling toe met nadelige effecten op de 'droge' natuurwaarden en de infrastructuur voor andere functies (verkeer, recreatie, ..). Deze effecten zijn maar ten dele te mitigeren, zodat compensatie noodzakelijk is. De afmetingen van het doorlaatmiddel bepalen de getijslag en het peilbeheer bepaalt de peilgrenzen en gezamenlijk de omvang van de compenserende maatregelen.

Het Expertteam is gevraagd om tenminste drie opties in beeld te brengen. Dit zijn een doorlaatmiddel conform de ontwerpoplossing uit het voorkeursalternatief (inclusief voortschrijdend inzicht), een verkleind doorlaatmiddel dat binnen taakstellend budget kan worden gemaakt en uitstel of afstel van het project. Op basis hiervan en de Argumentatie afgevalen alternatieven⁸ (RWS, 1 mei 2020) heeft het Expertteam deze opties onderzocht (zie bijlagen 8 en 9). Met de opties wordt voor waterkwaliteit en ecologie een getijslag van 40 centimeter nagestreefd tot een maximale zeespiegelstijging van 40 centimeter (2071-2093, afhankelijk van het scenario voor zeespiegelstijging). De onderzochte opties zijn:

- 1) **Groot doorlaatmiddel met 15 kokers:** Dit is conform het ontwerp uit het voorkeursalternatief rekening houdend met voortschrijdend inzicht ten aanzien van het technisch ontwerp van het doorlaatmiddel en de daarbij horende kosten. Bij deze optie worden drie adaptatiepaden beschouwd:
 - a. Adaptatiepad met pompen;
 - b. Adaptatiepad met meestijgende middenstand;
 - c. Adaptatiepad met afnemende getijslag.
- 2) **Klein doorlaatmiddel met 10 kokers:** De inschatting is dat een doorlaatmiddel met 10 kokers binnen het taakstellend budget voor de realisatie kan worden gerealiseerd. Bij deze optie worden ook drie adaptatiepaden beschouwd:
 - a. Adaptatiepad met pompen;
 - b. Adaptatiepad met meestijgende middenstand;
 - c. Adaptatiepad met afnemende getijslag.
- 3) **Basis met doorspoeling:** In de basisoptie wordt geen doorlaatmiddel aangelegd en wordt uitgegaan van het herstel van de Flakkeese spuisluis in de loop van 2021. Doorspoeling van de Grevelingen is mogelijk met behulp van de bestaande infrastructuur (Flakkeese spuisluis en Brouwersspuisluis). Hiermee kan een getijslag van 5-10 centimeter worden ingesteld, afnemend met zeespiegelstijging. Het doelbereik is onduidelijk en naar verwachting aanzienlijk geringer dan bij de opties 1) en 2). Deze optie heeft geen (3a) of beperkte (3b en 3c) investeringskosten en de vraagstukken rond adaptatie en compensatie zijn op een termijn van decennia niet aan de orde. Het effect van doorspoelen kan worden versterkt door de spuicapaciteit van de Flakkeese spuisluis te vergroten, zuurstofloos water selectief te onttrekken en/of het reduceren van stratificatie en zuurstofloosheid door symptoombestrijdende maatregelen. Voor deze optie zijn de volgende varianten beschouwd:
 - a. Doorspoelen met de huidige infrastructuur;

⁸ De argumentatie van de afgevalen alternatieven is onder andere gebaseerd op een MKBA-achtige afweging. Daarbij wordt deels voorbij gegaan aan de opgave om tegen aanvaardbare kosten de waterkwaliteit en ecologie te verbeteren. Ook speelde de mogelijkheid voor een getijdencentrale een grote rol.

- b. Doorspoelen met een verdubbelde capaciteit van de Flakkeese spuisluis;
- c. Doorspoelen met de huidige infrastructuur en symptoombestrijdende maatregelen.

Bij alle opties is het uitgangspunt dat instandhoudingsmaatregelen worden uitgevoerd om de negatieve autonome ontwikkelingen tegen te gaan. De mate van synergie tussen de autonome maatregelen voor instandhouding en de projectmaatregelen voor compensatie verschilt per optie.

Bij alle opties is de meekoppelkans van een getijdencentrale buiten beschouwing gelaten. Deze meekoppelkans (duurzame energieopwekking, private financiering, exportmogelijkheden) is technisch en financieel niet haalbaar. Dit is in bijlage 5 nader onderbouwd.

De opties hebben betrekking op het doorlaatmiddel (of een alternatief daarvoor) en zijn bedoeld om de randen van het speelveld af te bakenen. Niet alle denkbare opties zijn in beeld gebracht. Ook zijn combinaties en tussenvarianten mogelijk. Een schaalbare oplossing is bijvoorbeeld de inzet van hevels op Brouwersdam en/of de Grevelingendam (qua getijslag zit deze optie tussen de basisvariant en een klein doorlaatmiddel).

5. Beoordeling van de onderzochte opties

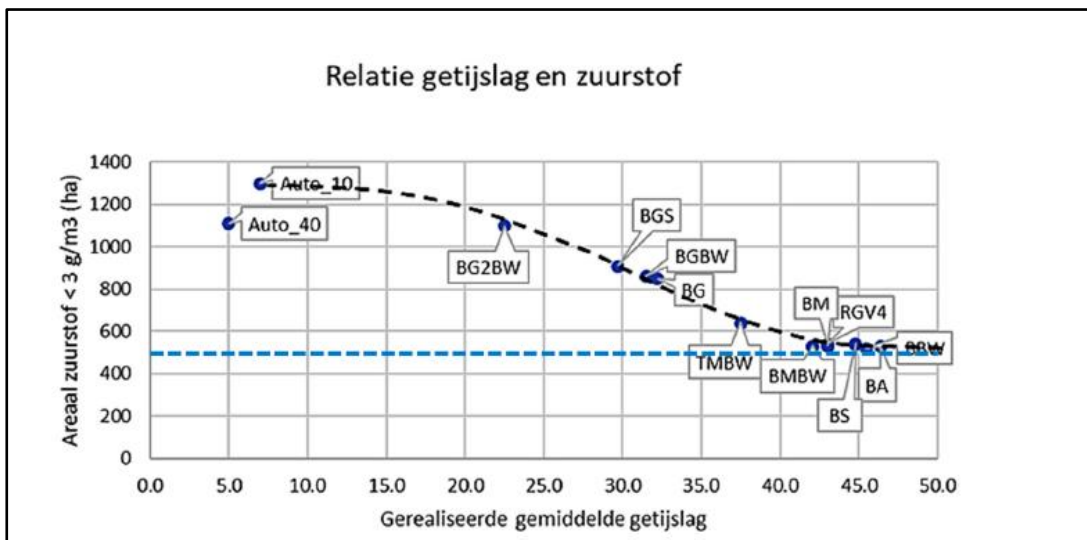
Door de opties te waarderen kan gezocht worden naar zowel een ranking van de opties als het optimaliseren van opties. Onzekerheden in zeespiegelstijging en in ontwikkeling van waterkwaliteit en ecologie kunnen deterministisch (gevoeligheidsanalyse) en probabilistisch worden beschouwd. Dit speelt vooral in de adaptatiestrategie, waarbij – rekening houdend met onzekerheden – maatregelen zowel qua tijd (uitstel, 'just in time') als qua omvang ('just enough') kunnen worden ge-optimaliseerd.

Als vertrekpunt voor de functionele levensduur van de opties wordt uitgegaan van een periode van tenminste 50 jaar (in plaats van 40 cm zeespiegelstijging). Dit wordt gemaakt met name het inzichtelijk maken en vergelijken van kosten eenvoudiger. Bovendien is een termijn van 50 jaar lang als het gaat om ontwikkeling van natuurwaarden te voorspellen. Zeker in het licht van klimaatverandering is het waarschijnlijk dat behoud van natuur over 50 jaar inherent anders gaat dan nu. Een transitie van instandhouding naar adaptatie zal ook voor natuur ingezet moeten worden.

De effecten van de twee scenario's voor de zeespiegelstijging op de opties en adaptatiepaden worden in beeld gebracht (zie bijlage 9). Deze aanpak gaat een stap(je) verder dan bij het project Afsluitdijk waar het adaptieve karakter vooral kwalitatief is meegenomen bij de afweging van opties aan de hand van de vraag: hoe goed kan de oplossing na 2050 nog meebewegen? Gelet op de relatief korte functionele levensduur van een aantal opties is hier een (grote) kwantitatieve benadering gehanteerd. Hierbij is uitgegaan van een zeespiegelstijging van 7,1 centimeter in 2026 (= lineair extrapoleren huidige trend). Gezien de huidige snelheid van circa 2 mm/jaar zeespiegelstijging zijn de in het project gehanteerde aannames vanuit de klimaatscenario's (7,5 mm/jaar in het W-scenario, 5,5 mm/jaar in het G-scenario) zeker voor de komende decennia niet realistisch en dus te pessimistisch. Dit geldt dus ook voor de timing van de adaptatiestappen in bijlage 9.

Beoordeling op aspect doelbereik (waterkwaliteit en ecologie)

In de Verkenning is het doelbereik gekoppeld aan de oppervlakte van het zuurstofloze areaal en de getijslag, waarbij de aanname is dat een verbetering van zuurstof in de diepe delen ook een indicator is voor de condities voor bodemleven in de ondiepere delen. Hiervoor is in de Verkenning onderstaande figuur 3 gebruikt waarin de relatie tussen de getijslag en het areaal met zuurstofloosheid is gegeven. Overigens zijn Deltares en Wageningen Marine Research in opdracht van het projectteam al bezig met de ontwikkeling van een bredere definitie van doelbereik.



Figuur 3 Samenhang getijslag en zuurstof

In bijlage 10 stelt het Expertteam op basis van een integrale benadering van het ecosysteem Grevelingen voor om de verschillende aspecten van ecologische kwaliteit boven en onder water samen te nemen bij het definiëren van het doelbereik. Het project Getij Grevelingen wordt gedefinieerd als het geheel van inspanningen (civieltechnische werken, beheerwerken op de eilanden, andere ingrepen in het systeem) gericht op een evenwichtige verbetering van de functionering van het ecosysteem en op het duurzaam bewaren van de beschermde natuurwaarden boven en onder water in de Grevelingen. Dit is in lijn met figuur 2.

Indicatoren voor dit holistische doelbereik worden deels ontleend aan de vigerende wetgeving:

- Zuurstof: Tot nu toe werd het totale areaal dat geraakt wordt door seizoenale zuurstofloosheid gebruikt als indicator voor de waterkwaliteit van de Grevelingen. Om de indicator, net als alle anderen, te laten stijgen bij verbetering van de kwaliteit, wordt hier het inverse gebruikt. Hoe hoger 'zuurstof', hoe minder anoxisch areaal voor het bodemleven zowel in de diepe als ondiepere delen.
- Draagkracht: De draagkracht van het systeem, afhankelijk van de primaire productie en gereflecteerd in de biomassa van bodemdieren en vissen die het voedsel vormen voor beschermde vogelsoorten.
- Vogelcomfort: De fysieke inrichting van het systeem, van belang voor broedplaatsen en hoogwatervluchtplaatsen van vogels. In het bijzonder de kale-grond broeders vragen aandacht, maar ook de steltlopers die in de Oosterschelde foerageren en in de Grevelingen overtijen.
- Habitats: De kwaliteit van de terrestrische habitats, in het bijzonder (maar niet uitsluitend) de vochtige duinvalleien, het habitat van de groenknolorchis en het habitat van de Noorse woelmuis. Dit is een combinatie van habitattypen (=type ecosystemen zoals vochtige duinvallei) en soorten uit de Habitatrichtlijn.

Als drivers voor de kwaliteit van deze indicatoren zijn de effecten van de geplande civieltechnische werken (bv. doorlaatmiddelen), ecologische beheerwerken (bv. constructie van nieuwe eilanden) en de autonome trend beschouwd. De civieltechnische werken grijpen in op de waterkwaliteit ('zuurstof' en 'draagkracht'). De civieltechnische werken beïnvloeden de ruimtelijke structuur (indicatoren 'vogelcomfort' en 'habitats') via de afgeleide parameters **middenpeil** en **maximumpeil**. De ecologische beheerwerken beïnvloeden de indicator 'vogelcomfort' rechtstreeks door het al dan niet ophogen van bestaande broedplaatsen en hoogwatervluchtplaatsen, en door het creëren van nieuwe broedplaatsen op bestaande of nieuwe eilanden. Ze beïnvloeden 'habitats' door één van de volgende effecten: **terugzetten successie** door verwijderen struweel en afplaggen van rijpe bodems, **aanpassen aan middenpeil** door het verhogen van (delen van) de eilanden, **herstarten successie** door het creëren van nieuwe eilanden. De autonome trend beïnvloedt 'zuurstof' door de

accumulatie van organische stof in de bodem, die over een aantal jaren oplaadt maar waarschijnlijk nu een evenwichtsniveau heeft bereikt, en door verminderde uitwisseling rond de bodem-water grenslaag. De autonome trend beïnvloedt 'habitats' door ecologische **successie**, de natuurlijke opvolging van levensgemeenschappen als gevolg van processen als bodemrijping, ontkalking etc. Beheerwerken kunnen de overgang naar struweel tegenhouden en de bodemrijping vertragen, maar de belangrijkste beschermde vegetaties in de Grevelingen (natte duinvalleien, leefgebied van de groenknolorchis) kunnen niet permanent gehandhaafd worden. De groenknolorchis en de beschermde kalkrijke natte duinvalleien hebben behoefte aan jonge kalkrijke en minerale zandbodems. Door bodemrijping treedt verzuring en ontkalking op, waardoor de bodemchemie ongunstig verandert. Plaggen verwijdert de verzuurde en organisch aangerijkte toplaag. Hierdoor vertraagt de bodemvorming en verzuring ten koste van het reliëf (verlaging) en waterhuishouding (overdreven vernatting en verzuring). Het compenseren van deze negatieve ontwikkeling met positieve ontwikkeling elders (Natuurwinstplan) heeft beperkte mogelijkheden voor pioniersoorten van primaire duinvalleien. Die mogelijkheden ontstaan bij een uitbouwende kust of in situaties van cyclische uitbouw/afbraak van de kust, zoals bij sommige Waddeneilanden. Omdat de Nederlandse kust onder erosiedruk staat, is het onwaarschijnlijk dat veel plaatsen met een geschikte uitbouwende kust zullen gevonden worden. In de Grevelingen zelf is de natuurlijke dynamiek te laag om nieuwe gunstige situaties te laten ontstaan.

De opties met een groot doorlaatmiddel scoren hoog op zuurstof en draagkracht door de grote getijslag. Als de getijslag afneemt (1c), dan is dat zichtbaar in de score. De score op habitats is voor 1b en 2b positief omdat het meestrijgende peil op de Grevelingen goede kansen biedt voor synergie tussen instandhouding en compensatie. Voor een klein doorlaatmiddel nemen de scores af met de getijslag. Scenario's met doorspoeling kennen wel een toegenomen uitwisseling (in vergelijking met de huidige toestand) maar de menging neemt niet toe en daardoor worden de zuurstofproblemen niet opgelost en neemt de draagkracht maar weinig toe. Terrestrische habitats nemen niet af door veranderingen van het middenpeil, maar door autonome ontwikkeling. Door het opheffen van bestaande eilanden (meestrijgend peil) of de aanleg van nieuwe eilanden (vast peil) kan deze afname worden tegengegaan. Dit vraagt op termijn om grote beheermaatregelen. Gegeven die situatie is een afweging nodig hoe maximale winst te behalen is op zowel de terrestrische als de onderwater natuur. Nieuwe eilanden kosten daarbij een veelvoud van het verversen van bestaande eilanden.

Tabel 3 Waardering opties ten aanzien van doelbereik

Optie	Waardering	Toelichting
1a	+	Sterke toename getijslag is gunstig voor uitwisseling en menging. Peil constant, weinig mogelijkheden voor terugzetten successie door ophoging, alleen door herstarten op nieuwe eilanden.
1b	++	Sterke toename getijslag is gunstig voor uitwisseling en menging. Peil volgt zeespiegelstijging, eilanden kunnen opgehoogd worden met kalkrijk zand waardoor nieuwe pioniersvegetaties ontstaan.
1c	0	Sterke initiële toename getijslag, maar afname in latere fase. Daardoor minder gunstig effect op uitwisseling en menging. Rest als in 1a.
2a	0	Als in 1a, maar minder getijslag en daardoor minder gunstig effect op zuurstof en draagkracht.
2b	+	Als in 1b, maar minder getijslag en daardoor minder gunstig effect op zuurstof en draagkracht.
2c	-	Als in 1c, maar minder getijslag en daardoor minder gunstig effect op zuurstof en draagkracht.
3a	-	Verhoging van uitwisseling maar niet van menging, daardoor beperkt effect op zuurstof en draagkracht. Terrestrische habitats gaan achteruit door autonome trend. Peil constant, weinig mogelijkheden voor terugzetten successie door ophoging, alleen door herstarten op nieuwe eilanden.
3b	-	Verhoging van uitwisseling maar niet van menging, daardoor beperkt effect op zuurstof en draagkracht. Terrestrische habitats

		gaan achteruit door autonome trend. Peil constant, weinig mogelijkheden voor terugzetten successie door ophoging, alleen door herstarten op nieuwe eilanden.
3c	-	Verhoging van uitwisseling maar niet van menging, daardoor beperkt effect op zuurstof en draagkracht. Terrestrische habitats gaan achteruit door autonome trend. Peil constant, weinig mogelijkheden voor terugzetten successie door ophoging, alleen door herstarten op nieuwe eilanden.

Beoordeling op aspect adaptatie

Onder adaptatie wordt verstaan dat het doelbereik ook bij een stijgende zeespiegel wordt gerealiseerd. Nu hebben de onderzochte opties niet allemaal hetzelfde doelbereik, waardoor vooral gekeken is naar de mogelijkheden om het doelbereik van 2026 voor een periode van 50 jaar te handhaven. Adaptatie heeft betrekking op handhaving van de getijslag (eventueel aangevuld met andere parameters) en de mogelijkheden voor het compenseren van effecten op bestaande natuur en infrastructuur.

Bij de opties met een groot doorlaatmiddel is de getijslag door pompen (1a) of meestijgen (1b) goed te handhaven tussen 40 en 35 centimeter met een tijdshorizon van 2070-2090, afhankelijk van het klimaatscenario. Zonder adaptatiemaatregelen (1c) neemt de getijslag af van 37 centimeter tot 25 centimeter (zelfde tijdshorizon). Bij de optie met een klein doorlaatmiddel is de iets kleinere getijslag (33-30 centimeter) door pompen (2a) ook goed te handhaven. Bij de optie meestijgen (2b) neemt vanaf een zeespiegelstijging van 30 centimeter de getijslag af tot 26 centimeter. Zonder adaptatiemaatregelen (2c) neemt de getijslag af van 35 centimeter tot 20 centimeter. Voor de basis met doorspoeling blijft de getijslag beperkt van 5-10 centimeter omdat bij deze opties de uitwisseling tussen Noordzee en Grevelingen beperkt is. Op zich betekent dit wel dat alle basisopties voor wat betreft getijslag niet gevoelig zijn voor klimaatverandering.

Tabel 4 Waardering opties ten aanzien van adaptatie

Optie	Waardering	Toelichting
1a	++	Combinatie van groot doorlaatmiddel en pompen maakt handhaving van de getijslag bij lage middenstand goed mogelijk gedurende de functionele levensduur.
1b	++	Combinatie van groot doorlaatmiddel en meestijgende middenstand maakt handhaving van de getijslag goed mogelijk gedurende de functionele levensduur.
1c	--	Een groot doorlaatmiddel zonder pompen en met een lage middenstand leidt tot reductie van de getijslag gedurende de functionele levensduur.
2a	++	Combinatie van klein doorlaatmiddel en pompen maakt handhaving van de getijslag mogelijk gedurende de functionele levensduur.
2b	+	Combinatie van klein doorlaatmiddel en meestijgende middenstand maakt handhaving van de getijslag mogelijk gedurende het grootste deel van de functionele levensduur (tot 30 centimeter zeespiegelstijging). Daarna zijn toch nog pompen nodig of moet de kleinere getijslag worden geaccepteerd. Voor de waardering is uitgegaan van acceptatie.
2c	--	Een klein doorlaatmiddel zonder pompen en met een lage middenstand leidt tot reductie van de getijslag gedurende de functionele levensduur.
3	--	Door een beperkte uitwisseling tussen Noordzee en Grevelingen is de getijslag zeer gering. Het middenpeil kan nog lang gehandhaafd blijven, maar de getijslag en de wateruitwisselingen nemen af gedurende de functionele levensduur.

Adaptatie gaat ook over de mogelijkheden om bestaande waarden en/of functies van natuur en infrastructuur te handhaven. Dit staat min of meer los van de opties en daarmee is dit deelaspect niet onderscheidend.

Naast zeespiegelstijging kunnen temperatuurstijging, neerslagverandering of waterkwaliteitsverandering van de Noordzee invloed hebben op het doelbereik en het adaptievermogen. Dit is niet op voorhand goed in te schatten, maar wel een extra reden om flexibel te blijven en te kunnen bijsturen afhankelijk van de feitelijke ontwikkelingen.

Beoordeling op aspect maakbaarheid

De maakbaarheid van de verschillende opties wordt gewaardeerd op grond van de technische risico's voor realisatie en beheer van het doorlaatmiddel en voor de uitvoering en het eventuele beheer van maatregelen voor de compensatie van bestaande natuur en infrastructuur.

Door het schrappen van de getijdencentrale uit de scope van het project Getij Grevelingen zijn de technische risico's aanmerkelijk afgenomen. In *IRL/TRL pompturbines en gerelateerd projectrisico* (Rijkswaterstaat, 10 september 2020) wordt aangegeven dat horizontale bulbpompturbines die zowel turbineren als pompen slechts in testopstellingen bestaan. Vanuit de business case, het beheer en de omgeving worden strenge eisen gesteld aan de nog te ontwikkelen pompturbines (significant lagere kosten voor productie en exploitatie, aantoonbare oplossingen voor vis- en zeezoogdierenmortaliteit). De schaalessprong van testopstelling naar toepassing op de Brouwersdam vergt een schaalessprong van een factor meer dan 200 op het debiet. Het projectteam schat de Technology Readiness Level (TRL) of Innovation Readiness Level (IRL) op een schaal van 1-9 op 4. Het doel voor toepassing in projecten is een TRL/IRL van 8-9 en de inschatting is dat dit nog een ontwikkeltijd van circa 7 jaar vraagt (met de nodige investeringen en kanttekeningen bij de beschikbaarheid van testlocaties voor deze omvang). Verder neemt het potentiële rendement van een getijdencentrale af naar mate de zeespiegel stijgt (omdat in toenemende mate de bij instroom gewonnen energie moet worden ingezet voor de uitstroom). Een eventuele getijdencentrale zou dan bij voorkeur ook deel moeten uitmaken van het doorlaatmiddel in 2026. Dit tijdschema is uitgesloten.

Het resterende risico voor adaptatie met behulp van pompen is kleiner. De grootste horizontale bulbpompen ter wereld (gemaal IJmuiden) hebben een diameter van 5,1 meter en een pompcapaciteit van 50 m³/s. Toepassing hiervan op de Brouwersdam vergt een schaalessprong van een factor 3-6 op het debiet en een uitbreiding van de functionaliteit (tweezijdige aanstroming, spuiend pompen). Ook zijn pompen naar verwachting pas later nodig, afhankelijk van de gekozen optie en de ontwikkeling van de zeespiegelstijging zou dit moment op zijn vroegst liggen in het jaar 2037 (bij het kleine doorlaatmiddel).

