

Project Getij Grevelingen

Marktconsultatie over variant doorlaatmiddel met getijdencentrale

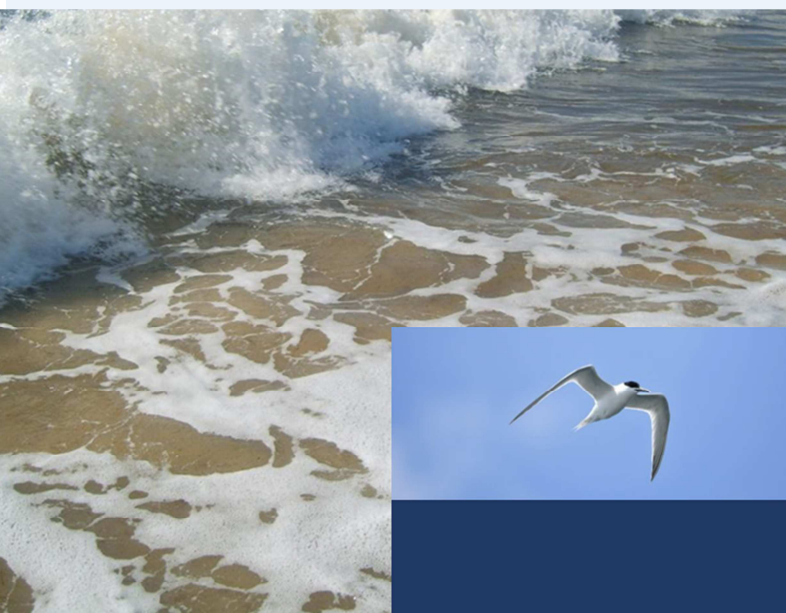
Beschrijving variant getijdencentrale marktconsultatie 2018

Datum

12 oktober 2018

Status

Definitief rapport 1.0



Voorwoord

In de ontwerp-Rijksstructuurvisie Grevelingen en Volkerak-Zoommeer heeft het kabinet in 2014 als ontwikkelperspectief gekozen voor het verbeteren van de waterkwaliteit van de Grevelingen. Hiervoor wordt beperkt getij teruggebracht op het meer via een doorlaatmiddel in de Brouwersdam die de Grevelingen verbindt met de Noordzee.

Uitgangspunt is een getijslag van maximaal 50 cm bij een gemiddelde middenstand van 0,20 m onder NAP (huidig middenpeil). De wens van het samenwerkingsverband is om uit te zoeken of de doorlaatfunctie te combineren is met een Getijdencentrale. Voorwaarde hiervoor vanuit het Rijk is dat die zichzelf kan bedruipen, de rijksmiddelen zijn bedoeld voor de waterkwaliteit.

De ministers van IenW en LNV hebben op 7 maart 2018 bekend gemaakt om aanvullend op de reeds eerder toegezegde middelen € 75 miljoen beschikbaar te stellen voor de aanleg van een doorlaat (brief TK IenM/BSK-2018/41968). Daarmee is de financiering rond en is een doorstart gemaakt met het project Getij Grevelingen. In 2018 worden de voorbereidingen getroffen om een MIRT 2 besluit te kunnen nemen. Er zal een keuze worden gemaakt welke variant(en) in de scope worden meegenomen in de planuitwerkingsfase (MIRT 3).

Of de Getijdencentrale variant wordt meegenomen in de planuitwerking is mede afhankelijk van de belangstelling van de markt. De Stuurgroep Getijdencentrale heeft de opdracht gegeven om de belangstelling van de markt te toetsen en alle openbare informatie van deze variant aan de markt ter beschikking te stellen.

Dit document is de basis voor de marktconsultatie 2018. De beschreven variant is slechts één mogelijkheid voor een haalbare businesscase onder de beschreven condities. Het is aan de markt om binnen de randvoorwaarden van doelen, tijd en geld met een eigen variant te komen in de planuitwerkingsfase.

Benadrukt wordt dat dit marktconsultatiedocument geen onderdeel uitmaakt van de aanbesteding en er geen rechten aan kunnen worden ontleend. Verkregen inzichten uit de marktconsultatie 2018 kunnen worden gebruikt in de besluitvorming en voorbereiding van de aanbesteding. Rijkswaterstaat behoudt zich het recht voor om deze inzichten niet of niet volledig te gebruiken.

Han Weber

J.F. (Han) Weber (mr.)

Lid Gedeputeerde Staten van Zuid-Holland

Voorzitter Stuurgroep Getijdencentrale Provincie Zuid-Holland

Inhoudsopgave

Voorwoord	2
Samenvatting	5
1 Inleiding	8
1.1 Aanleiding	8
1.2 Doelstelling marktconsultatie	9
1.3 Status en besluitvorming	10
1.4 Proces van totstandkoming en kwaliteit	10
1.5 Leeswijzer	12
2 Ambities natuur en waterkwaliteit	13
2.1 Hoofddoel	13
2.2 Programmatische aanpak ecologie grote wateren (PAEGW)	13
2.3 Status van uitgangspunten voor natuur en waterkwaliteit	14
3 Voorbeeldontwerp	16
3.1 Inleiding	16
3.2 Principes van ontwerp en werking getijdencentrale	21
3.3 Hydro-energetische modellering	23
3.4 Bouwwijze	28
3.5 Resultaat voorbeeldontwerp	31
3.6 Mitigerende Maatregelen	32
4 Kosten	33
4.1 Kosten voor het civiele deel, ten behoeve van de doorlaat	33
4.2 Meer en minder-kosten van civiele deel, ten behoeve van de getijdencentrale	34
4.3 Mitigerende maatregelen	35
4.4 Kosten voor de technische installatie getijdencentrale	35
4.5 Integrale kosten voor de getijdencentrale (energiedeel)	37
5 Businesscase getijdencentrale	38
5.1 Inleiding	38
5.2 Aannames parameters	38
5.3 Gebruikte kengetallen	40
5.4 Resultaat businesscase	43

6	Risico's en kansen	44
6.1	Inleiding	44
6.2	Risico's en kansen doorlaat	45
6.3	Risico's en kansen getijdenexploitatie	47
7	Marktbenadering	49
7.1	Inleiding	49
7.2	Risico's	50
7.3	Voorgenomen marktbenadering	51
7.4	Financieel model en financiële prikkels	53
7.5	Aanbestedingsprocedure	54
7.6	Planning	55
Bijlage 1	Afkortingen	56
Bijlage 2	Referenties	57
Bijlage 3	Uitgangspunten en overwegingen	59
Bijlage 4	Factsheet getijdencentrale	70
Colofon		73

Samenvatting

Voor een toekomstbestendige ontwikkeling van de Grevelingen is het nodig gedempt getij terug te brengen op het Grevelingenmeer. Het project Getij Grevelingen¹ werkt dit momenteel uit.

Doel

Het primaire doel is verbetering van de waterkwaliteit, wat van het Grevelingenmeer weer een veerkrachtig en robuust ecosysteem maakt. Daarvoor wordt een afsluitbare doorlaat in de Brouwersdam gemaakt. Een getijslag van maximaal 50 cm is nodig. Daarbij is rekening gehouden met een zeespiegelstijging van 1 cm per jaar in de komende dertig jaar.

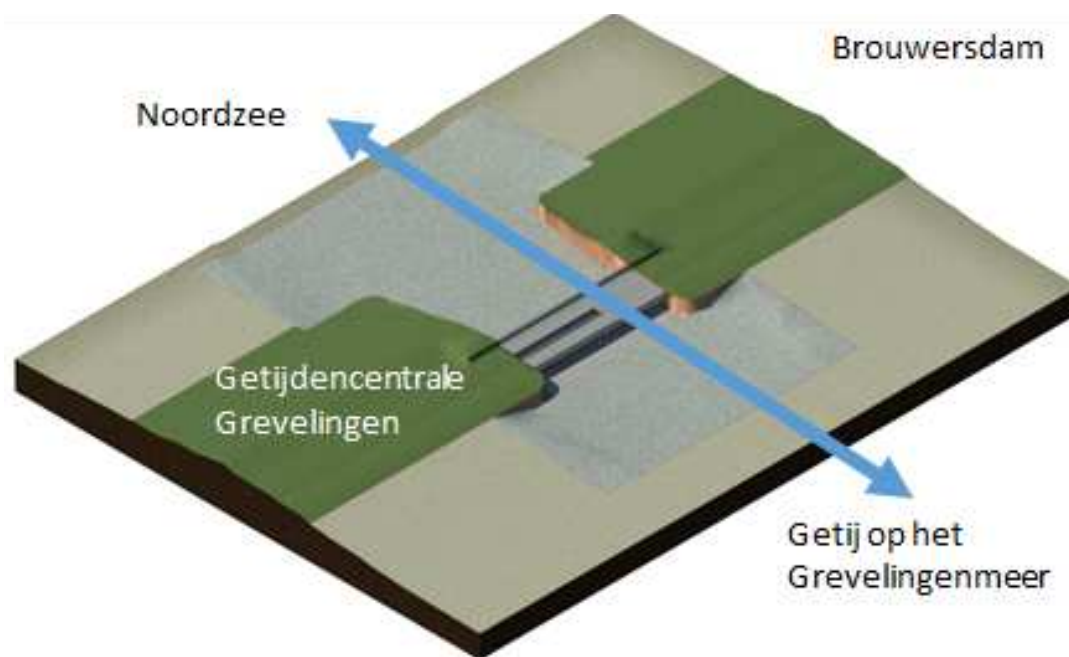


Figuur 1: Geplande locatie voor de doorlaat

Een secundair doel is winning van duurzame energie uit de getijdenstroming. De ontwikkeling van een getijdencentrale in de doorlaat levert kansen op voor innovatie en export, gericht op door zeespiegelstijging bedreigde rivierdelta's.

Het secundaire doel is een meekoppelkans, die alleen kan worden gerealiseerd als marktpartijen risicodragend willen meedoen. Voorwaarde voor de realisatie is private financiering van de extra investering, de exploitatie en het onderhoud voor de getijdencentrale en de inzet van visvriendelijke getijdenturbines.

¹ Het project Getij Grevelingen is een samenwerkingsverband van de provincies Zuid-Holland en Zeeland, de gemeenten Goeree-Overflakkee en Schouwen-Duiveland, het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, Rijkswaterstaat, het ministerie van Economische Zaken en Klimaat, het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit en Staatsbosbeheer.



Figuur 2: Impressie van een doorlaatmiddel met getijdencentrale

Proces en status

De publieke partners zijn op zoek naar een private alliantiepartner in de planuitwerkingsfase. Deze moet het primaire doel van het programma Getij Grevelingen voorop stellen en de mogelijkheden voor energiewinning secundair willen onderzoeken. De publieke partners organiseren de Marktconsultatie 2018 om de belangstelling in de markt te peilen.

Dit document geeft marktpartijen inzicht in een haalbare variant van een doorlaat met getijdencentrale. Het beschrijft het ontwerp en de businesscase van deze variant. Marktpartijen zijn vrij om elke andere variant van een dergelijke getijdencentrale te onderzoeken, uit te werken en in te brengen, zolang die in de doelen voorziet en aan de eisen voldoet.

Voor de planuitwerkingsfase na het MIRT 2-besluit is gekozen voor een marktbenadering in de vorm van een alliantie, met een helder taakverdeling tussen de publieke en private partners. Doel van deze alliantie is om de potentiële optimalisaties en benodigde beheersmaatregelen uit te werken. De planuitwerkingsfase is in doorlooptijd gemaximeerd op twee jaar. Aan het eind van deze fase wordt een go/no-go-besluit genomen (MIRT 3). In het geval van een no-go wordt alleen een basisvariant van de doorlaat gerealiseerd.

Beschikbare informatie

De hier beschreven variant van een doorlaat met getijdencentrale is gebaseerd op resultaten, afkomstig uit een *Joint Fact Finding*-proces (2015) en uit een onafhankelijke openbare haalbaarheidsstudie van EU project Pro-Tide.

Een deel van de gegevens uit het Joint Fact Finding-proces is vertrouwelijk. De varianten van Pro-Tide zijn tijdens de haalbaarheidsstudie getoetst aan de uitgangspunten, zoals beschreven in het verslag van de precompetitieve fase.

De raming van kosten van de het ontwerp doorlaat resulteerde in 2016 in kostprijs met een variatiecoëfficiënt van 24%. Mede op basis hiervan is de openbare Pro-Tide-variant aangepast. Deze optimalisaties uit eerdere varianten zijn deels meegenomen in deze businesscase. Daarnaast is een kansen- en risicodossier opgesteld.

Een gedetailleerd overzicht van de uitkomsten is in de vorm van een factsheet beschikbaar (Bijlage 4).

Conclusie

Op hoofdlijnen is de conclusie dat de in dit document beschreven variant getijdencentrale een winst oplevert van € 8,8 miljoen bij een Internal Rate of Return (IRR) van 6,2%. Dit maakt de businesscase potentieel haalbaar onder de gestelde randvoorwaarden, condities, risico en kansen en bij een zeespiegelstijging van 30 cm.

Om de projectdoelen integraal te realiseren wordt in de aanbesteding een consortium geselecteerd voor de integrale opgave vanaf de planuitwerkingsfase tot en met realisatie en exploitatie. Eén contract maar wél geknipt in twee fasen met een uitdrukkelijk go/no-go besluitvormingsmoment. Na het besluitvormingsmoment kan worden besloten om de contractvorm nog aan te passen indien die beter past bij het besluit voor de volgende fase.

Vervolg

De volgende stap is dit kwartaal de uitkomsten van deze variant in een marktconsultatie voor te leggen en de belangstelling van marktpartijen te polsen. Hun reactie weegt mee in een begin 2019 te nemen MIRT 2-scopebesluit. Optimalisaties en risicobeheersing worden daarna in een alliantievorm nader uitgewerkt in de planuitwerkingsfase, na selectie van een alliantiepartner. Deze worden definitief bepaald bij de faseovergang van planuitwerking naar realisatie.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

De provincies Zuid-Holland en Zeeland, de gemeenten Goeree-Overflakkee en Schouwen-Duiveland, het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, Rijkswaterstaat, het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit en Staatsbosbeheer² willen de waterkwaliteit van het Grevelingenmeer verbeteren. Dat kan door een doorlaatmiddel aan te leggen in de Brouwersdam. Deze vormt nu een barrière tussen het Grevelingenmeer en de Noordzee. Met een doorlaatmiddel wordt er beperkt getij teruggebracht op het Grevelingenmeer. Een getijslag van maximaal 50 cm rondom een middenpeil NAP -0,20 m is voldoende voor verbetering van de waterkwaliteit. Dit voornemen is opgenomen in de ontwerpversie van de Rijkstructuurvisie Grevelingen en Volkerak-Zoommeer (2014).

Het aanleggen van een doorlaatmiddel in de Brouwersdam biedt kansen voor het opwekken van getijdenenergie. De bouw van een getijdencentrale in het doorlaatmiddel voegt een duurzame energiecomponent aan het project toe.

De kosten voor het terugbrengen van beperkt getij op de Grevelingen zijn in 2016 geraamd op circa € 139,5 miljoen (waarbij nog geen rekening is gehouden met zeespiegelstijging). Dit bestaat uit de kosten voor een doorlaatmiddel (€ 118 miljoen) en voor mitigerende (omgevings)maatregelen (€ 21,5 miljoen). De omgevingsmaatregelen zijn nodig om de effecten van het getij op de waterkeringen, de scheepvaart, de recreatie en de natuur op en rond het Grevelingmeer te mitigeren, door ze beheersbaar te maken of te minimaliseren.

De uitkomsten van de kostenraming zijn per brief met de Tweede Kamer gedeeld (Tweede Kamer 2016, kenmerk IENM/BSK-2016/284609). De gevraagde aanvullende middelen, ter hoogte van € 75 miljoen, zijn beschikbaar gesteld uit de enveloppe Natuur- en waterkwaliteit van het Regeerakkoord Rutte III (brief TK IenM/BSK-2018/41968).

Daarmee is – in aanvulling op de eerder toegezegde middelen van Rijk en regio – er voldoende financiële dekking om het ontwikkelperspectief uit de ontwerp-Rijkstructuurvisie te kunnen uitvoeren.

Het projectbureau Getijdencentrale Brouwersdam heeft in 2014 met diverse marktpartijen de haalbaarheid van een dergelijke integratie reeds onderzocht. De resultaten zijn vastgelegd in het verslag van de precompetitieve fase 2015. Deze informatie is deels openbaar. Het projectbureau heeft in 2015, in samenwerking met het Europese Interreg NWE-project 'Pro-Tide', een publieke referentie-variant en businesscase uitgewerkt. Deze businesscase is geheel openbaar.

Het team van het project Getij Grevelingen heeft in 2018 de businesscase uit 2015 aangepast, mede op basis van de inzichten uit het ontwerp van de doorlaat in 2016. De geactualiseerde businesscases geeft marktpartijen en potentiële investeerders/financiers inzicht in een uitgewerkt voorbeeld van een haalbare

² Dit samenwerkingsverband wordt vanaf hier in het document 'publieke partners' genoemd.

variant. De belangrijkste cijfers uit deze businesscase zijn in een factsheet opgenomen (Bijlage 4).

Het project Getij Grevelingen werkt momenteel toe naar een MIRT 2-besluit in – naar verwachting – begin 2019. In dit besluit zal een of meer voorkeursalternatieven worden opgenomen, die in de planuitwerkingsfase nader worden uitgewerkt. Of de getijdencentrale-variant van het doorlaatmiddel in de scope wordt meegenomen is mede afhankelijk van de belangstelling uit de markt. Marktpartijen worden namelijk geacht de extra investering voor, en de exploitatie en het onderhoud van de getijdencentrale zelf te financieren.

1.2 Doelstelling marktconsultatie

In de ontwerp-Rijksstructuurvisie Grevelingen en Volkerak-Zoommeer heeft het Kabinet in 2014 als ontwikkelperspectief gekozen voor het verbeteren van de waterkwaliteit van de Grevelingen. De ministers van IenW en LNV hebben op 7 maart 2018 bekend gemaakt € 75 miljoen beschikbaar te stellen – aanvullend op de eerder toegezegde middelen – voor de aanleg van een doorlaat. Daarmee is de financiering rond en kon een doorstart worden gemaakt met het project Getij Grevelingen. Het doel is een veerkrachtig en robuust ecosysteem te realiseren door het terugbrengen van het getij.

Om beperkt getij terug te brengen moet een doorlaatmiddel in de Brouwersdam het Grevelingenmeer weer verbinden met de Noordzee. Uitgangspunt is een getijslag van maximaal 50 cm bij een gemiddelde middenstand van 0,20 m onder NAP (huidig middenpeil). Met het besluit van de ministers is de bekostiging van de publieke doelen, zoals geformuleerd in de ontwerp-Rijksstructuurvisie, zeker gesteld.

De wens vanuit de regio is om het doorlaatmiddel te combineren met een getijdencentrale. Naast opwekking van duurzame energie levert dit kansen voor innovatie en export. Het Rijk stelt voor het energiedeel budget-neutrale financiering en dekking van de exploitatiekosten als voorwaarde. Met de marktconsultatie verkent het project of en hoe de markt geïnteresseerd is om risicodragend te participeren in het energiedeel als meekoppelkansen.

Er wordt op dit moment gewerkt aan een Bestuursovereenkomst, om onder meer deze aspecten formeel vast te leggen. In de planuitwerkingsfase wordt primair gestreefd naar een optimale balans tussen onderwater- en bovenwaternatuur. Secundair is de meekoppelkansen energie met visvriendelijke turbines in een doorlaatmiddel.

In 2018 worden de voorbereidingen getroffen om een MIRT 2-besluit te nemen. Er moet een keuze worden gemaakt welke variant(en) in de scope wordt meegenomen in de planuitwerking. Of de getijdencentrale-variant wordt meegenomen in de scope is mede afhankelijk van de belangstelling van de markt.

De Stuurgroep Getijdencentrale heeft de opdracht gegeven om de belangstelling van de markt te toetsen en alle openbare informatie van deze variant aan de markt ter beschikking te stellen. Deze opdracht wordt eind 2018 afgerond en meegewogen in het MIRT 2- besluit.

1.3 Status en besluitvorming

Het programma Getij Grevelingen bevindt zich in de afronding van de MIRT 2-verkenningfase. In dat kader wordt een aantal varianten op hoofdlijnen verkend conform het MIRT spelregelkader³. Na besluitvorming start de fase van planuitwerking en na het nemen van het MIRT 3-besluit daarna de fase van realisatie.

De resultaten van de marktverkenning worden gebruikt om te toetsen of er bij marktpartijen daadwerkelijk interesse is voor het risicodragend ontwikkelen en realiseren van een getijdencentrale. Dit is namelijk een randvoorwaarde voor een eventuele aanbesteding, waarbij doorlaat en de getijdencentrale integraal worden ontwikkeld en gerealiseerd.

Alle genoemde bedragen en uitgangspunten voor deze voorbeeldcase van de variant getijdencentrale hebben niet de status “besluit”. Het besluit hierover wordt genomen begin 2019 bij de faseovergang (MIRT 2-besluit) van verkenning naar planuitwerking. Genoemde bedragen en uitgangspunten kunnen dus nog veranderen.

1.4 Proces van totstandkoming en kwaliteit

De in dit document gepresenteerde getijdencentrale-variant is een keuze uit meerdere mogelijkheden. Het dient als voorbeeld van een haalbare variant, maar sluit daarbij alternatieve varianten niet uit. In de uitwerking van deze variant wordt onderscheid gemaakt tussen het civiele deel (het doorlaatmiddel voor getij op de Grevelingen) en het private deel (de getijdencentrale voor opwekking van getijdenenergie). Het civiele deel zal met publiek geld worden gerealiseerd. Voor het private deel wordt een beroep gedaan op de markt.

