

## Vraagspecificatie en beoordelingsleidraad

voor de aanbesteding van de opdracht met zaaknummer 31157513  
voor het ontwikkelen, testen & valideren en implementeren van  
innovaties in het reguliere kustonderhoud.

Datum: 20 mei 2020

## Colofon

6.1a

|                 |                                                                                                                                          |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Uitgegeven door | Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat<br>Rijkswaterstaat<br>Programma's, Projecten en Onderhoud<br>Postbus 2232<br>3500 GE Utrecht |
| Datum           | 20 mei 2020                                                                                                                              |
| Status          | Definitief                                                                                                                               |
| Versienummer    | 1.0                                                                                                                                      |

## Inhoud

|     |                                                       |    |
|-----|-------------------------------------------------------|----|
| 1   | Inleiding                                             | 4  |
| 1.1 | Algemeen                                              | 4  |
| 1.2 | Aanbestedingsprocedure via TenderNed                  | 4  |
| 1.3 | Klachten met betrekking tot de aanbestedingsprocedure | 5  |
| 1.4 | Leeswijzer                                            | 5  |
| 2   | Vraagspecificatie                                     | 6  |
| 2.1 | De onderzoeks- en ontwikkelfase in hoofdlijnen        | 6  |
| 2.2 | Projectmanagement en - beheersing                     | 10 |
| 2.3 | Uitwerking traject verkennen                          | 12 |
| 2.4 | Uitwerking traject ontwikkelen                        | 13 |
| 2.5 | Uitwerking traject testen & valideren                 | 16 |
| 2.6 | Uitwerking traject implementeren                      | 18 |
| 3   | Beoordelingsleidraad                                  | 21 |
| 3.1 | Van kwalitatief naar kwantitatief                     | 21 |
| 3.2 | SD model                                              | 21 |
| 3.3 | Parameters                                            | 22 |
| 3.4 | Referentiewerk                                        | 25 |
| 3.5 | Kosteneffectiviteit                                   | 26 |
| 3.6 | Doelstelling                                          | 27 |
|     | Bijlage A - Omgevingswaarde                           | 29 |
|     | Bijlage B - Invoergegevens voor twee referentiewerken | 34 |
|     | Bijlage C - SD-Model (variabelen)                     | 35 |
|     |                                                       | -  |

# 1 Inleiding

## 1.1 Algemeen

Namens de Staat der Nederlanden gevestigd te 's-Gravenhage, Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, wordt door Rijkswaterstaat Programma's, Projecten en Onderhoud te Utrecht vertegenwoordigd door directeur Inkoop en Contractmanagement, mevrouw M. Heuvelman (hierna: opdrachtgever), een Europese aanbesteding voor het verlenen van een opdracht volgens de procedure van het innovatiepartnerschap overeenkomstig het Aanbestedingsreglement Werken 2016 (ARW 2016)<sup>1</sup> gehouden.

De aanbestedingsprocedure met zaaknummer 31157513 betreft een opdracht voor het ontwikkelen, testen & valideren van een innovatief product of werk of een innovatieve dienst welke niet reeds op de markt beschikbaar is en waarbij door middel van onderhandelingen met één of meer inschrijvers naar definitieve inschrijvingen wordt toegewerkt voor het reguliere kustonderhoud.

Deze vraagspecificatie en beoordelingsleidraad geeft informatie over de opdracht, de wijze waarop het onderzoek en de ontwikkeling van de inschrijving dient te worden gedaan, het beoordelen, het gunnen en uitsluiten ervan. Het is inschrijver niet toegestaan, tenzij uitdrukkelijk anders aangegeven, om binnen de kaders van de aanbestedingsprocedure contacten te onderhouden met aanbesteder of vragen te stellen anders dan via TenderNed.

Rijkswaterstaat hanteert de gedragscode 'Publiek Opdrachtgeverschap'. Deze gedragscode is te downloaden op de internetsite van Rijkswaterstaat via het adres: [www.rws.nl/opdrachtgeverscode](http://www.rws.nl/opdrachtgeverscode).

## 1.2 Aanbestedingsprocedure via TenderNed

De aanbestedingsprocedure wordt uitsluitend digitaal uitgevoerd via het elektronisch systeem voor aanbestedingen: TenderNed ([www.tenderned.nl](http://www.tenderned.nl)).

Dit betekent dat een verzoek tot deelneming en een inschrijving alleen via TenderNed mogelijk is. Voor deelneming aan de aanbestedingsprocedure dient inschrijver als gebruiker te zijn geregistreerd bij TenderNed. De "Gebruiksvoorwaarden TenderNed" zijn van toepassing.

Van inschrijver wordt verwacht dat deze alle benodigde kennis heeft om op een correcte wijze een aanbestedingsprocedure te kunnen doorlopen in TenderNed. Zie voor handleidingen [www.tenderned.nl/egids](http://www.tenderned.nl/egids).

Gebruik van TenderNed is voor rekening en risico van inschrijver.

Met nadruk wordt er op gewezen dat documenten die digitaal dienen te worden ingediend en ondertekend, in pdf-format dienen te worden ondertekend met een

gekwalficeerde elektronische handtekening conform Verordening (EU) nr. 910/2014 van het Europees Parlement en de Raad van 23 juli 2014 zoals aangegeven in paragraaf 3.2 van het aanmeldings- en selectiedocument van dit programma.

### 1.3 Klachten met betrekking tot de aanbestedingsprocedure

Ingevolge het advies 'Klachtafhandeling bij aanbesteden' heeft Rijkswaterstaat een klachtenmeldpunt ingericht. Klachten met betrekking tot de aanbestedingsprocedure kunnen worden ingediend bij het Centrale Klachtenmeldpunt aanbesteden Rijkswaterstaat, op het e-mailadres: [klachtenmeldpunt@rws.nl](mailto:klachtenmeldpunt@rws.nl).

Klachten kunnen betrekking hebben op het niet naleven van wettelijke bepalingen of inbreuk op algemene aanbestedingsbeginselen. Een klacht moet schriftelijk worden ingediend en moet duidelijk en gemotiveerd aangeven op welk aspect van de aanbestedingsprocedure de klacht betrekking heeft. Een klacht wordt behandeld door ter zake kundige functionarissen die niet betrokken zijn of zullen worden bij de onderhavige aanbestedingsprocedure. Een klacht wordt zo spoedig mogelijk afgehandeld; de klager wordt daarover geïnformeerd.