Wat betreft de constructieve aspecten van het doorlaatmiddel (zowel bij het grote als het kleine doorlaatmiddel) zijn er bij de voorgenomen afmetingen van 8x8 meter van de individuele kokers aanzienlijke technische risico's ten aanzien van de omvang van de constructie in relatie tot inpassing, de effecten van stroming op omgeving (erosie, veiligheid recreanten, ..) en de betrouwbaarheid van de bediening en sturing van de schuiven (alleen bediening bij kentering vraagt betrouwbare voorspelling). De risico's van erosie, aanzanding en inpassing nemen sterk af bij een kleinere afmeting van de kokers (bijvoorbeeld 5x5 meter). Het nadeel van een kleinere kokerafmeting is dat het aantal kokers en de breedte van de doorlaatmiddel toenemen. Dit maakt dat een kleinere kokerafmeting vooral bij het kleinere doorlaatmiddel een goed alternatief is.

Bij de optie met doorspoelen zijn Solarbees en bellenschermen nog niet op deze schaal toegepast. In *Argumentatie afgevalen alternatieven* (Rijkswaterstaat, 1 mei 2020) wordt aangegeven dat de technologie van met name Solarbees relatief nieuw is. Een andere, nieuwe techniek voor het verhogen van het zuurstofgehalte is nanobubbels, die veel effectiever en efficiënter dan normale belenschermen zijn. Dit is een bestaande technologie voor viskwekers en tuinbouw⁹. Er is een opschaling nodig zijn voor toepassing op de Grevelingen, waar naar een eerste inschatting honderden van de grootste bestaande installaties nodig zouden zijn.

⁹ <https://www.onderglas.nl/nanobubble-techniek-voor-glastuinbouw/>

Voor uitvoering en beheer van de maatregelen voor compensatie van bestaande natuur en infrastructuur spelen geen bijzondere technische risico's.

Tabel 5 Waardering opties ten aanzien van maakbaarheid

Optie	Waardering	Toelichting
1a	--	Voor deze variant met pompen als eerste adaptatiestap zijn een schaalsprong en ontwikkeling functionaliteit nodig in de periode 2039-2046. De omvang van de kokers (8x8 meter) leidt tot technische risico's ten aanzien van erosie, aanzanding, inpassing en veiligheid recreatie..
1b	-	Voor deze variant komen pompen pas aan de orde na de beoogde functionele levensduur. De omvang van de kokers leidt tot technische risico's.
1c	-	De omvang van de kokers leidt tot technische risico's.
2a	--/-	Voor deze variant met pompen als eerste adaptatiestap zijn een schaalsprong en ontwikkeling functionaliteit nodig in de periode 2037-2042. De omvang van de kokers leidt tot technische risico's. Eventueel toepassen van kleinere kokers levert een verbetering op, met name voor erosie, aanzanding en inpassing (-).
2b	-/+	De technische risico's gekoppeld aan de afmeting van 8x8 meter zijn nog aanzienlijk (-). Eventueel toepassen van kleinere kokers levert een verbetering op, met name voor erosie, aanzanding en inpassing (+).
2c	-/+	De technische risico's gekoppeld aan de afmeting van 8x8 meter zijn nog aanzienlijk (0). Eventueel toepassen van kleinere kokers levert een verbetering op (+).
3a	++	Deze optie is qua ingreep nihil (bestaande infrastructuur).
3b	++	De optie is een beperkte uitbreiding van bestaande infrastructuur.
3c	0	Bij deze optie is een beperkte schaalsprong nodig en voor Solarbee geldt dat de techniek als zodanig nog nieuw is.

Beoordeling op aspect vergunbaarheid

Voor de waardering van vergunbaarheid wordt vooral gefocust op de vereiste vergunning of ont-heffing in het kader van de Wet natuurbescherming. Op voorhand lijkt er geen groot onderscheid tussen de opties op basis van vergunbaarheid, anders dan dat de opties met een kleine getijslag (opties 3) een kleiner nadelig effect hebben op de bestaande natuurwaarden, maar ook een kleiner of geen effect op de onderwaternatuur. Bij de optie met een doorlaatmiddel 1) en 2) zijn er lastig te voorspellen morfologische gevolgen aan zeezijde en in mindere mate ook aan Grevelingen zijde. Aan beide zijden van de Brouwersdam zijn N2000 gebieden en de morfologische effecten (mogelijk significant, maar in dit stadium lastig kwantificeerbaar) zullen ook effecten hebben op de natuurwaarden in deze gebieden. In de Grevelingen zijn (compenserende) maatregelen ontworpen, die naar verwachting technisch, juridisch en financieel haalbaar zijn. Aan de zeezijde is dit een nog onvoldoende onderzocht aandachtspunt voor de vergunbaarheid van het doorlaatmiddel. En mocht de vergunbaarheid in de loop van het vervolg van het project kunnen worden opgelost, dan zal dat zeer waarschijnlijk consequenties hebben voor het pakket aan compenserende maatregelen en daarmee de kosten van het project.

Tabel 6 Waardering opties ten aanzien van vergunbaarheid

Optie	Waardering	Toelichting
1	--	De effecten van het grote doorlaatmiddel op de natuurwaarden in de directe omgeving aan weerszijden van de dam zijn een groot aandachtspunt voor de vergunbaarheid.

2	-	De effecten van het kleine doorlaatmiddel op de natuurwaarden in de directe omgeving aan weerszijden van de dam zijn een aandachtspunt voor de vergunbaarheid.
3	0	

Vergelijking met andere projecten gericht op het (gedeeltelijke) herstel van de oorspronkelijke omstandigheden heeft zich beperkt tot het Kierbesluit Haringvliet. Voor het Kierbesluit Haringvliet was destijds geen natuurcompensatie nodig (Ecoconsult, maart 2013). In termen van Vogelrichtlijn was er bij dit project geen sprake van "aantasting van wezenlijke waarden en kenmerken" van de speciale beschermingszones. Ook speelde een rol dat de ingreep feitelijk een aanpassing van het beheer van een bestaande constructie, primair bedoeld om de nadelige effecten op de natuurlijke habitattypen en biodiversiteit van een vroegere ingreep (de afsluiting van het Haringvliet) te herstellen.

Beoordeling op aspect betaalbaarheid

De betaalbaarheid van de opties wordt gewaardeerd op basis van de uitwerking van de opties in bijlagen 8 en 9. Hierbij zijn op basis van de informatie van het projectteam ook de meest recente ontwikkelingen ten aanzien van het ontwerp van het doorlaatmiddel meegenomen, zie bijlage 7. Voor de waardering is gekeken naar de geschatte kosten in relatie tot het beschikbare budget en naar een indicatie van de Netto Contante Waarde (NCW 2026-2076) van de opties om een indruk te geven van de kosten over de levensduur. Voor alle opties zijn hierbij de ingeschatte kosten voor de autonome ontwikkeling opgeteld. De eventuele synergie tussen instandhouding en compensatie wordt apart beschouwd.

De voornaamste kostenpost in de opties 1) en 2) is het doorlaatmiddel, meer specifiek de omvang en complexiteit ervan. De omvang is gekoppeld aan het reguleren van de waterstand met het peil-beheerscenario 40/-30. Dit bepaalt het doorstromend oppervlak. Bestaande functies zoals waterveiligheid en verbindingen (wegen, spoor, kabels en leidingen) moeten worden meegenomen. Dit bepaalt onder andere samen met beheer en onderhoud de lengte van de kokers. Ook is inpassing in de bestaande ruimte en de omgeving belangrijk.

De geraamde investeringskosten voor de opties 1) zijn onderling gelijk en – op basis van de beschikbare informatie - aanzienlijk hoger is dan het beschikbare budget. Voor het kleinere doorlaatmiddel geldt dat de geraamde investeringskosten – per definitie - gelijk zijn aan het beschikbare budget. De opties 3) hebben een geraamde investering die een orde lager is dan het beschikbare budget.

Tabel 7 Waardering opties ten aanzien van betaalbaarheid

Optie	Waardering	Toelichting
1a	--	De geraamde investeringskosten voor deze optie zijn aanzienlijk hoger dan het beschikbare budget. De NCW is door het vroeg inzetten van pompen relatief hoog.
1b	--	De geraamde investeringskosten voor deze optie zijn aanzienlijk hoger dan het beschikbare budget. De NCW is lager dan bij optie 1a.
1c	--	De geraamde investeringskosten voor deze optie zijn aanzienlijk hoger dan het beschikbare budget. Zonder pompen en zonder extra compensatie is de NCW aanzienlijk lager dan bij 1b.
2a	0	De geraamde investeringskosten voor deze optie zijn gelijk aan het beschikbare budget. De NCW is door het vroeg inzetten van pompen relatief hoog.
2b	0	De geraamde investeringskosten voor deze optie zijn gelijk aan het beschikbare budget. De NCW is vergelijkbaar met optie 2a, omdat al vrij snel extra compensatiemaatregelen nodig zijn.
2c	+	De geraamde investeringskosten voor deze optie zijn gelijk aan het beschikbare budget. De NCW is aanzienlijk lager dan bij de opties 2a en 2b.

3	++	De geraamde investeringskosten voor deze opties zijn een orde lager dan het beschikbare budget, evenals de NCW met als kanttekening dat de verwachte beheerkosten voor de autonome ontwikkeling (75 M€, 1,5 M€ per jaar) niet gedekt zijn.
---	----	--

Beoordeling op aspect andere baten

In de verkenning is gezocht naar andere baten, zowel financieel als meer maatschappelijk. Van de financiële baten blijft na het wegvallen van de getijdencentrale niet veel van over. Wel kan de synergie tussen de maatregelen voor instandhouding en voor compensatie van de getijdewerking nog als een financiële baat worden beschouwd, die voor de overheid als opdrachtgever voor beide typen maatregelen ook daadwerkelijk in te boeken is. De ingeschatte kosten voor instandhouding en voor compensatie zijn respectievelijk 75 M€ en 81 M€ (bij een doorlaatmiddel en een peilbeheerscenario van 50/-20) voor de komende 50 jaar. De maatregelen voor instandhouding en compensatie komen inhoudelijk overeen, zie bijlagen 6 en 9.

De opties met pompen hebben hierbij een belangrijk nadeel. Door het gebruik van pompen kan het peilbeheerscenario zonder stijgende middenstand worden gehandhaafd. Daarmee zijn er bij de toekomstige adaptatiestappen geen compensatiemaatregelen zoals het ophogen van eilanden nodig. Hierdoor vervalt de mogelijkheid om deze compensatiemaatregelen ook te benutten voor de instandhouding van pionier soorten. Daarnaast scoren opties met pompen in een bredere waardering (duurzaamheid) ook negatiever dan opties zonder pompen. Om deze redenen scoren de opties met pompen negatief op andere baten. Dit geldt vanwege het ontbreken van compensatiemaatregelen ook voor de opties 3) en in mindere mate voor de opties 1c) en 2c).

Tabel 8 Waardering opties ten aanzien van andere baten

Optie	Waardering	Toelichting
1a	-	De synergie tussen instandhouding en compensatie ontbreekt.
1b	++	Door de meestijgende middenstand is er veel synergie tussen instandhouding en compensatie.
1c	0	De synergie tussen instandhouding en compensatie is redelijk.
2a	-	De synergie tussen instandhouding en compensatie ontbreekt.
2b	++	Door de meestijgende middenstand is er veel synergie tussen instandhouding en compensatie.
2c	0	De synergie tussen instandhouding en compensatie is redelijk.
3	-	Er is geen synergie tussen instandhouding en compensatie.

Een samenhangende aanpak van instandhouding en compensatie was een belangrijke overweging bij het aanwijzen van het project Getij Grevelingen als prioritair project in de Programmatische Aanpak Grote Wateren (PAGW). In de brief *Besteding middelen enveloppe Natuur en Waterkwaliteit* (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat 7 maart 2018) aan de Tweede Kamer wordt aangegeven dat de bijdrage voor het project Getij Grevelingen juist bedoeld is om een samenhangende oplossing te vinden voor een conflicterende uitvoering van de Kaderichtlijn Water en van Natura 2000. Afstemming van de compensatiemaatregelen voor het project, de instandhoudingsmaatregelen en toekomstige verbetermaatregelen is noodzakelijk om een kosteneffectieve uitvoering van het project mogelijk te maken. Een voorbeeld om deze afstemming in de praktijk stapsgewijs vorm te geven is door het huidige areaal aan eilanden en oevers in de Grevelingen uit te breiden als compensatie voor het verlies ervan ten gevolge van met meestijgen van de middenstand door zeespiegelstijging. Dit kan door het stapsgewijs ophogen met kalkhoudend zand.

Daarnaast zijn er nog andere baten, zoals de ontwikkeling van intergetijdengebied (660 hectare in variant 1). Dit is ecologisch relevant, maar levert geen financieel voordeel¹⁰ op en draagt ook niet bij aan de vergunbaarheid.

¹⁰ Tenzij dit extra areaal mee mag tellen ter compensatie van verdwijnend intergetijdengebied in de Oosterschelde.

Gevoeligheidsanalyse

Gelet op de grote onzekerheden en de voorbeeldfunctie van de waardering van de opties is het niet zinvol om een integrale en gekwantificeerde gevoeligheidsanalyse uit te voeren. Kwalitatief is wel ingegaan op de gevoeligheid van de waardering van de opties voor de belangrijkste onzekerheid, de zeespiegelstijging en de betrouwbaarheid van de ecologische voorspellingen.

Bij het waarderen van de opties is uitgegaan van maximaal 40 centimeter zeespiegelstijging als maat voor de functionele levensduur. Gelet op de twee gebruikelijke klimaatscenario's komt dit overeen met de periode 2071-2093. Dit komt vrijwel overeen met de door het Expertteam gebruikte functionele levensduur van 50 jaar na 2026. In combinatie met een adaptieve oplossing is het prima om voor het vervolg van het project uit te gaan van het G-scenario. Dit lijkt niet van grote invloed op de waardering van de opties. Bij een extremere range van zeespiegelscenario's wordt de invloed wel groot. Bij een geringere zeespiegelstijging (bijvoorbeeld het doortrekken van de huidige trend) neemt de functionele levensduur van de eerste investering sterk toe en zijn aanvullende investeringen in pompen en/of compenserende maatregelen overbodig. Bij een snellere zeespiegelstijging (bijvoorbeeld 1 meter voor de komende 50 jaar) neemt de functionele levensduur sterk af en zijn aanvullende investeringen op korte(re) termijn nodig. Ook ontstaat er dan een sterkere interactie tussen het projectbesluit en de herijking van de voorkeursstrategie van het Deltaprogramma (waterveiligheid en zoet water), omdat bij een dergelijke stijging van de zeespiegel de huidige strategie wellicht bijgesteld wordt. Voor deze situatie bestaan (nog) geen beleidskader of natuurstrategie.

De betrouwbaarheid van de ecologische voorspellingen is van groot belang. De onzekerheidsband rond de voorspelde en ingeschatte effecten is erg groot en een kwantificeerbare waardering van de opties inclusief onzekerheden voegt voor de besluitvorming niet veel toe. Dit pleit voor een stapsgewijze ecologische adaptatie, waarbij het effect van ingrepen (civieltechnisch en beheer) wordt gemonitord en op basis daarvan een volgende stap wordt gedefinieerd (just in time/just enough). Hierbij is het wel belangrijk om te beseffen dat de eerste stap voor waterkwaliteit significant moet zijn (en dus een grote investering vraagt) om de effecten op waterkwaliteit en ecologie zinvol te kunnen monitoren. De vervolgstappen in de sfeer van beheermaatregelen voor de natuur zijn overzichtelijker en kunnen beter gebaseerd worden op de resultaten van monitoring.

Synthese van de onderzochte opties

Wat betreft doelbereik is duidelijk dat de opties 1) het beste scoren door de grotere getijslag. Van deze opties biedt meestijden (optie 1b) de voordelen ten aanzien van habitats. Dit komt ook terug bij de score op 'andere baten'. Het positieve effect van het doorlaatmiddel is evenredig met de oppervlakte van het doorlaatmiddel (of het uitwisselingsdebiet) en daardoor worden de opties 2) minder gewaardeerd. De optie 3 scoren negatief op doelbereik, met name op de indicator zuurstof.

Wat betreft de aspecten naast het doelbereik valt op dat de afmetingen van het doorlaatmiddel sterk doorwerken in maakbaarheid, vergunbaarheid en betaalbaarheid. Deels komt dit door de afmetingen van de kokers (8x8 meter¹¹). Een kleinere afmeting van de kokers verkleint het maakbaarheidsvraagstuk en wellicht ook het betaalbaarheidsvraagstuk.

Tabel 9 Integrale waardering van de opties

Optie	Doelbereik	Adaptatie	Maakbaarheid	Vergunbaarheid	Betaalbaarheid	Andere baten
1a	+	++	--	--	--	-
1b	++	++	-	--	--	++
1c	0	--	-	--	--	0
2a	0	++	--/-	-	0	-
2b	+	+	-/+	-	0	++
2c	-	--	-/+	-	+	0
3a	-	--	++	0	++	-

¹¹ Deze maatvoering is nooit als voorkeursalternatief bedoeld, maar was slechts een voorbeeld uit 2015 van een koker waarbij vooral is gekeken naar de kansen voor getijdenenergie. Het optimaliseren van de afmetingen van de kokers is daarna nooit gebeurd.

3b	-	++	++	0	++	-
3c	-	++	0	0	++	-

6. Reflecties

Betekenis van onderzochte opties voor het doorlaatmiddel

Voor het waarden van de opties heeft het Expertteam gebruikt gemaakt van de beschikbare informatie, zoals ontwerp van het doorlaatmiddel, kosteninschatting en effecten. Gelet op het nog doorlopende ontwerpproces, het lopende onderzoek naar de verbreding van de definitie van het doelbereik en het laten vervallen van de getijdencentrale, zijn er de nodige kanttekeningen te plaatsen bij de doelmatigheid van de voorliggende technische oplossingen en daarmee de betrouwbaarheid van de waardering van de opties op dit aspect. Bij de doorvertaling van het programma van eisen naar de huidige ontwerp oplossingen worden ook (delen van) onderliggende eisen en wensen van stakeholders meegenomen, waarbij niet transparant duidelijk is (verificatie) om welke (klant)eisen dit gaat en wat het effect is van het wel/niet invullen van deze wensen, zie ook bijlage 13.

In het beschikbare tijdsbestek en op basis van de beschikbare informatie is het niet mogelijk om aan de hand van de opties en de waardering te komen tot (een advies in de vorm van) een eenduidige en voldoende uitgewerkte keuze voor een (bijgesteld) voorkeursalternatief. In figuur 4 is aangegeven welke opties voor civieltechnische ingrepen (infrastructuur) en adaptatiestrategieën zijn onderzocht. De uitwerking van de opties heeft vooral als doel om op basis van het beschikbare materiaal een besluit over de (wijze van) voortzetting van het project te onderbouwen. De absolute waarden van waarderingen, bedragen en afmetingen spelen daarbij een ondergeschikte rol.

Doelen, eisen, wensen conform Programma van Eisen		Infrastructuur		
		Basis	Hevels	Doorlaatmiddel
Scenario's voor zeespiegelstijging				
Adaptiestrategie	Geen	3a, 3c	Niet onderzocht	1c, 2c
	Meestijgen	Niet relevant	Niet onderzocht	1b, 2b
	Pompen	Niet relevant	Niet onderzocht	1a, 2a
	Extra infra-structuur	3b	Niet onderzocht	Niet onderzocht

Figuur 4 Stappenplan¹²

Op grond van de onderzochte opties lijkt een variant mogelijk waarmee binnen taakstellend budget een doelbereik (uitgedrukt in een getijslag) van circa 30 centimeter kan worden gerealiseerd. Op basis van de beschikbare informatie en kennis (kwalitatief oordeel op basis van expert judgement) is dat echter onzeker, evenals het gekwantificeerde effect op de vier indicatoren (zuurstofloosheid, draagkracht, vogelcomfort en habitats). Voor de voortzetting van het project is daarom variantenanalyse nodig, die gericht is op het bepalen van de optimale balans tussen het doelbereik en investering. De optimalisatie van het type en de afmetingen van het doorlaatmiddel maakt hier onderdeel van uit, welke voortvloeit uit het noodzakelijke te realiseren debiet door het doorlaatmiddel in aansluiting op de scenario's voor de ecologische baten. Verder kan in de variantenanalyse zonder getijdencentrale het ontwerp van het doorlaatmiddel worden geoptimaliseerd, met name ten aanzien van de afmetingen van de kokers van het doorlaatmiddel. Het loslaten van de huidige

¹² Een hevel is een verbinding tussen Noordzee en Grevelingen door een hoger gelegen buis. Door sifonwerking kan water van hoog naar laag stromen. Strikt genomen zijn hevels een technische uitwerking van het doorlaatmiddel, zie bijlagen 8 en 11.

kokerafmetingen van 8x8 meter en het eventueel niet meer anticiperen op de installatie van pompen biedt daartoe veel mogelijkheden. Ook kan gezocht worden naar oplossingen die naar de onzekere toekomst toe de meeste vrijheidsgraden bieden (schaalbaar).

Doelbereik

Het expertteam pleit voor een geïntegreerde systeembenadering van het doelbereik, waarbij waterkwaliteit, draagkracht voor beschermde vogels, voorzieningen voor vogels en terrestrische habitats samen en in samenhang worden beschouwd. Deze studies kunnen voortbouwen op de opgebouwde ervaring zoals beschreven in *Ecologisch onderzoek Getij Grevelingen* (Wageningen University & Research, september 2019). In dit geïntegreerde rapport wordt de impact van meerdere scenario's op alle aspecten van de natuur in de Grevelingen beschreven. Het is belangrijk dat de redenering van het Expertteam en de onderbouwing hiervan wordt meegenomen in het vervolg van het project (en in de lopende opdracht aan Deltares inzake het doelbereik waarbij ook Wageningen Marine Research is betrokken).

Afstemming project, beheerplan Natura2000 en KRW

Het project Getij Grevelingen is gericht op een evenwichtige verbetering van de functionering van het ecosysteem en op het duurzaam bewaren van de beschermde natuurwaarden. Deze samenhangende benadering maakt onder andere dat maatregelen voor instandhouding en verbetering en maatregelen voor mitigatie en compensatie in samenhang onderzocht en gekozen moeten worden. Dit blijkt ook heel praktisch al uit de grote overlap tussen beide typen maatregelen. Inhoudelijk is deze samenhang al behoorlijk in beeld gebracht door het projectteam. Bij de voortzetting van het project moet dat expliciet gemaakt worden door de maatregelen voor instandhouding en verbetering en de daarbij behorende kosten in de variantenanalyse te betrekken. Op deze manier kan ten behoeve van de besluitvorming ook de financiële synergie tussen de maatregelen zichtbaar gemaakt worden.