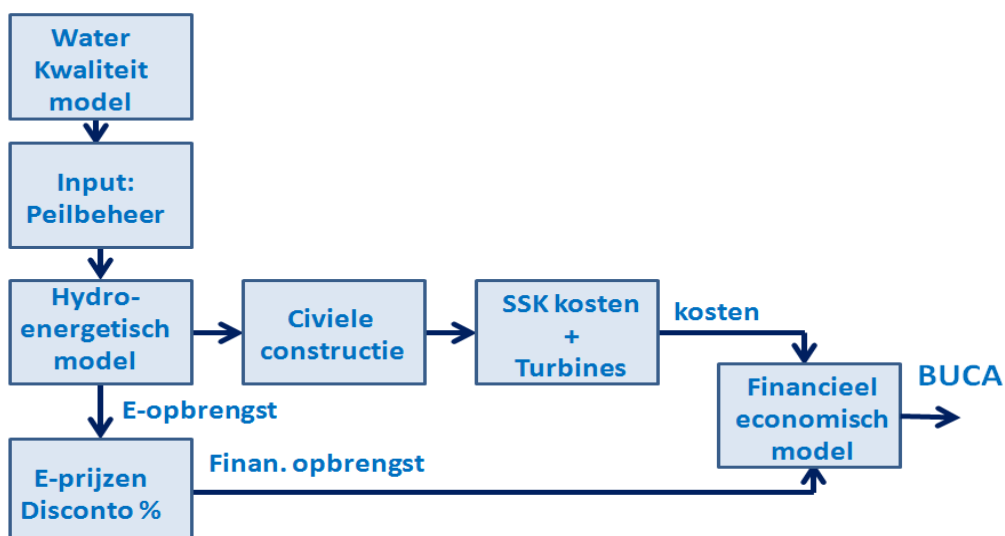
Het in dit document gepresenteerde voorbeeld is gebaseerd op de resultaten van de doorlaatberekeningen en de businesscase van de Pro-Tide-variant uit 2015. In de variant 2018 is rekening gehouden met een zeespiegelstijging van 30 cm.

Op basis van de doelen en de huidige uitgangspunten (bijlage 3) is in een hydro-energetisch model de potentiële hoeveelheid getijdenenergie bepaald. Vervolgens is een ontwerp gemaakt van de getijdencentrale-variant. Op basis van het ontwerp zijn de hoeveelheden bepaald en verwerkt in een kostenmodel. Daarbij is het civiele en private aandeel herkenbaar gescheiden gehouden.

De kosten en de financiële opbrengsten zijn input voor het financieel economisch model (businesscase). Het proces van totstandkoming is schematisch weergegeven in figuur 3.

³ <https://www.google.nl/search?hl=nl&q=mirt+spelregelkader>

Modellen Businesscase doorlaat/getijcentrale



Figuur 3: Proces van totstandkoming (BUCA = businesscase)

De businesscase en onderliggende dossiers zijn door diverse interne en externe deskundigen op hoofdlijnen is getoetst, op een een MIRT-verkenningfase behorend kwaliteitsniveau. Hierop is een MIRT 2-besluit te baseren.

Tabel 1: Overzicht van toetsing businesscase en onderliggende dossiers

Aspect	Onderdeel	Toetsende instantie(s)
Waterkwaliteit en peilbeheer	Getij	Deltares
Hydro-energetisch model	Doorstroming en elektriciteitsproductie	Deltares Entry
Techniek en ontwerp	Waterveiligheid, stabiliteit, afvoer coëfficiënt	Horvat en Partners Rijkswaterstaat Cubiqsquare Deltares
Risico en gevoeligheids-analyse 2015	Kostendrivers	Horvat en Partners
Kosten en risico's	Risicodossier	Rijkswaterstaat Horvat en Partners Entry (energie-deel)
Businesscase en financiële parameters	Haalbaarheid en financierbaarheid	Provincie Zuid-Holland Rijkswaterstaat Entry
Toetsen varianten marktbenadering	Marktbenadering getijdencentrale	Rijkswaterstaat CRS Consultancy Allen&Overy

1.5 Leeswijzer

Dit document geeft een uitgebreide, inhoudelijke beschrijving van de getijdencentrale-variant van het doorlaatmiddel. Dit document vormt, samen met het rapport Procedure marktconsultatie 2018, de basis voor de belangstellingsregistratie onder marktpartijen.

In deze inleiding zijn de ambities, doelen en functionaliteiten toegelicht. Hoofdstuk 2 gaat in op aspecten van onder- en bovenwaternatuur, de Kaderrichtlijn water (KRW) en Natura 2000 (N2000). Ook wordt hier de relatie gelegd met de uitgangspunten voor het ontwerp. Hoofdstuk 3 behandelt het voorbeeld-ontwerp en licht de mitigerende maatregelen op hoofdlijnen toe. Hoofdstuk 4 geeft de kosten weer van de doorlaat en de meerkosten voor een getijdencentrale. Hoofdstuk 5 beschrijft de businesscase van de getijdencentrale-variant, op basis van de uitgangspunten voor ontwerp en kosten uit de voorafgaande hoofdstukken. De objectgebonden risico's en kansen staan in hoofdstuk 6 beschreven. Nadere uitleg over de marktbenadering is opgenomen in hoofdstuk 7.

In de bijlagen treft u achtereenvolgens aan een overzicht van gebruikte afkortingen (bijlage 1) en een lijst met referentiepublicaties waarnaar in dit rapport wordt verwezen (bijlage 2). Bijlage 3 beschrijft de uitgangspunten en overwegingen voor de ambities in het Grevelingenmeer en bijlage 4 is een factsheet met de belangrijkste uitkomsten.

Het projectteam Getij Grevelingen heeft zich bij het beschikbaar stellen van informatie terughoudend opgesteld. Alleen die informatie is geselecteerd, die nodig is om de hoofdvraag in de marktconsultatie te kunnen beantwoorden. Zo beoogt het team de werklast voor de marktpartijen tijdens deze fase beperkt te houden.

2 Ambities natuur en waterkwaliteit

Het project Getij Grevelingen bereidt een besluit over de projectscope voor. In dit hoofdstuk is beschreven welke stappen tot nu toe zijn gezet, hoe de betrokkenheid van de markt wordt gezien en welk tijdspad wordt voorzien.

2.1 Hoofddoel

Het hoofddoel van het project is het herstel van een veerkrachtig en robuust ecosysteem van het Grevelingenmeer. Dit kan bewerkstelligd worden door de waterkwaliteit van het Grevelingenmeer duurzaam te verbeteren. Daarvoor is het nodig beperkt getij terug te brengen. Zo wordt de basis gelegd voor een toekomstbestendige Grevelingen, waar hoogwaardige natuur goed samengaat met een krachtige economie.

Dit doel past in de ambitie voor de programmatische aanpak ecologie grote wateren en is opgenomen in de brief van de bewindslieden van IenW en LNV aan de Tweede Kamer (IenM/BSK-2018/41968). De beide bewindslieden hebben dit op 8 maart in een bijeenkomst op de Brouwersdam bekrachtigd door € 75 miljoen aanvullend beschikbaar te stellen. Daarmee is de financiële dekking voor een doorlaatmiddel rond. De ministers gaven zo aan een eerste betekenisvolle stap willen te zetten voor de realisering van de ambitie voor de grote wateren.

2.2 Programmatische aanpak ecologie grote wateren (PAEGW)

Met de uitvoering van het programma Getij Grevelingen geeft het Rijk invulling aan wettelijke verplichtingen die voortkomen uit Natura 2000 en Kaderrichtlijn Water. Door de samenhang tussen ecologische waterkwaliteit, integrale natuuropgaven en ruimtelijke dynamiek in de Grevelingen helder te maken, moet het mogelijk worden prioriteiten te stellen en een strategie voor de uiteindelijke uitvoering te kiezen aan het eind van de Planuitwerkingsfase.

Oplossingsrichtingen

Voor de Grevelingen staan twee oplossingsrichtingen centraal om de natuur (boven en onder water) robuuster te maken.

1. Verbindingen herstellen

De belangrijkste oplossingsrichting is het herstellen van verbindingen tussen de deltawateren onderling en met aangrenzende gebieden, ook om klimaateffecten op te vangen. Verbindingen kunnen op verschillende manieren tot stand komen. Door het Grevelingenmeer via doorlaatmiddelen te verbinden met omringende wateren, keert het getij hier in beperkte mate weer terug. Getij is belangrijk om dynamiek terug te krijgen als basis voor een gezond voedselweb. De nutriënten- en zuurstofhuishouding in de Grevelingen bieden dan een gunstige uitgangspositie voor een veerkrachtig ecosysteem met ruimte voor de ontwikkeling van natuurwaarden onder invloed van getij (estuariën gebied). De oevers van de (eilanden in de) bekkens bieden de mogelijkheid voor ontwikkeling van intergetijdengebied.

Met een uitgekiend gedempt getij kan de getijdynamiek (verticale stroming) zorgen voor het doorbreken van de stratificatie. Dat draagt bij aan het op

prde brengen van de zuurstofhuishouding. Tevens kan de getijdynamiek meewerken aan herstel van leefgebieden, waarbij een geringe zandhonger goed op te vangen is.

Er ontstaat dan ook voldoende doorstroming en verversing (horizontale stroming) voor ecologisch herstel van het bodemleven. Daarnaast stelt gedempt getij het moment uit, waarop de discussie gevoerd moet worden over de houdbaarheid van de huidige Deltawerken als gevolg van verwachte zeespiegelstijging.

De oorspronkelijke situatie, van een estuarium met bijbehorende hoge stroomsnelheden, zal maar ten dele wordt hersteld. Omdat het om een 'beperkte' verbindingen zal gaan, zal de nu in de Grevelingen aanwezige (geringe) zandhonger naar verwachting beperkt worden versterkt. Het verdient aanbeveling daar bij het uitwerken van de verbindingen aandacht aan te besteden.

2. Leefgebieden ontwikkelen en herstellen

Het actief herstellen en ontwikkelen van leefgebieden draagt bij aan robuuste natuur. Dat helpt in leefgebieden waar herstel nu via natuurlijke processen niet meer tot stand komt. Soms in aanvulling op andere maatregelen en soms als enige optie om iets aan herstel te doen. De maatregelen kunnen typische deltanatuur opleveren in het overgangsgebied van zoet naar zout, zoals nieuwe intergetijdengebieden, brakwatergebieden en ondiepwatergebieden.

Nieuwe vogeleilanden en extra vooroevers (in combinatie met intensief beheer) kunnen effectief en noodzakelijk zijn om broedgebieden te verbeteren. Dat is een versterking van ook wat nu al gebeurt in de Grevelingen.

Net als in de Oosterschelde zal in de Grevelingen zandsuppletie nodig zijn om de slikken en zandplaten op termijn te behouden. Enerzijds vanwege de zandhonger, anderzijds om in de toekomst platen en eilanden te laten meegroeien met de zeespiegelstijging op het moment dat het peil van de Grevelingen daarop aangepast wordt.

2.3 Status van uitgangspunten voor natuur en waterkwaliteit

De laatste inzichten(september 2018) over de doelen voor natuur en waterkwaliteit en de mogelijke effecten van beperkt getij daarop zijn beschreven in bijlage 4 uitgangspunten en overwegingen. Dit zijn richtinggevende uitgangspunten voor het ontwerp van de verschillende varianten. In essentie gaat het om de juiste balans tussen enerzijds de benodigde getijslag en anderzijds de nadelige effecten van hersteld getij. De benodigde getijslag, uitgedrukt als het aantal cm getij dat nodig is voor een veerkrachtig systeem met een goede waterkwaliteit, is meetbaar via de afname van de zuurstofloosheid nabij de bodem en onderwaternatuur. Bij nadelige effecten gaat het om beheersbaar houden van de gevolgen op de landnatuur in de overgangszone tussen eb en vloed. Hierbij moet rekening worden gehouden bij de wettelijke verplichtingen die uit de Natura2000-richtlijn voortvloeien.

De toename van de omvang van intergetijdengebied levert winst op als foerageergebied voor steltlopers en kustbroedvogels. Daarbij geldt wel als voorwaarde dat negatieve effecten op de aanwezige Natura2000-waarden worden gemitigeerd en/of gecompenseerd.

Dit betekent dat in de planuitwerking in afstemming met de stakeholders gezocht wordt naar een gebalanceerde afweging in de doelstellingen, de instelling van de getijslag en de periode waarin een bepaalde getijslag wordt gehandhaafd. Prioritair hierbij zijn de ecologische doelstellingen, secundair zijn de wensen ten aanzien van de winning van duurzame energie.

Resume Ecologische Doelen watersysteem Grevelingen

- Bevorderen van KRW instandhoudingsdoelstellingen door de Veerkracht van het systeem te verhogen door terug brengen van gedempt getij.
- De habitat- en soortdiversiteit verbeteren.
- Bevorderen van betere perspectieven voor zoute/zilte habitattypen, steltlopers (profiteren van intergetijdengebied) en bijvoorbeeld zeehonden.
- Voorkomen van nadelige gevolgen voor hoger gelegen 'zoete' habitattypen en planten zoals duinvalleivegetaties en de Rode Lijstsoorten herfstschroef- en harlekijnorchis.
- Voorkomen van nadelige gevolgen voor Natura2000-habitattypen en planten die afhankelijk zijn van zoet grondwater en door getij deels onder invloed van zout water komen te staan (vochtige duinvalleien en groenknolorchis).
- Voorkomen van nadelige gevolgen voor schorren en zilte graslanden dichtbij het water omdat dit habitatype niet tegen dagelijkse overstroming kan. Hogerop zorgt de introductie van getij voor een kwaliteitsverbetering van het habitatype, omdat hier in de autonome situatie sprake is van geleidelijke ontzilting. Op de korte termijn is het effect negatief. Voor de lange termijn (na 2035) is op dit moment niet te voorspellen of getij leidt tot een groter, kleiner of vergelijkbaar areaal schorren en zilte graslanden in vergelijking met de autonome situatie. Dit is afhankelijk van de lokale hoogteligging en de mate van ontzilting in de autonome situatie en vraagt nader onderzoek in een volgende fase.
- Voorkomen nadelige effecten voor kustbroedvogels waarvan de broedgebieden zonder extra maatregelen onderlopen met het getij en dus verdwijnen.

3 Voorbeeldontwerp

In dit hoofdstuk worden de ontwerpaspecten van de getijdencentrale-variant afgeleid van de doelen en uitgangspunten, zoals benoemd in hoofdstuk 1 en bijlage 4. Op basis van de uitkomsten van het hydro-energetisch model wordt de dimensionering bepaald. De uitwerking is gebaseerd op maatgevende ontwerpaspecten vanuit het watersysteem Grevelingen, de karakteristieken van het Grevelingenmeer en de functies en eisen van de getijdencentrale.

3.1 Inleiding

Het ontwerp betreft een Doorlaat in de Brouwersdam gecombineerd met turbines om duurzame energie op te wekken. Het ontwerp is zowel een vertrekpunt in de marktconsultatie, als voorbeeld in een variantenonderzoek in aanloop naar een MIRT 2-besluit. In de planuitwerkingsfase wordt het ontwerp aangescherpt. Uiteraard staat het marktpartijen vrij met elke andere variant te komen die aan de gestelde randvoorwaarden voldoet en binnen het taakstellend budget voor de kosten van een doorlaat en de bijbehorende mitigerende maatregelen past.

Op basis van de uitkomsten van het hydro-energetisch model is de dimensionering bepaald. Het ontwerp levert daarmee zicht op aantallen en hoeveelheden, zoals de toe te passen kubieke meters beton. Deze gegevens zijn benut voor de kostenraming in hoofdstuk 4.

In onderstaande tabel zijn de belangrijkste input- en outputparameters weergegeven van het hydro-energetisch model. Deze parameters vormen onderdeel van de informatieleveringsspecificatie, die de gegevensuitwisseling tussen de verschillende modellen specificeren (bijvoorbeeld hydro-energetisch model, ontwerp (bouwwerkinformatiemodel), businesscase, SSK-kostenraming). De informatieleveringsspecificatie is uitsluitend voor intern gebruik opgezet.

Tabel 2: *Input- en outputparameters van het hydro-energetische model*

Input voor het hydro-energetisch model		
Gemiddelde getijslag (Grevelingen)	40	cm
Gemiddeld peil (Grevelingen)	-20	cm NAP
Maximale waterpeil (Grevelingen)	+5	cm NAP
Toelaatbare overshoot (Grevelingen)	1	%
Minimale peil Grevelingen	-45	cm NAP
Toelaatbare undershoot (Grevelingen)	10	%
Zeespiegelstijging	+ 30	cm
Getij Noordzee	Brouwershavense gat08 ⁴	Datafile
Ontwerp van de getijdencentrale	Prismatische, parallelle kokers van 8 x8 m ² , afvoercoëfficiënt 1,1	-

⁴ Brouwershavense gat08 is een meetlocatie van Rijkswaterstaat dat waterstanden registreert. Deze ligt aan de Noordzeezijde van de Brouwersdam, iets ten westen van de Brouwerssluis.

Output van het hydro-energetisch model (Is input voor het ontwerp)		
Aantal kokers	18	-
Aantal kokers met turbines	11	-
Opgewekte energie	60	GWh
Max. geleverd vermogen	25	MW

Voor het ontwerp van het doorlaatmiddel zijn de volgende berekeningen en stappen uitgevoerd:

- Benoemen gewenste functies en eisen
- Berekening van de afvoercoëfficiënt voor twee stromingsrichtingen
- Berekening van de komberging en behoefte doorlaatprofiel
- Uitwerken ontwerptekeningen van doorlaat (RWS 2018)
- Berekening van de bodembescherming
- Berekening van de belangrijkste mitigerende maatregelen
- Bepalen hoeveelheden via bouwfasen

Bovenstaande stappen en berekeningen verwijzen naar documenten. Deze zijn niet opgenomen in de referentielijst, deels omdat het gaat om bedrijfsvertrouwelijke gegevens (kosten kentallen) en deels om het dossier beperkt te houden in deze fase.

Watersysteem Grevelingen

In onderstaande figuur zijn de grenzen van het watersysteem Grevelingen weergegeven:



Figuur 4: Grenzen Watersysteem Grevelingen

In onderstaande tabellen zijn de belangrijkste aspecten en karakteristieke grootheden van het Grevelingenmeer weergegeven.

Tabel 3: Beschrijving van het plangebied

Gebiedsbeschrijving Zoutwatermeer	
Grenzen	Het meer wordt ingesloten door Goeree-Overflakkee, Schouwen-Duivenland en de Brouwersdam en Grevelingendam
Deltawerken	Aanleg Grevelingendam in 1965 (afsluiting van rivierensysteem), gevolgd door de Brouwersdam in 1971 (afsluiting van de Noordzee)
Gevolgen afsluiting	Van oorspronkelijk estuarien gebied (overgangsgebied tussen zee en rivier gekenmerkt door dagelijkse getijdewerking) door afsluiting naar in eerste instantie een zoet meer en na ingebruikname van de Brouwerssluis in 1978 een blijvend zoutwatermeer
Sluizen	Grevelingensluis (scheepvaart), Brouwerssluis (spuisluis), Flakkeese Spuisluis (permanente openstelling 2019)
Afwatering	Via Brouwerssluis naar de Noordzee, en via Flakkeese Spuisluis verbinding naar Oosterschelde
Getij / stroming	Geen getij, er wordt een streefpeil van 0,20m-NAP gehandhaafd
Zoutgehalte	Streven is minimaal 16 g Cl/l (doorspoeling)
Landschap	Het Grevelingenmeer is een gevarieerd natuurgebied, waarvoor rust en ruimte kenmerkend zijn, het beeld tekent dorpen en vakantiedorpen en uitgestrekte droge gronden langs deltdammen en voormalige zeedijken, in het meer zelf zijn drie grote platen met daarnaast een tiental kleinere eilandjes
Kabels	In oostelijk deel kruisen twee hoogspanningskabels en een gaszinker het gebied
Beheerder	Rijkswaterstaat (waterbeheer) Staatsbosbeheer (natuur en recreatieterreinen)
Beheer	Natuurbeheer: begrazing (op alle platen en div. slikken), maaien (Hompelvoet en incidenteel op andere platen), niets doen, beperkt openstellen Rijkswaterstaat Dienst Zeeland, district Noord voert het beheer over peil, havens, vaargeulen, waterkeringen/kunstwerken e.d.
Aangrenzende watersystemen	Krammer-Volkerak, Oosterschelde, Noordzee

Tabel 4: Karakteristieke grootheden van het Grevelingenmeer

Totale oppervlakte	14.000 ha
Oppervlakte schorren	3.120 ha
Grootste diepte	48 m
Gemiddelde diepte	5,4 m

Samenvatting getijdencentrale

Centraal staat het doorlaatmiddel in de Brouwersdam, voorzien van een getijdencentrale. Hier volgt een samenvatting van beschrijving van de herkomst de keuze van de locatie en de dimensionering en werking. Dit vooruitlopend op onderbouwing van het ontwerp.

Herkomst ontwerp

Uitgangspunt is een getijslag van maximaal 50 cm getij. Om de getijslag te bepalen zijn historische waterstanden op de Noordzee in een simulatiemodel gebracht. In dit ontwerp is de getijdencentrale variant uit de Pro-Tide studie uit 2015 als vertrekpunt gekozen. In deze versie is de ontwerpervaring van de doorlaat uit 2016 verwerkt als mede de eisen voor zeespiegelstijging.

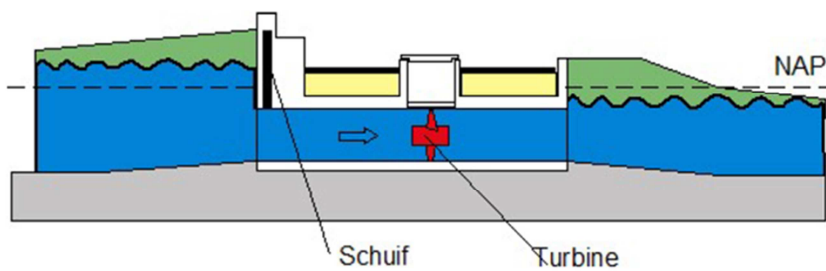
Locatie keuze

De Brouwersdam bestaat uit een noordelijk en een zuidelijk deel aan weerszijde van de Kabbelaarsbank. Gezien een aantal belemmeringen bij het zuidelijke en middelste deel van de Brouwersdam, wordt een doorlaatmiddel in het noordelijk deel van de dam gebouwd.



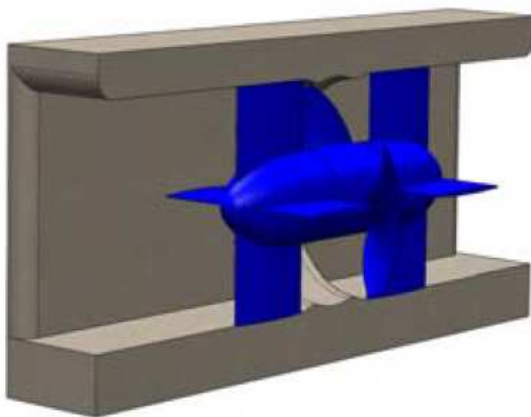
Figuur 5: Locatie getijdencentrale in de Brouwersdam Dimensionering en werking

Input is het waterpeil op de Noordzee ("Brouwershavensegat 08") op 10 minutenbasis. Met een coëfficiënt voor de doorstroming (1,1) van de doorlaat (Deltares 2018) en de getijnturbines (Meijnen 2015) wordt dan de resulterende verandering in waterpeil op het Grevelingenmeer berekend, waarbij een constante oppervlakte (110 km²) van het Grevelingenmeer wordt verondersteld (Komborgingsmodel).