Het indienen van een klacht heeft geen opschortende werking en laat onverlet dat inschrijver tijdig formeel bezwaar dient te maken of een procedure dient te starten indien en voor zover dat aan de orde is (zie paragraaf 6.2 van het Aanmeldings- en selectiedocument). Zie voor meer informatie: [www.rws.nl/klachtenmeldpuntaanbesteden](http://www.rws.nl/klachtenmeldpuntaanbesteden).

### 1.4 Leeswijzer

Deze vraagspecificatie en beoordelingsleidraad geeft informatie over het onderzoeks- en ontwikkeltraject voor het programma aanbesteding Innovaties in de Kustlijnzorg. In hoofdstuk 2 is de vraagspecificatie beschreven. Hoofdstuk 3 beschrijft de beoordelingsleidraad tijdens de onderzoeks- en ontwikkelfase. Deze aanbesteding is gebaseerd op het hieraan voorafgaande Aanmeldings- en selectiedocument en het Inschrijvings- en beoordelingsdocument.

## 2 Vraagspecificatie

Het onderdeel vraagspecificatie van dit document heeft betrekking op de onderzoeks- en ontwikkelfase (de opdracht) dat voor de inschrijving van opdrachtnemer is gegund na de mededingingsfase (lees: aanbesteding). De procedure voor het innovatiepartnerschap uit het ARW beschrijft enkel de mededingingsfase.

Verwezen wordt voor informatie over contractvormen voor de verschillende fasen van het programma naar paragraaf 2.5 van het aanmeldings- en selectiedocument.

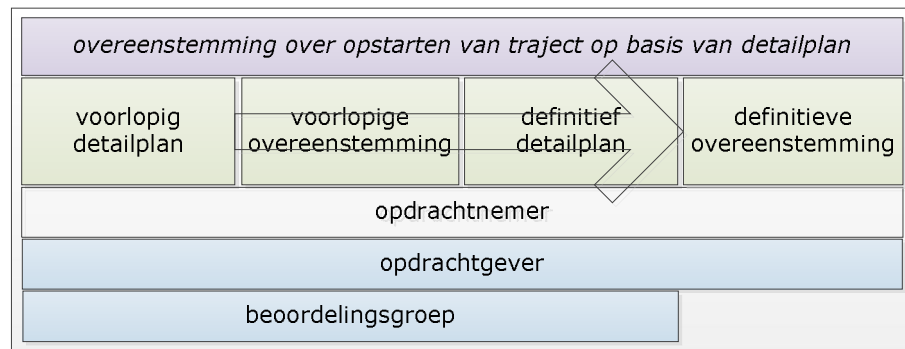
### 2.1 De onderzoeks- en ontwikkelfase in hoofdlijnen

De onderzoeks- en ontwikkelfase bestaat uit vier trajecten, namelijk verkennen, ontwikkelen, testen & valideren en implementeren. In de volgende paragrafen zijn deze vier trajecten beschreven. Voor een procesbeschrijving van deze fase van het programma wordt verwezen naar de paragrafen 2.2 en 2.3 van het aanmeldings- en selectiedocument.

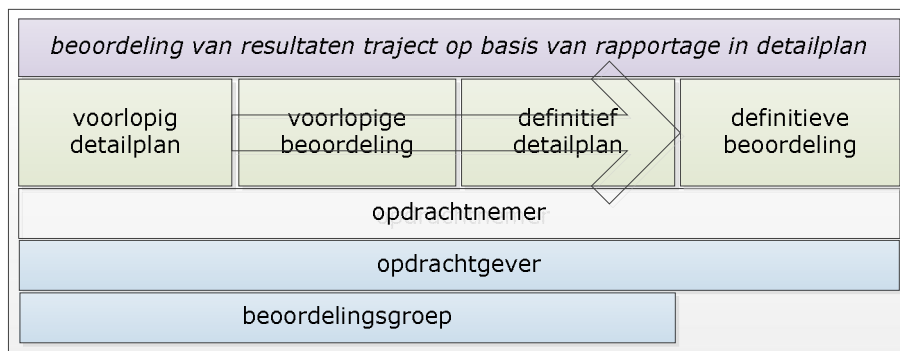
Voorafgaand aan het opstarten van de onderzoeks- en ontwikkelfase wordt een plan van aanpak door opdrachtnemer opgesteld. Daarin zijn de onderdelen projectmanagement en –beheersing vanuit het perspectief van de inschrijving voor de gehele fase op hoofdlijnen uitgewerkt. De goedkeuring op het plan van aanpak gebeurt op moment van definitieve overeenstemming (zie afbeelding hieronder) door opdrachtgever (go/no go). Hetzelfde geldt op moment van definitieve beoordeling (zie afbeelding hieronder) voor de rapportage van de resultaten voor het afgesloten traject.

Er geldt dat voorafgaand aan elk traject een aan het plan van aanpak onderliggend detailplan voor de inschrijving moet worden opgesteld dat specifiek ingaat op het betreffende traject. Met het detailplan is uitgewerkt naar welk TRL- en SRL-niveau wordt toegewerkt in het traject en hoe dit niveau behaald gaat worden.

Verder moet overeenstemming tussen opdrachtgever en opdrachtnemer bereikt worden over contractuele zaken zoals de planning, technische en financiële voorwaarden.



Het opstarten (overeenstemming) en beëindigen (beoordelingsmoment) van een traject voor de inschrijving gaan dus ieder gepaard met een go/no go van opdrachtgever voor het vervolg van het onderzoek en de ontwikkeling.

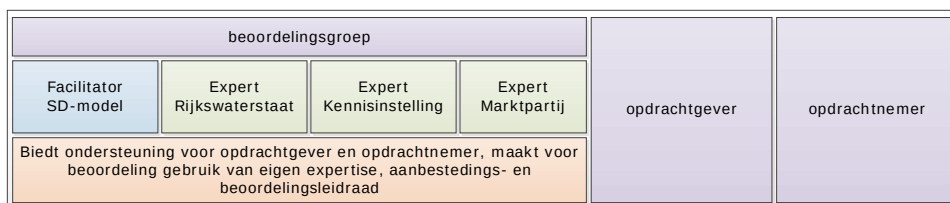


Een go/no go is een knock-out in geval dat de kwaliteit van het plan van aanpak of de detailplannen onvoldoende zijn (overeenstemming), resp. de resultaten (beoordelingsmoment) niet met de verwachtingen die voorafgaand met de opdrachtnemer voor de inschrijving zijn vastgesteld, overeenstemmen. De samenwerking voor het programma tussen opdrachtnemer en opdrachtgever beëindigt voor de inschrijving dan met directe ingang.