Het beheerplan Natura 2000 is dan te beschouwen als het instrument om afspraken over beheer en de financiering ervan vast te leggen samen met de toedeling in verantwoordelijkheden (vergunningverlening, handhaving, financiering, ..). Ook kan in het beheerplan worden vastgelegd dat een project mede invulling geeft aan de beheeropgave. Ook zou in het beheerplan de beoogde verbetering van de waterkwaliteit (KRW) een plek kunnen krijgen zodat de samenhang tussen waterkwaliteit en ecologie wordt geborgd, inclusief de omgang met klimaatverandering.

Voor het effectueren van de maatregelen is het denkbaar dat in de planuitwerking naast de eerder genoemde besluiten (projectbesluit, peilbesluit) het beheerplan wordt aangepast. Vanzelfsprekend worden de bijbehorende procedures gevoed vanuit één onderzoeks- en MER-proces en wordt de besluitvorming gecoördineerd. Deze aanpak vraagt om een bijstelling van het besluit om het huidige beheerplan ongewijzigd te verlengen en ook het expliciet maken van de (benodigde) middelen voor instandhouding en verbetering en de dekking daarvoor. In bijlage 6 heeft het Expertteam hiervoor de suggestie gedaan om te onderzoeken in hoeverre de middelen van het project Getij Grevelingen en de subsidie vanuit Subsidiestelsel Natuur en Landschap (SNL) voldoende zijn om de kosten van het integrale maatregelenpakket te dekken.

Als de wettelijk verplichte compensatiemaatregelen voor het project in het beheerplan worden vastgelegd, dan is de timing van de aanpassing van het beheerplan een belangrijk aandachtspunt. Dit vraagt om een goede coördinatie en inhoudelijke samenwerking. Deze werkwijze is destijds met succes bij de aanleg van Maasvlakte2 toegepast zoals beschreven in *Natuurcompensatie Tweede Maasvlakte* (De Levende Natuur, november 2007). Gelet op het voornemen om de huidige beheerplannen te verlengen en nadere afspraken te maken over het vernieuwen van de beheerplannen, is het belangrijk om hierbij de afhankelijkheid tussen project en beheerplan te betrekken.

Overigens speelt de inhoudelijke afstemming van natuurmaatregelen evenzeer als het beheerplan Natura 2000 niet wordt aangepast. Alleen is het dan bij de besluitvorming over het project onduidelijk welke maatregelen nodig zijn voor instandhouding en verbetering en of/wanneer deze daadwerkelijk genomen gaan worden (het beheerplan is immers ongewijzigd). Dit wordt complicerend bij de besluitvorming over de natuurmaatregelen van het project.

Klimaatverandering en adaptatie

In de Verkenning is het verplaatsen van ecologische doelen naar beter geschikte gebieden als mogelijke adaptatiestrategie aangemerkt. Het Expertteam acht deze benadering op korte termijn niet haalbaar omdat hiervoor landelijk gezien geen ruimte is. Voor het project Getij Grevelingen is door de keuze voor een functionele levensduur van 50 jaar een oplossingsrichting gezocht waarmee deze mogelijke adaptatiestrategie (nog) niet nodig is. Toch illustreert de casus Getij Grevelingen dat het generieke vraagstuk van klimaatadaptatie in Nederland ook moet gaan over adaptatieve natuurdoelen. Dit wordt zeker actueel als vanuit waterveiligheid naar andere oplossingsrichtingen (zeewaarts, terugtrekken) moet worden gezocht.

7. Aanpak en werkwijze

Afronden verkenning

In lijn met *Auditrapport Project Getij Grevelingen* (Rijkswaterstaat, 13 november 2020) concludeert het Expertteam dat de verkenningsfase niet is afgerond met een eenduidig en stabiel voorkeursalternatief, dat voldoet aan de spelregels van het MIRT. Er zijn veel onderzoeken uitgevoerd en er is veel materiaal beschikbaar, maar de scope van het voorkeursalternatief is nog te breed en bevat nog te veel variabelen. Tegelijkertijd is het ontwerp van het doorlaatmiddel nog in volle gang om het vereiste niveau van een voorkeursalternatief te halen. In *Auditrapport Project Getij Grevelingen en vervolg* (Rijkswaterstaat, 25 november 2020) wordt geadviseerd om het huidige voorkeursalternatief snel trechteren en daarbij de scope van het project per direct te verkleinen door de getijdenenergiecentrale te schrappen (of het project te stoppen). Het Expertteam onderschrijft deze aanbeveling en stelt een concreet stappenplan voor om de herleidbaarheid van de besluitvorming en de beheersbaarheid van het vervolgproces te verbeteren. Uitgangspunt bij dit stappenplan is de afronding van de prioritaire opdrachten, zoals (niet uitputtend) doelbereik (Deltares), ontwerp en raming grote doorlaatmiddel (15 kokers, 8x8 meter), haalbaarheidsniveau, morfologie (Deltares) en vergunbaarheid (integraal strategisch plan hoofdbesluiten).

Stappenplan

Het stappenplan kent de volgende stappen:

1. Het duidelijk en scherp definiëren van de problematiek van de Grevelingen waarvoor de opdrachtgevers van deze verkenning een oplossing zoeken. Hierbij dient in de ogen van het Expertteam te worden onderzocht in welke mate de problematiek kan worden gevat in: "het geven van een integrale ecologische impuls voor het Grevelingen gebied boven en onder water".
2. Bij deze definitie hoort ook een transparant kader wanneer deze problematiek afdoende is opgelost (bij voorkeur uitgedrukt in waterkwaliteit en ecologie, als terugvaloptie kan gekozen worden voor een (minimale) getijslag), inclusief tijdhorizon (tot wanneer moeten de oplossingen dit probleem dan oplossen) en enkele vaste randvoorwaarden (zoals het te hanteren klimaatscenario). Hieraan dienen de oplossingsrichtingen te worden getoetst. Als uitgangspunt voor het project geldt dat enerzijds dat wordt afgezien van de mogelijkheid om getijdenenergie op te wekken en dat anderzijds de maatregelen voor instandhouding, verbetering en natuurcompensatie in samenhang (inhoud, financiën) worden beschouwd.
3. Op basis van stap 1 en 2, het deduceren van (maximaal¹³) twee oplossingen die naast het basisalternatief in beschouwing genomen worden: A) oplossingsrichting die maximaal invulling geeft aan het doel als gedefinieerd in stap 1, B) oplossingsrichting die minder baten oplevert maar waarvan de verwachting is dat deze binnen het huidige budgetkader kan blijven en C) basisalternatief: benodigde beheersmaatregelen tot aan tijdhorizon, zonder civieltechnische ingrepen in de Grevelingen. 'Oplossingsrichting'

¹³ De opdrachtgevers kunnen ook besluiten om het aantal mogelijke oplossingen (naast het basisalternatief) terug te brengen tot één (binnen het taakstellend budget). Dit geeft meer richting aan het vervolgproces, maar op voorhand is het onzeker of hiermee het beoogde doel in termen van waterkwaliteit en ecologie wordt behaald.

wordt hier beschouwd als een ecologisch masterplan dat realistisch¹⁴ invulling geeft aan de gewenste ecologische impuls.

4. Het vaststellen van de uitkomsten uit stap 3. door de opdrachtgevers (in elk geval IenW en LNV) in de vorm van een opdracht aan de Taskforce.

Nadat de twee oplossingsrichtingen bepaald zijn worden parallelle stappen uitgevoerd in de ontwikkeling van het doorlaatmiddel, de ecologische maatregelen, de vergunbaarheid en de governance

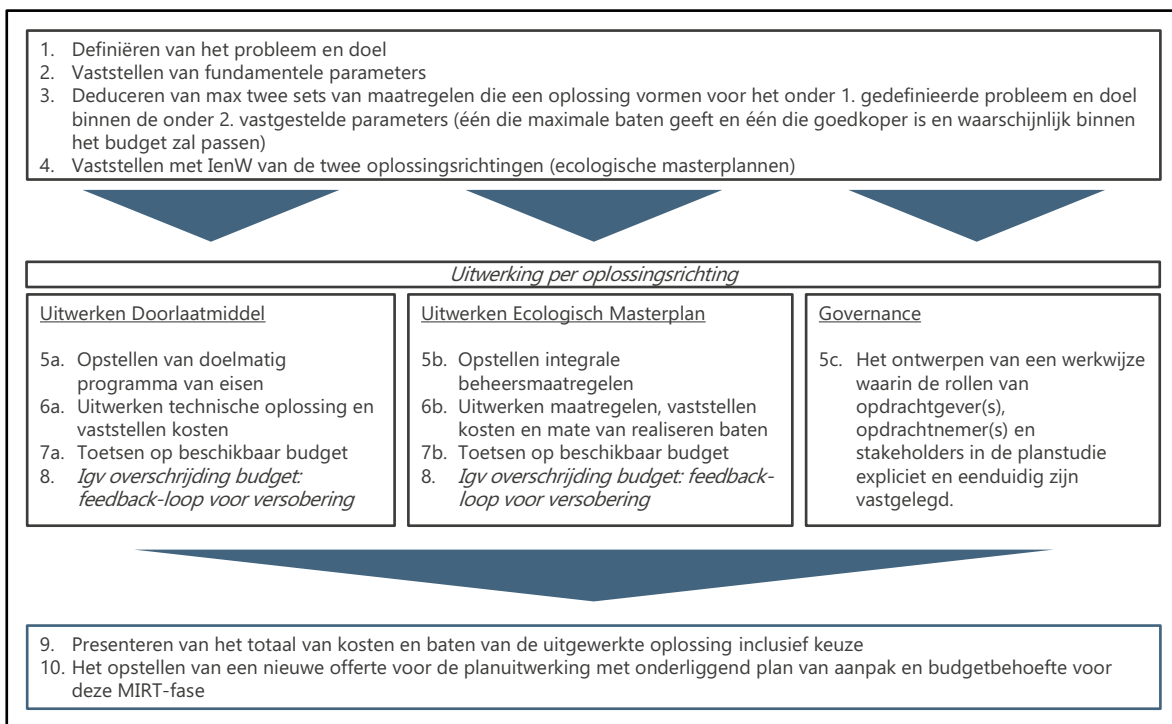
- 5a. Het opstellen van een doelmatig Programma van Eisen voor het doorlaatmiddel met input van de stakeholders. Hierbij is het noodzakelijk scherp te zijn op wat eisen zijn (bijv. wettelijk kader, huidige werkwijze en reeds goedgekeurde doelstellingen stakeholders) en wat wensen zijn. Het project heeft hiervoor een concept beschikbaar, *Notitie van Ontwerputgangspunten* (Rijkswaterstaat, 5 oktober 2020).
- 5b. Definiëren van de integrale beheersmaatregelen als mogelijke oplossingsrichting (*ecologisch masterplan* Grevelingen, waaronder doorlaatmiddel, beheerplannen, etcetera, inclusief vergunbaarheid).
- 5c. Het ontwerpen van een werkwijze waarin de rollen van opdrachtgever(s), opdrachtnemer(s) en stakeholders in de planstudie expliciet en eenduidig zijn vastgelegd¹⁵.
- 6a. Uitwerken van de technische ontwerpen die behoren bij de twee oplossingen A) en B) en het bepalen van de kosten hiervoor. Mogelijk moet dit ook aan de bestaande werken gebeuren voor de basis-oplossing C).
- 6b. Uitwerken van de ecologische maatregelen voor de twee oplossingen A) en B) plus de basisoplossing C) en vaststellen van de kosten daarvan.
7. Toetsen van de kosten voor het doorlaatmiddel en de ecologische maatregelen en het vaststellen van de baten voor beide oplossingen A) en B) en vergeleken met het nul-alternatief C).
8. In het geval dat er uit stap 7. geen oplossing komt die binnen het budgettaire kader past dan moeten stap 6. en 7. opnieuw gedaan worden
9. Het presenteren van het totaal van de kosten en baten aan opdrachtgevers ten behoeve van keuze voor uit te werken oplossing in planuitwerking.
10. Het opstellen van een nieuwe offerte voor de planuitwerking met onderliggend plan van aanpak en budgetbehoefte voor deze MIRT-fase.

Dit stappenplan start met het definiëren van een opdracht van de ministeries van IenW en LNV aan een compacte taskforce¹⁶, inclusief bijbehorende compacte governance (compacte stuurgroep, eventueel aangevuld met klankbordgroep) met steun van Bestuurlijk overleg Getij Grevelingen. De stappen zijn in onderstaande figuur 5 samengevat. In deze opdracht moet een duidelijk kader (doel van het project inclusief belangrijke randvoorwaarden zoals functionele levensduur en klimaat-scenario) staan om te beoordelen of het nieuwe of uitgewerkte voorkeursalternatief de problemen in voldoende mate oplost.

¹⁴ Waarvan kan worden aangenomen dat voor deze set aan maatregelen, die samen het ecologisch masterplan maken, draagvlak voor kan worden verkregen bij de stakeholders en er zicht is op vergunbaarheid van deze set aan maatregelen bestaat.

¹⁵ Gelet op de voorgeschiedenis van het project is het verstandig om de voorbereidingen van een dergelijke overeenkomst zo vroeg mogelijk te beginnen.

¹⁶ Compact multidisciplinair team (Taskforce) – 3-6 fte (5-8 personen), uitgaande van inkoop van aanvullende (ten opzichte van de lopende prioritaire opdrachten) onderzoeken.



Figuur 5 Stappenplan

Praktische uitwerking

Het resultaat van de variantenanalyse is – bij een positief besluit om het project te vervolgen in stap 9. – het vertrekpunt voor de planuitwerking. Het vertrekpunt voor de variantenanalyse is zoals in stap 3. beschreven een trechtering van het huidige voorkeursalternatief. Trechters naar één oplossingsrichting (bijvoorbeeld een variant met tenminste 30 centimeter getijslag zonder pompen binnen taakstellend budget) geeft nu de meeste duidelijkheid voor het vervolg, maar op voorhand is het nog onzeker of hiermee het beoogde doel in termen van waterkwaliteit en ecologie in voldoende mate wordt behaald. Daarom is het verstandig om in de variantenanalyse ruimte te houden voor een variant met een groter doelbereik die zeer waarschijnlijk niet binnen taakstellend budget kan worden gerealiseerd. In de praktijk kan dit vrij eenvoudig worden opgelost door eerst de variant te ontwerpen binnen het taakstellende budget en vervolgens het aantal kokers te vergroten en het effect op het doelbereik (en kosten) in beeld te brengen.

Inhoudelijk maakt de Taskforce gebruik van de lopende prioritaire opdrachten. De afronding van deze producten wordt aangestuurd vanuit de Taskforce en aanvullende opdrachten worden door de Taskforce geformuleerd en aanbesteed. De samenstelling van de Taskforce is in overleg met RWS nader te bepalen. Op voorhand lijkt het vanwege de inhoudelijke continuïteit nuttig om een aantal sleutelspelers uit het huidige projectteam in de Taskforce op te nemen.

De samenstelling van de Taskforce is nog nader te bepalen, maar de volgende aspecten moeten in elk geval goed worden afgedekt:

- Projectmanagement;
- Projectbeheersing (inclusief voorbereiding plan van aanpak Planuitwerking);
- Programma van Eisen;
- Effecten en besluitvorming (doelbereik, vergunbaarheid, opzet van de MER, ..);
- Waterbouwkunde (ontwerp maatregelen op basis van doelbereik en kosten);
- Waterkwaliteit en ecologie (ontwerp maatregelen op basis van doelbereik en kosten);
- Kosten.

Voor de organisatie van de Taskforce is het belangrijk om een vast team in te richten met voldoende continuïteit (geen versnippering van inzet). De governance van de Taskforce bestaat uit een

compacte stuurgroep met daarin de opdrachtgevers van in eerste instantie de variantenanalyse. Zij stellen de eisen aan het doelbereik en stellen daarvoor de middelen beschikbaar. Deze stuurgroep heeft ook het voortouw bij de stappen 1 tot en met 4. Naast de stuurgroep is het belangrijk om de stakeholders te betrekken in de vorm van een klankbordgroep. Voor het vervolg van het project (na de variantenanalyse) kunnen de projectorganisatie en de governance worden aangepast in lijn met het plan van aanpak voor de planuitwerking.

Het Expertteam heeft de verwachting dat, na opdrachtverlening, de doorlooptijd voor stappen 1-10 circa 9-12 maanden¹⁷ zal bedragen met een bijbehorend budget van circa 1 – 2 M€. Deze inschatting dient te worden gehard in de opdracht van (in elk geval) I&W en LNV aan de Taskforce voor de uitvoering van het bovenstaande stappenplan.

¹⁷ De doorlooptijd wordt bepaald door inhoudelijke aspecten (kwantificeren doelbereik waterkwaliteit en ecologie) en anderzijds door praktische aspecten (formuleren opdracht, afstemmen bestuurlijke partners, opzetten taskforce en inkoop producten).

Bijlage 1 Opdracht en samenstelling Expertteam

1. Aanleiding

De minister van IenW heeft – na afstemming met de minister van LNV - ingestemd met het instellen van een Expertteam voor het project Getij Grevelingen, naar aanleiding van de resultaten die zijn voortgekomen uit de collegiale toetsing en de audit omtrent de scope, organisatie en project-beheersing van het project.

2. Opdrachtformulering

Het Expertteam wordt gevraagd vervolgopties uit te werken, naar aanleiding van de inschatting die uit de collegiale toetsing en audit naar voren is gekomen ten aanzien van scope, organisatie en de financiën van het project. Ook wordt gevraagd de vervolgopties te voorzien van een waardering en een advies. Dit advies zal worden gebruikt voor de besluitvormende nota aan de ministers, welke gepland staat rond eind januari 2021. De werkzaamheden van het Expertteam bestaan uit:

- Het uitwerken van (minimaal) de volgende vervolgopties, gebruikmakend van het advies van het auditteam:
 - Een reset van het project: het project projectmatig op orde brengen en te onderzoeken welke optimalisaties er voor realisatie mogelijk zijn en onder welke voorwaarden er (en hoeveel) middelen kunnen worden toegevoegd aan het projectbudget;
 - Een reset echter binnen het huidige taakstellend budget: Bij deze optie is het budget dus leidend en wordt bezien welke doelrealisatie hiermee mogelijk is;
 - Het uitstellen of afstellen (i.c. stoppen) van het project: Het Expertteam wordt gevraagd te reflecteren welke alternatieven er zijn en wat uitstel voor effecten heeft met betrekking tot de doelrealisatie en wat de mogelijke alternatieven zijn.
- De positieve en negatieve consequenties van deze opties aan te geven ten aanzien van:
 - Maakbaarheid (technisch inhoudelijk en doelrealisatie waterkwaliteit);
 - Andere maatschappelijke baten (zonder meerkosten), zoals intergetijdengebied;
 - Betaalbaarheid/kosten;
 - Juridische haalbaarheid/vergunbaarheid;
 - Doorlooptijd;
 - Bestuurlijke consequenties.
- Het uitbrengen van advies over deze (en eventueel andere) opties. Hierbij wordt het Expertteam ook gevraagd om voortschrijdende inzichten te betrekken, zoals bijvoorbeeld het lopende onderzoek naar verbreding van de definitie van doelbereik en vernieuwing van het modelinstrumentarium.

3. Nadere toelichting/te beantwoorden vragen

Bij de uitwerking wordt gevraagd specifieke punten uit het auditrapport nader toe te lichten, zijnde:

- Het specificeren van de huidige kostenoverschrijding van de realisatie, geraamd op 30-35 miljoen:
 - Zijn de kosten gebaseerd op alleen het noodzakelijk of zitten wensen (m.b.t. bv infrastructuur e.d.) hier ook in verwerkt?
 - Wat zijn de gevolgen als hier strakker onderscheid in wordt gemaakt?
- Het specificeren van de huidige kostenraming van het totale projectbudget
 - Zijn de kosten gebaseerd op alleen het noodzakelijk of zitten wensen (m.b.t. bv infrastructuur e.d.) hier ook in verwerkt?
 - Wat zijn de gevolgen als hier strakker onderscheid in wordt gemaakt?
- Wat is volgens het Expertteam de onzekerheidsmarge voor de huidige ramingen van de kosten voor realisatie, EPK en IK? Blijft dat binnen de gebruikelijke marges voor planuitwerking? Wat zijn reële ramingen van de kosten van de verschillende alternatieven?
- Met betrekking tot getijdenenergie:
 - Wat levert het op om te stoppen met getijdenenergie?
 - Wat resteert aan tekorten en onzekerheden bij het schrappen van getijdenenergie?
- Uit het expertrapport moet helder blijken hoe wordt omgegaan met de klimaatrisico's die in het auditrapport zijn geschetst. Daarmee moet bij het beoordelen van de scope niet alleen gekeken worden naar kosten die nu aan de orde zijn, maar ook naar voorzienbare kosten als gevolg van klimaatverandering de komende decennia.

- Met betrekking tot klimaatrobustheid is er nu sprake van een harde en zachte variant. Er is voor deze varianten geen budget gereserveerd. In welke mate zou dit onderdeel deel uit moeten maken van de scope van dit project, gezien het feit dat dit speelt op langere termijn?
- Wat zijn de gevolgen voor de directe kosten en risico's als in de N2000-verplichtingen meer flexibiliteit komt, bv t.g.v. beleidsveranderingen? En welke kansrijkheid en termijnen horen daarbij?
- Verzoek LNV: Het huidige PvA voor de planuitwerking bevat een aantal acties om binnen de scope van het project te zoeken naar meekoppelkansen en optimalisaties voor natuurkwaliteit (bij gelijk realisatiebudget) of minder kosten. Dat is in lijn met de MIRT-spelregels. Wat zijn de voor- en nadelen als deze acties na de reset geen onderdeel zouden uitmaken van de scope?
- Het auditrapport noemt als aandachtspunt een verbreding van de definitie van doelbereik van het project 'Verleg daarbij de focus van tegengaan van zuurstofloosheid naar bredere ecologische meerwaarde'. Daarmee zou de meerwaarde van het project beter kunnen worden beoordeeld. Hoe zou dat er uit kunnen zien en wat zijn de voor- en nadelen?

4. Randvoorwaarden

- Het Expertteam maakt gebruik van bestaande kennis en expert judgement (e.g. zonder nieuwe onderzoeken);
- Alle elementen relevant voor de scope en kostenraming moeten goed door de experts bekeken worden:
 - Ontwerp doorlaatmiddel;
 - Compensatie voor natuur en infrastructuur;
 - Effecten voordelta;
 - Klimaatrobustheid;
 - Getijdencentrale.
- Gedegen inhoudelijke kennis is cruciaal, en specifiek voor optie 2 (binnen taakstellend budget) moet nagegaan worden of dat nog een substantiële bijdrage geeft voor de doelrealisatie omtrent verbetering van de waterkwaliteit.
- Het Expertteam wordt inhoudelijk ondersteund door (een deel van) het projectteam voor het aanleveren en nader duiden van beschikbare informatie. Daartoe verstrekt het projectteam een inhoudelijk dossier en heeft het projectteam een aantal deskundigen voor nadere toelichting aangewezen.
- Het Expertteam wordt op het gebied van vergunbaarheid ondersteund door HBJZ van IenW/LNV en het advies van het Expertteam wordt medio januari voorgelegd aan de Landsadvocaat om de haalbaarheid van het advies goed te kunnen inschatten.
- Het Expertteam staat – ten behoeve van een snelle afwikkeling- via de voorzitter en de ondersteuning in nauwe verbinding met de beleidsambtenaren van IenW en LNV die de besluitvormende nota voor de ministers opstellen.
- Het Expertteam wordt procesmatig ondersteund door DGWB (Iman Tantawy).
- Het Expertteam opereert onafhankelijk van hun moederorganisaties.