Figuur 6: Schematische doorsnede getijdencentrale

De benodigde grootte van de getijdencentrale wordt bepaald door de situatie bij 30 cm stijging van de zeespiegel. Er is dan immers sprake van een grote scheefstand van het peil op de Noordzee in vergelijking met het peil op het Grevelingenmeer. Vooral spuien naar zee verlangt dan een grote doorlaat. Berekend wordt 18 kokers (1.152 m²), waarvan er 11 worden uitgerust met turbines die elektriciteit opwekken bij vloedstroming. Bij ebstroming draaien de turbines vrij (zonder elektriciteitsproductie) mee, staan de bladen in vaan-stand, of worden ze uit het water geheven. Het peil op het meer wordt bewerkstelligd door een combinatie van schuifstand en weerstandsregeling van de turbines. Bij vloedstroming wordt naar behoeven een aantal kokers afgesloten.



Figuur 7: Voorbeeld van turbine in rechthoekige doorlaat

In figuur 7 is een turbine in een rechthoekige doorlaat weergegeven (ook wel “ducted” genoemd) waarbij een turbine wordt omsloten in een ring die in een rechthoekige koker zorgt voor geleiding van de stroming langs de turbine en waardoor lekverliezen worden voorkomen.

In de periode voorbij een zeespiegelstijging van 30 cm kan de vloedcentrale met bescheiden modificatie (toevoer van elektriciteit) worden ingezet als pompcentrale, zodat voor langere tijd (voorbij 2050) aan de peileisen kan worden voldaan. Dit levert aldus een meer klimaat-robuste doorlaat op, waarmee het belang van landbouw, Natura 2000, visserij, recreatie en havens wordt gediend.

Functies en eisen

De doelen en de daaruit afgeleide uitgangspunten (bijlage 4) en wensen zijn vertaald naar functionele specificaties, die leiden tot het ontwerp van de doorlaat

en de mitigerende maatregelen. Een getijdencentrale in de Brouwersdam zal onder meer invulling moeten geven aan de volgende hoofdfuncties:

- Beschermen achterland tegen hoogwater
- Beheersen van zout water
- Leveren van voldoende water
- Leveren van schoon en gezond water
 - Water met basiskwaliteit bieden
 - Vrij baan bieden aan fauna
 - (Hersteld) leefgebied bieden
- Scheepvaart accommoderen
- Gebruiksfuncties
 - Faciliteren natuur
 - Faciliteren recreëren
 - Water bieden aan beroeps- en sportvisserij
 - Bieden van cultuurhistorische en landschappelijke waarde
 - Afwikkelen wegverkeer
- Borgen economische potentie

Vanwege de invloed van de doorlaat op de omgeving is het noodzakelijk mitigerende maatregelen te nemen. Deze zijn nu op hoofdlijnen bepaald en worden verder uitgewerkt in de planuitwerkingsfase.

De benodigde grootte van de doorlaat/getijdencentrale hangt af van de eisen ten aanzien van peilvariatie op het Grevelingenmeer. Hierbij wordt uitgegaan van uitgangspunten (zie bijlage 4). Hierover is nog geen peilbesluit genomen.

Overigens is het zo dat de eisen ten aanzien van peilbeheer gelden tijdens normaal bedrijf van de doorlaat/getijdencentrale. Ze zijn niet van toepassing onder condities als buitengewone waterpeilinstellende maatregelen, extreme weersomstandigheden en onderhoud van de doorlaat/getijdencentrale.

3.2 Principes van ontwerp en werking getijdencentrale

De belangrijkste afwegingen bij het ontwerp zijn (Cubic Square 2018):

- Een doorlaatmiddel in de Brouwersdam is de meest effectieve maatregel gebleken om de waterkwaliteit in het Grevelingenmeer te verbeteren. Dat is gebleken in de MIRT-verkenning 2011.
- Een gedempt getij van ca. 50 cm wordt voldoende geacht om de waterkwaliteit te verbeteren tot het gewenste niveau.
- Er is gekozen voor een ontwerpvariant van Pro-Tide/IV-infra uit 2015. Deze variant bestaat uit een doorlaat met parallelle betonnen kokers met een inwendige afmetingen van 8 x 8 m. Deze kokers zijn aan zeezijde afsluitbaar met hefschuiven en kunnen worden voorzien van (grote) turbines om duurzame energie op te wekken. Het aantal van deze parallelle kokers wordt bepaald door de peileisen via een hydro-energetische berekening.

Een doorlaatmiddel, al dan niet met getijdencentrale, in de Brouwersdam moet een gedempt getij opleveren in het Grevelingenmeer. Dit betekent dat bij elke vloed op de Noordzee een hoeveelheid water ingelaten moet worden, die gelijk aan het (gemiddelde) oppervlak van het Grevelingenmeer maal de gewenste getijhoogte (50 cm). Maar dit betekent tevens dat nagenoeg dezelfde hoeveelheid

water terug gespuid moet worden in elke volgende eb-periode. Zo gaat tweemaal daags ca. 55 miljoen m³ water naar binnen en naar buiten.

Het hoogteverschil tussen Noordzee en Grevelingen zorgt voor water in- en uitlaat. Zodra het waterpeil op de Noordzee hoger gestegen is dan het peil op de Grevelingen, kan water worden ingelaten. Het peil op het Grevelingenmeer zal daardoor stijgen. Na een kentering van de vloed op de Noordzee, zal het Noordzee-peil op een moment lager komen dan het verhoogde peil op het Grevelingenmeer, zodat kan worden gespuid.

Omdat het peil op de Grevelingen gemiddeld genomen lager is dan op de Noordzee (gemiddeld 0.20 m onder NAP) is het verval bij inlaten groter dan het verval bij spuien. Er zou dus een kleinere doorlaat nodig zijn om in te laten, dan voor spuien van dezelfde waterhoeveelheid nodig is. Dit wordt de 'scheefte' van de doorlaatwerking genoemd. Daarmee is dus het spuien maatgevend voor de benodigde doorlaatgrootte, maar moet deze doorlaatomvang beperkt worden tijdens het inlaten. Anders zou er teveel water worden ingelaten, dat niet meer op tijd gespuid kan worden.

Het beperken van de doorlaatgrootte bij het inlaten van vloedwater kan op drie manieren:

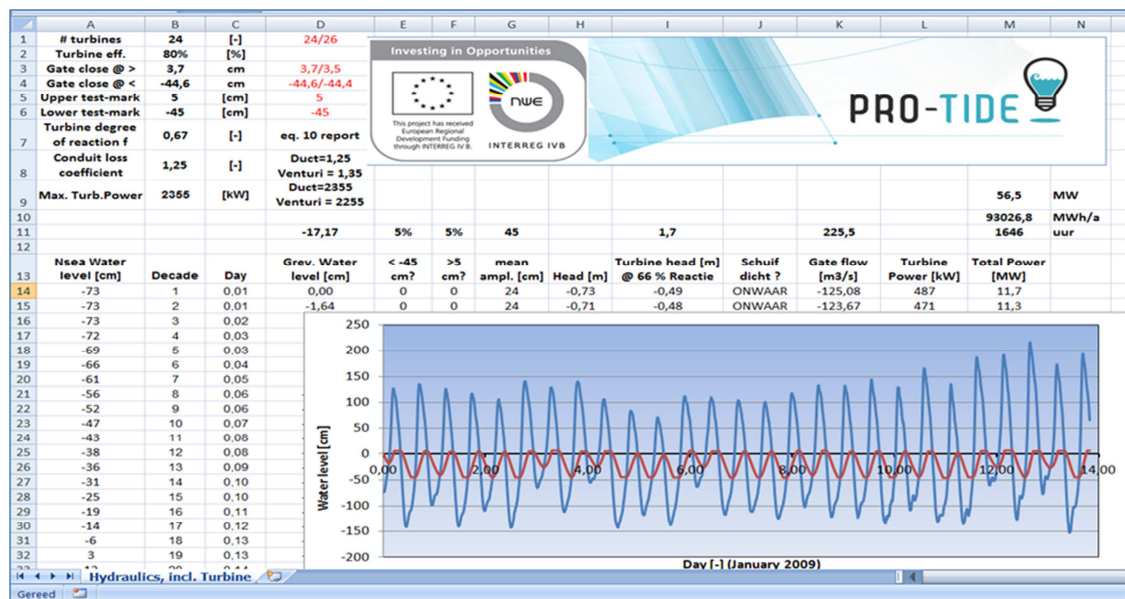
- Een gedeelte van het aantal kokers geheel afsluiten met bijvoorbeeld hefschuiven, zodat ingelaten wordt via een beperkt aantal geheel geopende kokers, terwijl bij spuien alle kokers geopend worden. Deze hefschuiven zijn sowieso nodig op grond van waterveiligheidseisen. Bij extreme weersomstandigheden (denk aan stormen) moet de doorlaat afgesloten kunnen worden, net zoals dit bij de Oosterscheldekering gebeurt
- De hefschuiven van alle kokers gedeeltelijk sluiten, zodat wordt ingelaten onder half/deels sluitende hefschuiven door. Bij inlaten worden de doorlaatoeningen dus "geknepen", terwijl bij spuien de hefschuiven van alle kokers in geheel geopende stand staan.
- In plaats van het knijpen met hefschuiven, kan de doorlaat tijdens inlaten beperkt worden door het inbrengen van een remmende werking van getijdeturbines. Deze turbines ontnemen energie vanuit het beschikbare verval bij inlaten, zodat met de resterende stromingsenergie precies het benodigde watervolume wordt doorgelaten dat nog is terug te spuien.

Terwijl de hefschuiven vrijwel alleen versteld kunnen worden bij kentering, kunnen de turbines op afstand voortdurend bijgesteld worden op hoeveelheid remming/doorlaat. Dit maakt de getijderegeling flexibeler en minder afhankelijk van voorspellingen. Daarmee biedt een getijdencentrale een belangrijke meerwaarde ten aanzien van een nauwkeurig peilbeheer.

Zeespiegelstijging is een feit, maar de snelheid ervan is nog onzeker. Verder vooruitkijken dan een stijging tot 30 cm lijkt voor dit ontwerp niet zinvol, omdat de klimaatscenario's verder in de toekomst steeds meer uiteenlopen. Om die reden is er voor gekozen om rekening te houden met een zeespiegelstijging van 30 cm. Hoe snel deze stijging optreedt, ofwel na hoeveel jaren 30 cm zeespiegelstijging zal zijn opgetreden wordt hier niet vastgelegd. Een aanname is dat dit het geval zal zijn over 30 jaren na heden, oftewel gemiddeld een stijging van 1 cm per jaar.

3.3 Hydro-energetische modellering

Het hydro-energetisch model van de doorlaat/getijdencentrale in dit ontwerp is gebaseerd op het model dat is ontwikkeld in het EU-project Pro-Tide (Van Berkel 2015). Het model berekent, uitgaande van weerstandcoëfficiënten en het momentane waterpeil op de Noordzee en het Grevelingenmeer, de doorstroming door de doorlaat/getijdencentrale en de elektriciteitsproductie.



Figuur 8: Screen-shot van het hydro-energetisch model (Microsoft Excel)

Kern van de hydro-energetische berekening van de doorlaat/getijdencentrale is de berekening van de snelheid in de kokers, afhankelijk van de waterstand op de Noordzee en op het Grevelingenmeer (Berkel 2015, daarin verwijzend naar Meijnen, 2015). Voor verdere details over het hydro-energetisch model wordt verwezen naar het document RWS 2018, Achtergronddocument, Businesscase Doorlaat/Getijdencentrale Brouwersdam.

Een regeling op maximaal waterpeil is in het model geëffectueerd met schuiven (dicht als een extreem waterpeil is bereikt). Dit is een vereenvoudiging van wat in werkelijkheid gebeurt, waarbij (anticiperend) geregeld wordt met de weerstand van de turbines, eventueel in combinatie met het tijdens kentering van het tij open/dicht zetten van schuiven. Daarbij is aangenomen dat de hefschuiven buiten kentering niet zijn te verstellen, maar dat met turbines een continu variabele reactie (weerstand) van de turbine momentaan is in te stellen voor fijnregeling. Deze adaptieve *fine tuning* is nog niet in het rekenmodel opgenomen.

Afhankelijk van...

1. aantal kokers van de doorlaat/getijdencentrale,
2. optioneel: aantal kokers dat is uitgevoerd met turbines,
3. reactiegraad (weerstand) van de turbine,
4. instelling van maximum en minimum waterstand voor sluiten van de schuiven,

...geeft het hydro-energetisch model de...

1. gemiddelde getijslag op het Grevelingenmeer,
2. gemiddeld peil op het Grevelingenmeer,
3. de minimum en maximum waterpeilen (incl. onder- en overschrijdingen),
4. getijgemiddeld debiet,
5. Jaarlijks opgewekte elektriciteit.

In de uitvoering van 2015 en de gebruikte versie in 2018 is het model door Deltares gecontroleerd op consistentie en nauwkeurigheid en voor dit onderzoeksdoel akkoord bevonden (Kleissen 2015, 2018).

Dimensionering van de getijdencentrale

Input is het waterpeil op de Noordzee (meetlocatie 'Brouwershavensegat 08') op 10-minutenbasis. Met een coëfficiënt voor de doorstroming (1,1) van de doorlaat (Loor 2018) en de getijdeturbines (Meijnen 2015) wordt dan de resulterende verandering in waterpeil op het Grevelingenmeer berekend, waarbij een constante oppervlakte (110 km²) van het Grevelingenmeer wordt verondersteld (Komborgingsmodel).

De benodigde grootte van de getijdencentrale wordt bepaald door de situatie bij 30 cm stijging van de zeespiegel. Er is dan immers sprake van een grote scheefstand van het peil op de Noordzee in vergelijking met het peil op het Grevelingenmeer. Vooral spuien naar zee verlangt dan een grote doorlaat. Berekend wordt 18 kokers (1152 m²), waarvan er 11 worden uitgerust met turbines die elektriciteit opwekken bij vloedstroming. Bij ebstroming draaien de turbines vrij (zonder elektriciteitsproductie) mee of worden ze uit het water geheven.

In het aantal kokers is rekening gehouden met de ontwerpafspraken dat:

- het benodigde aantal kokers t/m decimaal 0,2 naar beneden wordt afgerond. Indien meer dan 0,2 rest bestaat, dan wordt het totaal benodigde kokers naar boven afgerond. Dit is zo gekozen om te voorkomen dat er aanzienlijke meerkosten moeten worden gemaakt in de vorm van een extra koker zodra het aantal berekende kokers net boven een gehele waarde uitkomt,
- de bestaande Brouwerssluis als 1 koker telt, de werking van deze bestaande sluis wordt als equivalent van een koker van 8x8 m profiel geacht. Dus de berekende behoefte minus één koker is aantal kokers van het nieuwe kunstwerk.

Als de doorlaat van 18 kokers al bij projectaanvang (bij 0 cm zeespiegelstijging) gerealiseerd wordt, is er sprake van een overdimensionering. De grote doorlaat kan dan bij aanvang voor meerdere doeleinden worden ingezet:

1. Benutten van de maximale getijslag van 50 cm (N.B. een getijslag van 50 cm komt in de praktijk neer op een gemiddelde getijslag van slechts 40 cm vanwege het moeten elimineren van de invloed van hogere waterstanden op

- de Noordzee, zoals springtij, opwaaiing, e.d.), om het zuurstofgehalte en daarmee de waterkwaliteit optimaal te verbeteren.
2. Opwekken van getijdenenergie, zowel bij vloed- als ebstroming, met:
 - a. in alle kokers turbines geplaatst (waarvan een deel gaandeweg met het stijgen van de zeespiegel wordt verwijderd) of
 - b. van begin af aan maar met 11 turbines.

In deze studie is niet onderzocht wat van de varianten de beste uitvoeringsstrategie is voor bedrijf bij 0 cm naar 30 cm zeespiegelstijging. Deze optimalisatie wordt later bij de planuitwerkingsfase meegenomen. De businesscase in dit rapport is gebaseerd op de mogelijke getijdencentrale in een 'worst case'-scenario van 30 cm stijging van de zeespiegel. Dit wordt gezien als worst case, omdat bij vloed het water te gemakkelijk naar binnen stroomt (waardoor er geknepen moet worden), terwijl het bij eb niet meer volledig naar buiten kan stromen.

Er is een mogelijkheid dat de geïnstalleerde turbines als pomp in werking worden gesteld of door pompen kunnen worden vervangen. Daarmee blijft het gewenste gedempte getij en het middenpeil op de Grevelingen ook na 30cm zeespiegelstijging mogelijk.

Resumerend:

1. Om aan de uitgangspunten te kunnen voldoen (incl. 30 cm zeespiegelstijging) zijn voor een doorlaat 18 kokers nodig (jaargemiddelde getijslag 40 cm).
2. In deze doorlaat van 18 kokers kunnen 11 turbines worden opgenomen, die uitsluitend bij vloed elektriciteit produceren.

Deze getijdencentrale:

 - a. vraagt – bij gegeven zeespiegel – wat betreft grootte eenzelfde bouwwerk als een doorlaat,
 - b. zet hydraulische energie, die anders met schuifstanden zou worden gedissipeerd (omgezet in warmte), om in elektriciteit en
 - c. vraagt een meerinvestering in turbines, niet in een groter bouwwerk.
3. De getijdencentrale is gedimensioneerd op een zeespiegelstijging van 30 cm. Voorafgaand aan de periode van zeespiegelstijging kan de met het oog op toekomstige zeespiegelstijging vergrote doorlaat:
 - a. worden ingericht als middel om bij aanvang een grotere getijslag te bewerkstellingen, met als gevolg een snellere en effectievere verbetering van waterkwaliteit op de Grevelingen of
 - b. als alternatief worden gebruikt als bidirectionele getijdencentrale.Beide uitwerkingen zijn optioneel en in deze studie niet uitgewerkt.
4. In de periode voorbij de 30 cm zeespiegelstijging kan de vloedcentrale met bescheiden modificatie (toevoer van elektriciteit) worden ingezet als pompcentrale, zodat voor langere tijd (voorbij 2050?) aan de peileisen kan worden voldaan. Dit levert aldus een meer klimaat-robuste doorlaat, waarmee het belang wordt gediend van landbouw, Natura 2000, visserij, recreatie en havens. Deze meerwaarde zou aangescherpt moeten worden in een Maatschappelijke Kosten Baten Analyse.

Uitgangspunten voorbeeldontwerp

Bij het voorbeeldontwerp zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Aanleg van het bouwwerk in den droge (met bouwkuip), vanwege verwachte hogere kosten bij uitvoering in den natte (zoals met caissons).
- Enkelvoudige schuiven voldoen aan de waterveiligheidseisen, mits deze bij het falen van de aandrijving op eigen gewicht de koker kunnen afsluiten. Op grond daarvan is gekozen voor hefschuiven.
- Er is intelligente aansturing van de hefschuiven nodig om te kunnen voldoen aan de vereiste peilvariatie op het Grevelingenmeer, door met de hefschuiven kokers te sluiten of te knijpen (= deels sluiten). Ook geïnstalleerde turbines kunnen mogelijk als nevenfunctie een bijdrage leveren aan het gewenste peilbeheer.
- Met een in duplo uitgevoerd bedienings- en besturingssysteem wordt voorkomen dat twee naastliggende hefschuiven niet willen sluiten, daardoor kan de bodembescherming lichter worden uitgevoerd.
- In noodsituaties kan een hefschuif op eigen gewicht zakken tijdens kentering. Het functioneren van de hefschuiven, in het bijzonder wat betreft de faalkansanalyse, moet nog nader uitgewerkt te worden.
- De bodembescherming moet erosiekuilen op afstand houden van het kunstwerk, in de reguliere bedrijfssituatie en bij falen van sluiting van één hefschuif bij maatgevend hoogwater.
- De bodembescherming van een getijdencentrale is gelijk aan die van een doorlaatmiddel zonder turbines.
- Aan zeezijde worden geen strekdammen nodig geacht.
- Droog inspecteren van de kokers moet mogelijk zijn.
- De lengte van de kokers is gebaseerd op het profiel van de huidige verkeersvoorzieningen van nominaal 45 m breed, met 4 m extra voor bedieningsruimte voor de schuiven.

Het ontwerp op hoofdlijnen

Het ontwerp bestaat uit 18 betonnen kokers met elk een lengte van 49 m en een inwendige oppervlakte van 8x8 m. In 11 van de 18 kokers kan in geval van een getijdencentrale een turbine"box" van 8x8x8 m geplaatst. Deze boxen worden via een bovenopening in het midden van de kokers gepositioneerd.

De diepteligging van de kokers is gebaseerd op de samenhang tussen de onderdruk als gevolg van de hoge afvoercoëfficiënt en het tegengaan van luchtinsluiting en cavitatie.



Figuur 9: Het kunstwerk van een doorlaat met getijdencentrale in de met grond aangevulde situatie.

De situering in de Brouwersdam

De plaats van het doorlaatmiddel in het lengteprofiel van de dam is gekozen op grond van twee criteria:

1. de beschikbare ruimte in de Brouwersdam en
2. voldoende diepte in het Grevelingenmeer om wateruitwisseling zo goed mogelijk verspreid over het Grevelingenmeer te laten plaatsvinden.