### 2.1.1

#### Beoordelingsgroep

Voor de onderzoeks- en ontwikkelfase wordt een beoordelingsgroep samengesteld (zie bijlage B van het aanmeldings- en selectiedocument).



In het processchema van paragraaf 2.1.3 is weergegeven wanneer de beoordelingsgroep actief voor het programma is. De beoordelingsgroep kan voor een specifiek traject verschillend samengesteld zijn. In totaal bestaat de beoordelingsgroep uit vier leden. Lid van de beoordelingsgroep is een facilitator. Naast het faciliteren van een beoordelingsoverleg, is de facilitator expert voor systeem dynamisch modelleren (SD-model). De facilitator verricht zelf geen beoordeling over de voortgang van een onderzoek of ontwikkeling voor de inschrijving.

Het hulpmiddel bij de motivering in het kwalitatief document is het SD-model (systeem dynamisch model). Elke beoordelaar van een/de beoordelingsgroep maakt zijn eigen afweging bij het beoordelen van de inschrijving. Het SD-model brengt de individuele afwegingen van alle beoordelaars van de beoordelingsgroep samen, om zo tot een afgewogen eindoordeel te komen. Afhankelijk van de aard van de innovatieve oplossing wordt bij het maken van de afweging een onderscheid tussen

een voorover- en/of strandsuppletie gemaakt. Het kan ook zijn dat de innovatieve oplossing voor beide toepassingen wordt ingezet. Het SD-model zorgt zo voor een consistent beoordelingsproces en daarmee de gelijke behandeling van inschrijvers.

Het toepassen van het SD-model voor de beoordeling van de inschrijving gebeurt door de facilitator van de beoordelingsgroep. Deze persoon verricht zelf geen beoordeling.

Het tweede lid is een medewerker van Rijkswaterstaat met expertise over het onderwerp dat op dat moment voor het beoordelingsoverleg belangrijk is. De twee overige leden zijn van een marktpartij en een kennisinstelling met gewenste expertise.

Over de samenstelling van de beoordelingsgroep stemmen opdrachtnemer en opdrachtgever op dat moment af. De afweging die daarbij wordt gemaakt, gebeurt op basis van het Rijkswaterstaat-document scheiding van belang.

#### 2.1.2

##### Bijzonderheden

Opdrachtgever zal het onderzoek en de ontwikkeling van de inschrijving voor een specifiek traject van de onderzoek- en ontwikkelfase nooit in volle omvang financieren. In het voortraject van de totstandkoming van het plan van aanpak en het opstellen van de detailplannen van de trajecten zal de mate van ondersteuning onderwerp van gesprek tussen opdrachtgever en opdrachtnemer zijn. Aan dit gesprek ligt een volledige en open begroting van opdrachtnemer ten grondslag.

De vergoeding die opdrachtgever voor het gehele programma ter beschikking stelt, is beperkt tot 18 miljoen Euro (inclusief omzetbelasting). Gedurende de uitvoering van het programma kan deze maximale vergoeding voor het voltooien van het onderzoek en de ontwikkeling van één of meerder eerste inschrijvingen van het programma niet toereikend zijn. Deze situatie kan zich met deze of de daaropvolgende aanbestedingen van het programma voordoen. Opdrachtgever zal voor deze situatie een inschrijving selecteren op basis van het actuele TRL-niveau van hoog naar laag, waarbij opdrachtgever voor een of meerdere inschrijvingen met het hoogste TRL-niveau zal kiezen. Dat mogen er dus ook meerdere zijn, zolang een inschrijving maar zijn op het hoogste TRL-niveau. Opdrachtgever zal de overeenkomst, na afronding van het actuele traject waarin een inschrijving zich bevindt, van de overige opdrachtnemers beëindigen.

Opdrachtgever zal halfjaarlijks de opdrachtnemers over de financiële ruimte van het programma informeren.

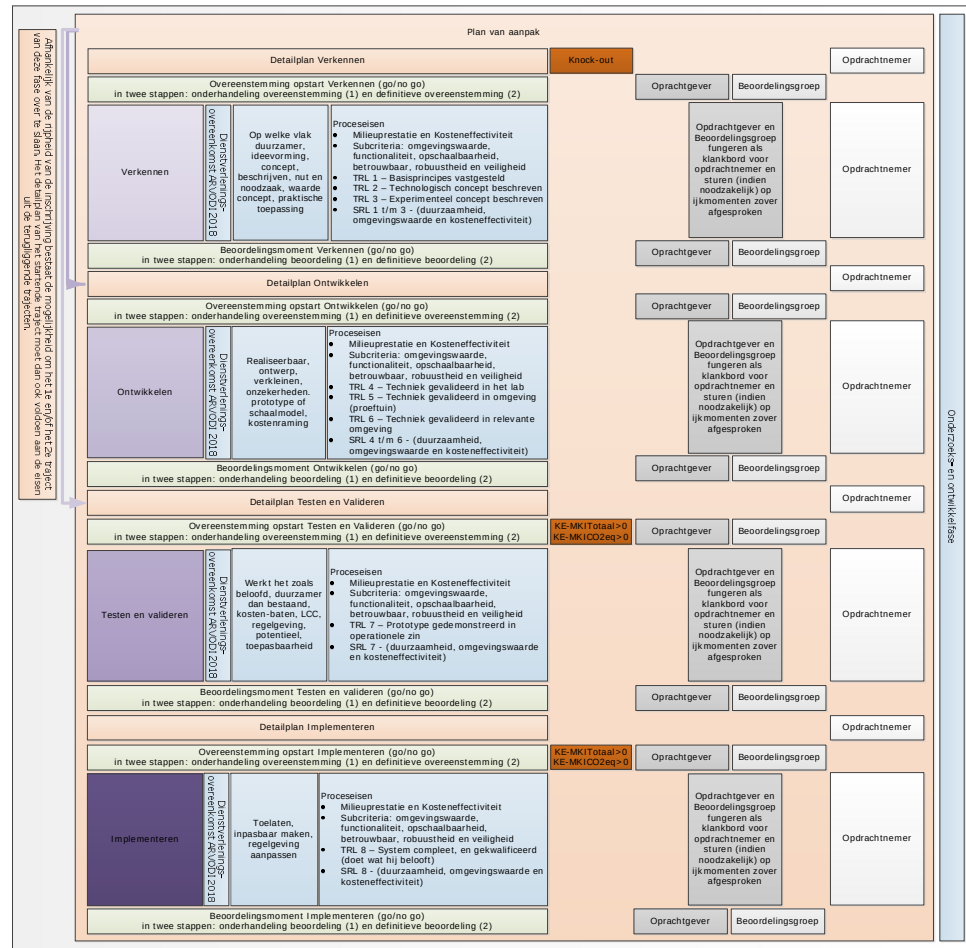
Een inschrijving kan op één van de vier trajecten van de onderzoeks- en ontwikkelfase instappen. De inschrijving hoeft met het onderzoek en de ontwikkeling van een inschrijving niet bij het traject verkennen te beginnen wanneer deze in gevorderd stadium verkeert. Dit zal op basis van het plan van aanpak door opdrachtgever en in overeenstemming met inschrijver worden vastgesteld. De voortgang van de ontwikkeling van een inschrijving kan verschillend zijn. Hieronder zijn de vier instapniveaus van de onderzoeks- en ontwikkelfase visueel weergegeven.