5. Tijdelijk Opdracht & Rapportage

Uitgaande van de start van de opdracht in week 51 en onder voorbehoud van het oordeel van het Expertteam wordt een definitief advies eind week 3 (22 januari) opgeleverd.

6. Samenstelling Expertteam

Het Expertteam is als volgt samengesteld:

- [] – directeur Consulting/PS operations bij PwC;
- [] – senior adviseur ecologie bij Deltares en professor Ecological Hydraulic Engineering bij de TU Delft;
- [] (voorzitter) – programmadirecteur bij Rijkswaterstaat en docent Waterveiligheid bij de TU Delft;
- [] – expertadviseur waterkwaliteit en ecosystemen bij Deltares;
- [] – topadviseur waterbeheer bij Rijkswaterstaat;
- [] – directeur bij de RebelGroup.

Bijlage 2 Documenten

Boer, T.E. den, Natuurcompensatie Tweede Maasvlakte, De Levende Natuur - jaargang 108 - nummer 6, november 2007

Bureau Waardenburg, Verspreiding van witte bacteriematten en schade aan het bodemleven in het Grevelingenmeer V. Zomer 2017 – Metingen in het oostelijke deel in het eerste jaar na ingebruikname Flakkeese spuisluis (T1), Rapportnr. 17-159, 15 november 2017

Deltares, Verkenning oplossingsrichtingen voor een betere waterkwaliteit en ecologische toestand van het Grevelingenmeer, Z4576, 27 oktober 2008

Deltares, Effect van herintroductie van getij op waterkwaliteit en ecologische toestand van het Grevelingenmeer, 1201650-000-ZKS-0033, 14 juni 2011

Deltares, Zeespiegelmonitor 2018 - De stand van zaken rond de zeespiegelstijging langs de Nederlandse kust, 11202193-000-ZKS-0004, 5 maart 2019

Deltares, Optimalisatie van peilbeheer Getij Grevelingen door aansturing van het doorlaatmiddel in de Brouwersdam, 11203818-001-ZKS-0003, augustus 2019

Ecoconsult, Monitoringsplan ecologie project Kierbesluit, Ecoconsult rapport nr. 2016-01, maart 2016

HaskoningDHV, Aanvulling Natuureffectstudie en MER bij de Rijksstructuurvisie Grevelingen en Volkerak-Zoommeer, Rapport WAT_E_BC5384_R001_F, 30 januari 2017

HaskoningDHV, Natuureffectenstudie Getij Grevelingen – Samenvoeging van de rapporten 'Natuureffectenstudie bij de Rijksstructuurvisie Grevelingen en Volkerak-Zoommeer (2014)' en de 'Aanvulling Natuureffectenstudie en MER bij de Rijksstructuurvisie Grevelingen en Volkerak-Zoommeer (2017)', Rapport BC5384WATRP1907021417, 4 juli 2019

Interprovinciaal Overleg en Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, Uitvoeringsprogramma Natuur, 8 december 2020

KNMI, Climate Change scenarios for the 21st Century – A Netherlands perspective, Scientific Report WR2014-01, KNMI, 26 May 2014

Ministerie van Economische Zaken - Programmadirectie Natura 2000, Aanwijzingsbesluit Natura 2000-gebied Grevelingen, PDN/2013-115, 4 juli 2013

Ministerie van Economische Zaken - Dienst Landelijk Gebied, Natuureffectenstudie bij de Rijksstructuurvisie Grevelingen en Volkerak-Zoommeer, deel 1 en deel 2, augustus 2014.

Ministerie van Infrastructuur en Milieu, Spelregels van het Meerjarenprogramma Infrastructuur, Ruimte en Transport, november 2016

Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, Besteding middelen enveloppe Natuur en Waterkwaliteit, kamerbrief IenM/BSK-2018/41968, 7 maart 2018

Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, (On)zekerheden rond synergie natuurbeheer Grevelingen – Gespreksverslag/werkdocument 20 december 2019.

Pels Rijcken, Second opinion juridische aspecten Getij Grevelingen, LS?DS/11011471, 12 februari 2020.

PricewaterhouseCoopers, Expert opinion getijdencentrale Brouwersdam, 2020-0636FK/mtc/mvg, 18 december 2020

Rijkswaterstaat, Ontwerpties Spuimiddel Afsluitdijk, Project Uitbreiding Spuicapaciteit Afsluitdijk
Bouwdienst Rijkswaterstaat, Rapport 4279-P-2000.0017, 14 juli 2000.

Rijkswaterstaat, Natura 2000 Deltawateren Beheerplan Grevelingen 2016-2022, 17 juni 2016

Rijkswaterstaat, Opbouw kosten maatregelpakket Natura 2000 – Onderdeel van de verlengde
verkenningfase Getij Grevelingen (januari 2019 – 10 juli 2019), Project Getij Grevelingen,
HB#_3730387, juli 2019

Rijkswaterstaat, Mogelijke keuzes van uitgangspunten voor Klimaatrobustheid Getij Grevelingen,
Project Getij Grevelingen, HB#3733733, 1 augustus 2019

Rijkswaterstaat, Stand van zaken juridische aspecten Grevelingen, Project Getij Grevelingen, 4
september 2019

Rijkswaterstaat, Hoofdbesluiten Bevoegd Gezag & Initiatiefnemer concept 0.5, Project Getij
Grevelingen, 15 april 2020

Rijkswaterstaat, IRL/TRL pompturbines en gerelateerd projectrisico, Project Getij Grevelingen, 10
september 2020

Rijkswaterstaat, Notitie van Ontwerpuitgangspunten (eisen) Ontwerpfase 2 – concept v14, Project
Getij Grevelingen, 5 oktober 2020

Rijkswaterstaat, Resultaat Technology Readiness Level pompturbines, Project Getij Grevelingen, 19
oktober 2020

Rijkswaterstaat, Audit Project Getij Grevelingen, Project Rijkskeringen, 13 november 2020

Rijkswaterstaat, Audit Project Getij Grevelingen en vervolg, RWS Bestuursstaf, 25 november 2020

Rijkswaterstaat, Pompen en turbines – ongenummerd concept, Project Getij Grevelingen, 7
december 2020

Rijkswaterstaat, Hoofdrapport Inhoud en Onderbouwing - versie 2.0, Project Getij Grevelingen,
HB#3730386, 2 december 2019

Rijkswaterstaat, Argumentatie afgevalen alternatieven, Project Getij Grevelingen, HB#3862162, 1
mei 2020

Rijkswaterstaat, Grove inschatting en onderbouwing verwachte stijging realisatiekosten doorlaat,
Project Getij Grevelingen, 23 november 2020

Rijkswaterstaat, IRL/TRL pompturbines en gerelateerd projectrisico – versie 1.0, Project Getij
Grevelingen, 10 september 2020

Rijkswaterstaat, Notitie Reikwijdte en Detailniveau Getij Grevelingen – concept, Project Getij
Grevelingen, 17 december 2020

Rijkswaterstaat, Memo Natuurbeheer door Rijkswaterstaat, concept 6 januari 2021, RWS Zee en
Delft, 6 januari 2021

Stratelligence, Adaptieve investeringsstrategie Getij Grevelingen, 27 augustus 2019

Wageningen University & Research, Monitoring mosselgroei Flakkeese spuisluis – resultaten T1
bemonstering 2017, Research rapport C106/17, 13 december 2017

Wageningen University & Research, Ecologisch onderzoek Getij Grevelingen Onderzoek naar de historische ontwikkeling van het watersysteem en inschatting van de autonome ontwikkeling vergeleken met getijscenario's en effecten op Natura 2000-soorten en habitats bij gedempt getij, rapport C089/19, september 2019

Werkverband Getij Grevelingen, Verkenningenrapport – beschrijving voorkeursalternatief Getij Grevelingen, 1 juni 2020

Witteveen+Bos, Perspectieven elektriciteit uit water Opdrachtgever In opdracht van STOWA, Rijkswaterstaat en IenW - Document Nationaal potentieel voor 2030 en 2050, Referentie 113225/19-016.988 Projectcode 113225, 22 oktober 2019

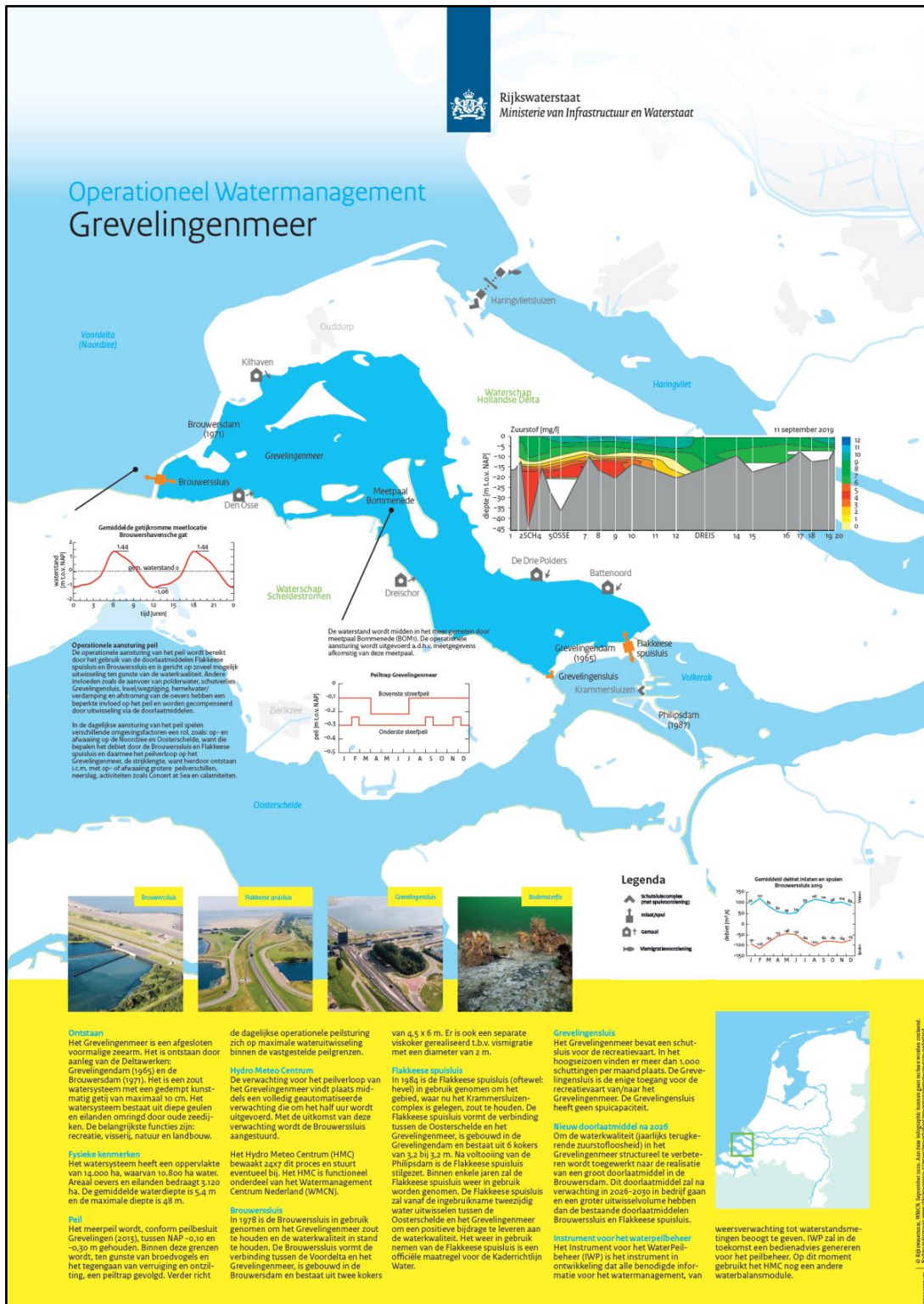
Bijlage 3 Gevolgde processtappen

Voor het opstellen van het advies is een geringe doorlooptijd beschikbaar gelet op de wens van de ministeries van IenW en LNV om eind januari een voorstel voor het vervolg van het project voor te leggen aan beide ministers. Dit betekent dat er weinig tot geen ruimte is voor aanvullende onderzoeken. De werkwijze van het Expertteam heeft bestaan uit het verzamelen van observaties en vragen op basis van het dossier. De bespreking hiervan met het projectteam en medewerkers van IenW en LNV is gericht geweest op het wegnemen van misverstanden, aanvullen van het dossier (verdieping en voortschrijdende inzichten) en het benoemen van de belangrijkste aspecten van het vraagstuk. Door deze aspecten te verdiepen op basis van eigen kennis en ervaring heeft het Expertteam het advies opgesteld en de aanvullende vragen beantwoord. Specifiek voor de thema's vergunbaarheid en technische haalbaarheid pompturbines en pompen zijn gesprekken gevoerd met respectievelijk HBJZ/Landsadvocaat en [] (Lector Delta Power aan de Hogeschool Zeeland). Voor het adaptatievraagstuk is afstemming gezocht met het Kennisprogramma Zeespiegelstijging. In tabel 10 zijn de gevolgde processtappen weergegeven.

Tabel 10 Gevolgde processtappen

Processtappen	Datum	Toelichting
Startbijeenkomst	15 december 2020	<ul style="list-style-type: none"> • Kennismaking • Bespreking Aanleiding en Opdracht • Concretisering Plan van Aanpak • Toelichting projectdossier
Inlezen en verzamelen observaties en vragen Opzet werkdocument		
Vervolgbijeenkomst 1	22 december 2020	<ul style="list-style-type: none"> • Bespreking observaties en vragen • Bespreking opzet werkdocument • Rolverdeling op thema's
Uitzetten nadere vragen bij projectteam Uitzetten vragen vergunbaarheid bij HBJZ/Landsadvocaat Uitzetten vragen klimaatverandering bij Kennisprogramma Zeespiegelstijging Uitzetten vragen haalbaarheid pompturbines/pompen bij [] Verwerken bespreking observaties en vragen in werkdocument		
Vervolgbijeenkomst 2	6 januari 2021	<ul style="list-style-type: none"> • Bespreking hoofdlijnen advies
Uitwerking doelbereik Bouwstenen conceptadvies		
Vervolgbijeenkomst 3	12 januari 2021	<ul style="list-style-type: none"> • Bespreken doelbereik en bouwstenen conceptadvies
Vorbereiden eerste conceptadvies Verwerken reactie [] Consult bij HBJZ/Landsadvocaat (vergunbaarheid) Bespreken eerste conceptadvies met opdrachtgevers (20 januari 2021)		
Vervolgbijeenkomst 4	21 januari 2021	<ul style="list-style-type: none"> • Bespreken conceptadvies
Vorbereiden definitief conceptadvies (31 januari 2021) Opleveren definitief advies (3 februari 2021)		

Bijlage 4 Watermanagement Grevelingen



Figuur 6 Waterbeheer Grevelingen

Bijlage 5 Overwegingen getijdencentrale

In het voorkeursalternatief is een getijdencentrale opgenomen als een meekoppelkans. Op korte termijn kan met een dergelijke centrale duurzame energie worden opgewerkt en op langere termijn is het mogelijk om de waterstand te reguleren door te pompen. Dit vereist dan zogeheten pompturbines, die zowel energie kunnen opwekken (turbineren) als water van de Grevelingen naar de Noordzee kunnen pompen. Bij deze meekoppelkans is een aantal overwegingen relevant: maakbaarheid, betaalbaarheid, toekomstig beheer en beheersbaarheid van het project.

Het projectteam heeft de maakbaarheid voor pompturbines met de vereiste rendementen, opbrengsten en afmetingen onderzocht (Rijkswaterstaat, 7 december 2020; Rijkswaterstaat 19 oktober 2020 en Rijkswaterstaat 10 september 2020). In *IRL/TRL pompturbines en gerelateerd projectrisico* (Rijkswaterstaat, 10 september 2020) wordt aangegeven dat horizontaal opgestelde pompen, die zowel turbineren als pompen slechts in testopstellingen bestaan. De eisen vanuit de business case, het beheer en de omgeving maken dat aan de nog te ontwikkelen pompturbines zijn streng (significant lagere kosten voor productie en exploitatie, aantoonbare oplossingen voor vis- en zeezoogdierenmortaliteit). De schaa sprong van testopstelling naar toepassing op de Brouwersdam vergt een schaa sprong van een factor meer dan 200 op het debiet. Het projectteam schat de Technology Readiness Level (TRL) of Innovation Readiness Level (IRL) op een schaal van 1-9 op 4. Het doel voor toepassing in projecten is een TRL/IRL van 8-9 en de inschatting is dat dit nog een ontwikkeltijd van circa 7 jaar vraagt (met de nodige investeringen en kanttekeningen bij de beschikbaarheid van testlocaties voor deze omvang). De aanbeveling is dan ook om af te zien van oplossingen, waarbij pompturbines onderdeel van de oplossing uitmaken. Een aanvullende overweging hierbij is dat het potentiële rendement van een getijdencentrale afneemt naar mate de zeespiegel stijgt (omdat in toenemende mate de bij instroom gewonnen energie moet worden ingezet voor de uitstroom). Een eventuele getijdencentrale zou dan ook deel moeten uitmaken van het doorlaatmiddel in 2026.

Overigens is de maakbaarheid ook voor pompen zonder turbinefunctie een issue. De te maken ontwikkelstap is echter wel kleiner. De grootste horizontale bulbpompen ter wereld (gemaal IJmuiden) hebben een diameter van 5,1 meter en een pompcapaciteit van 60 m³/s. Toepassing hiervan op de Brouwersdam vergt een schaa sprong van een factor 3-6 op het debiet en een uitbreiding van de functionaliteit (tweezijdige aanstroming, spuiend pompen). Inschatting van het projectteam is dat TRL/IRL 8-9 ook voor pompen nu niet realistisch is (Rijkswaterstaat, 7 december 2020). Deze pompen zijn naar verwachting pas later nodig, bij de adaptatie van het doorlaatmiddel. Afhankelijk van de gekozen optie en de ontwikkeling van de zeespiegelstijging zou dit moment op zijn vroegst liggen in het jaar 2037.

In de *Expert opinion getijdencentrale Brouwersdam* (PricewaterhouseCoopers, 18 december 2020) is de private business case voor een getijdencentrale onderzocht. De belangrijkste bevindingen van dit onderzoek zijn:

- De private business case heeft betrekking op een onderdeel (energieopwekking) van variant 2 van het voorkeursalternatief (doorlaatmiddel met getijdencentrale vanaf de start). Dit sluit niet (goed) aan op de huidige projectfase, waarbij de keuze voor het doorlaatmiddel nog moet worden gemaakt.
- Het publieke deel van de business case (waterbeheer, waterveiligheid, waterkwaliteit, ecologie, ..) is onvoldoende bepaald. Hierdoor is de verhouding tussen beide onderdelen (overheid-marktpartij) niet goed te bepalen met als voornaamste onderdeel de risicoverdeling.
- De uitwerking van de private business case is onvoldoende (incompleet, inconsistent, onvoldoende onderbouwing, onvoldoende inzicht in gevoeligheden).
- De uitkomsten van de huidige business case zijn negatief. Dit bevestigt eerdere onderzoeken naar de financierbaarheid van getijdenenergie.

De verhouding tussen het publieke en het private deel van een getijdencentrale is complex door de veelheid aan belangen bij het peilbeheer van de Grevelingen. Het dienen van deze belangen en het genereren van een maximale hoeveelheid energie gaan niet (altijd) hand in hand. Gewijzigde inzichten (klimaatverandering) en wensen (peilbeheer Grevelingen) kunnen leiden tot veranderingen

voor het rendement van de getijdencentrale. Gegeven de grote onzekerheden in klimaatverandering en ontwikkeling van waterkwaliteit en ecologie is het niet mogelijk (en dus ook niet verstandig) om langlopende contractuele afspraken met een private exploitant te maken. Dit zou haaks staan op de gewenste flexibiliteit om met de genoemde onzekerheden om te gaan.

Tenslotte is de ervaring met PPS-projecten dat grote onzekerheden in de scope en interfaces met het publieke deel het risico op overschrijding van kosten en planning sterk vergroten, doordat deze projecten uitgaan van een integrale dienstverlening over verschillende fasen (ontwerp, uitvoering, onderhoud en exploitatie) van het project.

De voorgaande overwegingen leiden tot de conclusie dat het niet verstandig is om de getijdencentrale in de scope van het project te houden, ook niet voor toekomstige adaptatiestappen. Deze meekoppelkansen (duurzame energieopwekking, private financiering, exportmogelijkheden) vertroebelt het zicht op de hoofddoelstelling van het project (verbeteren van waterkwaliteit en ecologie).

Bijlage 6 Maatregelen compensatie en beheer bestaande natuur

Definities

- Mitigatie is het voorkomen dat natuurlijke kenmerken worden aangetast of het aanzienlijk verminderen van deze aantasting. Mitigatie is een belangrijk onderdeel van het ontwerpproces van ingrepen in het systeem (locatie, type, fasering).
- Compensatie is het compenseren van de (resterende en onvermijdelijke) negatieve effecten van ingrepen in het systeem. Dit mag slechts onder strenge voorwaarden van zwaarwegend maatschappelijk belang, het ontbreken van een alternatief en aantoonbare effectiviteit (ADC-toets).

Compensatiemaatregelen

In het *Hoofdrapport Inhoud en Onderbouwing* (Rijkswaterstaat, 2 december 2019) is gerapporteerd over:

- de inschatting van de effecten op instandhoudingsdoelen Natura 2000 en doelbereik Kaderrichtlijn Water;
- de effecten van verschillende peilbeheersscenario's;
- de kosten van maatregelen voor de instandhoudingsdoelen Natura 2000;
- de verkenning en optimalisatie van juridische haalbaarheid.

De keuze in het voorkeursalternatief voor het peilbeheerscenario 40/-30 is gebaseerd op kleinere effecten op de natuurwaarden in de oeverzone dan bij het (oorspronkelijke) 50/-20 scenario. Wel zal onder invloed van zeespiegelstijging op langere termijn het peilbeheerscenario toegroeien naar 50/-20. Dit betekent dat er op termijn aanvullende maatregelen nodig zijn om de natuurwaarden in de oeverzone te handhaven.

Het maatregelenpakket voor het compenseren van de nadelige effecten van frequentere hoog- en laagwaterstanden in de oeverzone bestaat uit:

- ophogen van bestaande vogeleilandjes, schelpenrichels en oeververdedigingen;
- herprofilering oever bij Battenoord;
- verwijderen struweel, afplaggen en maai-beheer om verruiging tegen te gaan;
- aanleg van kleischerm Veermansplaat;
- aanleg nieuw eiland van 45 hectare.

De kosten voor dit maatregelenpakket bedragen circa 23 M€.

Bij de scenario's 50/-30 en 50/-20 zijn extra maatregelen nodig, optellend tot 55 M€ (50/-30) en 81 M€ (50/-20).