Ten opzichte van het dwarsprofiel wordt de keuze beïnvloed door:

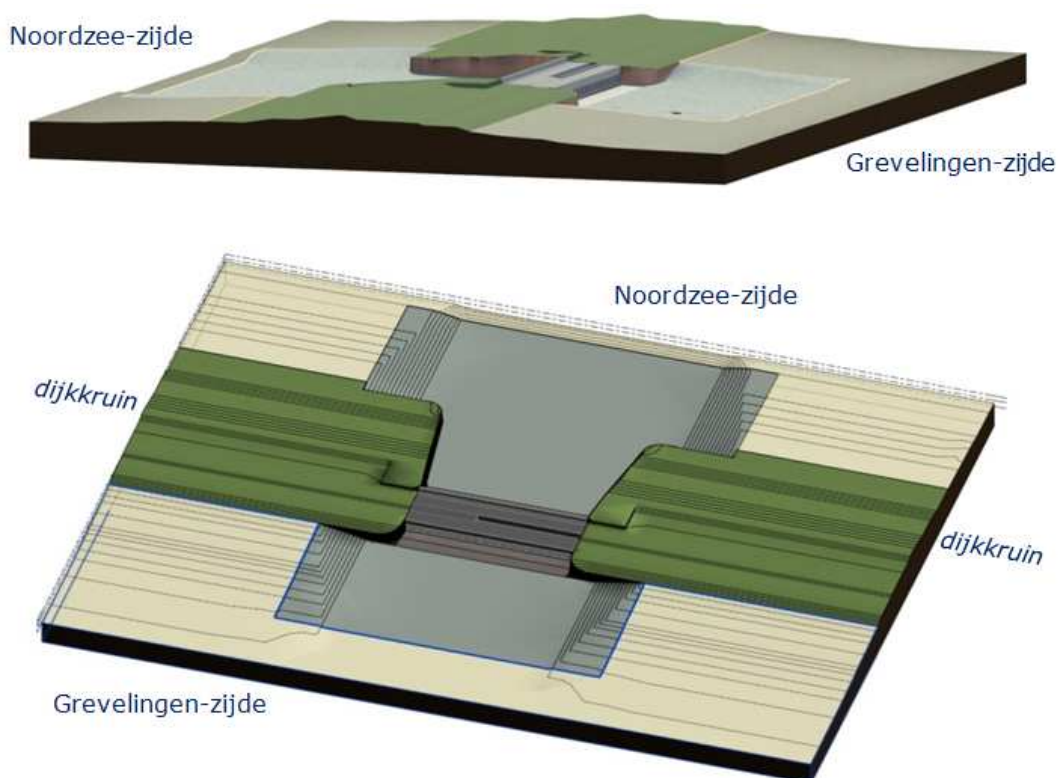
1. de aanwezigheid van de hoofdverbindingsweg N57 en de parallelweg met trambaan en
2. de eis de horizontale uitlijning in de eindsituatie niet te laten afwijken van de huidige situatie.

Dit heeft een asymmetrisch ontwerp van de fuikwanden tot gevolg. Bijkomend voordeel van deze asymmetrie is dat het nieuwe kunstwerk beschut achter de kruin van de Brouwersdam kan worden gebouwd.

Ter overbrugging van de hoogteverschillen en ter geleiding van de in- en uitgaande getijdestroming is voor (zware) stalen damwanden gekozen. Deze worden aansluitend op de kokers geplaatst, zowel aan de zijde van het Grevelingenmeer, als aan de Noordzee-zijde. Deze 'fuiken' geleiden de stroming

door een langzame versmalling naar uit het kunstwerk en met een geleidelijke verwijding er weer uit. Zo wordt een goede afvoer-coëfficiënt verkregen. Dit effect wordt versterkt door ook de (toekomstige) bodem geleidelijk op te laten lopen naar de bodem van de kokers.

Tussen de stalen damwanden (fuiken) en verder richting open water is aan beide zijden bodembescherming nodig. De kokers zijn aan de zeezijde afsluitbaar met stalen hefschuiven.



Figuur 10: Situering in de Brouwersdam

3.4 Bouwwijze

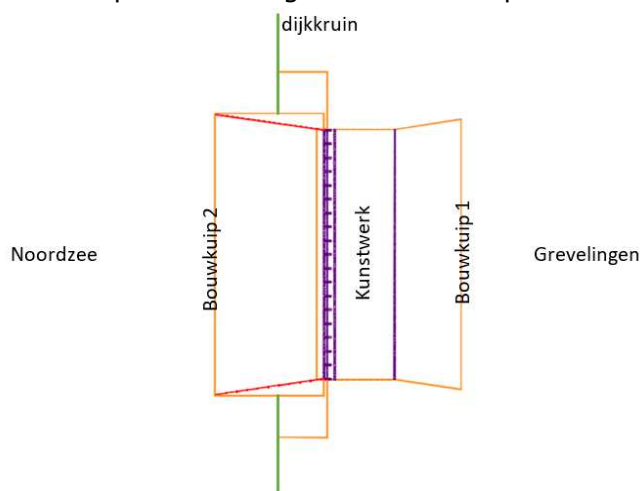
Na voorbereidende werkzaamheden wordt als eerste een tijdelijke wegomlegging gerealiseerd. Op een grondvolume, aangebracht tegen de oever van de Grevelingen, worden de hoofdweg en de parallelweg met passende boogstralen in asfalt omgeleid. In deze fase loopt het fietspad op de kruin nog rechtdoor en wordt de recreatieweg aan zeezijde nog niet onderbroken.

Rondom het te maken betonwerk van de doorlaat wordt de bestaande weg opgebroken. Het maaiveld wordt 2 tot 4 m verlaagd, zodat met kortere damwanden kan worden gewerkt. Aan de zijde van de Grevelingen wordt met een verankerde damwand 'bouwkuip 1' geslagen. Daarbinnen wordt de grond over nog eens 15 m laagdikte weggegraven. De kop-damwanden doen dienst als bekisting en als latere vleugelwand (fuik Grevelingen-zijde). Tussen de dijkkruin en bouwkuip 1 is ruimte voor een tijdelijke 'werkweg' langs het werk. Op de diepe vloer is aan Grevelingenzijde werkruimte over voor kranen, voorraad en bemaling.

Op deze bemalen diepe vloer worden dieper gaande kwelschermen geplaatst, wordt het kunstwerk en tevens de bodembeschermende betonplaat aan Grevelingenzijde gebouwd. Op het dak van de doorlaat wordt alvast gedeeltelijk grond aangebracht. Dit dient als gewicht tegen opdrijving, als één of meer kokers tweezijdig gesloten zouden moeten worden en om een vervangende werkweg over het kunstwerk ter beschikking te hebben.

Het kunstwerk reikt aan Noordzee-zijde met de voorwand tot de hoogte van de dijk kruin. Door alvast de schuiven in neergelaten toestand te plaatsen ontstaat een vervangende kering. Deze wordt aangevuld met een extra damwand op kruinhoogte, die de voorwand van de vervangende kering buiten het kunstwerk laat aansluiten op de doorgaande dijk kruin. Deze damwand is voor een deel ook een kwelscherm aan de opgaande zijkanten van het kunstwerk. Er is op het kunstwerk nu voldoende tijd en werkruimte om de werktuigkundige zaken van de hefschuiven en (eventuele) turbines aan te brengen en in te regelen.

Nu een vervangende kering tot stand is gekomen, kan een aansluitende 'bouwkuip 2' worden gerealiseerd ter plaatse van de dijk kruin. Deze heeft tot doel

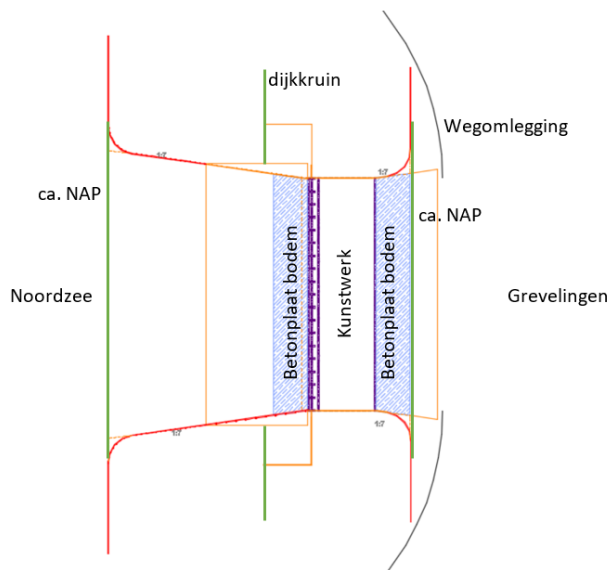


de caissons en fundatie op te ruimen die zich onder de dijk kruin bevinden. Daarvoor wordt eerst het maaiveld verlaagd met 4 tot 9 m om de damwandlengte te beperken. Bouwkuip 2 is een halve boog die aansluit op het kunstwerk. In deze fase wordt het fietspad op de kruin tijdelijk afgesloten en wordt de recreatieweg aan de zeezijde onderbroken.

Figuur 11: Bouwwijze bij aanleg bouwkuipen

Bij het slaan van bouwkuip 2 wordt getracht zo nauw mogelijk aan te sluiten op de bestaande caissons en de daaronder gelegen fundatie van stortsteen. Zo nodig worden – met voorboren aan de buitenzijde van de bouwkuip – de resterende kieren en het inwendige van de caissons royaal met cement geïnjecteerd. Hierna wordt bouwkuip 2 eveneens over nog eens 15 m laagdikte uitgegraven. De scheidende damwand van bouwkuip 1 kan getrokken worden, zodat aansluiting van de diepe vloer in bouwkuip 2 op het kunstwerk wordt verkregen. De twee bouwkuipen kunnen gescheiden bemalen worden dankzij de gesloten hefschuiven.

Vanaf de bemalen diepe vloer worden de caissons ruim buiten de toekomstige damwanden gedemonteerd en wordt de onderliggende fundatie van stortsteen opgeruimd voor hergebruik. Op de vrijgekomen vloer kan nu zover mogelijk de damwand voor de definitieve vleugels (fuij Noordzee-zijde) geslagen worden. Deze is – vanwege de grote kerende hoogte van de kruin – uitgevoerd als een combiwand met buispalen. Hier tegenaan kan de bodembeschermende betonplaat aan Noordzee-zijde gerealiseerd worden. Een op de betonplaten aansluitende strook van 25 m wordt uitgevoerd in colloïdaal vol gegoten stortsteen, hetgeen aan beide zijden nog in de bouwkuipen 1 en 2 droog kan worden aangelegd.



Vier vleugelwanden vormen een fuik ter weerszijden van het kunstwerk. Zij moeten de vloed- en ebstroom geleidelijk samenbrengen en kalm weer doen verwijderen. Daarvoor is aan de Grevelingenzijde slechts beperkte lengte beschikbaar, maar aan Noordzeezijde lopen de vleugelwanden redelijk ver uit, in een verhouding van 1:7. De damwanden worden doorgezet tot de waterlijn op ongeveer NAP-niveau.

Figuur 12: Bouwwijze bij realisatie vleugelwanden

Droog grondwerk wordt beperkt tot aan ongeveer de waterlijnen op NAP. Aan de Grevelingenzijde hoeft daarom nauwelijks met een kraan te worden gewerkt. Aan de Noordzee-zijde kan tussen de geplaatste vleugelwanden de bouwkuip worden verdiept. Met de uitkomende grond worden onder meer de gemaakte verlagingen buiten de bouwkuipen aangevuld.

Hierop kunnen de hoofdweg en de parallelweg weer hersteld worden in een rechte lijn over het kunstwerk. Bovenop het kunstwerk wordt het gehele grondoppervlak geasfalteerd voor gebruik als opstelruimte voor onderhoudskranen. Buiten het kunstwerk wordt voorzien in wisselstroken tussen hoofdweg en parallelweg die optioneel zijn in te zetten, bijvoorbeeld in onderhoudssituaties. Het fietspad wordt van de kruin naar beneden (en weer terug) geleid over de strook met dakdeksels van de bedieningsruimten van het kunstwerk. Naast de parallelweg blijft ruimte voor het smalspoor. De recreatieweg aan zeezijde blijft definitief onderbroken, tenzij hierover nog andere eisen/uitgangspunten worden afgesproken.

Nadat de overbodige damwand van de bouwkuipen zijn getrokken, kunnen aan beide zijden vanaf het water de stroomgeulen worden gecutterd. Aan Grevelingenzijde betreft dit voornamelijk het opruimen van de wegomlegging en de vooroever. Aan Noordzee-zijde is de oude stroomgeul verzand. Deze moet weer op diepte gebracht worden. Hierna ligt er een vlakke bodem ter weerszijden, waarbij ook ruimte is gemaakt voor neren buiten de vleugelwand-fuiken.

Het natte grondwerk is uitgevoerd tot diepte van de onderkant van te maken steenbestortingen. Deze steenbestortingen reiken aan beide zijden ongeveer 150 m buiten de fuiken en bedekken ook de taluds van de neren tegen de kopdamwanden. Op zinkstukken wordt ballaststeen geworpen, afgedekt met stortsteen, samen ongeveer 1 m dik. Waar nog nodig, wordt colloïdaal beton tussen de stortsteen gebracht. Op deze manier ontstaat een vloer op 13,0 m onder NAP. De eb- en vloedstroom worden via de iets hellende betonplaten over de bodemvloer van het kunstwerk naar 11,15 m onder NAP geleid. Voorbij de einden van de steenbestorting zullen erosiekuilen ontstaan, die vorm krijgen tot de stroming en de zandbodem in evenwicht zijn.

Tot de afwerkingen behoren het maken van aansluitingen in grond en dijkbekledingen, verkeersvoorzieningen en opstelbaarheid voor twee reservehefschuiven.

3.5 Resultaat voorbeeldontwerp

Het hydro-energetisch model van een doorlaat met getijdencentrale levert als uitkomst op dat er 18 kokers nodig zijn, waarvan er 11 worden voorzien van een turbine (Berkel 2018). Details van de ontwerpuitkomsten zijn opgenomen in de referentie Cubiq Scare 2018

Een samenvatting van de belangrijkste hoeveelheden benodigd voor de realisatie van het werk is onderstaand weergegeven.

Tabel 5: Samenvatting benodigde hoeveelheden per werkonderdeel

Onderdeel	Post	Aantal	Eenheid
Grondwerk	Ontgraving droog	820.000	m ³
	Ontgraving nat	900.000	m ³
	Aanvulling van extern	110.000	m ³
	Aanvulling uit depot	130.000	m ³
Beton	Werkvloer	1.700	m ³
	Gewapend beton	51.000	m ³
	Bekisting totaal	28.000	m ²
Mechanisch	Hefschuiven netto 8x8m 18 stuks	900	ton
	Idem reserve/deelbaar 2 stuks	100	ton
	Turbinegeneratoren 11 stuks	p.m.	
	Aansluitingen, leidingen, software	p.m.	
Damwand	Plaatsen	2.000	m
	Plaatsen <25 m	31.000	m ²
	Plaatsen <40 m	11.500	m ²
	Evt. hergebruik	13.000	m ²
Overig	Halfverharding/onderlagen	11.000	m ³
	Asfalt aanbrengen (NB m ³)	5.700	m ³
	Asfalt/bituminueus afvoer	9.400	m ³
	Stortsteen aanbrengen (NB m ³)	99.000	m ³
	Colloïdale-/injectiemortel netto	18.000	m ³
	Onbekend, verontreinigd ca.	3.000	m ³

3.6 Mitigerende Maatregelen

De projectorganisatie Getijdencentrale Brouwersdam heeft in 2014 aan Horvat & Partners gevraagd een verkenning uit te voeren naar de omvang van de mitigerende maatregelen. De doelstelling van deze verkenning was het verkrijgen van een nader onderbouwd inzicht in de verwachte mitigerende maatregelen (scope en kosten).

Een samenvatting van de hoeveelheden benodigd voor de realisatie van mitigerende maatregelen is onderstaande tabel weergegeven. Deze cijfers zijn indicatief, omdat de detaillering wat betreft mitigerende maatregelen nog niet definitief is vastgelegd. Voorlopig zijn ze beoordeeld als eventueel mee te koppelen wensen vanuit de omgeving. De bekostiging van de wensen is financieel nog niet gedekt en zal door de belanghebbenden zelf moeten worden gedragen. Voor private partij vormen ze daarom geen risico in relatie tot de getijdencentrale.

Tabel 6: Ontwerpresultaat mitigerende maatregelen in hoeveelheden

Mitigerend: eis	Aantal	Eenheid
Hoofdsteigers	7.811	m
Zijsteigers	468	m
Baggeren onvervuild	131.517	m ³
Baggeren vervuild	38.337	m ³
Dijkbekleding WHD	10	km
Dijkbekleding WZS	2	km
Rasters	15	km
Aanpassen veerstoepen	12	st
Overig: wens		
Habitat duinvalleien	21	km
Aanpassing vogeleilanden	114.000	m ³
Akkerbouw nulmonitoring	400.000	€
Oeverrecreatie, Fietspaden SBB	15	km
Damwand Port Zelande	3.500	m

4 Kosten

Bij de hiernavolgende kostenoverzichten is onderscheid gemaakt tussen het civiele werk voor het getijdenherstel (de doorlaat) en deel van de energiewinning (de getijdencentrale). Dit vanuit de gedachte dat de kosten en de risico's van het civiele deel, inclusief de mitigerende maatregelen, worden gedragen door een publieke bijdrage en het deel energiewinning door een private marktpartij.

De vermelde bedragen zijn 'all-in' – oftewel inclusief alle kosten, opslagen, risicoreserveringen, BTW, etc., tenzij anders is vermeld. De bedragen zijn afgerond op 1 miljoen euro.

4.1 Kosten voor het civiele deel, ten behoeve van de doorlaat

De kosten voor het civiele deel zijn grotendeels onderbouwd met het landelijke bestand kostprijzen (LBK) van Rijkswaterstaat, deels gecorrigeerd uit het oogpunt van actuele marktconformiteit.

De kosten zijn bepaald met een probabilistische Standaardsystematiek voor Kostenramingen (SSK), gebaseerd op een interne kostenramingen van Rijkswaterstaat. Dit zijn bedrijfsvertrouwelijke gegevens en dus niet bijgevoegd. Onderstaande tabellen geven een samenvatting van hoogte en verdeling van investeringskosten.

Tabel 7: *Civiele kosten (doorlaat) Brouwersdam (prijspeil 2017)*

Omschrijving	Aantal	Eenheid
Investeringskosten	130	mln €
Variatiecoëfficiënt	+ en - 23	%
Risicoreservering t.o.v. voorziene kosten	15	%

Tabel 8: Opbouw van de investeringskosten (prijspeil 2017)

Investeringskosten deel civiel	Aantal	Eenheid
Opruimings- en sloopwerken	4,4	mln €
Asfalt en wegmeubilair	2,3	mln €
Bouwput	1,8	mln €
Ontgraven dam	15,6	mln €
Drempel	0,4	mln €
Beton	10,7	mln €
Bekisting	7,3	mln €
Wapeningsstaal	10,9	mln €
Schuiven en hydrauliek	35,8	mln €
Bediening en besturing	10,5	mln €
Damwanden	16,6	mln €
Onderhoudsdeuren	2,0	mln €
Bodem- en oeverbescherming	8,4	mln €
Bijkomende werken	3,2	mln €
Totaal, afgerond	130	mln €

Door inkorten van de kokerlengte is een besparing mogelijk. Deze is berekend op € 0,33 miljoen per strekkende meter versmalling. De jaarlijkse levensduurkosten voor het civiele deel (doorlaat) bedragen 1,2 % van de investeringskosten.

4.2 Meer en minder-kosten van civiele deel, ten behoeve van de getijdencentrale

Aan inrichting van de doorlaat als getijdencentrale zijn aanvullende kosten verbonden. Het gaat daarbij bijvoorbeeld om meerkosten ten behoeve van bouw van de machinekamer (beton). Aan de andere kant is er een kans dat door toepassing van turbines ten behoeve van fijnregeling (peilbeheer), bespaard kan worden op kosten voor de hefschuiven, omdat deze dan niet geschikt hoeven te zijn voor fijnregeling. Onderstaande tabel geeft een overzicht van deze meer- en (mogelijke) minderkosten.

Tabel 9: Opbouw van de investeringskosten (prijspeil 2017)

Omschrijving	Aantal	Eenheid
Opruimings- en sloopwerken	4,4	mln €
Asfalt en wegmeubilair	2,3	mln €
Meerkosten (civiel)	130	mln €

Uit deze tabel blijkt dat de meer- en minderkosten bij benadering gelijk aan elkaar zijn.

4.3 Mitigerende maatregelen

Onderstaande overzicht geeft de kosten mitigerende maatregelen weer, zoals die in 2016 in beeld zijn gebracht.

Tabel 10: Kosten mitigerende maatregelen (prijspeil 2016)

Mitigerende maatregel	Aantal	Eenheid
Aanpassingen t.b.v. gebruiksfuncties	Ca. 10	mIn €
Baggerwerkzaamheden	Ca. 2	mIn €
Aanpassingen Buitengebied	Ca. 1	mIn €
Aanpassingen Dijken	Ca. 3	mIn €
Engineering + overige kosten	Ca. 2	mIn €
BTW	Ca. 4	mIn €
Totaal, afgerond	Ca. 22	mIn €

De bij deze berekening gehanteerde scope is:

- exclusief kosten voor strandbehoud
- exclusief kosten voor de ruimtelijke reservering voor 2x2 rijbanen
- inclusief alle wettelijk vereiste mitigerende maatregelen.

Voor de berekening geldt een bandbreedte van 50%. Factoren die bepalen zijn voor deze onzekerheid zijn:

- Bestuurlijke beslissingen over de scope
- Deelname van stakeholders aan de planuitwerking
- Uitkomsten van onderhandelingen met stakeholders
- Mogelijke (ontwerp)optimalisaties tijdens de planuitwerking
- Mogelijkheden om werk-met-werk te maken
- Uitkomsten van formele procedures tijdens de planuitwerking
- Aanbestedingsresultaten.

Bij zeer ingrijpende scope-uitbreidingen kunnen de kosten aanzienlijk oplopen, tot boven de vijftig procent. Hier is als uitgangspunt gekozen dat de kosten en risico's voor publieke rekening zijn.

Er zijn geen levensduurkosten geraamd voor de mitigerende maatregelen, omdat het uitgangspunt is dat de regio – net als in de huidige situatie – de kosten draagt voor beheer en onderhoud. De wijzigingen ten opzichte van de huidige situatie zijn overigens beperkt.

4.4 Kosten voor de technische installatie getijdencentrale

De kosten voor bouw, installatie en bediening en onderhoud van de getijdenturbines zijn gebaseerd op informatie uit het EU-project Pro-Tide, naar opgave van Pentair-Fairbanks-Nijhuis, zie (Meijnen 2015) en (Berkel 2015)

Nijhuis heeft veel ervaring in het ontwikkelen en construeren van laagverval axiale propellerpompen en -turbines. Op basis daarvan is een calculatiemodel ontwikkeld en geijkt om met behulp van ontwerpparameters budgetkosten te kunnen bepalen. Deze kosten zijn opgesplitst in kosten voor het staalwerk (afhankelijk van de massa van de staaldelen), kosten voor de energie-installatie en overige projectkosten. De totale kosten per geleverde turbine nemen af bij een toenemend leveringsaantal (ontwerp/engineering, modeltesten, projectmanagement). In de kostprijsberekening is geen winstmarge meegenomen, aangezien deze variabel is per leverancier, project, leveringsomvang, etc. Deze kosten worden geacht te worden meegenomen in de berekeningen door de private partner.

De kostprijs is opgenomen in tabel 11, waarbij is uitgegaan van productie in China (met een 33% kostenreductie ten opzichte van productie in Europa) is een onderverdeling gemaakt in:

- Hardware: elektromechanische turbineconstructie (staalwerk, inclusief generator, frequentie-omvormer en benodigde regelaars)
- Projectkosten: ontwerp, engineering, projectmanagement, modeltests, kwaliteitscontrole
- Installatie: plaatsen en inbedrijfstelling
- Onderhoud: gemiddelde onderhoudskosten per jaar over levensduur
- Prijzen zijn exclusief BTW.