### 2.1.3

#### Processchema

Figuur 1- Processchema onderzoeks- en ontwikkelfase, op basis van het plan van aanpak wordt het instapniveau voor een inschrijving door aanbesteders in samenspraak met inschrijver vastgesteld.



Opmerking: ad Knock-Out – KE staat Kosteneffectiviteit voor MKI<sub>Totaal</sub> en MKI<sub>CO2eq</sub>.

## 2.2 Projectmanagement en -beheersing

De opdrachtnemer dient zijn werkzaamheden te managen (plannen, organiseren, bewaken, beheersen, rapporteren en corrigeren), zodanig dat het resultaat voldoet aan de afspraken uit het plan van aanpak en aan de uit deze overeenkomst voortvloeiende eisen.

### Veiligheid

De opdrachtnemer dient de werkzaamheden te verrichten, zodanig dat de werkzaamheden en resultaten van werkzaamheden op een veilige en gezonde wijze verricht en gerealiseerd worden (en het werk veilig en gezond gebruikt, onderhouden en indien dat vereist is te zijner tijd gesloopt kan worden).

De beschrijving van het proces integraal veiligheidsmanagement dient onderdeel te zijn van elk plan van aanpak en ten aanzien van het veiligheidsthema arbeidsveiligheid, gebaseerd te zijn op het veiligheidsmanagementsysteem van de opdrachtnemer(s).

Opdrachtnemer dient op te treden als enig zaakwaarnemer en als enig vertegenwoordiger voor de opdrachtgever waar het gaat om het zekeren van alle maatregelen en verplichtingen die vereist zijn op basis van de arbeidsomstandighedenwet en –regelgeving.

Opdrachtnemer dient alle ernstige ongevallen terstond ter kennis te brengen van opdrachtgever.

### Afwijkingen

Afwijkingen van een overeengekomen plan van aanpak en afwijkingen op de overeengekomen begroting dienen bij de opdrachtgever te worden ingediend. Afwijkingen dienen door opdrachtgever schriftelijk te worden geaccepteerd.

### Intellectueel eigendom

Voor intellectuele (eigendoms)rechten geldt dat opdrachtnemer aan aanbesteder een niet-exclusief, niet-opzegbaar gebruiksrecht verleent voor de duur van het innovatiepartnerschap.

### Communicatie

Communicatie en publicatie over de resultaten tijdens de onderzoeks- en ontwikkelfase gebeurt uitsluitend in samenspraak tussen opdrachtgever en opdrachtnemer.

### Financiën

Het einde van elk traject in de onderzoeksfase en ontwikkelfase resulteert in een rapportage en opgave van kosten gebaseerd op de begroting. Deze rapportage en opgave van kosten dient door opdrachtgever geaccepteerd te worden. Deze acceptatie volgt op het advies van de beoordelingsgroep, die de beoordeling van de rapportage uitvoert op basis van de gunningscriteria in dit document en de beoordelingsleidraad.

Na acceptatie van rapportage en opgave van kosten zal opdrachtgever prestatieverklaring opstellen. Opdrachtnemer dient de prestatieverklaring met de factuur te sturen aan opdrachtgever.

#### 2.2.1

##### Opstellen plan van aanpak en detailplannen

Zoals eerder beschreven wordt voor de start van de onderzoeks- en ontwikkelfase een plan van aanpak opgesteld, waarin de onderdelen projectmanagement en – beheersing voor de gehele opdracht zijn uitgewerkt.

##### Doelstelling

Opdrachtnemer dient de onderzoeks- en ontwikkelfase op integrale, beheerste, expliciete en transparante wijze te managen, zodanig dat de onderzoeks- en ontwikkelfase wordt gerealiseerd conform de gestelde eisen uit deze vraagspecificatie.

##### Output

Plan van aanpak voorafgaand aan het opstarten van de onderzoeks- en ontwikkelfase.

##### Kwaliteitseisen functioneel

In het plan van aanpak beschrijft opdrachtnemer op hoofdlijnen de totale onderzoeks- en ontwikkelfase voor haar opdracht.

##### Kwaliteitseisen product

Het plan van aanpak dient een integrale beschrijving te geven van de toepassing van het kwaliteitsmanagement bij uitvoering van de onderzoeks- en ontwikkelfase.

De Demming cirkel (Plan, Do, Check, Act) is geborgd in de projectorganisatie (dus geldt ook voor het plan van aanpak en de detailplannen) van inschrijver. Het plan van aanpak, is gebaseerd op een kwaliteitsmanagementsysteem (en in geval van een combinatie meerdere kwaliteitsmanagementsystemen) die gecertificeerd zijn op basis van de vigerende versie van de norm NEN-EN-ISO 9001 of gelijkwaardig.

In het plan van aanpak dienen minimaal de volgende onderwerpen over de onderzoeks- en ontwikkelfase opgenomen te zijn:

- beschrijving van de wijze waarop wordt gemanaged;
- beschrijving van de strategie/ -aanpak;
- beschrijving van de voor de uitvoering samengestelde projectorganisatie, waarin de leidinggevenden en sleutelfuncties zijn opgenomen inclusief de aan hen toebedeelde taken, verantwoordelijkheden en bevoegdheden;
- beschrijving van de communicatie en informatievoorziening (intern en extern);
- beschrijving van de ontwikkeling in de niveaus van TRL en SRL;
- beschrijving van de wijze waarop met afwijkingen en/of wijzigingen wordt omgegaan, afwijkingen die volgen uit check en wijzigingen die niet verholpen kunnen worden door Act uit de Demming cirkel (Plan, Do, Check, Act).