Beheermaatregelen

Zoals in *(On)zekerheden rond synergie natuurbeheer Grevelingen* (Ministerie van Landbouw, Visserij en Voedselkwaliteit, 20 december 2019) beschreven ligt de verantwoordelijkheid voor het beheer van de Grevelingen bij Staatsbosbeheer (SBB) voor de natuur op het land inclusief de eilanden en de oevers tot circa 1,5 meter onder de waterspiegel en bij Rijkswaterstaat voor de waterkwaliteit en het peilbeheer. De bekostiging van het natuurbeheer door SBB loopt via het Subsidiestelsel Natuur en Landschap (SNL)¹⁸. Dit is structureel budget voor de instandhouding van natuur. Hiermee wordt 75%¹⁹ van de normkosten voor instandhouding afgedekt. Voor de Grevelingen worden deze middelen (afkomstig van het ministerie van LNV) via de provincies Zeeland en Zuid-Holland verstrekt.

¹⁸ Niet alle maatregelen voor het natuurbeheer in het kader van Natura 2000 zijn subsidiabel vanuit SNL.

¹⁹ De beheervergoeding in het kader van de Subsidieregeling Natuur en Landschap (SNL) wordt verhoogd van 75% naar 84% (*Uitvoeringsprogramma Natuur* (Interprovinciaal Overleg en Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, 8 december 2020)).

Het huidige beheerplan²⁰ (Rijkswaterstaat, 17 juni 2016) loopt in 2022 af en het voornemen is om dit beheerplan ongewijzigd te verlengen omdat het niet goed mogelijk is om voor alle maatregelen uitspraken te doen over de effectiviteit hiervan. Het beeld is dat ook zonder doorlaatmiddel er maatregelen nodig zijn om onder andere successie van vegetatie en erosie van oevers tegen te gaan. Voor deze beheermaatregelen is nog geen budget gereserveerd. Op basis van het rapport *Opbouw kosten maatregelenpakket Natura 2000* (Rijkswaterstaat, juli 2019) wordt ingeschat dat voor een periode van 50 jaar minimaal 75 M€ nodig is, exclusief de verbetering van huidige achterstanden in soorten en habitats. Dit maatregelenpakket omvat ook de aanleg van een groot eiland van 220 hectare. Dit overlapt met maatregelen voor de compensatie van het effect van het doorlaatmiddel. Met de uitvoering van deze compensatiemaatregelen (met name de aanleg van het nieuwe eiland) hoeven de nog niet gedekte beheermaatregelen niet volledig te worden uitgevoerd. Ingeschat wordt dat dit positieve effect 17,4 M€ voor de komende 12 jaar betreft.

Tegelijkertijd is er nog geen eenduidig beeld tussen SBB, de beide provincies en Rijkswaterstaat over de omvang van en de verantwoordelijkheden voor (de bekostiging van) de verschillende beheermaatregelen (Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, 20 december 2019). Dit belemmert de mogelijkheid om de synergie tussen projectmaatregelen en beheermaatregelen inhoudelijk en vooral financieel te concretiseren.

Suggestie

Voor compensatie van bestaande (droge) natuur voor de effecten van een groter getij op de Grevelingen is door het project Getij Grevelingen ingeschat dat een totaalbedrag van 81 M€ nodig is voor de komende 50 jaar. Deze kosten komen in principe ten laste van het project en daarmee de ministeries van IenW en LNV en eventuele bijdragen van regionale partners.

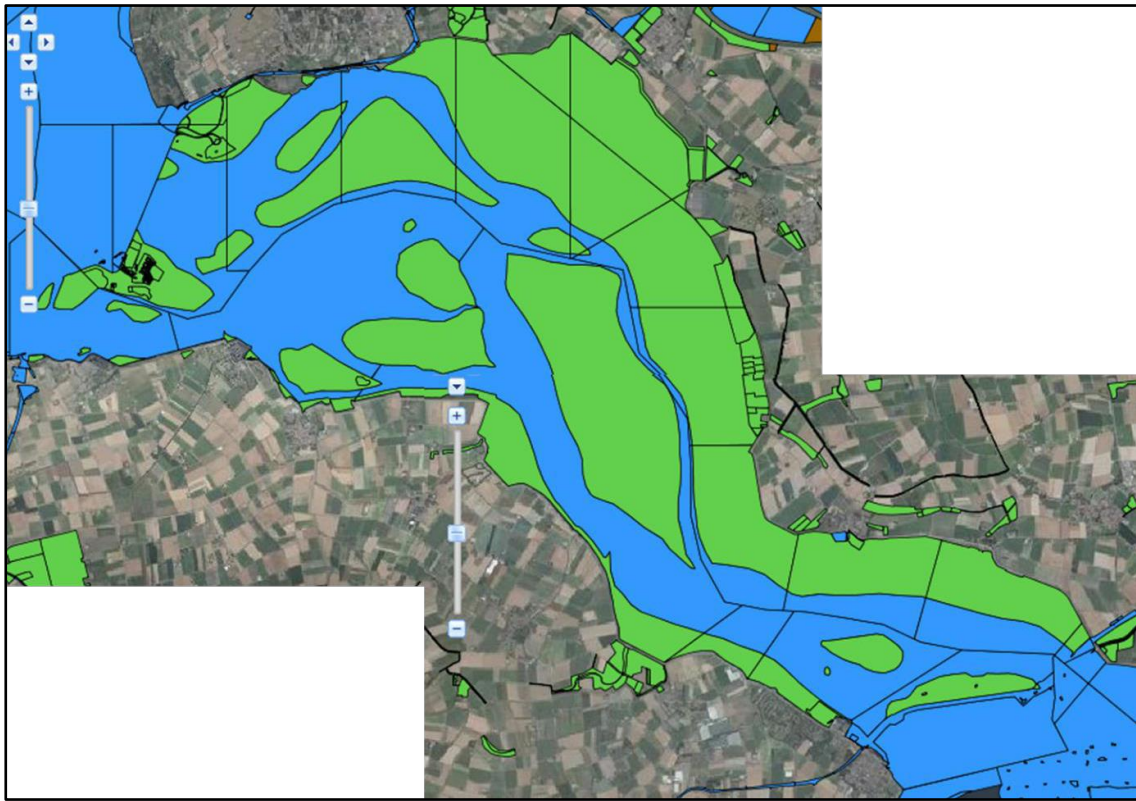
Voor de instandhouding van de bestaande (droge) natuur op oevers en eilanden door successie en erosie is ingeschat dat een totaalbedrag van 75 M€ nodig is, ook voor de komende 50 jaar. Hiervoor is nog geen dekking. Van deze kosten wordt maximaal 75% gesubsidieerd door de provincies Zeeland en Zuid-Holland (middelen afkomstig van ministerie van LNV). In figuur 7 is de eigendomsverhouding tussen Staatsbosbeheer (oevers en eilanden) en de Staat der Nederlanden (waterlichaam met een bodemligging lager dan NAP-1,5 meter) weergegeven.

De maatregelen voor compensatie en instandhouding hebben een grote overlap en daarmee kunnen de synergiebaten aanzienlijk zijn²¹. Vanuit het project en de subsidie is (theoretisch gezien) 88% van de ingeschatte kosten mogelijk gedekt. Het loont de moeite te verkennen in hoeverre de omvang van deze financiële dekking realistisch is en in hoeverre het volledige maatregelenpakket voor compensatie en instandhouding kan worden uitgevoerd.

Het beheerplan Natura 2000 is dan te beschouwen als het instrument om afspraken over beheer en de financiering ervan vast te leggen samen met de toedeling in verantwoordelijkheden (vergunningverlening, handhaving, financiering, ..). Ook kan in het beheerplan worden vastgelegd dat een project mede invulling geeft aan de beheeropgave. Ook zou in het beheerplan de beoogde verbetering van de waterkwaliteit (KRW) een plek kunnen krijgen zodat de samenhang tussen waterkwaliteit en ecologie wordt geborgd, inclusief de omgang met klimaatverandering.

²⁰ RWS is (bij wet) verantwoordelijk voor het (doen) uitvoeren van natuurbeheer ongeacht of het om private beheerders, erfpacht of andere vormen van eigenaarschap gaat. SBB is grotendeels eigenaar van de eilanden in en oevers van de Grevelingen, zie figuur 7.

²¹ Strikt genomen kunnen er ook instandhoudingsmaatregelen nodig zijn voor de aangewezen habitats in het waterlichaam. Hier heeft het expertteam niet naar gekeken.



Figuur 7 Eigendomsverhouding Greveling SBB (groen) en Staat (blauw)

Bijlage 7 Technisch ontwerp doorlaatmiddel

Het ontwerpproces van het doorlaatmiddel is nog niet afgerond. Het ontwerp zoals in het voorkeursalternatief opgenomen is technisch onvoldoende uitgewerkt en daardoor zijn ook de kostenramingen van het doorlaatmiddel nog in beweging. Op dit moment ligt er nog geen integraal schetsontwerp op het niveau dat vereist is voor een voorkeursalternatief. In figuur 7 is doorsnede van het doorlaatmiddel weergegeven (in ontwikkeling). Volgens de *Spelregels van het Meerjarenprogramma Infrastructuur, Ruimte en Transport* (Ministerie van Infrastructuur en Milieu, november 2016) betekent dat een omschrijving en onderbouwing van de investeringskosten (maximale onzekerheidsmarge 25%), de kosten van beheer en onderhoud (op basis van Life Cycle Cost), de contante waarde van het project en indien aan de orde exploitatiekosten (op basis van business case).

Het projectteam voert ontwerpplagen uit om het schetsontwerp van het doorlaatmiddel uit het voorkeursalternatief tot het vereiste niveau te krijgen zodat ramingen en risico's voldoende kunnen worden ingeschat. Deze ontwerpplagen zijn nog niet afgerond. Uit *Grove inschatting en onderbouwing verwachte stijging realisatiekosten doorlaat* (Rijkswaterstaat, 23 november 2020) en de mondelingen toelichtingen blijkt dat de tussenstand van de geschatte meerkosten voor het doorlaatmiddel ongeveer 55 M€ bedraagt. De door het projectteam ingeschatte meerkosten als volgt opgebouwd:

- Bodembescherming (+8,5 M€): De bodembescherming uit het voorkeursalternatief was te licht ontwerpen met het gevaar van erosie en instabiliteit. Het toepassen van zwaarder materiaal is noodzakelijk. Hier is nog geen rekening gehouden met extra kokers, omdat die informatie van latere datum is.
- Langere kokers (+22 M€): Verlenging van de kokers is noodzakelijk voor het onderhoud (droogzetten), het eventueel inhijzen van pompen en het behoud van de huidige recreatie- en onderhoudsweg. Ter illustratie is in figuur 5 een voorlopige technische tekening van het dwarsprofiel opgenomen. Hierbij is nog geen rekening gehouden met extra kokers, omdat die informatie van latere datum is. Dit is ook nog exclusief de voorbereidingen voor het plaatsen van een portaalkraan voor het transport van pompen (met een gewicht van 450 ton per stuk) en ook exclusief de maatregelen in de kokers om stroomgeleiding aan te brengen (om de kokervorm van vierkant naar rond te brengen).
- Extra kokers (+14,1 M€): In het voorkeursalternatief is uitgegaan van 12 kokers en een afvoercoëfficiënt van 1,1. Deze afvoercoëfficiënt is in dit geval niet realistisch en een waarde van 0,95 is aangehouden. Dit betekent dat er twee kokers extra nodig zijn om dezelfde hoeveelheid water af te voeren. Daarnaast is ervoor gekozen om nog één extra koker aan te leggen om de niet-beschikbaarheid van één koker te compenseren.
- Bediening, besturing en bewaking getijslag (+8,5 M€): Om het doorlaatmiddel onder stroom te kunnen sluiten en voor het optimaal in samenhang bedienen van doorlaatmiddel, de Brouwersspuisluis en de Flakkeese spuisluis zijn aanvullende voorzieningen nodig.
- Voorboren door oude bodemverdediging (+2 M€): Om de damwanden te kunnen aanbrengen door de oude bodemverdediging van de afsluitdam moet er voorgeboord worden.

Daarnaast geeft het projectteam aan dat er nog kostenstijgingen worden verwacht van een aantal onderdelen, die bij het voorkeursalternatief als 'nader te bepalen' zijn beschreven. Dit gaat over stroomgeleidingswerken, schuiven voor onderhoud (voor het droogzetten van de kokers), hulpmiddelen voor beheer en onderhoud (zoals portaalkranen) en realisatiekosten (zoals het vergroten van de bouwkuip). Het doorlaatmiddel en de bodembescherming moeten aan de zeezijde worden ingegraven omdat er veel aanzanding is opgetreden. De morfologische effecten nog onduidelijk (ontstaat er een nieuwe getijgeul, treedt er sedimentatie op, treedt er extra slijtage van de pompen op) met mogelijk effecten op de kosten voor beheer en onderhoud (en op natuurwaarden).

Dit onderstreept dat het ontwerpproces van het voorkeursalternatief nog niet is afgerond. Het ontwerp en daarmee de kostenraming zijn nog niet op het niveau van een voorkeursalternatief. Ook ontbreekt een koppeling tussen het risicodossier en de kostenraming, zodat geen uitspraak kan worden gedaan over de betrouwbaarheid van de raming. Gelet op de openstaande punten uit het ontwerpproces is de verwachting dat de kostenraming voor het doorlaatmiddel uit het voorkeursalternatief eerder omhoog dan omlaag gaat. Wellicht kan dit nog worden gecompenseerd door

optimalisaties van het ontwerp, het inleveren op een aantal klanteisen en/of het verkleinen van de afmetingen per koker. Een verandering van de raming heeft overigens direct ook gevolgen voor optie 2) omdat het aantal kokers dat binnen taakstellend budget kan worden gerealiseerd afhangt van de kosten per koker dat volgt uit het ontwerpproces.



Figuur 8 Doorsnede doorlaat (in ontwikkeling)

Bijlage 8 Toelichting onderzochte opties inclusief adaptatiepaden

Vooraf: De kwantificering van de kosten van de opties en de adaptatiepaden is gebaseerd op de beschikbare informatie, terwijl het ontwerpproces nog gaande is. Deze informatie en de gebruikte analysemethode zijn onvoldoende om aan de berekende kosten meer waarde te hechten dan een inschatting en een onderlinge vergelijking. Op basis van een meer uitgewerkt ontwerp en daarbij horende kostenraming kunnen de kosten in relatie tot het budget worden bepaald.

Optie 1: Doorlaatmiddel conform voorkeursalternatief

Het project wordt vervolgd conform het voorkeursalternatief zonder getijdencentrale met drie adaptatiepaden (pompen, meegroeien met de zeespiegelstijging of reduceren getijslag). Hierbij zijn de voortschrijdende inzichten ten aanzien van het ontwerp en kostenraming van het doorlaatmiddel verwerkt (nader uitgewerkt in bijlage 6). Het doorlaatmiddel dat nodig is voor een peilbeheerscenario 40/-30 (voorkeursalternatief) bestaat uit 15 afsluitbare kokers (afmetingen van 8 bij 8 meter). Hiermee kan in 2026 een getijslag van 37 centimeter rond een middenpeil van NAP-30 centimeter worden gerealiseerd. Het doorlaatmiddel vraagt een investering van 167 M€ inclusief de meerkosten voor het anticiperen op pompen (8M€). In het verkenningsrapport was dit nog 112 M€ gebaseerd op 12 kokers.

Door de getijslag kan de oppervlakte van het zuurstofloze areaal worden teruggebracht van circa 1300 tot 650 hectare (op een totaal van 10500 hectare). De getijslag leidt tot hogere hoogwaterstanden en lagere laagwaterstanden en dat maakt compensatiemaatregelen voor bestaande natuur en infrastructuur noodzakelijk. De kosten hiervoor bedragen respectievelijk 23 M€ en 14 M€. Als gevolg van de zeespiegelstijging neemt de beschikbare tijdsduur om te spuien af en wordt de vloedstroom beperkt door het sluiten van één of meer kokers om het peilbeheerscenario te kunnen blijven volgen. Het gevolg is dat de getijslag afneemt. Om te voorkomen dat de getijslag onder de 35 centimeter (dat is bij 17 centimeter zeespiegelstijging) zakt zijn adaptatiepaden ontwikkeld, waarbij drie varianten in dit onderzoek zijn betrokken.

Het eerste adaptatiepad heeft als eerste stap dat bij een zeespiegelstijging van 17 centimeter (ten opzichte van 1995) pompen worden geïnstalleerd om de ebstroom op peil te houden. Het middenpeil blijft NAP-30 centimeter. Het aantal pompen dat in eerste instantie moet worden geplaatst is afhankelijk van de beschikbaarheid van pompen met een voldoende capaciteit. Bij stijgende zeespiegel neemt het aantal pompen toe totdat het maximum van 15 is bereikt. Bij een zeespiegelstijging van 38 centimeter (ten opzichte van 1995) is dit maximum al bereikt. De volgende stap is dan het verhogen van de maximale waterstand, hetgeen extra compensatiemaatregelen vergt (peilbeheerscenario 50/-30). De investeringskosten voor dit adaptatiepad bedragen voor de pompen 95 M€ (voor 15 pompen inclusief aansluiting op elektriciteitsnetwerk)²² verspreid tussen beide stappen en voor de compensatie van natuur en infrastructuur respectievelijk 32 M€ en 4 M€ bij de tweede stap.

Het tweede adaptatiepad heeft als eerste stap dat bij een zeespiegelstijging van 17 centimeter (ten opzichte van 1995) de maximale waterstand wordt verhoogd. Het middenpeil blijft NAP-30 centimeter (peilbeheerscenario 50/-30). Dit vergt extra compensatiemaatregelen. Bij een zeespiegelstijging van 26 centimeter (ten opzichte van 1995) is de tweede stap dan het verhogen van het middenpeil naar NAP-20 centimeter, hetgeen extra compensatiemaatregelen vergt (peilbeheerscenario 50/-20). De investeringskosten voor de compensatie van natuur en infrastructuur voor dit adaptatiepad bedragen respectievelijk 32 M€ en 4 M€ bij de eerste stap en respectievelijk 25 M€ en 6 M€ bij de tweede stap. Vanaf 36 centimeter zeespiegelstijging zou een derde stap kunnen

²² In het verkenningsrapport was dit 77 M€ gebaseerd op 12 kokers/pompturbines (71 M€) en aansluiting op het elektriciteitsnetwerk (6 M€). Voor pompen is deze inschatting wellicht wat te hoog, maar ook aan pompen zit nog ontwikkelwerk vast en dat leidt weer tot meerkosten. Gelet op het illustratieve karakter van de rekenvoorbeelden is gekozen om uit te gaan van het getal uit het verkenningsrapport.

worden toegevoegd met behulp van pompen. Deze is buiten beschouwing gelaten vanwege het kleine verschil tussen 36 en 38 centimeter.

Het derde adaptatiepad heeft één stap: bij een zeespiegelstijging van 17 centimeter wordt de vloedstroom beperkt door een deel van de kokers gesloten te houden. De ebstroom wordt niet beperkt. Het peilbeheerscenario blijft ongewijzigd (40/-30). Bij 40 centimeter zeespiegelstijging is de getijslag dan afgenomen tot 25 centimeter en de gemiddelde waterstand is langzaam opgelopen tot NAP-24 centimeter. Deze variant heeft na de eerste adaptatiestap een geringer doelbereik dan de andere varianten. Er zijn geen extra investeringen nodig.

Voor de beoordeling van de opties wordt uitgegaan van de volgende varianten voor de adaptatie en gegevens:

1a) Doorlaatmiddel met 15 kokers – adaptatiepad met pompen:

- investering van 167 M€ voor het doorlaatmiddel en 37 M€ voor compensatiemaatregelen, getijslag 37 centimeter (afnemend);
- eerste adaptatiestap bij 17 centimeter zeespiegelstijging, investering 95 M€ (verspreid op periode tot tweede adaptatiestap) in pompen; getijslag 41 centimeter (afnemend);
- tweede adaptatiestap bij 38 centimeter zeespiegelstijging, investering 36 M€ in compensatiemaatregelen, getijslag 40 centimeter (afnemend);

1b) Doorlaatmiddel met 15 kokers – adaptatiepad meestijden:

- investering van 167 M€ voor het doorlaatmiddel en 37 M€ voor compensatiemaatregelen, getijslag 37 centimeter (afnemend);
- eerste adaptatiestap bij 17 centimeter zeespiegelstijging, investering 36 M€ in compensatiemaatregelen; getijslag 39 centimeter (afnemend);
- tweede adaptatiestap bij 26 centimeter zeespiegelstijging, investering 31 M€ in compensatiemaatregelen, getijslag 38 centimeter (afnemend);

1c) Doorlaatmiddel met 15 kokers – adaptatiepad reductie getijslag:

- investering van 167 M€ voor het doorlaatmiddel en 37 M€ voor compensatiemaatregelen, getijslag 37 centimeter (afnemend);
- geen verdere adaptatiestappen.

Optie 2: Doorlaatmiddel binnen taakstellend budget

Het project wordt vervolgd met een verkleind doorlaatmiddel zonder getijdencentrale met drie adaptatiepaden (pompen, meegroeiën met de zeespiegelstijging of reduceren getijslag). Op basis van de voortschrijdende inzichten ten aanzien van het ontwerp en kostenraming is ingeschat²³ (naar rato van het aantal kokers) dat het taakstellende budget van 112 M€ voor het doorlaatmiddel voldoende is voor 10 afsluitbare kokers (afmetingen van 8 bij 8 meter). Op basis van de zogeheten 'regenboogfiguren (Deltares, augustus 2019) is ingeschat dat hiermee een getijslag mogelijk is van 33 centimeter in 2026 (afnemend tot 21 centimeter bij 38 centimeter zeespiegelstijging) rond een gemiddelde waterstand van NAP-30 (stijgend tot NAP-22 centimeter bij 38 centimeter zeespiegelstijging). Hierbij is rekening gehouden met een lagere afvoercoëfficiënt en niet-beschikbaarheid door effectief met 8 kokers te rekenen.

Met deze getijslag kan de oppervlakte van het zuurstofloze areaal worden teruggebracht tot circa 700 hectare, hetgeen vrijwel vergelijkbaar is aan optie 1, zeker in het licht van de onzekerheden rond het doelbereik). De getijslag leidt tot hogere hoogwaterstanden en lagere laagwaterstanden en dat maakt compensatiemaatregelen voor bestaande natuur en infrastructuur noodzakelijk. Hiervoor is uitgegaan van dezelfde kosten als bij optie 1, respectievelijk 23 M€ en 14 M€²⁴. Als gevolg van de zeespiegelstijging neemt de beschikbare tijdsduur om te spuien af en wordt de vloedstroom beperkt door het sluiten van één of meer kokers om het peilbeheerscenario te kunnen blijven volgen. Het gevolg is dat de getijslag afneemt. Om te voorkomen dat de getijslag onder de 30 centimeter (dat is bij 15 centimeter zeespiegelstijging) zakt zijn adaptatiepaden ontwikkeld, waarbij drie varianten in dit onderzoek zijn betrokken.

²³ Deze inschatting is gemaakt op basis van het aantal kokers zonder rekening te houden met een verschil tussen vaste en variabele kosten van het object.

²⁴ In werkelijkheid kunnen deze kosten enkele miljoenen lager uitvallen door de iets hogere middenstand en kleinere getijslag, maar hierover is (nog) geen informatie beschikbaar.

Het eerste adaptatiepad heeft als eerste stap dat bij een zeespiegelstijging van 15 centimeter (ten opzichte van 1995) pompen worden geïnstalleerd om de ebstroom op peil te houden. Het middenpeil blijft NAP-30 centimeter. Daarmee wordt de getijslag verhoogd tot 38 centimeter en pas bij een zeespiegelstijging van 40 centimeter is de getijslag afgenomen tot 30 centimeter. Eventueel kan dan de middenstand verder worden verhoogd, maar dat valt buiten de beoogde functionele levensduur. De investering voor dit adaptatiepad is ingeschat op 65 M€ (gebaseerd op 10 pompen en aansluiting op het elektriciteitsnetwerk).