Tabel 11: Turbinekosten bij productie in China (Meijnen 2015)

Aantal turbines	Hardware k€ per turbine	Productie-kosten k€ per turbine	Installatie k€ per turbine	Totaal k€ per turbine	Totale investering M€ per MW	Onderhoud k€ per turbine per jaar
1	4.295	800	100	5.195	2,21	130
4	3.866	429	97	4.392	1,86	117
10	3.708	284	94	4.086	1,73	112
20	3.628	208	91	3.927	1,67	110
40	3.572	152	89	3.813	1,62	108
60	3.547	127	86	3.760	1,60	107

Aan deze budgetopgave wordt door de fabrikant indicatief een nauwkeurigheid gegeven van $\pm 10\%$. Als de doorlaat wordt uitgevoerd als getijdencentrale, worden extra kosten gemaakt voor de aansluiting op het elektriciteitsnet. Deze kosten bedragen naar opgave van Stedin in 2014 als onder vermeld.

Tabel 12: Aansluitkosten elektriciteitsnet (prijspeil 2014)

Aansluitkosten, incl. BTW (Stedin 2014-06-26)	Aantal	Eenheid
< 10 MW	2,44	mIn €
10 - 12,5 MW	3,93	mIn €
12,5 - 25 MW	5,84	mIn €
25 - 50 MW	21,40	mIn €

Het geïnstalleerd vermogen van de 11 turbines is op 25 MW gemaximaliseerd, zodat voor de aansluitkosten een bedrag van € 5,8 miljoen geldt.

4.5 Integrale kosten voor de getijdencentrale (energiedeel)

De integrale kosten voor investering in de getijdencentrale worden samengevat in onderstaande tabel.

Tabel 13: Investeringskosten voor de getijdencentrale (prijspeil 2015)

Omschrijving	Aantal	Eenheid
Netto meerkosten civiele techniek getijdencentrale	0,3	mln €
Turbinekosten, incl. hardware, projectkosten en installatie	54,4	mln €
Eenmalige aansluitkosten	5,8	mln €
Objectgebonden risicoreservering (6 %)	3,7	mln €
Objectoverstijgende risicoreservering (4%)	2,6	mln €
Totaal	66,8	mln €

Naast de investeringskosten is er sprake van jaarlijkse kosten voor onderhoud en bediening en voor vermogensaansluiting. De jaarlijkse kosten voor bediening en onderhoud van het energiedeel (exclusief het civiele deel) worden geschat op 2,5% van de investeringskosten. Aanvullend daarop is sprake van jaarlijkse aansluitkosten (vermogensheffing) ten bedrage van € 0,3 miljoen per jaar. De jaarlijkse kosten (o.a. voor bediening en onderhoud) worden samengevat in tabel 14.

Tabel 14: Jaarlijkse kosten voor de getijdencentrale (prijspeil 2017)

Omschrijving	Aantal	Eenheid
Bediening en onderhoud van de turbines en technische installatie (2,5 % van de investering)	1,7	mln €
Jaarlijkse kosten voor de energie-aansluiting.	0,3	mln €
Totaal	2,0	mln €

Het geheel van de investeringskosten en de jaarlijkse kosten is opgenomen in de financieel-economische afwegingen van de businesscase. Deze wordt beschreven in hoofdstuk 5.

5 Businesscase getijdencentrale

5.1 Inleiding

De financieel-economische businesscase draagt bij in de beoordeling of een getijdencentrale ook vanuit privaat perspectief een financieel haalbare variant is. We spreken van een haalbare businesscase als de investering en de jaarlijkse kosten met de jaarlijkse opbrengsten wordt terugverdiend en er voldoende rendement gerealiseerd wordt voor de verschaffers van kapitaal. Er wordt een conservatieve benadering gehanteerd, wat betekent dat aannames over verschillende kosten en opbrengsten behoudend worden ingeschat.

Hoewel de doorlaat en de getijdencentrale als samenhangend project moet worden uitgevoerd, is er wel een verschil in economische ratio tussen de investeringsbeslissing voor de doorlaat en voor de getijdencentrale. Alleen bij de getijdencentrale zal er sprake zijn van een investering door de markt die – door verkoop van elektriciteit – terugverdiend kan worden. Bij de doorlaat gaat het om bekostiging uit publieke middelen. Dit heeft gevolgen voor de wijze waarop de businesscase wordt opgebouwd. Omdat de vraag aan de markt is of de getijdencentrale vanuit marktpartijen financieerbaar is, wordt de businesscase van de getijdencentrale zelfstandig gepresenteerd.

Financiële haalbaarheid van de businesscase wordt uitgedrukt in een kasstroomoverzicht en samengevat met vier kengetallen: de Internal Rate of Return (IRR), De Netto Contante Waarde (NCW) met onderbouwde gekozen verdisconteringsvoet, de terugverdientijd en de Levelized Costs of Energy (LCoE).

Het gaat hier om een eerste verkenning die in een vervolgfase verder wordt uitgediept. Veel kosten zijn samengevoegd op een hoger schaalniveau en zullen in een latere fase aangescherpt en gespecificeerd moeten worden. Ook moet de financieringsstrategie, met bijbehorende ratio's, in dat stadium uitgewerkt worden. Hieronder worden de belangrijkste parameters van de (financiële) businesscase toegelicht (RWS-PZH 2018).

De gegevens over de energieproductie volgen uit het hydro-energetisch model dat is toegelicht in hoofdstuk 3.

5.2 Aannames parameters

In de tabellen hieronder worden parameters/uitgangspunten inzichtelijk gemaakt. Een toelichting op een aantal belangrijke parameters volgt in de paragrafen daarna.

Tabel 15: Algemene parameters

Parameter	Aanname	Eenheid
Vennootschapsbelasting VPB	21	%
BTW	21	%
Indexatie elektriciteitsprijzen	0	%
Indexatie kosten	0	%

Tabel 16: Investeringsparameters

Parameter	Aanname	Eenheid
Jaar start bouw	2023	
bouwperiode	1	jaar
Projecthorizon (aanname)	30	jaar
Restwaarde	0	mIn €
BTW opslag	Nee	
Risicoreservering	10	%

Tabel 17: Financieringsparameters

Parameter	Aanname	Eenheid
Aandeel vreemd vermogen	70	%
Aandeel eigen vermogen	30	%
Rente vreemd vermogen	3	%
Rendementseis eigen vermogen	13	%
VPB	21	%
Discontovoet (WACC)	5,56	%

Tabel 18: Kostenparameters

Parameter	Aanname	Eenheid
Afschrijvingsperiode	30	jaar
Afschrijvingsprofiel	Lineair	
Onderhoudskosten, als percentage van de investering	2.5	%
Jaarlijkse aansluitkosten (vastrecht- en meetkosten)	11.000	€ per MW

Tabel 19: Opbrengstparameters

Parameter	Aanname	Eenheid
Start exploitatie	2024	
Marktprijs elektriciteit 2024	49	€ per MWh
Indexatie elektriciteitsprijzen	0	%
Garanties van Oorsprong	2	€ per MWh
SDE+ basisbedrag	130	€ per MWh
SDE+ correctiebedrag	49	€ per MWh
SDE+ maximaal aantal vollasturen	2.800	
SDE+ looptijd	15	jaar
Subsidies:		
▪ DEI	4	mIn €
▪ EU innovation funds	2	mIn €
Energieproductie	60	GWh
Vollasturen	Ca. 2.400	
BTW opslag omzet	Nee	

5.3 Gebruikte kengetallen

NCW

Door onzekerheid en inflatie worden toekomstige kasstromen steeds lager gewaardeerd. Er wordt een verdisconteringsvoet gebruikt om kasstromen 'contant' te maken. De NCW-waarde wordt bepaald door de investering af te trekken van de contant gemaakte toekomstige opbrengsten. Is deze positief dan is een project in principe financieel aantrekkelijk.

IRR

De IRR is de verdisconteringsvoet waardoor de NCW-waarde precies 0 is. Als de IRR groter is dan de WACC (Weighted Average Cost of Capital) van een project dan is het project financieel aantrekkelijk.

WACC

De gebruikte verdisconteringsvoet is een gemiddelde van de benodigde rendementen, op zowel eigen vermogen als vreemd vermogen, ook wel de Weighted Average Cost of Capital (WACC) genoemd.

Terugverdiëntijd

De terugverdiëntijd geeft aan in hoeveel jaar een investering is terugverdiend. Projecten kunnen op deze basis met elkaar vergeleken worden, waarbij de duur van de terugverdiëntijd een belangrijk onderdeel is voor een investeringsbeslissing.

LCoE

De LCoE is een ratio die berekend wordt door de netto contante waarde van alle kosten (investeringskosten en operationele kosten) te delen door het totaal aan geproduceerde energie. Deze ratio kan helpen beoordelen hoeveel het kost om

energie met desbetreffende energiebron op te wekken in vergelijking tot andere energiebronnen.

Onderbouwing parameters businesscase

De onderbouwing van de gebruikte parameters is als volgt:

- WACC: Vaak wordt een verhouding van 20% eigen vermogen en 80% vreemd vermogen gebruikt. Voor risicovollere projecten wordt ook met een verhouding van 30/70 gerekend (PBL⁵). Gezien de gebruikte businesscaseperiode (30 jaar) en innovativiteit van het project wordt er in deze casus met een verhouding van 30/70 gerekend. Het gewenste rendement op eigen vermogen is 13%. De rente op vreemd vermogen is 3%. Rekening houdend met het effect van de vennootschapsbelasting (VPB) – die lager is door aftrekbare rentelasten – resulteert er een WACC van 5,56%.
- Looptijd 30 jaar: De technische levensduur van de civiele constructie is 100 jaar. De technische levensduur van de turbines is 50 jaar (bron: Pro-tide (2015)). Omdat de lengtes van deze perioden een grote onzekerheid impliceren (energieopbrengst) en significant hoger zijn dan voor andere installaties voor duurzame productie, wordt er hier gerekend met een economische levensduur van 30 jaar. Er wordt hier ook niet met een restwaarde gerekend.
- Investeringsperiode: 1 jaar. De bouw van de civiele constructie zal meerdere jaren in beslag nemen. Echter zal hier, omdat het een publiek werk betreft, over de looptijd van de bouw afgerekend worden. Voor de aanschaf en installatie van de turbines wordt met 1 jaar gerekend, gevolgd door 30 jaar aan energieopbrengst. De investeringsperiode van de getijdencentrale is dus relatief kort.
- In de berekening wordt gewerkt met een tarief voor de vennootschapsbelasting (VPB) van 21%. In 2018 is het tarief nog 25%. In het regeerakkoord⁶ is opgenomen dat het tarief in drie stappen verlaagd gaat worden tot 21% vanaf 2021. Omdat de getijdencentrale pas energie gaat leveren na deze periode wordt er met dit laagste tarief gerekend.
- Investeringskosten kosten zijn exclusief BTW. Het gaat hier om een activiteit in de ondernemerssfeer (produceren en verkopen van energie) waarbij de BTW op investeringsmiddelen aftrekbaar zijn.

Specificatie kosten en opbrengsten

De investeringskosten bestaan uit de volgende onderdelen:

- Extra kosten voor de civiele constructie om een getijdencentrale mogelijk te maken (Bron: SSK Rijkswaterstaat, bedrijfsvertrouwelijk en niet meegeleverd). Zie voor meer informatie hoofdstuk 4.

⁵ <http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/pbl-2018-conceptadvies-basisbedragen-algemeen-sde-plus->

⁶ <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/publicaties/2017/10/10/regeerakkoord-2017-vertrouwen-in-de-toekomst>

- Aanschaf en installatie van de turbines.
Kosten van de turbines zijn meegenomen volgens opgave van de firma Nijhuis Pompen te Winterswijk (Meijnen 2015). Zie voor meer informatie hoofdstuk 4.
- Netaansluiting eenmalig.
Stedin hanteert verschillende tarieven afhankelijk van het geïnstalleerd vermogen. Het geïnstalleerd vermogen van de getijdecentrale is gemaximeerd op 25,0 MW. De aansluitkosten bedragen dan € 4,8 mln. Het daadwerkelijke tarief zal hier iets van afwijken en zal in een later stadium gespecificeerd moeten worden.
- Onzekerheidsmarge 10%
Bij bovenstaande investeringskosten is een onzekerheidsmarge opgenomen van 10%. Dit lijkt beperkt. Bij civiele werken is het niet ongebruikelijk om te werken met marges van 20%. De reden voor deze lagere marge is dat de civiele component (extra kosten civiele constructie) beperkt zijn. Het gaat hier alleen om de turbines zelf en de aansluitkosten van Stedin. Er zijn hier minder factoren die de uiteindelijke investeringsomvang beïnvloeden. Daarom wordt hier gewerkt met een relatief lage onzekerheidsmarge.

De inkomsten (omzet) zijn als volgt opgebouwd:

- Energieproductie in MWh
De energieproductie wordt berekend door het hydro-energetisch model van Pro-Tide. Voor een toelichting zie hoofdstuk 3.
- Prijs van grijze energie
De hoogte van de elektriciteitsprijs is gebaseerd op de analyse van PBL voor het voorstel van hoofdlijnen van het klimaatakkoord⁷. Hoewel er altijd een grote onzekerheid bestaat over de ontwikkeling van de energieprijzen is de verwachting is dat de prijs voor elektriciteit de komende jaren gaat stijgen. In de periode dat de getijdencentrale energie gaat produceren is de verwachting dat de elektriciteitsprijs net onder de € 50 per MWh ligt. In het model gaan we uit van een prijs van € 49 per MWh. Ook bestaat er nog de mogelijkheid van extra opbrengsten door de verkoop van Garanties Van Oorsprong (GVO). In het model werken we daarom met een prijs van € 51 per MWh. Deze prijs is in het model gedurende de looptijd stabiel. In de analyse van PBL heeft de elektriciteitsprijs betrekking op de periode na 2030. Voor deze periode kan sprake zijn van een lagere elektriciteitsprijs. Door de werking van de SDE+-regeling zou deze lagere prijs echter gecompenseerd worden door een hogere SDE+-bijdrage.
- Stimulering Duurzame Energie (SDE+) (Bron: RVO⁸)
Duurzame opwekking door middel van waterkracht wordt gestimuleerd door de SDE+-regeling. In het model gaat we er vanuit dat het basisbedrag voor waterkracht (verval minder dan 50 cm) de komende jaren gelijk blijft. Het gaat hier om de vastgestelde SDE+-bijdrage voor waterkracht. Een basisbedrag van € 130 per MWh en een correctiebedrag van € 49 per MWh geeft een SDE+-bijdrage van € 81 per MWh.

⁷ <http://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/pbl-2018-analyse-van-het-voorstel-voor-hoofdlijnen-van-het-klimaatakkoord-3380.pdf>

⁸ <https://www.rvo.nl/sites/default/files/2018/02/Brochure%20SDE%20voorjaar%202018.pdf>

- Bijdragen DEI-subsidie en EU innovation funds-subsidie van respectievelijk € 4 miljoen en € 2 miljoen.

Tabel 20: Jaarlijkse omzet getijdencentrale

Opbouw jaarlijkse omzet		
Opgewekte Energie (MWh/jaar)	60.000	MWh per jaar
Verkoopprijs Elektriciteit (€/MWh)	3.060.000	€ per MWh
Bijdrage SDE (€/MWh)	5.860.000	€ per MWh
Jaarlijkse omzet	7.920.000	€

De opbouw van de operationele kosten is als volgt berekend:

- Onderhoud Turbines (Bron Pro-tide)
Onderhoud van de turbines (Meijnen 2015) bedraagt € 135.520 per turbine per jaar. Dit komt overeen met circa 2,5% van de investeringskosten.
- Jaarlijkse aansluitkosten, gebaseerd op opgave van RVO⁹.
De jaarlijkse aansluitkosten (vastrecht- en meetkosten) bedragen €11.000 per geïnstalleerde MW.

5.4 Resultaat businesscase

Een doorrekening met de hierboven toegelichte uitgangspunten, waaronder een verdisconteringsvoet van 5,56%, resulteert in een positieve NCW van € 8,8 mln en een IRR van 7,7% (RWS-PZH 2018). De financiële uitkomsten van deze verkenning lijken daarmee gunstig. De investeringskosten worden, met netto kasstromen, in 10 jaar terugverdiend. Hoewel dit langer is in vergelijking met investeringen in zon en wind, gaat het hier ook om een productiemiddel dat langer meegaat. Na deze 10 jaar wordt er immers nog 20 jaar energie opgewekt. Om de getijdencentrale te vergelijken met andere duurzame energie productie kan de LCoE van de getijdencentrale berekend worden. Deze bedraagt € 90,7 per MWh. De LCoE van bijvoorbeeld wind op land varieert tussen de € 70 en € 90 per MWh. De kosten om een MWh op te wekken met de getijdencentrale zijn dus relatief hoog. Dit wil niet zeggen dat een getijdencentrale ook financieel minder aantrekkelijk is. Het verschil in kosten wordt namelijk gecompenseerd door een hogere SDE+-bijdrage voor waterkracht in vergelijking met wind en zon.

⁹ <https://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/duurzame-energie-opwekken/windenergie-op-land/financien/kosten-en-baten>

6 Risico's en kansen

6.1 Inleiding

Het risico & kansen-dossier is het product van diverse overleggen met meerdere bedrijven en organisaties, waaronder ingenieursbureau Sweco, Horvat&Partners, Cubicsquare, de provincie Zuid-Holland en Rijkswaterstaat.

De in dit dossier benoemde risico's maken deel uit van de totale risicoreservering, zoals die in de kostenraming is opgenomen.

De totale risicoreservering in de kostenraming is groter dan hetgeen is overgenomen uit het risicodossier, omdat in de kostenraming ook percentages zijn opgenomen voor niet benoemde risico's. De niet benoemde risicoreservering wordt ook wel 'onvoorzien onvoorzien' genoemd.

De risico's uit het risicodossier zijn met het principe 'kans x gevolg' gekwantificeerd in de kostenraming. De risico's zijn samen met de reservering voor niet benoemde risico's en bandbreedten op kostenposten probabilistisch doorgerekend, met behulp van een MonteCarlo-simulatie. Uit deze berekening volgt onder andere de variatiecoëfficiënt (bandbreedte), maar ook de volgende top-risicobijdrage tabel.

Tabel 21: Risico's (gewogen naar risicobijdrage)

Risico	Object en oorzaak	Bijdrage
Enkele schuiven voldoen niet aan normen voor betrouwbaarheid	object: doorlaat oorzaak: hoeveelheid	18,6%
Turbines	object: energie oorzaak: prijs	10,4%
Nieuwe normen voor waterveiligheid zijn strenger dan huidige eisen	object: object-overstijgende risico's oorzaak: hoeveelheid	10,4%
Turbines	object: energie oorzaak: hoeveelheid	9,7%
Leveren en aanbrengen hydraulisch bewegingswerk (hefschuif)	object: doorlaat oorzaak: prijs	4,8%
Leveren en aanbrengen hydraulisch bewegingswerk (hefschuif)	object: doorlaat oorzaak: hoeveelheid	4,1%
Niet benoemd object-overstijgend risico investeringskosten	object: object-overstijgende risico's oorzaak: hoeveelheid	3,8%
Aangelegde geulen slibben deels weer dicht	object: doorlaat oorzaak: hoeveelheid	3,4%
Overig		34,8%
Totaal		100%

Enkele van de bovenstaande risico's betreffen een publiek risico en vallen daarmee buiten het private risico (zie ook 6.2 en 6.3). De variatiecoëfficiënten en de totale risicoreserveringen zijn benoemd in het hoofdstuk 4 Kosten.

In 2016 is een rapportage over de systeemrisico's opgeleverd, waarin geadviseerd is in deze fase van de verkenning voor onvoorziene kosten 15 tot 20% op te nemen. De risicoreservering, bedoeld om onvoorziene kosten uit te kunnen betalen, is op dit moment 13% en dus lager dan het advies uit 2016. Daarbij wordt aangetekend dat er inmiddels meer is uitgezocht, waardoor er meer zekerheid is ontstaan over de voorziene kosten en een lager percentage risicoreservering gerechtvaardigd lijkt.

De belangrijkste risico's, de schuiven met bewegingswerk en de turbines, verdienen extra aandacht in de volgende projectfase.

6.2 Risico's en kansen doorlaat

Onderstaande risico's zijn voor de volledigheid opgenomen. Het betreffen publieke object gebonden risico's en kansen. Ze gelden dus niet voor de getijdencentrale.

Tabel 22: Publieke objectgebonden risico's en kansen

Objectgebonden risico's en kansen	
Opruimings- en sloopwerkzaamheden	optreden van onverwachte milieutechnische of technische schade en/of een archeologische ontdekking.
	Het slopen van de caissons kost meer tijd dan verwacht
	m.b.t. Het afvoer van betonpuin kost meer dan verwacht (bijv. als gevolg van een te hoog chloridegehalte).
	Het vulmateriaal in de caissons is deels milieubelastend.
	Vrijkomend asfalt uit wegen is deels teerhoudend.
Bouwput en tijdelijke voorzieningen	In de bouwkuip treden lekkages op.
	Stormschade door hoge golven.
	Bodem bouwput barst op als gevolg van waterdrukken onder de asfaltaag van de huidige bodembescherming.
Grondwerk	Aangelegde geulen slibben deels weer dicht.
Doorlaat	Er is een risico op uitspoeling, doordat deuren niet volledig sluiten.
	Het doorlaatmiddel is zonder verstevigen van de fundering onvoldoende stabiel.
	De kweldruk onder de aansluitende betonnen bodemplaten (= bodembescherming) is te hoog (risico is afgewaardeerd in verband met kwelschermen).
	Dek en vloer kunnen dunner worden uitgevoerd (o.a. prefab, N.B.: let op te grote bovenbelasting grond)

	Wateroverlast als gevolg van de faalkans van systeem, software e.d. (reguliere omstandigheden) waardoor te hoog waterpeil op de Grevelingen.
	Enkelvoudige schuiven voldoen niet aan normen voor betrouwbaarheid (faalkansen).
	Golfklappen op schuiven (Deltares) vereisen bijkomende sterkte.
	Beperking mogelijkheid luchtinzuging (Deltares).
	Trilling(trillingsklappen) bij half sluiten schuiven.
	Duurdere schuiven nodig in verband met fijnregeling buiten kentering (zwaardere rollen in sponning, zwaardere mechanieken, e.d.) Kans voor getijdencentrale in verband met fijnregeling door turbines.
Bodem- en oeverbescherming	Bodem moet tijdens de aanleg van de bodembescherming regelmatig vanwege aanslibbing worden opgeschoond (zezijde).
	Steenbestorting wordt ondermijnd door ontgrondingskuil.
	Bodembescherming ontlasten door deze dieper te leggen waardoor minder belasting van de bodembescherming wordt verkregen.
	Functioneel gebruik van (deel) van huidige bodembescherming (asfalt over 120 meter aan Noordzee zijde dam) als onderdeel van nieuw aan te leggen bodembescherming. (Kans)
Bijkomende werken	Geen benoemde risico's.