### 2.2.2 Overlegstructuren

Voortgangsoverleg tijdens een traject;

Opdrachtgever en opdrachtnemer hebben gedurende een traject op verschillende momenten overleg om de (inhoudelijke) voortgang van het project te bespreken.

Het reguliere voortgangsoverleg vindt plaats tussen de projectleiders van opdrachtnemer en opdrachtgever en wordt naar behoefte aangevuld met andere direct betrokkenen. Doel is de voortgang van de onderzoeks- en ontwikkelactiviteiten voor de inschrijving te bespreken en vast te leggen.

### 2.3 Uitwerking traject verkennen

#### Proceseisen

- TRL 1 - basisprincipes vastgesteld;
- TRL 2 - technologisch concept beschreven;
- TRL 3 - experimenteel concept beschreven;
- voldoet aan SRL 1 t/m 3 voor de doelvariabelen: milieuprestatie en kosteneffectiviteit van het programma;
- SRL 1 t/m 3 – waarde, draagvlak en veranderdruk voor de doelvariabelen milieuprestatie en kosteneffectiviteit in concept beschreven;
- impact die de inschrijving heeft op de subcriteria van het SD-model, de subcriteria die van invloed zijn op de doelvariabelen van het programma, met behulp van een analyse wordt met ondersteuning van de opdrachtgever de impact die deze subcriteria op de doelvariabelen van het programma hebben, vastgesteld;
- (deel)betalingen worden op het moment van het bereiken van ieder TRL-niveau in het traject verricht.

### 2.3.1 Detailplan

#### Doelstelling

In een detailplan worden de (onderzoeks)aanpak en de uitgangspunten van het haalbaarheidsonderzoek vastgelegd, dat in het kader van het traject wordt uitgevoerd. Een detailplan is onderliggend aan het plan van aanpak.

#### Resultaat

- detailplan als onderbouwing;
- open begroting (LCC-matige opzet) per TRL-niveau t.b.v. investering, incl. verdeling kosten tussen opdrachtnemer en opdrachtgever, beschrijven van contractuele, technische en financiële voorwaarden en planning t.b.v. de overeenkomst, hiermee genereer je input voor de op te stellen nadere overeenkomst;
- detailplanning en betaaltermijnen en risicoanalyse en uitkomst van de toets aan geldend kust- en omgevingsbeleid en wetgeving, beoordeling opschaalbaarheid voor het reguliere en toekomstige kustonderhoud en voorlopig statement over intellectueel eigendom.

#### Inhoud

Opdrachtnemer geeft in het detailplan een omschrijving van:

- het haalbaarheidsonderzoek;

- de werkzaamheden die gepland zijn en de wijze van uitvoering;
- de technische aspecten van het haalbaarheidsonderzoek;
- het eindresultaat van het haalbaarheidsonderzoek;
- de wijze waarop het eindresultaat wordt vastgesteld, is dit meetbaar;
- een technisch aantoonbaar en te verifiëren eigenschap van de inschrijving;
- de wijze waarop het haalbaarheidsonderzoek wordt georganiseerd, wie is waarvoor verantwoordelijk;
- de condities waaronder het haalbaarheidsonderzoek wordt georganiseerd;
- de planning van de geplande werkzaamheden;
- van de ijkmomenten in de planning waarin tussentijdse resultaten met opdrachtgever worden gedeeld, welke resultaten zijn dit;
- de betalingscondities en –momenten om het haalbaarheidsonderzoek uit te voeren;
- de risicoverdeling tussen opdrachtgever en opdrachtnemer.

#### 2.3.2 Uitvoering

##### Doelstelling

De doelstelling voor de uitvoering van het traject is dat opdrachtnemer de inschrijving conform het overeengekomen detailplan uitvoert.

##### Resultaat

- de basisprincipes van de inschrijving zijn vastgesteld, het technologische en experimentele concept voor de implementatie op basis van de huidige kennis in het reguliere kustonderhoud uitvoerig beschreven;
- de inschrijving heeft na succesvolle uitvoering TRL 1 t/m 3 bereikt;
- de inschrijving heeft na succesvolle uitvoering SRL I bereikt;
- voor de inschrijving is bepaald op welke subcriteria van het SD-model het ingrijpt;
- doorontwikkeling van de inschrijving;
- instemming over het gerealiseerde werk van opdrachtnemer door opdrachtgever.

Het resultaat wordt vastgelegd in een product. De vorm van dit product wordt vastgelegd in de overeenkomst voor het traject Verkennen.

Indien de prestaties van de producten niet voldoen aan de vooraf gestelde doelen, behoudt opdrachtgever zich het recht voor om geen geld toe te kennen voor de prestatie van opdrachtnemer. De momenten waarop dit wordt vastgesteld, zijn vooraf aan het opstarten van het volgende traject gezamenlijk met opdrachtnemer vastgesteld.

#### 2.4 Uitwerking traject ontwikkelen

##### Proceseisen

Uit het detailplan blijkt dat de inschrijving aan het einde van het traject voldoet aan:

- TRL 4 – techniek gevalideerd in het lab;
- TRL 5 – techniek gevalideerd in omgeving (proeftuin);

- TRL 6 – techniek gevalideerd in relevante omgeving;
- voldoet aan SRL 4 t/m 6 voor de doelvariabelen: milieuprestatie en kosteneffectiviteit van het programma;
- SRL 4 t/m 6 – waarde, draagvlak en veranderdruk voor de doelvariabelen milieuprestatie en kosteneffectiviteit in concept beschreven;
- impact die de inschrijving heeft op de subcriteria uit het SD-model, de subcriteria die van invloed zijn op de doelvariabelen milieuprestatie en kosteneffectiviteit van het programma, met behulp van een analyse wordt met ondersteuning van opdrachtgever de impact die deze subcriteria op de doelvariabelen van het programma hebben, onderzocht;
- (deel)betalingen worden op het moment van het bereiken van ieder TRL-niveau in het traject verricht.