Het tweede adaptatiepad heeft als eerste stap dat bij een zeespiegelstijging van 15 centimeter (ten opzichte van 1995) de maximale waterstand wordt verhoogd. Het middenpeil blijft NAP-30 centimeter (peilbeheerscenario 50/-30). Dit vergt extra compensatiemaatregelen. Bij een zeespiegelstijging van 20 centimeter (ten opzichte van 1995) is de tweede stap dan het verhogen van het middenpeil naar NAP-20 centimeter, hetgeen ook extra compensatiemaatregelen vergt (peilbeheerscenario 50/-20). De investeringskosten voor de compensatie van natuur en infrastructuur voor dit adaptatiepad bedragen respectievelijk 32 M€ en 4 M€ bij de eerste stap en respectievelijk 25 M€ en 6 M€ bij de tweede stap. Bij een zeespiegelstijging van 30 centimeter is het getijverschil afgenomen tot 30 centimeter en dan is een volgende adaptatiestap nodig. Dat zou met pompen kunnen zijn, maar om de vergelijking tussen de opties enigszins zuiver te houden is hiervan afgezien. Vanaf 30 centimeter neemt dan de getijslag verder af (en scoort deze optie minder op adaptatie).

Het derde adaptatiepad heeft één stap: bij een zeespiegelstijging van 15 centimeter wordt de vloedstroom beperkt door een deel van de kokers gesloten te houden. De ebstroom wordt niet beperkt. De middenstand blijft NAP-30 centimeter en de getijslag neemt af. Bij 40 centimeter zeespiegelstijging is de getijslag dan afgenomen tot 20 centimeter en de gemiddelde waterstand is langzaam opgelopen tot NAP-22 centimeter. Deze variant heeft na de eerste adaptatiestap een geringer doelbereik dan de andere varianten. Er zijn geen extra investeringen nodig.

Voor de beoordeling van de opties wordt uitgegaan van de volgende varianten voor de adaptatie en gegevens:

2a) Doorlaatmiddel met 10 kokers – adaptatiepad met pompen:

- investering van 112 M€ voor het doorlaatmiddel en 37 M€ voor compensatiemaatregelen, getijslag 33 centimeter (afnemend);
- eerste adaptatiestap bij 15 centimeter zeespiegelstijging, investering 65 M€ (verspreid op periode tot tweede adaptatiestap) in pompen; getijslag 38 centimeter (afnemend);
- eventueel een tweede adaptatiestap bij 40 centimeter zeespiegelstijging, investering 36 M€ in compensatiemaatregelen;

2b) Doorlaatmiddel met 10 kokers – adaptatiepad meestijden:

- investering van 112 M€ voor het doorlaatmiddel en 37 M€ voor compensatiemaatregelen, getijslag 33 centimeter (afnemend);
- eerste adaptatiestap bij 15 centimeter zeespiegelstijging, investering 36 M€ in compensatiemaatregelen; getijslag 33 centimeter (afnemend);
- tweede adaptatiestap bij 20 centimeter zeespiegelstijging, investering 31 M€ in compensatiemaatregelen, getijslag 34 centimeter (afnemend);
- bij 30 centimeter zeespiegelstijging is de getijslag weer afgenomen tot 30 centimeter en dan kan of voor pompen gekozen worden of een reductie van de getijslag tot 26 centimeter (bij een zeespiegelstijging van 38 centimeter) geaccepteerd worden;

2c) Doorlaatmiddel met 10 kokers – adaptatiepad reductie getijslag:

- investering van 112 M€ voor het doorlaatmiddel en 37 M€ voor compensatiemaatregelen, getijslag 33 centimeter (afnemend);
- geen verdere adaptatiestappen.

Optie 3: Basis met doorspoeling

Het project wordt vervolgd zonder nieuw doorlaatmiddel, maar met doorspoeling van de Grevelingen met behulp van de bestaande infrastructuur (Flakkeese spuisluis en Brouwersspuisluis). De Flakkeese spuisluis bestaat uit twee hevels met elk drie vierkante kokers van 10,25 m². De Brouwersspuisluis heeft een doorstroomoppervlak van 54 m². De daggemiddelde waarden voor de in- en uitstroming zijn respectievelijk 65 m³/s en 125 m³/s (Deltares, 27 oktober 2008 en 14 juni 2011). Beide spuisluizen zijn te gebruiken om de Grevelingen door te spoelen (oost-west of west-oost). Doorspoelen kan, afhankelijk van het jaargetijde, in westelijke of oostelijke richting worden uitgevoerd. Ook kan doorstroming aanvullend worden toegepast op een extra doorlaatmiddel worden toegepast om daarmee het doelbereik te vergroten.

Bij alleen doorspoelen is er een geringe peilvariatie (geen getijslag) van 5 tot 10 centimeter ten opzichte van de opties met een doorlaatmiddel. Als de capaciteit van de Flakkeese spuisluis wordt verdubbeld door het toevoegen van extra hevels neemt de doorspoeling toe. De investeringskosten voor deze verdubbeling zijn geschat (naar rato van oppervlakte en indexering) op 30 M€ op basis van een hevelontwerp voor het spuimiddel bij de Afsluitdijk (Rijkswaterstaat, 14 juli 2000).

De effecten op waterkwaliteit en ecologie zijn onzeker. Voor de oost-west variant zijn er negatieve effecten berekend op stratificatie (door dichtheidsverschillen) en zuurstofloosheid (door aanvoer nutriënten). Inmiddels is het hiervoor gebruikte model aangepast, maar dit is nog niet gebruikt om het effect van doorstroming te berekenen. Tegelijkertijd heeft de openstelling van de Flakkeese spuisluis in 2017 tot een gemeten verbetering van de waterkwaliteit en ecologie geleid (Wageningen University & Research, 13 december 2017 en Bureau Waardenburg, 15 november 2017). Bij de doorspoeling neemt de verblijftijd van water in de Grevelingen af, waardoor het belangrijk is om de aanvoer van nutriënten te beperken.

Het effect van optie 3 kan mogelijk worden versterkt door de Brouwersspuisluis zo in te richten dat selectief het zuurstofloze water uit de diepe toestroomgeul wordt onttrokken. Ook kan kunstmatig een verticale waterbeweging worden opgewekt met behulp van Solarbees en bellenschermen²⁵. Hiermee kunnen de stratificatie en de zuurstofloosheid worden gereduceerd. Solarbees en bellenschermen zijn maatregelen gericht op symptoombestrijding zonder dan de oorzaak van de stratificatie en zuurstofloosheid (gebrek aan getijdendynamiek) wordt weggenomen. Solarbees en bellenschermen vragen een investering van respectievelijk 11,6 M€ en 12,4 M€ voor het gehele zuurstofloze areaal (1300 ha). Deze maatregelen hebben een levensduur van 25 jaar.

Het doelbereik bij doorspoelen is onduidelijk en is naar verwachting aanzienlijk geringer dan bij de opties 1) en 2). Deze optie heeft geen investeringskosten (bij de huidige infrastructuur en zonder symptoombestrijdende maatregelen) en het adaptatievraagstuk is niet op korte termijn aan de orde, omdat de peilvariatie kleiner is en er dan ruimte is om de middenstand te laten meegroeien met de zeespiegelstijging. Door de kleinere peilvariatie zijn er ook geen compensatieopgaven.

De optie van doorspoeling is in de verkenningsfase onderzocht en afgefallen, mede op basis van een smalle definitie van doelbereik (verticaal getij of langdurig zuurstofarm areaal) en de koppeling van het project aan een getijdencentrale. Wellicht kan deze optie als stap(je) in de goede richting worden gezien in afwachting van meer duidelijkheid over de overall strategie voor de ZW-delta²⁶. Met de bestaande spuisluizen kan de effectiviteit van het doorspoelen worden bepaald. Indien succesvol en voldoende ondersteund met monitoring en modelsimulaties kan deze maatregel worden versterkt door bijvoorbeeld een verdubbeling van capaciteit van de Flakkeese spuisluis.

Voor de beoordeling van de opties wordt uitgegaan van drie varianten en gegevens:

3a) Doorspoelen met de huidige infrastructuur: geen investering, peilvariatie 5 tot 10 centimeter;

²⁵ Een andere, nieuwe techniek voor het verhogen van het zuurstofgehalte is nanobubbels, die veel effectiever en efficiënter dan normale bellenschermen zijn. Dit is een bestaande technologie voor viskwekers en tuinbouw (<https://www.onderglas.nl/nanobubble-techniek-voor-glastuinbouw/>).

²⁶ Het Deltaprogramma (en het Kennisprogramma Zeespiegelstijging) gaat niet primair over waterkwaliteit en ecologie. De focus ligt op waterveiligheid en zoetwatervoorziening.

- 3b) Doorspoelen met een verdubbelde capaciteit van de Flakkeese spuisluis: investering van 30 M€, peilvariatie 5 tot 10 centimeter;
- 3c) Doorspoelen met de huidige infrastructuur en symptoombestrijdende maatregelen: investering 12 M€ per 25 jaar, peilvariatie 5 tot 10 centimeter.

Autonome ontwikkeling

Bij alle opties is het uitgangspunt dat instandhoudingsmaatregelen worden uitgevoerd om de autonome ontwikkelingen te compenseren. Hiervoor is ingeschat dat voor de komende 50 jaar een bedrag van 75 M€ benodigd is. De maatregelen voor instandhouding overlappen qua inhoud en qua tijd met de compensatiemaatregelen. De mate van synergie tussen maatregelen voor instandhouding en voor compensatie verschilt per optie. Voor optie 3) zijn geen compensatiemaatregelen nodig en is er dus ook geen synergie.

Voor de andere opties is aangenomen dat de synergiemogelijkheden afhankelijk zijn van de omvang van de compensatiemaatregelen. Dit betekent dat in alle gevallen er synergiemogelijkheden zijn tussen de instandhoudingsmaatregelen en het 'eerste' compensatiepakket, dat hoort bij een grotere getijslag en een peilbeheerscenario van 40/-30. Voor de varianten die meestijgen met de zeespiegel is de synergie maximaal, omdat bij deze varianten het maximale compensatiepakket nodig is. Voor de varianten met pompen en een afnemende getijslag blijven de synergiemogelijkheden beperkt tot het 'eerste' compensatiepakket (behalve bij variant 1a, waarbij op de valreep nog een compensatiepakket nodig is).

In onderstaande tabel 11 is dit weergegeven.

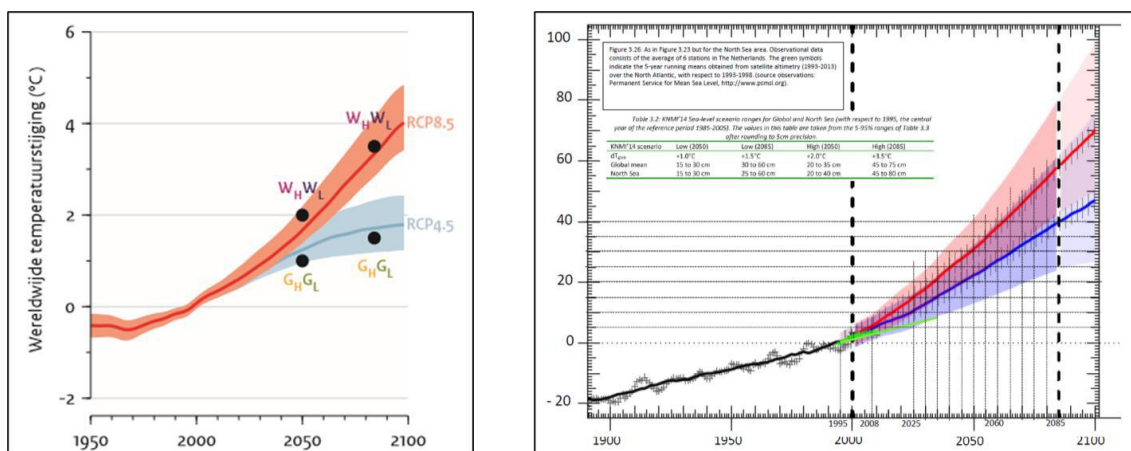
Tabel 11 Synergiemogelijkheden instandhouding en compensatie

Scenario	Kosten autonome ontwikkeling [M€]	Kosten compensatie [M€]	Synergie-mogelijkheden
Optie 1a)	75	23 M€ 32 M€ (>38 cm)	Basis/Hoog
Optie 1b)	75	23 M€ 32 M€ (>17 M€) 25 M€ (>26 cm)	Maximaal
Optie 1c)	75	23 M€	Basis
Optie 2a)	75	23 M€	Basis
Optie 2b)	75	23 M€ 32 M€ (>15 cm) 25 M€ (>20 cm)	Maximaal
Optie 2c)	75	23 M€	Basis
Opties 3)	75	0	Geen

Bijlage 9 Adaptatiepaden in de tijd en berekening netto contante waarden

Vooraf: De kwantificering van de kosten van de opties en de adaptatiepaden is gebaseerd op de beschikbare informatie, terwijl het ontwerpproces nog gaande is. Deze informatie en de gebruikte analysemethode zijn onvoldoende om aan de berekende kosten (investeringen en NCW) meer waarde te hechten dan een onderlinge vergelijking. Op basis van een meer uitgewerkt ontwerp en daarbij horende kostenraming kunnen de kosten in relatie tot het budget worden bepaald.

De adaptatiepaden uit bijlage 8 zijn beschreven aan de hand van de verwachte zeespiegelstijging. Het verwachte moment voor het treffen van adaptatiestappen is afhankelijk van het gehanteerde scenario voor zeespiegelstijging. In figuur 9 zijn de vigerende klimaat- en zeespiegelscenario's weergegeven.



Figuur 9 Klimaat- en zeespiegelstijgingsscenario's (KNMI, 2014)

De klimaatscenario's laten vanaf 2050 een sterke divergentie zien, die – enigszins gedempt – terugkomt in de scenario's voor zeespiegelstijging. Dat maakt het anticiperen een lastige afweging, ook omdat het KNMI geen waarschijnlijkheden per scenario aangeeft. Het project hanteert het G-scenario en meer specifiek de blauwe lijn uit het rechterdeel van figuur 9.

In tabel 12 is de zeespiegelstijging per jaar voor het W- en het G-scenario weergegeven. Ook is aangegeven welke zeespiegelstijging bij de lineaire extrapolatie van het gemeten zeespiegelstanden hoort. In de *Zeespiegelmonitor 2018* (Deltares, 5 maart 2019) wordt geconstateerd dat de gemeten zeespiegelstijging over de afgelopen 128 jaar 1,86 mm per jaar bedraagt en dat de stijging niet is versneld.

Tabel 12 Tempo van zeespiegelstijging

Scenario	Zeespiegelstijging [mm per jaar]
W	7,33
G	4,93
Trend	1,86

De onderzoekers adviseren om de huidige zeespiegelstijging te gebruiken voor toepassingen tot maximaal 15 jaar vooruit. De toepassing voor Getij Grevelingen is zeker meer dan 15 jaar vooruit, Voor de keuze van een functionele levensduur van het doorlaatmiddel of een alternatieve optie kan een (probabilistische) levenscyclusanalyse worden uitgevoerd, waarbij een optimum wordt gezocht tussen verschillende opties rekening houdend met onzekerheden in zeespiegelstijging en te maken

kosten. In eerste instantie wordt hier volstaan met een deterministische analyse waarbij een functionele levensduur vooraf wordt gekozen.

Het doorlaatmiddel is een waterbouwkundige constructie en maakt onderdeel uit van een primaire waterkering. Voor de constructieve levensduur is een periode van 100 jaar een gebruikelijke keuze. Ook wordt voor de waterveiligheidsfunctie hierbij uitgegaan van het W-scenario. Voor de functionele levensduur ligt dat niet zo eenvoudig. Een veel gebruikte keuze is een periode van 50 jaar, waarvan naar boven en naar beneden kan worden afgeweken. Hierbij spelen de volgende aspecten een rol:

- onzekerheden van belastingen en effecten;
- mate van aanpasbaarheid.

Voor Getij Grevelingen zijn de onzekerheden in belastingen en effecten groot. De mate van aanpasbaarheid van het doorlaatmiddel bestaat uit het toevoegen van pompen, het accepteren van hogere waterstanden en/of het accepteren van een kleinere getijslag. Voor de langere termijn (voor de periode na 2100) is een mogelijke aanpassing van de voorkeursstrategie van het Delta-programma relevant. In het *Kennisprogramma Zeespiegelstijging* (Ministerie Infrastructuur en Waterstaat, augustus 2019) wordt dit onderzocht. Er is geen aanleiding om te veronderstellen dat de huidige strategie (bescherming met een mengvorm van gesloten en open) op korte termijn zal worden vervangen door alternatieven zoals zeewaarts of meebewegen. Dit geeft de ruimte om voor Getij Grevelingen een functionele levensduur inclusief adaptatiestappen te kiezen tot een maximum van circa 70 jaar. Voor de deterministische analyse is uitgegaan van 50 jaar.

In tabel 13 is aangegeven wanneer de zeespiegel een adaptatiestap noodzakelijk maakt. Hierbij is uitgegaan van het jaar 2026 als moment van ingebruikname van het doorlaatmiddel of een alternatieve oplossing. Op basis van de huidige trend is uitgegaan van een zeespiegelstijging in 2026 van 7,1 centimeter. Dat is bijna 3 centimeter lager dan in Getij Grevelingen is aangehouden en dit geeft alle opties een verlenging van de levensduur met 4 (W-scenario) tot 6 jaar (G-scenario).

Tabel 13 Planning adaptatiestappen

Scenario	15 cm	17 cm	20 cm	26 cm	30 cm	36 cm	38 cm	40 cm
Trend	2068	2079	2095	2128	2149	2181	2192	2203
G	2042	2046	2052	2064	2072	2085	2089	2093
W	2037	2039	2044	2052	2057	2065	2068	2071

Door de planning uit tabel 13 te combineren met de varianten en gegevens uit bijlage 4 kan de planning van de noodzakelijke investeringen voor de verschillende opties worden weergegeven. Het resultaat hiervan is opgenomen in tabel 14.

Tabel 14 Investerings bij de geplande adaptatiestappen

Optie	2026	2039/2046	2052/2064	2065/2085	2068/2089
1a	204 M€	95 M€	-	-	36 M€
1b	204 M€	36 M€	31 M€	95 M€	-
1c	204 M€	-	-	-	-
Optie	2026	2037/2042	2044/2052	2057/2072	2071/2093
2a	149 M€	65 M€	-	-	36 M€
2b	149 M€	36 M€	31 M€	65 M€	-
2c	149 M€	-	-	-	-
Optie	2026	2039/2046	2052/2064	2057/2072	2068/2089
3a	-	-	-	-	-
3b	30 M€	-	-	-	-
3c	12 M€ elke 25 jaar				

Voor het beheer en onderhoud zijn dezelfde vaste percentages aangehouden als in *Adaptieve Investeringsstrategie* (Stratelligence, 27 augustus 2019): 1,2% per jaar voor civiele investeringen en compenserende maatregelen (doorlaatmiddel, hevels, compensatie natuur en compensatie

infrastructuur) en 2,5% voor pompen en de symptoombestrijdende maatregelen. Verder zijn voor alle opties de geschatte kosten voor de instandhoudingsmaatregelen als een vast bedrag per jaar toegevoegd (afkomstig uit zie tabel 10). Het resultaat hiervan is opgenomen in tabel 15.

Tabel 15 Beheer en onderhoud vanaf de geplande adaptatiestappen

Optie	>2026	>2039/2046	>2052/2064	>2065/2085	>2068/2089
1a	4 M€/jr		6 M€/jr		7 M€/jr
1b	4 M€/jr	4 M€/jr	5 M€/jr		7 M€/jr
1c			4 M€/jr		
Optie	>2026	>2037/2042	>2044/2052	>2057/2072	>2071/2093
2a	3 M€/jr		5 M€/jr		5 M€/jr
2b	3 M€/jr	4 M€/jr	4 M€/jr		6 M€/jr
2c			3 M€/jr		
Optie	>2026				
3a			1,5M€/jr		
3b			2 M€/jr		
3c			2 M€/jr		

De Netto Contante Waarde in 2026²⁷ is voor alle opties berekend met een rentevoet van 2,25%, conform *Spelregels van het Meerjarenprogramma Infrastructuur* (Ministerie van Infrastructuur en Milieu, november 2016) met juiste en actuele discontovoeten op www.rwseconomie.nl.

Het resultaat voor een aantal momenten en voor beide klimaatscenario's is in tabel 16 opgenomen.

Tabel 16 Netto Contante Waarde van de opties voor beide klimaatscenario's

Optie	2056	2076	2096
1a	365-387 M€	417-454 M€	460-490 M€
1b	316-341 M€	367-429 M€	424-466 M€
1c	291 M€	323 M€	344 M€
2a	281-292 M€	321-346 M€	355-374 M€
2b	269-281 M€	328-359 M€	358-389 M€
2c	222 M€	249 M€	266 M€
3a	34 M€	46 M€	54 M€
3b	72 M€	87 M€	97 M€
3c	60 M€	79 M€	92 M€

De opties 1a) en 1b) met het grote doorlaatmiddel hebben de hoogste netto contante waarde (kosten) en het effect van de klimaatscenario's is goed zichtbaar. Het verschil tussen de opties 1a) en 1b) wordt veroorzaakt door het naar achteren schuiven van de investering in pompen bij optie 1b). Optie 1c) is logischerwijs de goedkoopste variant omdat hier na de eerste investering geen aanvullende investeringen worden gedaan.

De netto contante waardes van de verschillende opties 2) met het kleine doorlaatmiddel zijn vanzelfsprekend lager en ook wat minder gevoelig voor het verschil tussen beide klimaatscenario's.

Alle opties 3) hebben geen adaptatiestappen en zijn dus niet gevoelig voor het verschil tussen beide klimaatscenario's. De netto contante waarde is door de kosten voor de autonome ontwikkeling ongeveer 1/3 van de netto contante waarde van het goedkoopste doorlaatmiddel (optie 1c).

²⁷ Correctie voor prijspeil van 2018 naar 2026 is nog niet meegenomen.

Bijlage 10 Doelbereik – reflectie en voorstel Expertteam

Vooraf: De beschrijving van het doelbereik loopt vooruit (en geeft wellicht richting aan) het lopende onderzoek naar verbreding van het begrip doelbereik. De waardering van de opties is op basis van expert judgement gedaan. Dit maakt dat de waardering behoorlijk betrekkelijk is. Het onderzoek en een meer kwantitatieve waardering zullen ongetwijfeld tot voortschrijdende inzichten leiden.

Bij de definitie van het doelbereik stelt het Expertteam de Systeembenadering centraal. De kernvraag is hoe optimaal (en binnen budgettaire grenzen) bij te dragen tot de kwaliteit van het ecosysteem Grevelingen, onder en boven water, op een termijn van 50 jaar. Op die termijn zal het ecosysteem reageren op drie groepen van **drijvende krachten**.