Tabel 23: Publieke objectoverstijgende risico's en kansen

Objectoverstijgende risico's en kansen
Raming is niet volledig.
Areaalgegevens niet op orde (werkelijke situatie wijkt af van brongegevens).
Het nog op te stellen contract bevat omissies.
Nadere aanpassingen in overleg met stakeholders.
Nieuwe normen voor waterveiligheid zijn strenger dan huidige eisen.
Wateruitwisseling tussen het Grevelingenmeer en de Noordzee loopt terug als gevolg van de zeespiegelstijging (deels kans bij toepassen turbines).
Vertraging door niet tijdig verkrijgen van vergunningen.
Verbeteren van de afvoercoëfficiënt door ander ontwerp doorlaat. Dit kan 1 of 2 kokers schelen.
Dubbelingen in kansen op optimalisatie
Niet benoemd objectoverstijgend risico investeringskosten (%)

Risico's mitigerende maatregelen (als onderdeel van een vast percentage van de risicoreservering):

- De dijken rondom het Grevelingenmeer blijken plaatselijk toch gevoeliger te zijn voor zettingsvloeiing dan aangenomen.
- In de huidige inventarisatie zijn mogelijk nog niet alle mitigerende maatregelen meegenomen. Dit kan nog een scope wijziging met zich meebrengen die valt onder de publieke bijdrage.

6.3 Risico's en kansen getijdenexploitatie

De risico's en kansen voor de meekoppelkansen getijdenenergie behoren tot de verantwoordelijkheid van de private partijen. Onderstaande tabel geeft hiervan een overzicht.

Tabel 24: Private risico's en kansen van de meekoppelkansen getijdenenergie

Private risico's en kansen getijdencentrale	
Investering	Aansluitkosten beneden drempel houden van een opgesteld vermogen < 25 MW
	Vermijden benoemd risico op noodzaak tot fijnregeling door instelbaar moeten maken van hefschuiven buiten kentering (vermijden risico bij doorlaat).
	Vermijden risico wateruitwisseling tussen het Grevelingenmeer en de Noordzee loopt terug als gevolg van zeespiegelstijging (Horvat) (vermijden risico doorlaat).
	Pompwerking na 30 cm zeespiegelstijging mogelijk (kost nieuw investeringsbedrag, buiten scope).
	Meer rendement van turbines door vergroten van het verval. Door schuiven te openen als de vloed bijna op het maximum is (Nadeel: duurdere schuiven nodig in verband met fijnregeling buiten kentering (zwaardere rollen in sponning, zwaardere mechanieken, e.d.).
	Extra investeringssubsidies vallen lager uit.
	Hydraulische weerstand stilstaande turbines te groot voor spuien: 1 extra koker betonwerk.
	Nadere veiligheidseisen stroomuitval.
	Extra voorzieningen tegen mortaliteit en/of ten bate van vismigratie.
Levensduur	Noodreparaties schuif en/of turbines tijdens levensduur.
	Onderhoudsinterval verlengen.
	Verkoopwaarde met SDE+ niet € 130 per MWh gedurende eerste 15 jaar.
	Risico op versneld verwijderen van 1 of meer turbines vanwege zeespiegelstijging of onvoldoende getij.

We hebben er binnen het project geen invloed op, maar een (substantiële) verlaging van deze subsidie kan wel leiden tot een latere heroverweging van de financiële businesscase door een marktpartij.

Het resultaat van de businesscase moet ook in de context worden geplaatst van de verschillende onzekerheden in kosten en opbrengsten van de getijdencentrale. Het oordeel over de haalbaarheid hangt mede af van hoe potentiële kansen en risico's worden ingeschat en wat voor effect dit heeft op de uitkomsten van de businesscase. Om een beeld te geven van de impact van de opgenomen variabelen en aannames is in onderstaande tabel een gevoeligheidsanalyse opgenomen. Hierin worden veranderingen in aannames uitgedrukt in uitkomst NCW. Deze kunnen vergeleken worden met de NCW van € 8,8 mln die berekend is in hoofdstuk 5.

Tabel 25: Gevoeligheidsanalyse

Gebeurtenis	NWC bij toename 10%	NWC bij afname 10%	Eenheid
Investeringskosten	3,9	13,6	mln €
Energieproductie	16,0	1,6	mln €
Operationele kosten	6,9	10,5	mln €
Prijs elektriciteit	10,0	7,6	mln €
Basisbedrag SDE+	14,6	3,0	mln €

Overige risico's:

- De economische levensduur van de turbines is korter dan 30 jaar.
- Tariefverlaging VPB wordt toch niet door kabinet doorgevoerd.
- Turbines kunnen niet worden ingezet voor peilbeheer, waardoor meerkosten van de investering in de civiele constructie stijgen.

Overige kansen:

- Gehanteerde WACC (discontovoet) kan omlaag (rendementen op eigen vermogen en vreemd vermogen zijn hoog ingeschat)
- De getijdencentrale komt in aanmerking voor extra stimuleringsmaatregelen, bijvoorbeeld groenfinanciering
- Optimalisatie van VPB verrekening.

7 Marktbenadering

7.1 Inleiding

In 2015 is voor het project Getij Grevelingen een strategisch inkoopplan opgesteld waarin een aantal keuzerichtingen voor de marktbenadering van de getijdencentrale is verkend en bepaald. Het strategisch inkoopplan is de basis geweest voor de marktbenadering op hoofdlijnen zoals hier verwoord.

Van belang voor de wijze van marktbenadering is daarbij de notie dat het realiseren van een getijdencentrale nog verkeert in een stadium van een potentieel haalbare business case. In de fase van planuitwerking zal vastgesteld moeten worden of een getijdencentrale van een zekere omvang daadwerkelijk haalbaar is. Juist deze onzekerheid maakt dat de marktbenadering voor het project Getij Grevelingen op een andere wijze zal moeten worden vormgegeven dan nu gebruikelijk is voor projecten van deze omvang.

Leidende principes voor de marktbenadering voor het project Getij Grevelingen zijn onder meer:

- Vroegtijdige inzet van kennis en expertise van private ondernemingen om hun kennis en creativiteit maximaal te benutten. Dit draagt bij aan optimale slimme en innovatieve oplossingen voor een toekomstbestendige Grevelingen, met een veerkrachtig en robuust ecosysteem en opwekking van duurzame energie.
- Afstemming van publiekrechtelijke procedures (ProjectMER en vergunningen) en de gezamenlijke planuitwerking in een publiek-private samenwerking. De ruimtelijke procedures en het ontwerpproces (voor een technisch en financieel haalbaar ontwerp) worden met elkaar vervlochten om tot een integraal kostenefficiënt en realiseerbaar ontwerp te komen.
- Snel zekerheid over de kosten, zodat vroegtijdig een positieve businesscase ontwikkeld kan worden voor het onderdeel getijdenenergie.
- Een efficiënt en effectief proces, met als gevolg een kortere doorlooptijd van het gehele project en beperkte transactiekosten. De doorlooptijd planuitwerkingsfase is gemaximeerd op twee jaar.
- Een gefaseerde aanpak, ten behoeve van het verkrijgen van een stabiele scope en de financierbaarheid van de volledige scope (doorlaatmiddel met daarin opgenomen een getijdencentrale).
- Opname van een expliciet go/nogo-besluit tussen de planuitwerkingsfase en de realisatiefase. In geval van een 'nogo' zal alleen de doorlaatmiddel worden gerealiseerd. In geval van het niet komen tot haalbaar voorstel voor realisatie van de doorlaat/getijdencentrale of enkel de doorlaat zal er sprake zijn van een exit, waarbij de planuitwerkingskosten vergoed worden en het ontwerp eigendom wordt van de Staat.

Scope getijdencentrale Grevelingen

De onderdelen van de scope voor een doorlaatmiddel met getijdencentrale zijn:

- De planuitwerking van een integrale scope doorlaatmiddel met getijdencentrale.
- Het opstellen van een integraal ontwerp, geoptimaliseerd naar een veerkrachtig en robuust ecosysteem, ten gunste van een toekomstbestendige Grevelingen.
- Het ontwerpen van de mitigerende en compenserende maatregelen.

- De realisatie van de integrale scope voor een doorlaatmiddel met getijdencentrale.
- Het onderhoud van het doorlaatmiddel.
- Het onderhoud en exploitatie van de getijdencentrale.
- De financiering van het energiedeel, de getijdencentrale, inclusief de (vergunning- en) subsidieaanvragen.

De bouw van een getijdencentrale en de exploitatie daarvan vraagt om andere expertises dan die benodigd zijn voor het uitvoeren van de waterkwaliteitsmaatregelen:

- Waterkwaliteitsmaatregelen (de doorlaat): inzet op de competentiegebieden civiele techniek, GWW, werktuigbouw, installatietechniek, ecologie en morfologie.
- Nutsinfrastructuur (de getijdencentrale): levering en installatie van turbines, installatiewerkzaamheden, aansluiting op het elektriciteitsnetwerk en de exploitatie hiervan.

De verwachting is dat een multidisciplinair private consortium in staat is benodigde aanvullende expertise aan te brengen bij de uitvoering van dit onderdeel. Een dergelijk consortium zal mogelijk bestaan uit onderstaande private partijen en kennisgebieden:

- waterbouwers; specifiek met kennis en ervaring technische aspecten waterbouw en watersysteemkennis en modellen
- turbinebouwers; diverse turbine technologieën zoals Bulb en vrije stroming
- ingenieurbureau's; specifiek met ervaring rondom/ ambitie ten aanzien van turbines en ecologie en morfologie
- kennisinstellingen; specifiek met ervaring rondom/ambitie ten aanzien van duurzaamheid
- energie exploitanten; specifiek met ervaring rondom/ambitie ten aanzien van duurzame energiewinning
- private financiers; specifiek met ervaring van financieren van energieprojecten

Uitgangspunt van de inkoopstrategie is dat voor het realiseren van de projectdoelen veel interactie nodig zal zijn tussen de publieke en private partijen. Dit vraagt om samenwerking in een alliantievorm.

De uitdaging is om de scope voor realisatie en exploitatie te kunnen bekostigen en financieren. De te ontwikkelen ontwerpoplossingen moeten passen binnen het ruimtelijke en publiekrechtelijke kader. Deze oplossingen moeten afgestemd worden met stakeholders en betrokkenen en worden getoetst op bekostiging en financiering.

7.2 Risico's

Bij de definitieve keuze van de marktbenadering zal met onderstaande risico's rekening moeten worden gehouden. Dit kan in de gekozen procesgang, de contractvorm(en) en de aanbestedingsprocedure.

De risico's zijn:

1. het nog ontbreken van de financiering voor de getijdencentrale. Het zoeken naar financiering voor de getijdencentrale is een belangrijk doel van de alliantie. De gegadigde private partijen zullen bij inschrijving op dit contract al een positief beeld moeten hebben van de commerciële haalbaarheid.

2. De verwevenheid van de getijdencentrale en het doorlaatmiddel maakt een integraal ontwerp noodzakelijk, met de daarbij behorende toedeling van verantwoordelijkheden.
3. Geen of onvoldoende interesse vanuit de private sector voor vroege marktbenadering, vanwege de ongebruikelijke combinatie van de water- en energie-opgave, waardoor de opdracht mogelijk een te hoog risicoprofiel heeft.
4. Geen of onvoldoende interesse vanuit de private sector voor vroege marktbenadering, omdat de scope nog niet 100 % vastligt.
5. Er is nog geen sprake van één markt. De gecombineerde scope van de water en energie-opgave vraagt om nieuwe, nog niet gangbare, partnerschappen in de markt.
6. De businesscase voor de getijdencentrale komt niet rond en er zijn geen interessante terugvalopties voor de private alliantiepartner.
7. Uithollen van de scope in de planuitwerkingsfase door 'opportunistisch' gedrag van een alliantiepartner. Er wordt voorgesorteerd op risico-arme omzet.
8. De kennis en expertise van allianties is beperkt aan de zijde van de opdrachtgever en aan de zijde van de private partij.
9. Een gecombineerde opdracht blijkt toch niet haalbaar te zijn in de aanbesteding.
10. Een besluit over toekenning van verschillende subsidie-onderdelen komt niet tijdig rond.
11. De benodigde vergunningen voor het energiedeel worden niet tijdig verkregen.

De uitdaging is om deze onzekerheden tijdens de voorbereiding en planuitwerking te reduceren. Daarvoor moet een passend proces voor voorbereiding en planuitwerking worden ontworpen. De definitieve risicoverdeling zal opgenomen moeten zijn in het voorstel voor realisatie/exploitatie dat na de planuitwerking wordt voorgelegd.

7.3 Voorgenomen marktbenadering

De publieke organisaties menen dat een getijdencentrale alleen haalbaar kan worden gemaakt onder de conditie van:

- een integraal ontwerp van de water- en energie-opgave
- geoptimaliseerd naar een veerkrachtig en robuust ecosysteem
- en onderbouwd met een samengestelde businesscase.

Hiervoor is het noodzakelijk dat een consortium van verschillende private partijen vroegtijdig aan boord moet komen. Anders is een geoptimaliseerd en gecombineerd ontwerp niet mogelijk. Die voorwaarde maakt het nodig dat de publieke partners en het private consortium eerst gezamenlijk het plan getijdencentrale Grevelingen nader uitwerken. Op basis daarvan is vast te stellen of er sprake is van een afprijsbare scope, een heldere risicoverdeling en een haalbare exploitatie. Daarom is het nodig na deze planvorming een uitdrukkelijk besluitvormingsmoment in te bouwen tussen de planuitwerkingsfase en de fase van uiteindelijke realisatie. Dit go/nogo-moment heeft onder meer tot doel te toetsen of de prijs voor het oplossen van de waterkwaliteit binnen het vooraf bepaalde taakstellend budget valt en of alle noodzakelijke publiekrechtelijke

toestemmingen verkregen zullen worden. Voor het consortium biedt het de mogelijkheid om een laatste check te doen op de haalbaarheid van de energie-exploitatie. Na de check van de publiekrechtelijke randvoorwaarden en de haalbaarheid van de energie-exploitatie mag het consortium door naar de fase van realisatie en exploitatie.

Het is hierbij essentieel dat de private partij, die later de realisatie en exploitatie risico's gaat nemen, zelf betrokken is geweest bij de uitwerking van het ontwerp en de businesscase. De rol van de private partij is dan ook cruciaal, gegeven de intentie vanuit de inkoopstrategie om vroegtijdig een partij te kiezen die zich als (alliantie-) partner niet alleen verbindt aan de planuitwerking, maar ook aan de realisatie van dat plan. De private partij moet in staat zijn om samen met de publieke partners een integraal plan te ontwikkelen en moet bereid zijn dat risicodragend te realiseren en te exploiteren. De precieze samenstelling van een private consortium is nog open.

Beoogde contractvorm

Doel is een contractvorm te kiezen, waarbij rekening wordt gehouden met deze flexibele en gefaseerde opzet.

Dit houdt in dat er in de aanbesteding een consortium wordt geselecteerd voor de integrale opgave van planuitwerking tot en met realisatie en exploitatie. Eén contract, maar wél geknipt in twee fasen met een uitdrukkelijk go/nogo-besluitvormingsmoment:

- De eerste fase van de overeenkomst betreft de fase van planuitwerking en de voorbereiding van de realisatie.
- De tweede fase van de overeenkomst betreft een realisatie en exploitatiecontract.
- In deze fase kan het werk vervolgens nog worden gesplitst in bijvoorbeeld:
 - Een geïntegreerde bouwcontractvorm voor de doorlaat Brouwersdam met ook het onderhoud, een DBM (Design, Build Maintain). Opgemerkt wordt dat het DBM contract meer het karakter zal krijgen van een EBM (Engineering, Build, Maintain) contract, aangezien het ontwerp als in de eerste fase al gemaakt zal worden. Voorwaarden voor een dergelijke contractvorm is dat er een afprijsbare scope en een haalbare businesscase voor de energie exploitatie is.
 - Voor de bouw en exploitatie van de getijdencentrale kan eventueel een energieconcessie worden verleend aan een private partij. Een voorwaarde hiervoor is dat er sluitende afspraken gemaakt kunnen worden over de afstemming tussen de exploitatie van de getijdencentrale en de bediening van de doorlaat.

Een andere mogelijkheid is dat er voor de tweede fase wordt gekozen voor één integraal contract voor de realisatie en exploitatie van de getijdencentrale en de doorlaat. De contractvorm kan nog variëren. Een mogelijkheid zou kunnen zijn een DBFMO-contract (Design, Build, Finance, Maintain en Operate) of een integrale concessie.

7.4 Financieel model en financiële prikkels

Financieel model

De voorlopige verdeling van de kosten tussen de opdrachtgever en de beoogde private partij ziet er in grote lijnen als onderstaand beschreven uit.

Publieke bekostiging van de projectdoelen bestaat uit:

- Civiele en werktuigbouwkundige werk
- Mitigerende en compenserende maatregelen
- Onvoorziene omstandigheden (grotere zeespiegelstijging dan verwacht)

De private inbreng op de projectdoelen zal bestaan uit:

- Optimaliseren van publieke doelstellingen en afstemming op de energiedoelstellingen
- Risicodragende investering voor het energiedeel (realisatie)
- Opwekken van duurzame getijdenenergie (onderhoud en exploitatie)

De bekostiging van de realisatie zal in de vorm van een taakstellend budget beschikbaar gesteld worden. Het taakstellend budget moet:

- Door de marktpartijen als toereikend gezien worden voor het realiseren van de projectdoelen, binnen een integrale oplossing water en energie.
- Door de publieke partijen als een redelijke en markconforme prijs worden gezien voor het behalen van de publieke project doelen.

Naast het taakstellend budget zullen voor de getijdencentrale specifiek nog een andere bronnen van bekostiging nodig zijn:

- Specifieke subsidies ter bevordering van duurzame energie
- Inbreng eigen vermogen.
- Inzet vreemd vermogen.

De bekostiging en financiering van de getijdencentrale is een uitdrukkelijke taak en verantwoordelijkheid van het consortium. Het consortium moet zorgen voor eigen vermogen of het verkrijgen van een lening en het aanvragen van de subsidies. De private alliantiepartner zal daarvoor in gesprek moeten gaan met financiers en met het ministerie van Economische Zaken en Klimaat. Private financiers moeten bereid zijn om genoeg te nemen met een lager rendementspercentage. In de aanbestedingsfase zal al een doorkijk naar de haalbaarheid van deze participatiebereidheid duidelijk moeten worden.

Financiële prikkels

Financiële prikkels in de planuitwerkingsfase kunnen op verschillende manieren worden vormgegeven. Onderstaand een overzicht van incentives waar nu aan wordt gedacht.

Verdiene opdracht tweede fase

De belangrijkste incentive voor het private consortium is het 'verdiene' van de opdracht voor tweede fase. Uiteraard is daarvoor een haalbaar plan en een positieve businesscase nodig.

Verdeling van het overschot

In het geval er een contractprijs komt, die ruim onder het taakstellend budget ligt, is de planuitwerking succesvol geweest en is een financiële incentive op zijn

plaats. In dat geval zal de aanwending van het overschot in overleg worden bepaald. Daarvoor gelden de volgende voorwaarden:

- het voorstel voldoet aan gestelde doelstelling en randvoorwaarden van het project.
- afspraken over de aanwending van het overschot worden in de realisatiefase gemaakt.
- bij het overleg over het overschot zijn de overheden en andere stakeholders betrokken

Gegarandeerde vergoeding planuitwerkingsfase

Een andere financiële prikkel is dat de opdrachtgever contractueel altijd een vergoeding geeft voor de planuitwerkingsfase. Dit geldt dan ongeacht of realisatie van het project doorgaat of niet. De opdrachtnemer loopt dus in deze fase een beperkt risico.

Voor de eerste fase zou nog een betalingsmechanisme overeengekomen kunnen worden waarbij de vergoeding in eens wordt uitgekeerd, of dat er een eenmalige deelvergoeding in het begin plaatsvindt en het restant na afloop van de planuitwerkingsfase wordt betaald.

Er zal ook een betaling plaatsvinden indien het contract tussentijds moet worden beëindigd. In het alliantiecontract zal in ieder geval voor de volgende situatie een exit-mogelijkheid worden opgenomen:

- als de planuitwerkings- en ontwikkelingsfase niet tot de resultaten leiden die vooraf zijn geformuleerd.
- als het doorlaatmiddel niet voor of binnen het taakstellende budget kan worden gerealiseerd.

In beide gevallen kan alleen de publieke partner het contract beëindigen waarbij de te betalen vergoeding aan het private consortium gebaseerd zal zijn op de werkelijk gemaakte kosten.

7.5 Aanbestedingsprocedure

Naar alle waarschijnlijkheid zal de aanbesteding procedureel in de vorm van een concurrentiegericht dialogoog plaatsvinden. Deze procedure maakt het mogelijk om met elkaar het gesprek aan te gaan over de risico's van de opdracht en hoe de gegadigden of de aanbesteder die risico's zal beheersen. De aanbesteding bestaat uit een selectiefase en een dialoogfase. De verwachting is dat de dialoog vooral zal gaan over de wijze van samenwerking en over de benodigde competenties, de beheersing van risico's, de financiële aspecten van de opdracht en (in beperkte mate) over de technische risico's van een getijdencentrale.

Resultaten uit de aanbesteding kunnen zijn:

- Een basismanagementplan voor een alliantie, waarin onder meer is opgenomen:
 - de samenwerking binnen de alliantie
 - de daarbij behorende processen op hoofdlijnen.
- Een financieel plan op hoofdlijnen, waarbij het onder meer zal gaan om:
 - gehanteerde opslagen
 - wijze van beprijzing
 - marktconformiteit

- verkenning van het financieel commitment
- risicobeheersplan van de alliantie.

De dialoog zal zodanig ingericht worden, dat de risico's van het project voldoende aan bod komen én ook een rol kunnen spelen bij de gunning van de opdracht tot realisatie en exploitatie. Degene die aannemelijk kan maken dat zij de risico's het beste kan beheersen zou goed kunnen scoren in de EMVI-BPKV-beoordeling. Vanwege de vroege marktbenadering zullen competenties voor samenwerking een belangrijke rol spelen bij de uiteindelijke keuze van het consortium.