#### 2.4.1 Detailplan

##### Doelstelling

In een detailplan worden de (onderzoeks)aanpak en de uitgangspunten van het haalbaarheidsonderzoek vastgelegd, dat in het kader van dit traject wordt uitgevoerd. Een detailplan ligt aan het plan van aanpak ten grondslag.

##### Resultaat

- detailplan als onderbouwing voor het traject;
- open begroting per TRL-niveau t.b.v. investering voor traject, incl. verdeling kosten tussen opdrachtnemer en opdrachtgever, beschrijven van contractuele, technische en financiële voorwaarden en planning t.b.v. de overeenkomst, hiermee genereer je input voor de op te stellen nadere overeenkomst;
- detailplanning en betaaltermijnen en risicoanalyse en uitkomst van de toets aan geldend kust- en omgevingsbeleid en wetgeving, beoordeling opschaalbaarheid voor het reguliere (toekomstige) kustonderhoud en voorlopig statement over intellectueel eigendom;
- de basisprincipes van de inschrijving zijn vastgesteld, het technologische en experimentele concept voor de implementatie op basis van de huidige kennis in het reguliere kustonderhoud uitvoerig beschreven.

##### Inhoud

Opdrachtnemer geeft in het detailplan een omschrijving van:

- het haalbaarheidsonderzoek;
- de werkzaamheden die gepland zijn en de wijze van uitvoering;
- de technische aspecten van het haalbaarheidsonderzoek;
- het eindresultaat van het haalbaarheidsonderzoek;
- de wijze waarop het eindresultaat wordt vastgesteld, is dit meetbaar;
- een technisch aantoonbaar en te verifiëren eigenschap van de inschrijving;
- de wijze waarop het haalbaarheidsonderzoek wordt georganiseerd, wie is waarvoor verantwoordelijk;
- de condities waaronder het haalbaarheidsonderzoek wordt georganiseerd;
- de planning van de geplande werkzaamheden;
- van de ijkmomenten in de planning waarin tussentijdse resultaten met opdrachtgever worden gedeeld, welke resultaten zijn dit;
- de betalingscondities en –momenten om het haalbaarheidsonderzoek uit te voeren;

- de risicoverdeling tussen opdrachtgever en opdrachtnemer.

#### 2.4.2 Uitvoering

##### Doelstelling

De doelstelling voor de uitvoering van het traject is dat opdrachtnemer de inschrijving conform het detailplan uitvoert.

##### Resultaat

- doorontwikkeling van de inschrijving;
- instemming over het gerealiseerde werk van opdrachtnemer door opdrachtgever;
- de inschrijving heeft TRL 4 t/m 6 bereikt;
- de inschrijving heeft SRL 4 t/m 6 bereikt;
- voor de inschrijving is bepaald op welke subcriteria van het SD-model het ingrijpt;
- met succesvolle beëindiging van dit traject zijn voor de inschrijving een MKI-waarde en een waarde voor de Levelized Cost (LCC) vastgesteld (materiaalkosten (alle kosten uitgenomen brandstofkosten) per bruto uur);
- de basisprincipes van de inschrijving zijn vastgesteld, het technologische en experimentele concept voor de implementatie op basis van de huidige kennis in het reguliere kustonderhoud uitvoerig beschreven.

#### 2.5 Uitwerking traject testen & valideren

##### Proceseisen

Uit het detailplan blijkt dat de inschrijving aan het einde van het traject voldoet aan:

- TRL 7 - prototype gedemonstreerd in operationele zin;
- voldoet aan SRL 7 voor de doelvariabelen: milieuprestatie en kosteneffectiviteit van het programma;
- SRL 7 – waarde, draagvlak en veranderdruk voor de doelen milieuprestatie en kosteneffectiviteit in concept beschreven;
- impact die de inschrijving heeft op de subcriteria uit het SD-model, de subcriteria die van invloed zijn op de doelvariabelen milieuprestatie en kosteneffectiviteit van het programma, met behulp van een analyse wordt met ondersteuning van opdrachtgever de impact die deze subcriteria op de doelvariabelen van het programma hebben, uitgevoerd;
- (deel)betalingen worden op het moment van het bereiken van ieder TRL-niveau in het traject verricht.

#### 2.5.1 Detailplan

##### Doelstelling

In een detailplan worden de (onderzoeks)aanpak en de uitgangspunten van het haalbaarheidsonderzoek vastgelegd, dat in het kader van dit traject wordt uitgevoerd. Een detailplan is onderliggend aan het plan van aanpak.



### Resultaat

- detailplan als onderbouwing voor het traject;
- open begroting per TRL-niveau t.b.v. investering voor traject, incl. verdeling kosten tussen opdrachtnemer en opdrachtgever, beschrijven van contractuele, technische en financiële voorwaarden en planning t.b.v. de overeenkomst, hiermee genereer je input voor de op te stellen nadere overeenkomst;
- detailplanning en betaaltermijnen en risicoanalyse en uitkomst van de toets aan geldend kust- en omgevingsbeleid en wetgeving, beoordeling opschaalbaarheid voor het reguliere (toekomstige) kustonderhoud en voorlopig statement over intellectueel eigendom.

### Inhoud

De opdrachtnemer geeft in het detailplan een omschrijving van:

- het haalbaarheidsonderzoek;
- de werkzaamheden die gepland zijn en de wijze van uitvoering;
- de technische aspecten van het haalbaarheidsonderzoek;
- het eindresultaat van het haalbaarheidsonderzoek;
- de wijze waarop het eindresultaat wordt vastgesteld, is dit meetbaar;
- een technisch aantoonbaar en te verifiëren eigenschap van de inschrijving;
- de wijze waarop het haalbaarheidsonderzoek wordt georganiseerd, wie is waarvoor verantwoordelijk;
- de condities waaronder het haalbaarheidsonderzoek wordt georganiseerd;
- de planning van de geplande werkzaamheden;
- van de ijkmomenten in de planning waarin tussentijdse resultaten met opdrachtgever worden gedeeld, welke resultaten zijn dit;
- de betalingscondities en –momenten om het haalbaarheidsonderzoek uit te voeren;
- de risicoverdeling tussen opdrachtgever en opdrachtnemer;
- het onderzoeksplan t.b.v. prototype ontwikkeling;
- de uitvoering van een levenscyclusanalyse (LCA)<sup>1</sup>;
- het vaststellen van een MKI-waarde voor de inschrijving voor een referentie-project, invoer in DuboCalc;
- een gefundeerde afweging van de test-/pilotlocaties;
- een gedegen monitoringprogramma;
- een inventarisatie van de vergunningen, zo niet aanvragen, die benodigd zijn (bijv. Wet natuurbescherming en de Ontgrondingenwet, Beleidslijn Kust, National Waterplan, Deltaprogramma Kust en Waterwet).