Ten eerste zal de autonome ontwikkeling, zowel onder als boven water, aanleiding geven tot verder verlies van natuurwaarden. Dat verlies zal bovenop de huidige toestand van die natuurwaarden komen, die voor tenminste een aantal aspecten kritisch is. Door natuurlijke successie en natuurlijke ontwikkeling gaat op termijn een deel van de terrestrische habitats en soorten onherroepelijk verdwijnen. Regelgeving staat verdwijnen niet toe en beheermaatregelen zijn erop gericht deze termijn zo lang mogelijk uit te stellen. Aanzienlijke bedragen (orde 75 M€ over 50 jaar) zijn hiervoor nodig. Sommige maatregelen (bv. gericht op het terugbrengen van zeegras) gaan waarschijnlijk niet werken. De achteruitgang van het bodemleven onder water lijkt een sleutelbegrip voor herstel van de goede ecologische kwaliteit. Het is van belang bij het doelbereik dit totale doel (herstel bodemleven) niet te laten verengen tot één van de gebruikte indicatoren (areaal zuurstofloos diep gebied). Het verschil is dat met de definitie van het doel in termen van gezond bodemleven, een duidelijke link wordt gelegd met Natura2000 waarden, met name van vogels.

Ten tweede is er samenhang tussen maatregelen gericht op onder- en bovenwater natuur. Het terugbrengen van getij in de Grevelingen ten bate van vooral onderwaternatuur, heeft gevolgen voor de habitats en vogels. Pogingen om het verlies van terrestrische natuurwaarden door autonome ontwikkeling (successie) tegen te gaan, beperken de mogelijkheden van het peilbeheer zelfs strenger dan vandaag het geval is, als ze gepaard gaan met aflaggen en niveauverlaging. Die terugkoppeling beperkt dan weer de mogelijkheden voor beheer van het terrestrische deel van de Grevelingen.

Ten derde zal klimaatverandering en zeespiegelstijging een invloed uitoefenen op natuurwaarden. De Grevelingen is het eerste watersysteem waarbij expliciet rekening gehouden wordt (moet worden?) met mogelijke effecten van klimaatverandering. Dit is nieuw, onontgonnen terrein: Er zijn geen kaders voor hoe daarmee om te gaan. De onzekerheid van de klimaatscenario's resulteren in relatief grote bandbreedtes voor mitigerende en/of compenserende maatregelen met bijbehorende kosten. De vraag hoe voor de ecologische kwaliteit om te gaan met (de onzekerheden van) klimaatverandering verdient een brede en diepe beschouwing equivalent aan de nieuwe waterveiligheidsnormering die uit de 1^e fase van het Deltaprogramma is voortgekomen. De PAGW is een plek waar dit kan thuishoren, maar ook beschouwingen over de toekomst van de toepassing van Natura 2000 en KRW is noodzakelijk. De confrontatie met deze nieuwe problematiek bemoeilijkt het project en leidt tot hogere kosten dan verwacht.

Een holistische systeembenadering doet recht aan de samenhang tussen de verschillende aspecten van het ecosysteem Grevelingen, en is bovendien het meest geëigend voor een onzekere toekomst. Het impliceert dat dit project niet wordt beschouwd als een civieltechnische ingreep met een beperkt doel (terugdringen van de oppervlakte zuurstofloos diep gebied) en negatieve effecten op natuurwaarden waarvoor compensatie nodig is die in verhouding staat tot de aangebrachte schade. Het team stelt voor om de verschillende aspecten van ecologische kwaliteit boven en onder water samen te nemen bij het definiëren van het doelbereik. Het project wordt gedefinieerd als het geheel van inspanningen (civieltechnische werken, beheerwerken op de eilanden, andere ingrepen in het systeem) gericht op een evenwichtige verbetering van de functionering van het ecosysteem en op het duurzaam bewaren van de beschermde natuurwaarden in de Grevelingen.

Indicatoren voor dit holistisch doelbereik worden ontleend aan de vigerende wetgeving. Voor Natura 2000 zijn de habitattypen, habitatsoorten en vogels leidend. Ecologische kwaliteit onder water speelt daarin een rol via de draagkracht voor vogels die leven van bodemdieren en vissen. Voor de Kaderrichtlijn Water zijn overige waterflora (= zeegras) (slecht), Macrofauna (matis), vis (matig) en fytoplankton (goed) de belangrijkste indicatoren. Over het algemeen is de chemische toestand goed. KRW-maatregelen richten zich nu alleen op zeegras. De prognose is dat de autonome ontwikkeling voor macrofauna en vis goed is en dat in 2027 de toestand 'goed' zal zijn, maar een dergelijke ontwikkeling lijkt onwaarschijnlijk en kan in elk geval niet als trend uit de data worden afgeleid. Het is merkwaardig dat zuurstofloosheid, in vele Europese landen een belangrijke indicator van waterkwaliteit in microtidale kustsystemen, voor de Grevelingen niet in het KRW maatlatensysteem is opgenomen.

Zuurstofloosheid in de diepe delen van de Grevelingen was een belangrijke *aanleiding* voor het project. Die zuurstofloosheid en het voorkomen van *Beggiatoa* matten op de bodem zijn belangrijke indicatoren voor de kwaliteit van het bodemdierleven, maar mogen niet verward worden met de doelstelling. Doel was en blijft een herstel van de kwaliteit van het bodemdierleven over een zo groot mogelijk areaal. Wij voegen hieraan de draagkracht van het macrobenthos en de vis toe, omdat deze een link vormen tussen de toestand van het bodemdierleven en de ontwikkeling van de vogelpopulaties die hiervan afhankelijk zijn voor hun voedsel. Met deze verbreding van het perspectief, rekenen wij volgende elementen als belangrijke indicatoren voor het doelbereik:

- "ZUURSTOF": Tot nu toe werd het totale areaal dat geraakt wordt door seizoensale zuurstofloosheid gebruikt als indicator voor de waterkwaliteit van de Grevelingen. Om de indicator, net als alle anderen, te laten stijgen bij verbetering van de kwaliteit, wordt hier het inverse gebruikt. Hoe hoger 'zuurstof', hoe minder anoxisch areaal.
- "DRAAGKRACHT": De draagkracht van het systeem, afhankelijk van de primaire productie en gereflecteerd in de biomassa van bodemdieren en vissen die het voedsel vormen voor beschermde vogelsoorten. Over het algemeen is in estuariene ecosystemen de biomassa van bodemdieren op systeemsgeschaal gerelateerd aan de primaire productie, op voorwaarde dat de fysische en chemische omstandigheden de volle ontwikkeling van de bodemdieren toelaten. Deze omstandigheden omvatten voldoende stroming en waterverversing vlakbij de bodem. Incidentele observaties in de Grevelingen melden *Beggiatoa* op ondiepe bodems – dat is geen indicatie van zuurstofloosheid van de waterkolom maar wel van extreem gereduceerde zuurstofloze omstandigheden in het sediment tot aan de sediment-water overgang.
- "VOGELCOMFORT": De fysieke inrichting van het systeem, van belang voor broedplaatsen en hoogwatervluchtplaatsen van vogels. In het bijzonder de kale-grond broeders vragen aandacht, maar ook de steltlopers die in de Oosterschelde foerageren en in de Grevelingen overtijden.
- "HABITATS": De kwaliteit van de terrestrische habitats, in het bijzonder (maar niet uitsluitend) de vochtige duinvalleien, het habitat van de groenknolorchis en het habitat van de Noorse woelmuis. Dit is een combinatie van habitattypen (=type ecosystemen zoals vochtige duinvallei) en soorten uit de Habitatrichtlijn.

Als drivers voor de kwaliteit van deze verschillende elementen beschouwen wij het geheel van de geplande civieltechnische werken (bv. doorlaatmiddelen), ecologische beheerwerken (bijv. aanleg van nieuwe eilanden) en de autonome trend.

De civieltechnische werken grijpen in op de waterkwaliteit ('zuurstof' en 'draagkracht') doordat zij twee fundamentele aspecten van het systeem Grevelingen beïnvloeden: **connectiviteit** met de Noordzee (geschat als het inverse van de verblijftijd van het water in de Grevelingen) en **menging** (behalve van de wind, die niet wordt beïnvloed door de werken, vooral afhankelijk van de getijden-energie die in wisselende mate, afhankelijk van het scenario, in de Grevelingen wordt toegelaten). De civieltechnische werken beïnvloeden de ruimtelijke structuur (indicatoren 'vogelcomfort' en 'habitats') via de afgeleide parameters **middenpeil** en **maximumpeil**.

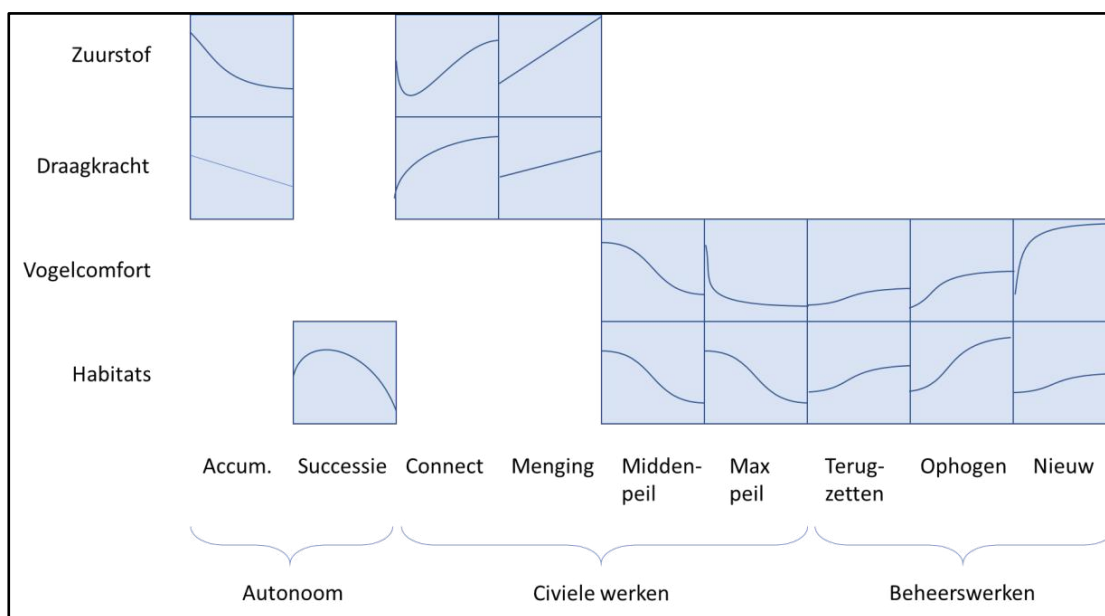
De ecologische beheerwerken beïnvloeden de indicator 'vogelcomfort' rechtstreeks door het al dan niet ophogen van bestaande broedplaatsen en hoogwatervluchtplaatsen, en door het creëren van nieuwe broedplaatsen op bestaande of nieuwe eilanden. Ze beïnvloeden 'habitats' door één van de

volgende effecten: **terugzetten successie** door verwijderen struweel en afplaggen van rijpe bodems, **aanpassen aan middenpeil** door het verhogen van (delen van) de eilanden, **herstarten successie** door het creëren van nieuwe eilanden.

De autonome trend beïnvloedt 'zuurstof' door de **accumulatie** van organische stof in de bodem, die over een aantal jaren oplaadt maar waarschijnlijk nu een evenwichtsniveau heeft bereikt, en door verminderde uitwisseling rond de grenslaag tussen bodem en water. Op dieptes waar regelmatig zuurstofloosheid in het water heerst treedt sterfte op van het bodemdierleven, dat vaak onvolledig herstel kent. Bij afname van het bodemdierleven vermindert de actieve zuurstofvoorziening naar het sediment waar de dieren verantwoordelijk voor zijn, en verslechteren de condities zo sterk dat terugkeer van bodemdierleven wordt bemoeilijkt. Dat leidt tot een verarmd bodemdierleven dat over langere tijd de sporen van zuurstofproblemen kan dragen en een belangrijke autonome trend in het onderwaterleven is. Als gevolg hiervan stijgt bij een gelijk regime van (beperkte) uitwisseling en menging het risico op zuurstofproblemen.

De autonome trend beïnvloedt 'habitats' door ecologische **successie**, de natuurlijke opvolging van levensgemeenschappen als gevolg van processen als bodemrijping, ontkalking etc. Beheerswerken kunnen de overgang naar struweel tegenhouden en de bodemrijping vertragen, maar de belangrijkste beschermde vegetaties in de Grevelingen (natte duinvaleien, leefgebied van de groenknolorchis) kunnen niet permanent gehandhaafd worden, terwijl de Grevelingen (in tegenstelling tot duingebieden) ook onvoldoende dynamiek kent om dit type gebieden opnieuw te laten ontstaan.

De aard van de kwalitatieve relaties tussen de drivers en de indicatoren wordt samengevat in figuur 10.



Figuur 10 Aard van de relaties tussen de indicatoren en de drijvende krachten in de Grevelingen

De zuurstofcondities verslechteren als gevolg van de autonome trend 'accumulatie', maar de verslechtering is beperkt tot een maximaal areaal zuurstofloos. Ondiepe delen van de Grevelingen worden altijd gemengd door de wind en zullen nooit zuurstofloos water hebben, maar mogelijk wel een zuurstofloze bodem. De draagkracht wordt in beperkte mate negatief beïnvloed door de autonome trend van organische accumulatie. Dat hangt samen met de zuurstofloosheid, die leidt tot meer verwijdering van stikstof uit het milieu, en tot het vrijstellen van fosfor op een ogenblik dat het weinig bijdraagt tot primaire productie.

De autonome trend van successie werkt voornamelijk negatief op de kwaliteit van de habitats. De grafiek moet hier, net als die voor accumulatie, als een projectie in de tijd worden gelezen. Initieel heeft successie geleid tot de diversificatie van de vegetaties en (bijvoorbeeld) het ontstaan van de

vochtige duinvallei types. Gaandeweg zal successie echter leiden tot het bijna volledig verdwijnen van deze vegetatietypes, omdat er heel weinig natuurlijke dynamiek aanwezig is die nieuwe pioniersvegetaties mogelijk maakt.

Connectiviteit heeft een complexe interactie met zuurstofloosheid. Bij geringe connectiviteit is de concentratiegradiënt van nutriënten maximaal en de import groot per eenheid van wateruitwisseling. De verversing van het water en de menging zijn daarentegen laag. Dat leidt tot een verergering van de zuurstofloosheid, zoals ook aangetoond in de historische tijdreeksen. Als connectiviteit verder wordt verhoogd, dan verhoogt de import van nutriënten niet meer in verhouding (de gradiënt verkleint), maar verhoogt de verversing van het water en de kans op menging. Zuurstofloosheid neemt dan af met toenemende connectiviteit. Op draagkracht heeft connectiviteit een niet-lineaire invloed, omdat die vooral afhangt van de nutriëntenimport zoals beschreven. Op vissen heeft connectiviteit een positieve invloed door de intrek van vissen vanuit zee mogelijk te maken. Daarbij geldt voor doorstromingsscenario's dat oost-west doorstroming meer lokstroom veroorzaakt dan west-oost doorstroming en daarom voor vissen gunstiger is. Het is niet onderzocht welke invloed de richting heeft op nutriënten en dus op productiviteit, maar dit is een belangrijke vraag.

Menging is van groot belang voor de zuurstofhuishouding. Het belangrijkste effect van het terugbrengen van getij is de menging als gevolg van de getijstrooming. Dat effect wordt niet geëvenaard bij doorstroming, vandaar dat menging hier apart van connectiviteit wordt beschouwd. Menging heeft een effect op draagkracht via zuurstof: zuurstofloze condities bevorderen het verwijderen van nutriënten uit het systeem.

Broedplaatsen en hoogwatervluchtplaatsen van vogels worden beïnvloed door het middenpeil van het water, maar pas nadat het middenpeil tamelijk veel is gestegen. De eerste afhankelijkheid is voor het maximumpeil. Dat is nu reeds op de rand en iedere stijging leidt snel tot achteruitgang voor de vogels. Broedplaatsen voor vogels, vooral de broeders op kale grond, worden bevorderd door vegetatiebeheer dat de successie terugzet, maar sterker door het ophogen van de eilanden omdat dit kaal en niet-overstromend terrein oplevert. Nieuwe eilanden scoren beter dan beheer van bestaande eilanden door de lagere invloed van predatoren, maar gezien de kleine afstanden in de Grevelingen en het toenemend belang van roofvogels als predatoren, is dit een punt dat nadere beschouwing verdient.

Civiele werken beïnvloeden de kwaliteit van beschermde vegetaties, bovenop het reeds beschreven autonome proces van successie, door verdroging en beïnvloeding van de zoetwaterbel. Dat hangt vooral af van het middenpeil en de variatie van het peil. Terugzetten van de successie alleen is niet geschikt om dit effect te mitigeren. Het kan wel een deel van het autonome verlies compenseren, maar niet volledig omdat niet overal ruimte is om bijvoorbeeld de bodem af te plaggen. Ophogen, al dan niet met afplaggen, kan de vegetaties op langere termijn helpen te overleven, zelfs bij een stijging van het waterpeil. Nieuwe eilanden zijn minder effectief omdat ze per hectare veel duurder zijn dan beheer (zelfs beheer inclusief ophogen) van bestaande eilanden.

De keuzes bij het beheer van de terrestrische habitats maken verschil voor het lot van deze habitats op langere termijn. Scenario's waarbij het peil de zeespiegelstijging volgt bieden unieke kansen om voldoende dynamiek in het terrestrische systeem van de Grevelingen te brengen, omdat zij ruimte scheppen om aanzienlijke delen van de eilanden te doen meegroeien met de zeespiegel (en het middenpeil). Wij zijn van oordeel dat dit op langere termijn betere mogelijkheden biedt dan het creëren van nieuwe eilanden, maar zijn ons ervan bewust dat ophogen van eilanden zeer zorgvuldig zal moeten worden voorbereid en niet kan worden gelijkgesteld aan het ophogen van de laagstgelegen delen alleen, omdat het effect op de zoetwaterbel in zijn geheel moet worden beschouwd.

In onderstaande tabellen is het doelbereik van de optie aan de hand van de indicatoren ingevuld met kleurcodes (Wit = gelijk, Groen = beter, Rood = slechter, Grijs = n.v.t).

Tabel 17 Waardering opties 1)

Optie 1. Doorlaatmiddel met 15 kokers																												
		1a. Adaptatiepad met pompen								1b. Adaptatiepad met meestijgende middenstand (en pompen vanaf 36 cm ZSS)								1c. Adaptatiepad met afnemende getijslag										
		Vanaf 17 cm zss → pompen 38 cm zss → 50/-30 40 cm zss → getij ca 40 cm								17 cm zss → 50/-30 26 cm zss → 50/-20 40 cm zss → getij ca 30 cm								17 cm zss → getij 30 cm 40 cm zss → getij ca 25 cm										
		Accumulatie	Successie	Connectiviteit	Menging	Middelpeil	Maximum peil	Terugzetten	Ophogen	Nieuw	Accumulatie	Successie	Connectiviteit	Menging	Middelpeil	Maximum peil	Terugzetten	Ophogen	Nieuw	Accumulatie	Successie	Connectiviteit	Menging	Middelpeil	Maximum peil	Terugzetten	Ophogen	Nieuw
Zuurstof																												
Draagkracht																												
Vogels																												
Habitats																												

Tabel 18 Waardering opties 2)

Optie 2. Doorlaatmiddel met 10 kokers																												
		2a. Adaptatiepad met pompen								2b. Adaptatiepad met meestijgende middenstand (en pompen vanaf 30 cm ZSS)								2c. Adaptatiepad met afnemende getijslag										
		Vanaf 15 cm zss → pompen 40 cm zss → getij ca 30 cm								15 cm zss → 50/-30 20 cm zss → 50/-20 36 cm zss → 30 cm getij 40 cm zss → ca 25 cm getij								15 cm zss → ca 30 cm getij 40 cm zss → ca 20 cm getij										
		Accumulatie	Successie	Connectiviteit	Menging	Middelpeil	Maximum peil	Terugzetten	Ophogen	Nieuw	Accumulatie	Successie	Connectiviteit	Menging	Middelpeil	Maximum peil	Terugzetten	Ophogen	Nieuw	Accumulatie	Successie	Connectiviteit	Menging	Middelpeil	Maximum peil	Terugzetten	Ophogen	Nieuw
Zuurstof																												
Draagkracht																												
Vogels																												
Habitats																												

Tabel 19 Waardering opties 3)

Optie 3. Basis met doorspoeling																											
3a. Doorspoelen met de huidige infrastructuur									2b. Doorspoelen met een verdubbelde capaciteit van de Flakkeese spuisluis									2c. Doorspoelen met de huidige infrastructuur en symptoom bestrijdende maatregelen									
40 cm zss → variatie ca 4 cm									40 cm zss → variatie ca 6 cm									40 cm zss → variatie ca 4 cm									
	Accumulatie	Successie	Connectiviteit	Menging	Middelpeil	Maximum peil	Terugzetten	Ophogen	Nieuw	Accumulatie	Successie	Connectiviteit	Menging	Middelpeil	Maximum peil	Terugzetten	Ophogen	Nieuw	Accumulatie	Successie	Connectiviteit	Menging	Middelpeil	Maximum peil	Terugzetten	Ophogen	Nieuw
Zuurstof							x	x								x	x								x	x	
Draagkracht							x	x								x	x								x	x	
Vogels							x	x								x	x								x	x	
Habitats							x	x								x	x								x	x	

Samengevat ten behoeve van de integrale vergelijking van de opties leidt dit tot de volgende scores.

Tabel 20 Overzicht waardering doelbereik

Scenario	1a	1b	1c	2a	2b	2c	3a	3b	3c
Zuurstof									
Draagkracht									
Vogels									
Habitats									
OVERALL	+	++	0	0	+	-	-	-	-

Bijlage 11 Vragen maakbaarheid pompturbines en pompen

Voor het aspect maakbaarheid pompturbines en pompen heeft het Expertteam een aantal vragen voorgelegd aan (Lector Tidal Power) van de Hogeschool Zeeland.

In *IRL/TRL pompturbines en gerelateerd projectrisico* (Rijkswaterstaat, 10 september 2020) wordt aangegeven dat horizontale bulbs die zowel turbineren als pompen slechts in testopstellingen bestaan. De eisen vanuit de business case, het beheer en de omgeving maken dat aan de nog te ontwikkelen pompturbines zijn streng (significant lagere kosten voor productie en exploitatie, aantoonbare oplossingen voor vis- en zeezoogdierenmortaliteit). De schaa sprong van testopstelling naar toepassing op de Brouwersdam vergt een schaa sprong van een factor meer dan 200 op het debiet. Het projectteam schat de Technology Readiness Level (TRL) of Innovation Readiness Level (IRL) op een schaal van 1-9 op 4. Het doel voor toepassing in projecten is een TRL/IRL van 8-9 en de inschatting is dat dit nog een ontwikkeltijd van circa 7 jaar vraagt (met de nodige investeringen en kanttekeningen bij de beschikbaarheid van testlocaties voor deze omvang). De aanbeveling is dan ook om af te zien van oplossingen, waarbij pompturbines onderdeel van de oplossing uitmaken. Een aanvullende overweging hierbij is dat het potentiële rendement van een getijdencentrale afneemt naar mate de zeespiegel stijgt (omdat in toenemende mate de bij instroom gewonnen energie moet worden ingezet voor de uitstroom). Een eventuele getijdencentrale zou dan ook deel moeten uitmaken van het doorlaatmiddel in 2026.