7.6 Planning

Voor de planning van het project getijdencentrale Grevelingen wordt de volgende indicatieve planning gehanteerd, indien en nadat een MIRT 2-besluit is genomen:

Tabel 26: *Indicatieve planning*

Planningsfase	Indicatieve planning
Vorbereiding van het contractdossier en de aanbesteding	circa 6 maanden
De aanbestedingsfase van de concurrentiegerichtte dialoog, met een dialoog in twee fasen	circa 8 maanden
De gezamenlijke planuitwerking (inclusief financiële haalbaarheid en go/nogo) en MIRT 3-besluit	maximaal 2 jaar
Realisatiefase	2 tot 3 jaar
Exploitatie van de getijdencentrale	30 jaar (looptijd businesscase)
Vorbereiding van het contractdossier en de aanbesteding	circa 6 maanden

Bijlage 1 Afkortingen

BPKV	Beste Prijs Kwaliteit Verhouding
DEI	Demonstratie Energie Innovatie subsidie
EMVI	Economisch Meest Voordelige inschrijving
GWW	Grond- Weg- en Waterbouw
LCoE	Levelized Costs of Energy
IRR	Internal Rate of Return
MER	Milieu Effect Rapportage
NCW	Netto Contante Waarde
SDE+	Subsidie Duurzame Energie
SSK	Standaard systematiek kostenraming
VPB	Vennootschapsbelasting
WACC	Weighted Average Cost of Capital

Bijlage 2 Referenties

De onderstaande referenties zijn deels digitaal gebundeld en behoren bij het dossier Getij Grevelingen, variant Getijdencentrale ten behoeve van de Marktconsulatie 2018.

Algemeen

- Tweede Kamer, 2016
<https://www.google.nl/search?hl=nl&q=IENM%2FBSK-2016%2F284609>
- Verslag van de precompetitieve fase 2015
www.gcbd.nl
- Verkenningnota MIRT Grevelingen
<http://toekomstgrevelingen.nl/downloads>
- Deltares, Effect van herintroductie van getij op waterkwaliteit en ecologische toestand van het Grevelingenmeer (2011)
<http://toekomstgrevelingen.nl/downloads>
- Imares, Minimum zuurstofgehalte voor bodemdieren in het Grevelingen (2014)
<http://www.gcbd.nl/PF/pfdocumenten/default.aspx>
- Ministerie I&M, Ontwerp Rijksstructuurvisie Grevelingen Volkerak Zoommeer
<http://www.zwdelta.nl/projecten/rijksstructuurvisie-grevelingen-volkerak-zoommeer/ontwerp-rijksstructuurvisie.htm>
- Milieueffectrapport RGV
<http://www.zwdelta.nl/projecten/rijksstructuurvisie-grevelingen-volkerak-zoommeer/ontwerp-rijksstructuurvisie.htm>
- Nota duurzame leefomgeving 19 juni 2015
- Bouwrichtlijnen infrastructuur
<http://www.rws.nl/zakelijk/werken-aan-infrastructuur/bouwrichtlijnen-infrastructuur/index.aspx>
- Rijkswaterstaat, Beheerplan voordelta 2015 – 2021 (2015)
<http://www.rijkswaterstaat.nl/water/projectenoverzicht/noordzee-beheerplan-voordelta/index.aspx>
- Rijkswaterstaat, Ontwerpbeheerplan deltawateren (2015)
<http://www.natura2000.nl/items/ontwerp-beheerplan-deltawateren-ter-inzage.aspx>

Documenten

Onderstaande documenten zijn beschikbaar via Tendersnet:

- Looor 2018, Bepaling afvoercoëfficiënt doorlaatmiddel Brouwersdam
- Kleissen 2015, Toetsing hydraulisch rekenmodel
- Kleissen 2018, Beoordeling Hydro-energetisch model
- Berkel 2015, Optimised TTP Brouwersdam Pro-Tide
- Berkel 2018, Hydro-energetisch model
- Berkel 2018, Hydro-energetisch achtergronddocument
- Meijnen 2015, Two Propeller Turbine Configurations
- Cubic Square 2018, Achtergronddocument ontwerptekeningen variant getijdencentrale
- Cubic Square 2018, Achtergronddocument 3D-tekeningen variant getijdencentrale

- Cubic Square 2018, Achtergronddocument ontwerp en hoeveelheden variant getijdencentrale
- RWS-PZH 2018, Getijdencentrale Brouwersdam 2018 voorbeeld rekenmodel

Bijlage 3 Uitgangspunten en overwegingen

De laatste inzichten (september 2018) zijn vastgelegd in dit document. Deze zijn af te leiden uit de doelstellingen en zijn richtinggevend voor het ontwerp van de verschillende varianten.

Dit zijn zeker nog niet de definitieve uitgangspunten. In de Planuitwerkingsfase zullen aan het document nog aanpassingen, aanscherpingen en optimalisaties plaatsvinden. Er kunnen dus geen rechten ontleend worden aan dit concept uitgangspunten document.

Deel I: Uitgangspunten Grevelingenmeer

Gewenst getij Grevelingenmeer

Maximaal 50 cm getij.

Waterveiligheid

- Het nieuwe doorlaatmiddel (en toegevoegde functies) dienen te allen tijde te voldoen aan de vigerende Waterwet en het Wettelijk Toetsinstrumentarium (WTI) 2017.
- Tijdelijke waterkeringen die tijdens de bouw de waterkerende functie van een primaire waterkering overnemen worden ook aangemerkt als primaire waterkering in de zin van de Waterwet en dienen te allen tijde als zodanig te functioneren.
- Voor het nieuwe doorlaatmiddel (en toegevoegde functies) geldt een civiel technische levensduur van minimaal 100 jaar; Voor Werktuigkundige installaties geldt levensduur van minimaal 30 jaar.
- Het doorlaatmiddel in de Brouwersdam dient gerealiseerd te worden (binnen een zoekgebied van 800 meter) ten noorden van Port Zélande/Kabelaarsbank, zoals weergegeven op onderstaande kaart tussen raai 1975 en raai 2120.
- Het doorlaatmiddel in de Brouwersdam dient in totaal maximaal 400 meter lang te zijn.

Waterkwantiteit en ecologie:

Onderstaand toekomstig peilbeheer worden niet alleen tot uitvoering gebracht met alleen het nieuwe doorlaatmiddel, maar in combinatie met de huidige Brouwerssluis en Flakkeese Spuisluis. Gestreefd zal worden naar zo volledig mogelijk open houden van de twee huidige sluizen.

- Er dient twee maal per etmaal een getijbeweging op te treden op het gehele Grevelingenmeer.
- Het verschil tussen hoog- en laag water (de getijslag) dient bij elk maandgemiddelde getijslag minimaal 40 cm te zijn. Vanaf het moment van de ingebruikname tot het moment van 30 cm zeespiegelstijging dient deze getijslag gerealiseerd te kunnen worden.
- De zeespiegelstijging wordt gemeten op locatie Brouwershavense gat 08 (BG08).
- Het peil op het Grevelingenmeer mag niet hoger zijn dan NAP +0,05 m.

- In het geval van het (gedeeltelijk) falen van het sluiten van het doorlaatmiddel onder normale omstandigheden:
 - mag het peil maximaal stijgen tot:
 - 1 x per 10 jaar max. NAP + 0,1 m.
 - 1 x per 100 jaar max. NAP + 0,3 m.
 - 1 x per 1.000 jaar max. NAP + 0,5 m.
 - dient het doorlaatmiddel binnen een week weer functioneel in bedrijf genomen te kunnen worden.
- Het peil op het Grevelingenmeer mag:
 - 90% van de tijd niet lager zijn dan NAP -0,45 m;
 - 100% van de tijd niet lager zijn dan NAP -0,50 m.
- Het middenpeil waaromheen de getijslag plaatsvindt dient:
 - het **maand**gemiddeld NAP -0,20 m te zijn, met een toegestane afwijking van + of - 1 centimeter.
 - het **jaargemiddeld** NAP -0,20 m te zijn.
- Bovengenoemde peilen gelden voor zowel locatie Scharendijke (GG1) als locatie Herkingen (GG2);
Dit voorschrift is bedoeld om de scheefstand door opwaaiing mbv besturing van de drie doorlaatmiddelen te compenseren.
- Uitzondering op bovengenoemde uitgangspunten zijn extreme omstandigheden of calamiteiten buiten de invloedssfeer van de toekomstige beheerders.
In het gehele Grevelingenmeer geldt een maximale waterstroming van 0,3 m/s met uitzondering van het gebied binnen de veiligheidsmarkering ter plaatse van het doorlaatmiddel
- De aanleg van het kunstwerk en de effecten van het gebruik daarvan op de Grevelingen en in de Voordelta moeten binnen de natuurwetgeving uitgevoerd te worden. Noodzakelijke compenserende maatregelen / mitigerende maatregelen vallen binnen de scope van dit project.
- Voor het nieuwe doorlaatmiddel (en toegevoegde functies) geldt: Vismortaliteit voor alle vissoorten dient maximaal 0,1 % te bedragen per passage.
Bovengenoemde norm kan mogelijk iets ruimer worden (aals 0,7%, alle overige vissoorten 1 %) i.v.m. het eventueel gemotiveerd mogen afwijken van het Toetsingskader voor waterkrachtcentrales in Nederlandse Rijkswateren.
Overigens geldt vanuit de waterwet Best Bestaande Techniek.

Gebruiksfuncties

- Het huidige scheepvaart- en wegverkeer dient tijdens de uitvoering van werkzaamheden en bij het in gebruik zijn van het nieuwe doorlaatmiddel niet gehinderd te worden. Uitzonderingen hierop zijn na toestemming van de (vaar)wegbeheerder eventueel mogelijk.
- Aanpassingen aan vaarwegen en vaargeulen dienen te voldoen aan Richtlijn Vaarwegen 2011 en het Binnenvaartpolitiereglement.
- De huidige wegverkeersfuncties moeten behouden blijven in de nieuwe situatie.
- Aanwezige (recreatieve) voorzieningen (strandjes Grevelingenmeer, strand buitenzijde Brouwersdam, steigers, jachthavens, etc.) dienen schadevrij, veilig, toegankelijk, functioneel en bereikbaar te blijven tijdens en na uitvoering van de werkzaamheden. Als dat redelijkerwijs niet mogelijk is dienen mitigerende- of compenserende maatregelen te worden getroffen.

- De veiligheid van personen in alle werkgebieden dient te allen tijde geborgd te zijn.

TOPWENSEN in volgorde van belangrijkheid

- Zullen waarschijnlijk opgenomen worden in beoordelingscriteria (EMVI).
- Vallen buiten de publieke financieringskosten van dit project.
 1. Getijdencentrale – zoveel mogelijk energie.
 2. Strandbehoud Noordzee-zijde → duurzame en structurele oplossing (vb. strekdam).
 3. Lengte doorlaatmiddel → hoe smaller hoe beter (Brouwersdam is recreatieve hotspot).
 4. Beperkte duur van de bouw i.r.t. overlast regio.
 5. Lokale ondernemers betrekken bij ontwerp, bouw, exploitatie.

WENSEN

- Zullen niet opgenomen worden in beoordelingscriteria (EMVI).
- Vallen buiten de publieke financieringskosten van dit project.
 1. Lokale belanghebbenden betrekken bij onderdelen aanbestedingsproces, selectie van het ontwerp.
 2. Social Return (Het doel van social return is ervoor zorgen dat een investering door de overheid ook een sociale winst (return) oplevert zijnde: het creëren van duurzame werkgelegenheid voor mensen met een afstand tot de arbeidsmarkt).
 3. Wensen vanuit Gebiedscoöperatie (nog onbekend).
 4. Sportvisserij en duikers beter bedienen (niet op de Brouwersdam zelf).
 5. Schutsluis of overtoom (alleen met unieke en nog niet bestaande commerciële voorziening).



Figuur 13: Voorlopige positie van de doorlaat is in het noordelijke deel van de Brouwersdam tussen rai 2040 en rai 2100.

Deel II: Overwegingen bij de uitgangspunten

Peilbeheer

Het weer terugbrengen van een vrijwel constante getijdenbeweging op de Grevelingenmeer van 50 cm is een duurzame oplossing om de waterkwaliteitsproblemen (zuurstofhuishouding) op te lossen.

Bij een getijdenslag van 50 cm is er voldoende dynamiek voor de instandhouding van de gewenste waterkwaliteit en kan het bodemleven zich weer volledig herstellen.

In de Rijksstructuurvisie Grevelingen Volkerak-Zoommeer wordt uitgegaan van een maximaal getijslag van 50 cm rondom een middenpeil van gemiddeld NAP - 20 cm. In het zoeken in de planuitwerkingsfase met de markt naar optimalisaties is enige flexibiliteit nodig en kan dat uiteindelijk nog leiden tot een heroverweging.

Uit de eerdere markt consultatie zijn overwegingen naar voren gekomen om inderdaad de mate van de getijslag te heroverwegen. Dat kan zowel afwijken naar beneden ivm afnemende kosten als naar boven ivm toenemende opbrengsten:

- Er zijn goedkopere oplossingen denkbaar die uitgaan van een kleinere doorlaatmiddel, dus een kleinere getijslag (± 30 cm) , in combinatie met aanvullen de maatregelen.
- Er zijn positieve resultaten (BuCa) voor een doorlaatmiddel met getijdencentrale vanaf een gemiddelde getijslag van 40 cm. Het toelaten van een grotere getijslag levert een grotere rendement op. Zo zal de energielevering bij elke 5 cm grotere getijslag toenemen met ± 10 GWh/j

Bovenstaande is aanleiding om in de uitgangspunten voor peilbeheer een minimale gemiddelde getijslag van 30 cm en maximale gemiddelde getijslag van 50 cm op te nemen rondom het huidige middenpeil om zo optimaal de creativiteit uit de markt te kunnen benutten voor een zo laag mogelijke prijs.

Minder dan 30 cm is niet wenselijk ivm de noodzakelijke dynamiek voor menging van de aanwezige zuurstof concentraties, meer dan 50 cm is niet wenselijk ivm de effecten op de overige gebruiksfuncties zoals natuur, recreatievaart, en te veel fysieke ruimte inname die onwenselijk is omdat de Brouwersdam is aangewezen als recreatieve hotspot voor active Leisure activiteiten.

Waterveiligheid

De toekomstige keermiddelen in de Brouwersdam zijn van invloed op het peil op het Grevelingenmeer en op de dimensionering van de bodembescherming (als er een keermiddel wel of niet open staat bij maatgevende omstandigheden op de Noordzee, levert dit een andere belasting op dan onder dagelijkse omstandigheden plaatsvindt).

Betrouwbaarheid sluiten

Zoals de Leidraad Kunstwerken stelt, is voor de beoordeling van betrouwbaarheid sluiten de kans op overschrijding van het toelaatbaar instromend volume buitenwater van belang. Zolang dit water in het Grevelingenmeer veilig kan worden geborgen is er geen probleem. Echter, op het moment dat de

instromende hoeveelheid water zo groot wordt dat binnenwaterkeringen dreigen over te lopen en/of te bezwijken, is er sprake van een door falen van het kunstwerk veroorzaakt waterbezwaar.

Hier komt gelijk een belangrijk aspect naar voren, namelijk de te accepteren waterstand op het Grevelingenmeer. De eis voor waterkwaliteit is geformuleerd als 99% van de tijd een waterstand beneden NAP+0,05m, extreme situaties of calamiteiten uitgezonderd. Met name deze extreme situaties, en de definitie hiervan, zijn van belang voor de analyse en om te zoeken naar een optimaal referentieontwerp. Er zal een waterstand voor deze extreme situaties gesteld moeten worden voor bijvoorbeeld een 1/10, 1/100en/of 1/1000situatie.

Verder stelt de Leidraad Kunstwerken dat de gemiddelde kans per jaar op overschrijding van het toelaatbaar instromend volume buitenwater via het geopende kunstwerk een factor 10 kleiner dient te zijn dan de normfrequentie.

De betrouwbaarheid is afhankelijk van veel aspecten. Denk hierbij aan bv het bedieningssysteem (automatisch, handmatig of beide), signalerings- peilen, hersteltijd, etc.

Dimensionering bodembescherming

Als de sluitprocedure faalt terwijl er wel een sluitvraag is, zal dit leiden tot grote stroomsnelheden waardoor de bodembescherming zwaar belast wordt. Schade aan de bodembescherming kan leiden tot ondermijning en vervolgens tot bezwijken van het kunstwerk. De Leidraad Kunstwerken stelt dat wanneer de betrouwbaarheid van sluiten een hogere kans van voorkomen heeft dan $0,01 \cdot \text{norm}$ er bij de dimensionering van de bodembescherming rekening mee moet worden gehouden dat het kunstwerk niet gesloten is bij maatgevende omstandigheden.

Er worden in dit geval 2 benaderingen geschetst:

1. Een eerste benadering gaat uit van de stromingsbelasting bij een verval bij de normwaterstand.
2. Een meer gedetailleerde analyse waarbij een lagere representatieve waarde van de stromingsbelasting kan worden gebruikt, gaat ervan uit dat de gecombineerde kans op niet sluiten en overschrijden van deze representatieve stromingsbelasting voldoetaan de genoemde constructieve eis.

Klimaatverandering en zeespiegelstijging

Zeespiegelstijging zal er toe leiden dat er maatregelen genomen moeten worden om de uitwisseling met de Noordzee en de getijwerking op de Grevelingen te kunnen handhaven. Het moment waarop dit nodig is, hangt af van het tempo van de zeespiegelstijging. Relevant is de stijging van het laagwater bij respectievelijk de Brouwersdam. De aanname is dat de zeespiegel met ongeveer 25 centimeter kan stijgen voordat er onvoldoende verval beschikbaar is om het getijvolume op de Grevelingen via een doorlaat in de Brouwersdam te kunnen uitwisselen (MER 2016; § 9.7.5). Bij het scenario van snelle stijging van de zeespiegelstijging zal dit rond 2050 het geval zijn.

Zeespiegelstijging kan op verschillende manieren gecompenseerd worden. Er wordt echter als uitgangspunt aangehouden dat het doorlaatmiddel hiervoor bij aanvang robuuster wordt uitgevoerd. Dat betekent rekening houden met een capaciteit die hoort bij de benodigde uitstroom in een toekomstig jaar en dan vervolgens eens in de zoveel tijd het doorlaat verbreden of het middenpeil verhogen. Bij vloed en eb moet er dan de eerste jaren geknepen worden. Dat kan met deuren of met turbines (geeft weerstand) Turbines haal je er dan na een bepaalde periode weer uit. Turbines gebruiken die ook kunnen pompen maakt het efficiënter, maar mogelijk weer duurder.

Overigens betekent klimaat robuust zijn meer dan alleen aanpassingen aan de stijgende zeespiegelstijging. Zo moet er bijvoorbeeld ook rekening gehouden worden met het uitzetten van het water als gevolg van de temperatuur verhoging. Dit is in de marktconsultatie nog geen onderwerp van discussie, maar zal zeker wel gevoerd moeten worden in de Planuitwerkingsfase.

Locatiekeuze doorlaatmiddel

In de **SNIP verkenning Grevelingen** (preverkenning 2008 – 2009) zijn drie mogelijke locaties voor een nieuw doorlaatmiddel onderzocht:

- Een locatie ten noorden van de Kabbelaarsbank (het noordelijk sluitgat),
- Een locatie in de Middelpaathaven,
- Een locatie ten zuiden van de Kabbelaarsbank (het zuidelijk sluitgat).

De preverkenning concludeert dat de locatie Middelpaathaven minder geschikt is voor de realisatie van een doorlaatmiddel. Vanuit het oogpunt van kostenaspecten geeft de preverkenning geen voorkeur voor de noord- of de zuid locatie voor het doorlaatmiddel. Voorkeur voor realisatie van een doorlaatmiddel in het noordelijk sluitgat wordt gegeven op basis van de volgende overwegingen:

- Dat de huidige Brouwerssluis ook in de toekomst in bedrijf kan blijven en kan blijven bijdragen aan de (beperkte) verversing van het Grevelingenmeer en peilbeheer mogelijk wordt met 2 openingen in plaats van 1. Bij zuid locatie wordt de Brouwerssluis behouden lastiger ivm de ruimte.
- Extra doorlaat blijft bestaan voor de uitwisseling van vissen en zeezoogdieren tussen Grevelingen en Noordzee.
- Omdat er in het noordelijk sluitgat meer ruimte is en in het zuiden meer initiatieven gaande zijn (Brouwerseiland)
- Het prefereert dat de waterkwaliteitsproblemen in de Noordelijke geul (10 meter diep) beter opgelost worden dan in de Zuidelijke geul (40 meter diep)

In de **MIRT verkenning Grevelingen** (2010 – 2012) is er ten opzicht van de SNIP verkenning meer onderzoek gedaan naar een variant met een getijdencentrale. Dat heeft er toe geleid dat er nog een overweging is aan toegevoegd om te kiezen voor de Noordlocatie:

- Dat zeezoogdieren de getijdencentrale niet mogen passeren en dus de mogelijkheid moeten behouden om via de Brouwerssluis (Zuid) te kunnen migreren.

Morfologie

Tevens is in de MIRT verkenning voor een doorlaatmiddel inclusief getijdencentrale (Noordzijde) gekeken naar de effecten op de morfologie in de Voordelta en op de Grevelingen. De conclusie zijn als volgt:

- de Bollen van de Ooster migreren in de situatie met getijden centrale sneller in zuidoostelijke richting dan in de situatie zonder getijdencentrale.
- het plaatoppervlak van de Bollen van de Ooster neemt in de situatie met getijdencentrale waarschijnlijk toe in vergelijking met de situatie zonder getijdencentrale. Een getijdencentrale is dus eerder positief dan negatief voor de ontwikkeling van de Bollen van de Ooster.
- de dynamiek in het gebied tussen de Bollen en de Brouwersdam wordt groter in de situatie met getijdencentrale. Geulen kunnen zich verdiepen of zouden langer open kunnen blijven.
- het relatieve effect van de getijdencentrale op het strand bij de Brouwersdam lijkt gering. Mogelijk dat op langere termijn de afname van het strand iets sneller gaat dan in de situatie zonder getijdencentrale. Interpretatie door experts is noodzakelijk.
- Het advies is de getijdecentrale zo noordelijk mogelijk aan te leggen.
- de stroomsnelheden in het Grevelingenmeer nemen toe tot maximaal 0,4 m/s in de hoofdgeulen tot 0,8 m/s ter plaatse van de drempel tussen de zuidelijke en noordelijke geulen. Hierdoor ontstaat erosie bij de openingen en ontstaat er een kortsluitgeul tussen de getijdencentrale en de zuidelijke geul.
- de slibconcentraties nemen lokaal toe tot maximaal 0,12 kg/m³. Deze lokale toename treedt alleen op zolang erosie optreedt en er nog slib aanwezig is op de bodem. In het overgrote gedeelte van de Grevelingen verandert de slibconcentratie nauwelijks in relatie tot de huidige situatie. Er kan geconcludeerd worden dat de effecten dus zeer lokaal zijn.