## 2.5.2 Uitvoering

### Doelstelling

De doelstelling voor de uitvoering van het traject testen en valideren is dat de opdrachtnemer de inschrijving conform het detailplan uitvoert.

<sup>1</sup> Het opstellen van een LCA-rapportage ten behoeve van de MKI-waarde gebeurt door een gecertificeerd bureau. Uitvoering en toets van de gebruikte MKI-waarde conform de procedure van Stichting Bouwkwaliiteit (SBK).

### Resultaat

- doorontwikkeling van de inschrijving;
- instemming over het gerealiseerde werk van opdrachtnemer door opdrachtgever.

### Inhoud

- de inschrijving heeft TRL 7 bereikt;
- de inschrijving heeft SRL 7 bereikt;
- voor de inschrijving is bepaald op welke subcriteria van het SD-model het ingrijpt;
- met succesvolle beëindiging van dit traject zijn de MKI-waarde en de waarde voor de kosteneffectiviteit (Levelized Cost uit LCC) definitief vastgesteld.

## 2.6 Uitwerking traject implementeren

### Proceisen

Uit het detailplan blijkt dat de inschrijving aan het einde van het traject voldoet aan:

- TRL 8 – systeem compleet, en gekwalificeerd en (doet wat hij belooft);
- voldoet aan SRL 8 voor de doelvariabelen: milieuprestatie en kosteneffectiviteit van het programma;
- SRL III – waarde, draagvlak en veranderdruk voor de doelen milieuprestatie en kosteneffectiviteit concept beschreven;
- impact die de inschrijving heeft op de subcriteria uit het SD-model, de subcriteria die van invloed zijn op de doelen milieuprestatie en kosteneffectiviteit van het programma, met behulp van een analyse wordt met ondersteuning van opdrachtgever de impact die deze subcriteria op de doelvariabelen van het programma hebben, beoordeeld;
- de werking van de inschrijving is met het traject vastgesteld, het technologische en experimentele concept voor de implementatie in het reguliere kustonderhoud is op de twee doelvariabelen van het programma aangetoond e.a. gebeurt in samenwerking met het IPM-team regulier kustonderhoud;
- (deel)betalingen worden op het moment van het bereiken van ieder TRL-niveau in het traject implementeren verricht.

### 2.6.1 Detailplan

#### Doelstelling

In een detailplan worden de (onderzoeks)aanpak en de uitgangspunten van het haalbaarheidsonderzoek vastgelegd, dat in het kader van dit traject wordt uitgevoerd. Een detailplan is onderliggend aan het plan van aanpak.

#### Resultaat

- detailplan als onderbouwing voor het traject;
- open begroting per TRL-niveau t.b.v. investering voor traject, incl. verdeling kosten tussen opdrachtnemer en opdrachtgever, beschrijven van contractuele, technische en financiële voorwaarden en planning t.b.v. de overeenkomst, input voor de op te stellen nadere overeenkomst;

- detailplanning en betaaltermijnen en risicoanalyse en uitkomst van de toets aan geldend kust- en omgevingsbeleid en wetgeving, beoordeling opschaalbaarheid voor het reguliere (toekomstige) kustonderhoud en voorlopig statement over intellectueel eigendom.

#### Inhoud

Opdrachtnemer geeft in het detailplan een omschrijving van:

- het haalbaarheidsonderzoek;
- de werkzaamheden die gepland zijn en de wijze van uitvoering;
- de technische aspecten van het haalbaarheidsonderzoek;
- het eindresultaat van het haalbaarheidsonderzoek;
- de wijze waarop het eindresultaat wordt vastgesteld, is dit meetbaar;
- een technisch aantoonbaar en te verifiëren eigenschap van de inschrijving;
- de wijze waarop het haalbaarheidsonderzoek wordt georganiseerd, wie is waarvoor verantwoordelijk;
- de condities waaronder het haalbaarheidsonderzoek wordt georganiseerd;
- de planning van de geplande werkzaamheden;
- van de ijkmomenten in de planning waarin tussentijdse resultaten met opdrachtgever worden gedeeld, welke resultaten zijn dit;
- de betalingscondities en –momenten om het haalbaarheidsonderzoek uit te voeren;
- de risicoverdeling tussen opdrachtgever en opdrachtnemer;
- het onderzoeksplan t.b.v. prototype ontwikkeling;
- de uitvoering van een levenscyclusanalyse (LCA)<sup>1</sup>;
- het vaststellen van een MKI-waarde voor de inschrijving voor een referentie-project, invoer in DuboCalc;
- een gefundeerde afweging van de test-/pilotlocaties;
- een gedegen monitoringprogramma;
- een inventarisatie van de vergunningen, zo niet aanvragen, die benodigd zijn (bijv. Wet natuurbescherming en de Ontgrondingenwet, Beleidslijn Kust, National Waterplan, Deltaprogramma Kust en Waterwet).

#### 2.6.2 Uitvoering

##### Doelstelling

De doelstelling voor de uitvoering van het traject is dat de opdrachtnemer de inschrijving oplossing conform het detailplan uitvoert.

##### Resultaat

- doorontwikkeling van de inschrijving;
- instemming over het gerealiseerde werk van de opdrachtnemer door opdrachtgever;
- formele afronding van de onderzoeks- en ontwikkelfase.

##### Inhoud

- de inschrijving heeft TRL 8 bereikt;
- de inschrijving heeft SRL 8 bereikt;
- voor de inschrijving is bepaald op welke subcriteria van het SD-model het ingrijpt;

<sup>1</sup> Het opstellen van een LCA-rapportage ten behoeve van de MKI-waarde gebeurt door een gecertificeerd bureau. Uitvoering en toets van de gebruikte MKI-waarde conform de procedure van Stichting Bouwkwaliiteit (SBK).

- met succesvolle beëindiging van de onderzoeks- en ontwikkelfase voldoet de inschrijving en te realiseren werk aan de vooraf aan het opstarten van de fase testen en valideren vastgestelde MKI-waarde en waarde voor de kosteneffectiviteit (Levelized Cost uit LCC);
- het eindproduct van de onderzoeks- en ontwikkelfase bestaande uit de inschrijving oplossing geeft opdrachtgever het vertrouwen dat het voldoet aan de algemene doelstellingen van de onderzoeks- en ontwikkelfase en klaar is om de commerciële fase in te gaan.