- Is er informatie beschikbaar op basis waarvan deze aanbeveling zou moeten worden herzien? Zijn hevels alternatieven voor horizontale bulbpompturbines? Zo ja, welke afmetingen en welke aantallen zijn dan nodig? Zijn die beschikbaar met een IRL/TRL van 8-9?

Ook voor pompen zonder turbinefunctie zijn strenge eisen van toepassing, maar de te maken ontwikkelstap is kleiner. De grootste horizontale bulbpompen ter wereld (gemaal IJmuiden) hebben een diameter van 5,1 meter en een pompcapaciteit van 60 m³/s. Toepassing hiervan op de Brouwersdam vergt een schaa sprong van een factor 3-6 op het debiet en een uitbreiding van de functionaliteit (tweezijdige aanstroming, spuiend pompen). Inschatting van het projectteam is dat TRL/IRL 8-9 ook voor pompen nu niet realistisch is. Deze pompen zijn naar verwachting pas later nodig, bij de adaptatie van het doorlaatmiddel. Afhankelijk van de gekozen optie en de ontwikkeling van de zeespiegelstijging zou dit moment op zijn vroegst liggen in het jaar 2037.

- Is het realistisch om te verwachten dat in de periode tot 2039 deze benodigde schaa sprong wordt gemaakt? Zijn hevels alternatieven voor horizontale bulbpompen? Zo ja, welke afmetingen en welke aantallen zijn dan nodig?
- De afmetingen van de kokers in het doorlaatmiddel uit het voorkeursalternatief zijn 8x8 meter. Vanwege de geraamde kosten van het doorlaatmiddel wordt een optie met een kleiner doorlaatmiddel meegewogen. De denkrichting hierbij is het reduceren van het aantal kokers. Een alternatief is het verkleinen van de afmetingen van de kokers. Wat heeft vanuit de maakbaarheid (ontwikkeling) en betaalbaarheid (investering en exploitatie) van de pompen de voorkeur?

In het gesprek met de volgende onderwerpen besproken:

- Voor pompturbines is het relevant om onderscheid te maken tussen de 'klassieke' ontwerpen met een vast toerental. Deze ontwerpen zijn regelbaar via schoepen en in de Getijdencentrale van de Rance (Frankrijk, 1966) is dit ontwerp toegepast met een diameter van 5,35 meter en een getijverschil van gemiddeld 8,5 meter (tot 13,5 meter bij springtij). De ontwikkeling van de turbines voor deze centrale heeft ongeveer 10 jaar geduurd waarbij gebruik gemaakt kon worden van een aparte sluis met voldoende verval. Deze turbines kunnen turbineren en pompen (waarbij de pompmodus wordt gebruikt voor het verhogen van de elektriciteitsopbrengst (als turbine). De getijdencentrale La Rance is al sinds 1966 in bedrijf, het TRL voor deze klassieke (en vanwege de mechanische regeling relatief dure) ontwerpen is groter dan 4, eerder op 8/9 (commerciële toepassing)
- Voor de Brouwersdam is uitgegaan van pompturbines met een variabel toerental en een vaste geometrie en hiervoor is alleen een prototype op laboratoriumschaal beschikbaar (Pantair-Fairbanks-Nijhuis). Omdat bij getijenergie-toepassingen het debiet evenredig verloopt met de

valhoogte, kan een vaste geometrie met toerenvariatie worden toegepast, wat leidt tot een lagere kostprijs van de turbines. Variabel toerental is heden ten dage mogelijk door toepassing van hoogvermogen frequentie-omvormers. Voor de beoogde getijdencentrale in Swansea (UK) is door wereldspeler Andritz-Hydro ook een variabel toerental voorgesteld, nog in combinatie met regelbare leid- en loopschoepen. Het TRL-niveau voor een ontwerp met variabel toerental, in combinatie met vaste geometrie, voor gebruik als pomp én turbine is inderdaad (veel) lager dan de gewenste 8-9.

- Voor pompen is de schaalsprong ten opzichte van de pompen bij IJmuiden inderdaad kleiner. Bij pompen kan worden geoptimaliseerd naar één functionaliteit. Als ook gebruik wordt gemaakt van een venturi-opstelling waarbij de koker langzaam vernauwt tot de afmeting van de pomp, zodat met een kleinere pomp kan worden volstaan) is de techniek vergelijkbaar aan die toegepast in IJmuiden. Voor de venturi is de schaalsprong qua afmetingen dus kleiner (hogere TRL) en is de pomp goedkoper (civiele werken duurder). Als een veel groter debiet wordt gewenst dan "IJmuiden", is daarin nog wel een schaalsprong te maken. Zeer hoge debieten komen vooral ook voor bij spuiend pompen, wat leidt tot hoge snelheden. Onderzoek zou moeten uitwijzen welke limieten gelden t.a.v. deze hoge snelheden (o.a. cavitatie, trillingen, lucht-aanzuiging).
- De tweezijdige aanstroming van pompen is oplosbaar door een onderscheid te maken tussen inlaatkokers zonder pompen en pompkokers. Dit vereist dan wel weer extra investeringen in kokers. Het knelpunt van visveiligheid is inmiddels wel oplosbaar, maar de veiligheid van zeezoogdieren is nog niet vastgesteld. Per saldo betekent dit nog een grote ontwikkelopgave.
- Het tempo van de ontwikkeling van pompen en pompturbines is ten opzichte van wind- en zonne-energie laag. De driver achter de ontwikkeling van pompen en pompturbines zou vooral vanuit het vraagstuk van zeespiegelstijging en laag gelegen delta's met voldoende grote estuaria en voldoende grote getijslagen moeten komen. Voor ontwikkeling van alleen getij-energie (sec) is de getijslag bij de Grevelingen te klein.
- Hevels zijn – zolang er een voldoende waterstandsverschil tussen de Grevelingen en de Noordzee (of Oosterschelde) is een prima alternatief, maar die zijn qua debiet beperkt. Het doorstroomoppervlak voor de hevels is (afgezien van effecten op afvoercoëfficiënten) in eerste aanleg ongeveer even groot als voor kokers.
- Ten aanzien van de afmetingen van de kokers benadrukt prof. Jacob van Berkel dat de uitvoering met 8x8 meter kokers als zodanig geen voorkeursalternatief is, maar een voorbeeld van een configuratie die een goede opwekking van getijdenenergie mogelijk maakte (keuze uit 2015). Het optimaliseren van de afmetingen van de koker, of het heroverwegen van de configuratie met het oog op pompen, is vanwege tijdsdruk daarna nooit gebeurd.

Bijlage 12 Vragen HBJZ/Landsadvocaat ten aanzien van vergunbaarheid

Voor de besluitvorming zijn het RO-spoor en het Natuurspoor het meest relevant. In het memo *Hoofdbesluiten Bevoegd Gezag & Initiatiefnemer* (Rijkswaterstaat, 15 april 2020) is aangegeven dat een **Projectplan Waterwet** kan worden opgesteld voor het wijzigen van een waterstaatswerk (de Brouwersdam). Onder de Omgevingswet wordt dit een Omgevingsvergunning (vergunning eigen dienst, afdeling 5.1. Omgevingswet). Eventueel kan voor een Projectbesluit worden gekozen. Dit instrument is veelomvattend, maar het besluit kan meer toestemmingen bevatten waardoor het project eenvoudiger te realiseren is. Verder is een **Peilbesluit** nodig. Voor de activiteit *bouwen* is een Omgevingsvergunning nodig. In het Natuurspoor zijn **Natuurbeschermingsvergunningen** nodig. Om de procedure op elkaar af te stemmen heeft het de voorkeur om een gecoördineerde procedure te doorlopen, zodat de hoofdbesluiten op één moment ter inzagen worden gelegd en waarop kan worden ingesproken.

De redenering voor de hoofdbesluiten is logisch. Wat betreft het RO-spoor, het Natuurspoor en de samenhang resteert na bestudering van de beschikbare stukken, met name *Stand van zaken juridische aspecten Getij Grevelingen* (Rijkswaterstaat, 4 september 2019) en *Second opinion juridische aspecten Getij Grevelingen* (Pels Rijcken, 12 februari 2020) nog maar een beperkt aantal vragen.

Er is een inhoudelijk verband tussen waterkwaliteit (doorzicht, voedselrijkheid) en de instandhoudingsdoelen. Het verbeteren van de waterkwaliteit levert een bijdrage aan de instandhoudingsdoelen. In het concept van *Notitie Reikwijdte en Detailniveau Getij Grevelingen* (Rijkswaterstaat, 17 december 2020) is de doelstelling van het duurzaam verbeteren van de waterkwaliteit en de onderwaternatuur van de Grevelingen. Het Expertteam stelt een bredere definitie van doelbereik voor met een holistische benadering van het ecosysteem van de Grevelingen, zie bijlage 10. Hierbij worden waterkwaliteit, ecologie en adaptatie in samenhang beschreven. Dit sluit aan bij *Aanvulling Natuureffectstudie en MER bij de Rijksstructuurvisie Grevelingen en Volkerak-Zoommeer* (HaskoningDHV, januari 2017) waarin wordt aangegeven dat het behoud van macrobenthos in het ecosysteem belangrijk is voor zowel de instandhoudingsdoelen Natura2000 als voor het bereiken van de gewenste kwalificatie volgens de Kaderrichtlijn Water. Daarnaast overlappen de benodigde maatregelen voor instandhouding en verbetering (Natura 2000) en de beoogde maatregelen voor mitigatie en compensatie (Project).

- Is het mogelijk om op basis van de bredere definitie van doelbereik het project als passende maatregel in het kader van Natura 2000 te beschouwen?
- Zo nee, is het mogelijk om de beoogde maatregelen voor mitigatie en compensatie in het beheerplan Natura 2000 voor de Grevelingen op te nemen? En is dit voldoende om aan de eisen uit de Wet Natuurbescherming te voldoen?

Het verband tussen waterkwaliteit en ecologie en het effect van maatregelen (instandhouding, verbetering, mitigatie en compensatie) kent grote onzekerheden. Gelet op deze onzekerheden is het verstandig om 'just in time' en 'just enough' te doen op basis van gemeten ontwikkelingen.

- Is het mogelijk om maatregelen voor de compensatie van natuurwaarden pas daadwerkelijk te treffen op basis van de resultaten van monitoring?

In het project wordt verondersteld dat het natuurwinstplan kansen biedt om de adaptatie-strategie 'meestijgen met de zeespiegel' eenvoudiger te realiseren. In *Stand van zaken juridische aspecten Grevelingen* (Rijkswaterstaat, 4 september 2019) wordt aangegeven dat het natuurwinstplan niet gebruikt kan worden als onderbouwing voor de verlening van toestemming om een project uit te voeren (zie PAS-dossier). Het natuurwinstplan is gericht op prioritering binnen de nationale doelen vanwege conflicten tussen doelen of systemen die niet in stand gehouden kunnen worden.

- Betekent dit - in combinatie met het gegeven dat voor vrijwel alle N2000-gebieden de instandhoudingsdoelen onder druk staan - dat de veronderstelling binnen het project niet realistisch is?
- En zo ja, betekent dit dat de maatregelen voor de adaptatiestrategie 'meestijgen met de zeespiegel' de gebruikelijke route van mitigatie en ADC-toets moet doorlopen? En zo ja, is er

dan wel ruimte om de middenstand van de Grevelingen te laten meegroeien als het technisch in principe mogelijk is om met pompen de middenstand kunstmatig laag te houden?

De technische levensduur van een doorlaatmiddel is – zoals gebruikelijk in de waterbouw – 100 jaar. Door zeespiegelstijging is de functionele levensduur korter, veel korter. Afhankelijk van het te hanteren scenario voor de zeespiegelstijging is na 11 tot 13 jaar al een eerste adaptatiestap nodig.

- Wat is bij dit grote verschil tussen functionele levensduur en technische levensduur de bewijslast voor de initiatiefnemer bij het projectbesluit ten aanzien van de adaptatie?
- Moet de initiatiefnemer laten zien welke adaptatiestap(pen) dan worden gezet en hoeveel moet daarvoor al geregeld zijn (vergunning, beleid, beheer, geld)?

Bijlage 13 Bevindingen Programma van Eisen

Voor een goede projectmatige aanpak is het van belang dat er duidelijk en gedragen Programma van Eisen (PvE) is vastgesteld. In de uitwerking van het ontwerp is een toetsing aan het PvE een essentieel onderdeel om vast te stellen of er een doelmatige oplossing wordt gerealiseerd. Het Expertteam heeft vastgesteld dat er geen eenduidig en aantoonbaar door alle stakeholders gedragen PvE beschikbaar is. In de *Notitie van Ontwerpuitgangspunten Ontwerpfase 2 v14* (Rijkswaterstaat, 5 oktober 2020) is een voorstel gedaan om de belangrijkste eisen samen te brengen uit een zevental bronnen:

- Pro Tide Civil Design of a Tidal Power Plant, IV-Infra, 07-01-2015;
- Ontwerpnota 2016 Publieke Bijdrage Doorlaat Grevelingen, Sweco, 29-04-2016;
- Ontwerp doorlaatmiddel Brouwersdam, Project Getij Grevelingen, 22-9-2019 incl. bijlage KES;
- Beschrijving technische ingrepen bij drie varianten voor een doorlaatmiddel in de Brouwersdam, Project Getij Grevelingen, december 2019;
- Basisspecificatie Spuimiddel, Rijkswaterstaat, mei 2013;
- Verkenningenrapport, Beschrijving Voorkeursalternatief Getij Grevelingen, Project Getij Grevelingen, 1 juni 2020;
- Optimalisatie van peilbeheer Getij Grevelingen door aansturing van het doorlaatmiddel in de Brouwersdam, Deltares, definitief, 14/8/2019.

We hebben vastgesteld dat de onderliggende documenten een mix bevatten van eisen, wensen en technische oplossingen. Ook de samenvattende notitie geeft nog geen eenduidige set met eisen, mede ingegeven door de uitstaande keuzes die gemaakt moeten worden over het hoofddoel van Getij Grevelingen en de daaruit voortvloeiende keuzes ten aanzien van peil en getijslag. De doorwerking van deze keuzes en de resultaten van de huidige ontwerpfase leiden zeker tot een bijstelling van de eisen.

In de werkwijze van het vervolg (zie hoofdstuk 7) hebben we een stapsgewijze aanpak voorgesteld waarin drie niveaus voor het PvE kunnen worden onderscheiden.

1. De stapsgewijze aanpak vangt aan met het opstellen van een duidelijk definitie van het doel van het project, waarbij het project dus niet eng beschouwd wordt als het realiseren van een civieltechnisch werk maar als een te bereiken ecologisch doel; het betreft hier dus eisen die betrekking hebben op het hoofddoel.
2. Vanuit het hoofddoel worden twee oplossingsrichtingen gededuceerd op basis waarvan het doorlaatmiddel en de ecologisch maatregelen ontworpen kunnen worden; het betreft hier dus eisen die de interface tussen het hoofddoel, het doorlaatmiddel en de ecologisch maatregelen vastleggen.
3. Daarna volgt de uitwerking van het PvE voor het doorlaatmiddel zelf. Hierbij is het van belang dat onderscheid gemaakt wordt tussen eisen en wensen van verschillende stakeholders.

Bijlage 14 Beantwoording aanvullende/specifieke vragen

Het specificeren van de huidige kostenoverschrijding van de realisatie, geraamd op 30-35 miljoen:

- Zijn de kosten gebaseerd op alleen het noodzakelijk of zitten wensen (m.b.t. bv infrastructuur e.d.) hier ook in verwerkt?
- Wat zijn de gevolgen als hier strakker onderscheid in wordt gemaakt?

De huidige kostenindicatie voor het doorlaatmiddel is circa 167 M€. Dat is 55 M€ meer dan de raming uit het voorkeursalternatief. Deze stijging is toegelicht in bijlage 7 en is te verklaren uit het voortschrijdende inzichten uit het ontwerpproces van het doorlaatmiddel en het honoreren van 'klanteisen' met betrekking tot instandhouding van de bestaande infrastructuur. Bij dit laatste zijn de nodige kanttekeningen te plaatsen (zie bijlage 13). Er ligt geen vastgestelde verzameling van klanteisen (KES). De huidige KES is het best te duiden als een verzameling van eisen en wensen en oplossingsrichtingen van een deel van de stakeholders waarvan de honoreringsstatus en wijze van verwerken in het ontwerp onduidelijk is.

Wat is volgens het Expertteam de onzekerheidsmarge voor de huidige ramingen van de kosten voor realisatie, EPK en IK? Blijft dat binnen de gebruikelijke marges voor planuitwerking? Wat zijn reële ramingen van de kosten van de verschillende alternatieven?

Het technisch ontwerp van het voorkeursalternatief is nog niet op het vereiste detailniveau (onzekerheidsmarge van 25%). Het projectteam voert nog ontwerpplannen uit om het vereiste detailniveau te bereiken.

Met betrekking tot getijdenenergie:

- Wat levert het op om te stoppen met getijdenenergie?
- Wat resteert dan nog aan tekorten en onzekerheden bij het schrappen van getijdenenergie?

Het stoppen met getijdenenergie verlost het project van een technisch onhaalbare en financieel onbetaalbare variant. Dat wil niet zeggen dat daarmee maakbaarheid en betaalbaarheid is gegarandeerd. De kostenontwikkeling van het doorlaatmiddel laat een sterke stijging zien en er zijn nog onzekerheden ten aanzien van inpassing en effecten op de omgeving (met name de Voordelta). Samen met de onzekerheden ten aanzien van doelbereik en vergunbaarheid betekent dit dat bijstelling (of bevestiging) van het voorkeursalternatief nodig is om een stabiele planuitwerking te kunnen starten.

Uit het expertrapport moet helder blijken hoe wordt omgegaan met de klimaatrisico's die in het auditrapport zijn geschetst. Daarmee moet bij het beoordelen van de scope niet alleen gekeken worden naar kosten die nu aan de orde zijn, maar ook naar voorzienbare kosten als gevolg van klimaatverandering de komende decennia.

Het Expertteam heeft voor de onderzochte opties adaptatiepaden uitgezet en daarbij zijn – naast de initiële investering - ook de toekomstige investeringen en de kosten voor beheer en onderhoud meegenomen.

Met betrekking tot klimaatrobuustheid is er nu sprake van een harde en zachte variant. Er is voor deze varianten geen budget gereserveerd. In welke mate zou dit onderdeel deel uit moeten maken van de scope van dit project, gezien het feit dat dit speelt op langere termijn?

De noodzaak voor adaptatiestappen doet zich voor in de periode 2037-2046 (afhankelijk van de gekozen optie en het gekozen klimaatscenario). Dit is 10 tot 20 jaar na de openstelling. In hoeverre dit onderdeel van de scope moet maken is een nog onbeantwoorde juridische vraag aan HBJZ/LA.

Wat zijn de gevolgen voor de directe kosten en risico's als in de N2000-verplichtingen meer flexibiliteit komt, bv t.g.v. beleidsveranderingen? En welke kansrijkheid en termijnen horen daarbij?

Het natuurwinstplan is niet zozeer gericht op het omruilen van doelen, maar op het verplaatsen van doelen naar de gebieden met de hoogste ecologische potentie. Dit betekent dat als een deel van de natuurdoelen voor de Grevelingen wordt verplaatst naar andere gebieden vanwege de betere potentie voor doelbereik, dan zou dat een verlichting van de compensatieopgave betekenen. Deze benadering lijkt echter niet kansrijk omdat hiervoor eerst sprake moet zijn van een landelijke 'overschot' ten aanzien van de huidige natuurdoelen. Hier is geen sprake van en dit lijkt ook geen realistische verwachting voor de korte termijn (zeker niet in generieke zin, wellicht dat uitzonderingen voor specifieke soorten/habitats denkbaar zijn). Het natuurwinstplan als zodanig is hiermee geen realistisch adaptatiepad. Het Expertteam heeft in het werkdocument en het advies een oplossing gezocht in de vorm van maximaal adaptief werken in combinatie met maximale integratie van instandhouding, verbetering, mitigatie en compensatie.

Wellicht dat de casus Getij Grevelingen kan worden gebruikt om het generieke vraagstuk van klimaatadaptatie van vergelijkbare watersystemen in Nederland te agenderen. Dit wordt zeker actueel als vanuit waterveiligheid naar andere oplossingsrichtingen (zeewaarts, terugtrekken) moet worden gezocht. Voor het project Grevelingen heeft het Expertteam een functionele levensduur van 50 jaar aangehouden en op die termijn speelt het 'grote' adaptatievraagstuk nog niet.

Verzoek LNV: Het huidige plan van aanpak voor de planuitwerking bevat een aantal acties om binnen de scope van het project te zoeken naar meekoppelkansen en optimalisaties voor natuurkwaliteit (bij gelijk realisatiebudget) of minder kosten. Dat is in lijn met de MIRT-spelregels. Wat zijn de voor- en nadelen als deze acties na de reset geen onderdeel zouden uitmaken van de scope?

Eenzijds is het verstandig om zo min mogelijk complexiteit in de scope van het project te hebben, anderzijds is het ook verstandig om naar meekoppelkansen en optimalisatie te zoeken. Voorop staat dat de afweging in de verkenning integraal (dus inclusief meekoppelkansen) moet worden gemaakt.

Meer specifiek voor natuurmaatregelen (compensatie en instandhouding) ziet het Expertteam de noodzaak om deze maatregelen in samenhang te ontwerpen, gelet op de doelstelling van het project (waterkwaliteit en ecologie). Na besluitvorming over de oplossing (maatregelen infrastructuur en natuur) kan ervoor gekozen worden om de natuurmaatregelen voor mitigatie en compensatie van effecten op bestaande natuur van het project onderdeel te maken van de vernieuwing van het beheerplan.

Het auditrapport noemt als aandachtspunt een verbreding van de definitie van doelbereik van het project '*Verleg daarbij de focus van tegengaan van zuurstofloosheid naar bredere ecologische meerwaarde*'. Daarmee zou de meerwaarde van het project beter kunnen worden beoordeeld. Hoe zou dat er uit kunnen zien en wat zijn de voor- en nadelen?

Het doel van het project is de verbetering van waterkwaliteit en ecologie in de Grevelingen. De samenhang en synergie tussen waterkwaliteit en ecologie en tussen instandhouding van natuur en eventuele natuurcompensatie zijn groot. Het Expertteam heeft voor de beoordeling van het doelbereik van het project een verzameling van indicatoren voorgesteld (zuurstof, draagkracht, vogelcomfort en habitats/diversiteit). Daarmee kan de genoemde samenhang beter worden betrokken bij de beoordeling van het project. Het Expertteam heeft op basis van expert judgement de onderzochte opties kwalitatief gewaardeerd aan de hand van de voorgestelde indicatoren. Voor een kwantitatieve waardering is meer tijd nodig, omdat het onderzoek hiernaar nog loopt.

De bredere definitie geeft meer inzicht en dat is zelden een nadeel. Wellicht dat het verbinden van waterkwaliteit en ecologie qua vervolgproces complicerend uitpakt (verschillende geldstromen, verschillende opdrachtgevers, verschillende opdrachtnemers). Dit heeft het Expertteam verkend. Het advies is om alle natuurmaatregelen (instandhouding en compensatie) in samenhang te ontwerpen en de maatregelen op te nemen in een vernieuwd beheerplan voor de Grevelingen, zie bijlage 6.