In de **Rijksstructuurvisie Grevelingen Volkerak Zoommeer** (2013 – 2015) is uitgegaan van de MIRT verkenning Grevelingen en dus van de Noordlocatie. Vooral wordt gesproken over het getij terugbrengen en het vergroten van de uitwisseling tussen de Noordzee en het Grevelingenmeer. De effecten daarvan op de functies van het Grevelingenmeer zijn in beeld gebracht. In de MER wordt ook opgemerkt dat precieze locatie en afmetingen van de doorlaat nog niet bekend zijn, en derhalve nog niet goed te bepalen is welke effecten er zullen zijn als gevolg van de aanleg.

Voor de voordelta wordt wel vermeld dat een open verbinding in de Brouwersdam tussen de Grevelingen en de Noordzee, leidt tot vergroting van de zandplaten, de Bollen van de Ooster, in het Natura 2000-gebied Voordelta dat direct grenst aan de Brouwersdam.

Zeehonden en bodemeters die daar verblijven krijgen daardoor een groter leef- en rustgebied. Dezelfde toename van het plaatareaal kan ten koste gaan van het areaal ondiep water en geulen.

De oppervlakte van dit areaal is echter geen beperkende factor voor het halen van de instandhoudingsdoelen van soorten en habitats die afhankelijk zijn van ondiep water en geulen. Een open verbinding tussen de Grevelingen en de Voordelta vergroot tenslotte de migratie- mogelijkheden van vissoorten en zeehondensoorten in de Voordelta, wat gunstig is voor de kwaliteit van het Natura

2000-gebied. Er zijn geen significant negatieve effecten op de Voordelta te verwachten van de voorgenomen systeemwijziging.

Aanvullende inzichten morfologie Voordelta (2017)

Aanvullend is er nog een extra motivering vanuit morfologie op de Voordelta gekomen uit de expertsessie morfologie die gehouden zijn in 2017). Het is de verwachting dat een doorlaatmiddel op de Zuidlocatie extra druk (kustafslag) gaat geven op de Kust van Schouwen.

Uit de expertsessie(s):

De zuidelijke doorlaat en kans op kustafslag Schouwen

Een zuidelijke doorlaat brengt serieuze risico's met zich mee voor afslag van de kust van Schouwen:

1. Een neer aan de zuidkant van de doorlaat kan voor afslag van dat toch al erosieve deel van de kust zorgen. Het is niet duidelijk of er een neer ontstaat en hoe krachtig die zal zijn.
2. De "jet" met helder water, die bij eb aan de zeezijde van de doorlaat ontstaat, kan tot bij Renesse kusterosie veroorzaken. De positie en richting van de doorlaat is bepalend voor het punt waar de jet de kust bereikt. Aan de Oosterscheldekering is te zien dat zo'n jet een forse omvang kan hebben.
3. De zuidelijke doorlaat zal dichtbij de Schouwse kust liggen. Hierdoor zal ook de ontgrondingskuil niet ver van het strand liggen. Dit kan ertoe leiden dat Rijkswaterstaat het gebied met stortsteen of frequente suppleties moet verdedigen.
4. Het is waarschijnlijk dat in de bodem van het Brouwershavense Gat moeilijk te eroderen kleilagen liggen. Sinds aanleg van de Brouwersdam is daar namelijk veel sediment afgezet in een rustig gebied, en de vlakke bodem die in de profielen te zien is verraadt dat de bodem vooral bestaat uit fijn sediment dat uit de waterkolom is gezakt. Door harde lagen kan erosie op onverwachte plekken optreden, ook dichterbij de kust dan verwacht.

Veiligheid voor vissen en zeezoogdieren

Beleidsregel watervergunningverlening Waterkracht Centrales (WKC's) in Rijkswateren

Rijkswaterstaat heeft op 2 december 2014 de beleidsregel watervergunningverlening waterkrachtcentrales in rijkswateren gepubliceerd. De beleidsregel bevat normen voor de vissterfte bij WKC's, maar biedt experimenteerruimte voor nieuwe, innovatieve technieken. Daarmee beoogt Rijkswaterstaat een helder en landelijk kader te geven voor vergunningverlening voor WKC's in de Rijkswateren.

De **cumulatieve** visschadenorm van 10%, zoals opgenomen in deze beleidsregel, is van toepassing op de stroomafwaarts migrerende populaties van prioritaire vissoorten die schade oplopen als gevolg van het passeren van WKC's. De cumulatieve visschadenorm van 10% is het totaal van directe sterfte en voor zover thans bekende uitgestelde sterfte. De visschadenorm van 10% geldt voor het gehele traject (Grevelingenmeer inclusief Brouwersdam en Grevelingendam) waarbinnen WKC's gerealiseerd kunnen worden.

Ondank dat er geen sprake is van een waterkrachtcentrale zoals omschreven in de beleidsregel wordt de systematiek als ware het een WKC toegepast.

Overigens geldt volgens de Waterwet dat technieken, die toegepast worden, voldoen aan de definitie van 'beste beschikbare techniek' (BBT). Dat betekent dat als er WKC's gerealiseerd kunnen worden die een strengere norm kunnen halen dat die norm dan ook wordt opgenomen.

Waterkrachtcentrale Brouwersdam

Een inrichting voor productie van duurzame elektriciteit dient veilig inpasbaar te zijn in de omgeving. Met betrekking tot de getijdencentrale gaat het hier vooral om veiligheid van vissen en (zee) zoogdieren (mensen, en zeehonden). Van kleinere organismen (ordegrootte <1 cm) wordt er van uit gegaan dat deze ongehinderd de turbines passeren.

Het meest (Internationaal) onderzocht is de veiligheid voor vissen. Het belang van vissterfte door turbines en pompen is zo groot dat op dit moment wordt gewerkt aan een Nederlandse (NEN)-norm voor bepaling van de visschade bij passage van turbines en pompen.

Voor algemene soorten geldt een norm van 10% sterfte/schade, waarbij populaties niet onverantwoord onder druk staan. In de huidige situatie betreft dit algemeen voorkomende zoutwatersoorten die ook in de Voordelta en de Noordzee in relatief grote aantallen voorkomen.

Voor soorten die op enig moment in hun levenscyclus migreren tussen zout en zoet water en omgekeerd, kan een strengere norm wel op zijn plaats zijn. Dit zijn soorten als aal, steur, zalm, bot, driedoornige stekelbaars, elft, fint, houting, rivierprik, spiering, zeeforel en zeeprik. Doordat er vrijwel geen instroom is van zoet water in het Grevelingenmeer ontbreekt de noodzakelijke zoet-zout gradiënt. Daarnaast maakt het Grevelingenmeer momenteel geen onderdeel uit van de route die veel van deze soorten afleggen in hun migratie naar het zoete water. De migratie van het merendeel van deze soorten via de doorlaatmiddelen in het Grevelingenmeer zal dan ook voornamelijk op toeval berusten, waarbij dit kleine aantallen betreft. Eventuele sterfte tijdens passage zal daardoor geen effect hebben op de populatie als geheel, waarmee een sterftenorm van 10%, zoals deze ook voor algemeen voorkomende soorten geldt, afdoende zal zijn.

Voor soorten als aal, bot en driedoornige stekelbaars geldt dat deze zich door middel van selectief getijdentransport naar de kust verplaatsen. De kans dat deze vissen het Grevelingenmeer intrekken is hierdoor groter dan voor vissoorten die actief en gericht migreren in de richting van een zoete lokstroom. Doordat soorten als bot en driedoornige stekelbaars vrij algemeen voorkomende soorten zijn, kan gesteld worden dat een generieke norm van 10% ook voor deze soorten afdoende is. De bescherming van aal is echter opgenomen in het Nederlandse Aalbeheerplan.

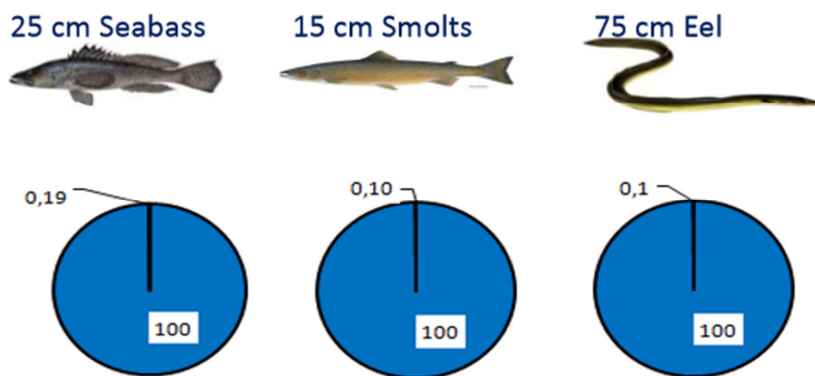
Het is van belang welke visschade verwacht mag worden verwacht bij daadwerkelijke installatie van turbines in de Brouwersdam.

In het kader van het EU-project Pro-Tide zijn modelberekeningen uitgevoerd voor visveiligheid, die zijn getoetst d.m.v. een 1:16 schaalmodel van de turbine die in

de Brouwersdam kan worden toegepast. Verwezen wordt naar Van Esch, 2015, Van Berkel, 2015 en Van Berkel, 2017.

Full Scale Prediction:

Ø 8 m propeller turbine @ 1 m head and 13 rpm



Figuur 14: Model-gebaseerde, metingen gevalideerde, schadepercentage voor Zeebaars, Zalmsmolts en Paling, voor turbines in de Brouwersdam.

De veiligheid voor mensen en zeezoogdieren is minder goed bekend dan die voor passerende vissen. Duidelijk is dat mensen niet in de kokers mogen geraken. Bij de huidige getijdencentrale (riviercentrales en stuwen?) geldt daarom een zwem- en vaarverbod in de nabijheid (300 meter?) van de getijdencentrale. Deze zone wordt aangegeven door een ballenlijn. Bij riviercentrales wordt veelal een grof rooster (spijlafstand 10 cm) voor de instroomopening geplaatst om te voorkomen dat drijfvuil op de rivier de turbines kan beschadigen. Voor getijdencentrale wordt een grof rooster niet toegepast omdat de turbines groter zijn, en de hoeveelheid schadelijk drijfvuil kleiner.

Voor zeehonden is een zwemverbod niet afdwingbaar. Bekend is dat zeehonden ongehinderd door de huidige 2 kokers (6x6 meter) van de Brouwerssluis zwemmen (lengte 190 m). Het (mogelijk) gevaar komt van de turbines. Hoewel deze relatief langzaam draaien (13 rpm @ 1 meter valhoogte) levert de grote afmeting (diameter 8 meter) toch een omtreksnelheid van bijna 5,5 meter/s. Het is daarbij de vraag of een zwemmende zeehond een naderend blad waarneemt en als dat het geval is, kan ontwijken, en tot welke schade een botsing zou leiden, zie Wood, 2016.

In principe staan o.a. de volgende maatregelen open om schade aan zeezoogdieren te voorkomen:

1. Weren van zeezoogdieren door licht, geluid om andersoortige trillingen. Deze maatregel is met wisselend succes onderzocht voor vissen, en onbekend is of dit ook kan werken voor zeezoogdieren. Bekend is dat zeezoogdieren kunnen worden afgeschrikt door turbinegeluid, zie Hastie, 2017
2. Weren van zeezoogdieren door afscherming met een grof rooster. Deze intrinsiek veilige oplossing is technisch mogelijk, maar heeft consequenties enerzijds voor kosten omdat dat wellicht ook een reinigingsinstallatie moet

worden toegepast om het rooster te reinigen van ophopend vuil, en anderzijds doordat het rooster een hydraulische weerstand oplevert die de doorstroming en elektriciteitsproductie beïnvloed. Het is daarbij nog de vraag of een roosterreiniger strikt noodzakelijk is omdat het rooster 2x daags omgekeerd wordt doorstroomd waardoor mogelijk opgehoopt vuil wordt verwijderd.

3. Stoppen of af voeren van de turbines, bij nadering van een zeezoogdier. Net zoals dat heden ten dage wordt gedaan met vogels en vleermuizen in de nabijheid van windturbines zijn ook voor getijdenturbines automatische detectiesystemen voor zeezoogdieren ontwikkeld. Deze sonar gebaseerde systemen kunnen een naderend voorwerp detecteren en geautomatiseerd de turbine af- of terugschakelen.

Naar verwachting is door toepassing van een of meer maatregelen mogelijk om schade aan zeezoogdieren te voorkomen. In het kader van de marktconsultatie heeft een uitputtend onderzoek met het oog daarop niet plaatsgevonden.

Bijlage 4 Factsheet getijdencentrale

Factsheet Getij Grevelingen, variant Getijdencentrale Brouwersdam, oktober 2018

Voor een toekomstbestendige ontwikkeling van de Grevelingen is het nodig gedempt getij terug te brengen op het Grevelingenmeer. Het project Getij Grevelingen werkt dit momenteel uit.

Doel

Primaire doel: verbetering van de waterkwaliteit om het Grevelingenmeer weer een veerkrachtig en robuust ecosysteem te maken. Realisatie van een doorlaat in de Brouwersdam. Een getijslag van maximaal 50 cm is voldoende. (Bij zeespiegelstijging van 1 cm per jaar in de komende dertig jaar).

Secundair doel (meekoppelkansen): winning van getijdenenergie. Ontwikkeling van getijdencentrale in de doorlaat kans voor innovatie en export, gericht op door zeespiegelstijging bedreigde rivierdelta's.

Meekoppelkansen: alleen als marktpartijen risicodragend invulling geven aan de voorwaarde van private financiering van extra investering, exploitatie en onderhoud van centrale met visvriendelijke turbines.

Proces en status

De publieke partners zoeken voor de planuitwerkingsfase een private alliantiepartner. Deze stelt het primaire doel voorop en wil de mogelijkheden voor energiewinning secundair onderzoeken.

De alliantievorm geldt voor de planuitwerkingsfase na het MIRT 2-besluit. Doel van deze alliantie is de potentiële optimalisaties en benodigde beheersmaatregelen uit te werken. De doorlooptijd van de planuitwerkingsfase is maximaal twee jaar. Daarna wordt een go/no-go-besluit genomen (MIRT 3). In het geval van een no-go wordt alleen een basisvariant van de doorlaat gerealiseerd.

Beschikbare informatie

Deze factsheet beschrijft een variant van een doorlaat met getijdencentrale, gebaseerd op uitkomsten van Joint Fact Finding (JFF) in 2015 en een onafhankelijke haalbaarheidsstudie van EU-project Pro-Tide. Een deel van de gegevens uit het JFF-proces is vertrouwelijk. De varianten van Pro-Tide zijn tijdens de openbare haalbaarheidsstudie getoetst aan uitgangspunten, zoals beschreven in het verslag van de precompetitieve fase. De raming van kosten van de het ontwerp doorlaat resulteerde in 2016 in kostprijs met een variatiecoëfficiënt van 24%. Mede op basis hiervan is de openbare Pro-Tide-variant aangepast. Deze optimalisaties uit eerdere varianten zijn deels meegenomen in deze business case. Daarnaast is een kansen- en risicodossier opgesteld.

Uitgangspunten

Maximum getij	50 cm (Conform Ontwerp Rijksstructuurvisie) bij 30 cm zeespiegelstijging over 30 jaar. Dit levert inclusief eisen t.a.v. Peilbeheer een jaargemiddelde getijslag van 40 cm op.
Vismortaliteit	< 1% (gemotiveerd afwijken is mogelijk met een gebied-specifieke norm)
Energieprijs	€0,13 per kWh gedurende eerste 15 jaar. Mogelijk gemaakt door SDE+-bijdrage bovenop de marktprijs. Daarna een energieprijs van €0,049 per kWh voor de laatste 15 jaar.
Overheids-bijdrage	€ 139,5 mln (nominaal, incl. BTW, prijspeil 2016) voor het doorlaatmiddel, inclusief de benodigde mitigerende (omgevings)maatregelen,

Specificaties		
Variant 2018	18 kokers, waarvan 11 met turbines	
Dimensionering dam	Lengte: 168 m Breedte: 49 m	Doorlaatmiddel ontwerp 2016, 15 kokers, excl. zeespiegelstijging.
Civiele constructie	Civiele koker betonconstructie	incl. enkelwerkende hefschuiven
Geïnstalleerd vermogen	24,9 MW	
Type turbine	8 m diameter	Pro-Tide 2015
Aantal turbines	11 turbines	Businesscase en ontwerp 2018
Doorstroomoppervlak	1.152 m ²	18 kokers 8x8 m
Vollasturen	2400 uur	60 GWh/j gedeeld door 24,9 MW
Investering nominaal (afgerond, incl. BTW)	Totale € 220 mln: ▪ € 151,5 mln, waarvan € 130 mln voor civiel en € 21,5 mitigerende maatregelen ▪ € 55 mln turbines en aansluitkosten	Formele overheidsbijdrage vastgesteld op € 139,5 mln (€ 118 mln doorlaat en € 21,5 mln mitigerende maatregelen). Het bedrag voor de doorlaat is gebaseerd op de prognose 2016, waarbij nog geen rekening is gehouden met zeespiegelstijging.
Onderhoudskosten	1,2%/j civiel; 2,5%/j turbines	Excl. sloopkosten einde levensduur
Resultaten businesscase 2018		
Netto contante waarde doorlaat	-/- € 130 mln	Civiele constructie bandbreedte van 23% 2018 nog niet vastgesteld in besluit.
Netto contante waarde getijdencentrale	€ 8,8 mln	Terugverdientijd 10 jaar, WACC 5,56%
SDE subsidie totaal	€ 72,9 mln	
SDE+ subsidie netto contant	€ 48,6 mln	
SDE+ subsidie per jaar	€ 4,9 mln	
DEI subsidie	€ 4 mln	Innovatiesubsidie
EU subsidie	€ 2 mln	EU subsidie: Innovation fund
IRR, Internal Rate of Return	7,7%	
Energie-opbrengst	60 GWh/jaar	Verdere optimalisatie mogelijk
Vermeden CO ₂ uitstoot	30 kton/jaar	
LCoE waarde	90,7 €/MWh	vergeleken met wind op zee 84 - 90 €/MWh (bron ECN 2016)
Aantal huishoudens	Ongeveer 17.000	Gem. huishouden 3,5 MWh/j
Visveiligheid	< 1% (testopstelling Pro-Tide)	Het betreft hier een mogelijke turbine variant

Risico's	
Ontwerp	1. Zeespiegelstijging scenario >1 cm/j, getijslag wordt gehaald (publiek) 2. Haalbaarheid faalkans bij sluiten van de schuiven i.v.m. nieuwe normen waterveiligheid (publiek)
Vergunningverlening	3. Vertraging vergunningverlening door bezwaren vanuit omgeving (publiek) 4. Vertraging vergunningverlening i.v.m. passeerbaarheid vissen / zeezoogdieren (privaat) 5. Vertraging subsidieaanvraag energiedeel (privaat)
Mitigerende maatregelen	6. Meerkosten mitigerende maatregelen (ca. € 21,5 mln) t.g.v. natuurcompensatie (gerelateerd aan terugbrengen getijslag op het Grevelingenmeer; geldt voor getijdencentrale en doorlaatmiddel (publiek)
Kansen	
Ontwerp	1. Lengte koker beperken (49 m naar +30 m, zowel voor doorlaatmiddel als getijdencentrale)
Innovatie en exportwaarde	2. Economische ontwikkeling in de regio door icoonproject, innovatie en exportwaarde (geldt enkel voor getijdencentrale)
Conclusie	
Op hoofdlijnen is de conclusie dat de beschreven variant getijdencentrale een NCW oplevert van € 8,8 mln. met een verdisconteringsvoet (WACC) van 5,56%. Dit maakt de businesscase potentieel haalbaar onder de gestelde randvoorwaarden, condities, risico en kansen en bij een zeespiegelstijging van 30 cm. Om de projectdoelen integraal te realiseren wordt in de aanbesteding een consortium geselecteerd voor de integrale opgave vanaf de planuitwerkingsfase tot en met realisatie en exploitatie. Eén contract maar wél geknipt in twee fasen met een uitdrukkelijk go/no-go besluitvormingsmoment. Na het besluitvormingsmoment kan worden besloten om de contractvorm nog aan te passen indien die beter past bij het besluit voor de volgende fase.	
Vervolg	
De volgende stap is de uitkomsten van deze variant in een marktconsultatie voor te leggen en de belangstelling van marktpartijen te inventariseren. Hun reactie weegt mee in een begin 2019 te nemen MIRT 2-scopebesluit. Optimalisaties en risicobeheersing worden, na selectie van een private alliantiepartner en alliantievorm, nader uitgewerkt in de planuitwerkingsfase.	

Colofon

Het project Getij Grevelingen
is een samenwerkingsverband van:



provincie **HOLLAND**
ZUID



Provincie Zeeland



Ministerie van Landbouw,
Natuur en Voedselkwaliteit



Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat



Ministerie van Economische Zaken
en Klimaat

gemeente **Goeree-
Overflakkee**



Disclaimer

Hoewel de informatie in dit marktconsultatiedocument afkomstig is van betrouwbare bronnen en de nodige zorgvuldigheid is betracht bij de totstandkoming daarvan kan Rijkswaterstaat geen aansprakelijkheid aanvaarden jegens de gebruiker voor fouten, onnauwkeurigheden en/of omissies, ongeacht de oorzaak daarvan, en voor schade als gevolg daarvan. Gebruik van de informatie in het marktconsultatiedocument en beslissingen van de gebruiker gebaseerd daarop zijn voor rekening en risico van de gebruiker.

Rijkswaterstaat benadrukt dat dit marktconsultatiedocument geen onderdeel uitmaakt van een eventuele in de toekomst te starten aanbesteding en er geen rechten aan kunnen worden ontleend. Welke uit deze marktconsultatie verkregen informatie en inzichten gebruikt worden in de voorbereiding van een eventuele aanbesteding, is een keuze van Rijkswaterstaat.

Verantwoording

Uitgave	oktober 2018
Realisatie	project Getij Grevelingen
Redactie	Awareness, Den Haag
Vertaling	Wordhouse, Amsterdam
Fotografie	Rijkswaterstaat, provincie Zuid-Holland