### 3 Beoordelingsleidraad

Dit onderdeel beoordelingsleidraad beschrijft hoe opdrachtgever de inschrijving van opdrachtnemers van het programma aanbesteding innovaties in de kustlijnzorg beoordeelt tijdens de onderzoeks- en ontwikkelfase van het programma.

Het doel van opdrachtgever met deze beoordelingsleidraad is om de inschrijving integraal op de grenswaarden die zijn vastgesteld voor de doelvariabelen milieuprestatie en kosteneffectiviteit te toetsen. Deze grenswaarden gelden als knock-out.

Een aanzet tot concretisering van het subcriterium omgevingswaarde staat in bijlage A van dit document beschreven. De omgevingswaarde is vooralsnog voor het overige afdoende meegenomen in het SD-model. De kwantificering van de omgevingswaarde wordt nog nader geconcretiseerd.

#### 3.1 Van kwalitatief naar kwantitatief

Het programma is zo ingericht dat met beëindiging van de mededingingsfase de milieuprestatie en kosteneffectiviteit van de inschrijving kwalitatief beschreven zijn. Naarmate de inschrijving verder in de onderzoeks- en ontwikkelfase van het programma zit, zullen opdrachtgever en opdrachtnemer zodanig samenwerken dat de doelvariabelen wél kwantitatief vastgesteld kunnen worden. Uiterlijk voorafgaand aan het opstarten van het derde traject van de onderzoeks- en ontwikkelfase is de milieuprestatie en de kosteneffectiviteit van de inschrijving kwantitatief vastgesteld.

#### 3.2 SD model

Het SD-model dat voor het programma is ontwikkeld, wordt gebruikt om de milieuprestatie en de kosteneffectiviteit van de inschrijving vast te stellen. Subcriteria zoals opschaling en veiligheid die in het SD-model genoemd zijn, worden bij opstart van de onderzoeks- en ontwikkelfase door opdrachtgever uitgewerkt en geïmplementeerd. Deze ontwikkeling gebeurt met afstemming van inschrijver. De structuur of werkwijze van het SD-model blijft gedurende de onderzoeks- en ontwikkelfase van het programma onveranderd wat betreft de uitkomsten voor de doelvariabelen.

### 3.3 Parameters

Voor de toetsing van de inschrijving aan de doelvariabelen: milieuprestatie en kosteneffectiviteit voor een werk is informatie nodig. Deze informatie wordt verkregen met parameters. Aan een parameter wordt een constante waarde toegekend. Met behulp van parameters worden uiteindelijk de twee doelvariabelen voor de inschrijving voor een werk bepaald. Een parameter moet daarvoor wel een waarde toegekend krijgen.

Opdrachtgever hanteert als parameters binnen het programma voor een werk, de Milieu Kosten Indicator (MKI) per m<sup>3</sup> gesuppleerd zand (in-situ) voor de milieuprestatie, en de kostprijs, de kosten per m<sup>3</sup> gesuppleerd zand (in-situ) om de kosteneffectiviteit te meten.

Met de kostprijs, de kosten voor het suppleren van één m<sup>3</sup> zand (in-situ) (transparante kostenopbouw) kunnen opdrachtgever en opdrachtnemer samen nagaan waar de kostendrivers zitten en waar mogelijkheden tot kostenbesparingen voor de inschrijving schuilen.

#### 3.3.1 Milieu Kosten Indicator (MKI) per m<sup>3</sup> gesuppleerd zand (in-situ) ('milieuprestatie')

De Milieu Kosten Indicator ('milieuimpact' = MKI) per m<sup>3</sup> gesuppleerd zand (in-situ)  $\left[\frac{\text{MKI}}{\text{m}^3 \text{ insitu}}\right]$ , is de milieuimpact die de inschrijving heeft per m<sup>3</sup> in-situ gesuppleerd zand (bestemming van het te suppleren zand) voor het werk.

Uitgangspunt voor het programma is dat opdrachtgever de omvang van het werk (hoeveelheid te suppleren zand) voorschrijft. Daarom wordt de milieuimpact van de inschrijving per m<sup>3</sup> te suppleren zand (in-situ) als parameter voor de milieuprestatie gehanteerd.

Het programma biedt vooralsnog geen ontwikkel- en onderzoeksruimte voor de inschrijving die een 'efficiencyslag' op de omvang van het werk willen bereiken (verwijs naar paragraaf 2.1.3 (scope) van het aanmeldings- en selectiedocument).

DuboCalc ([www.dubocalc.nl/](http://www.dubocalc.nl/)) is een methode om de milieuimpact van een materiaal, een bouwwerk of -methode te berekenen. Vertaald voor het programma kan de hele levensduur van de inschrijving daarbij in beeld komen, vanaf het moment van totstandkoming van de ontwikkeling tot en met de sloop. DuboCalc rekent de milieuimpact van de inschrijving met vastgestelde milieueffecten via de zogenaamde 'schaduwprijsmethode'<sup>1</sup> naar één getal: de Milieu Kosten Indicator (MKI).

De MKI voor de inschrijving moet nog vastgesteld worden. De berekening is mogelijk wanneer de technische principes van de inschrijving bekend zijn (verwijs paragraaf 3.1). De berekening gebeurt door opdrachtnemer met ondersteuning van opdrachtgever. Het resultaat zal geverifieerd worden door TNO. In geval van verschil van inzicht over het resultaat tussen TNO en opdrachtnemer, hanteert opdrachtgever het resultaat van TNO voor de toets voor de inschrijving op de grenswaarden van de doelvariabelen die als knock-out criterium voor het programma gelden.

<sup>1</sup> <https://www.infomil.nl/onderwerpen/lucht-water/lucht/digitale-ner/integrale-afweging/ce-schaduwprizen/>

Een lagere MKI is gunstig voor de milieupact van de inschrijving van het programma. De MKI is, zonder uitputtend te willen zijn, lager berekend wanneer:

- minder materialen voor ontwikkeling, bouw en gebruik worden toegepast;
- de toegepaste materialen ervoor duurzamer zijn;
- de transportafstanden voor bouw en gebruik afnemen.

Opmerking: afwijken van de uitgangspunten die zijn gebruikt voor het vaststellen van het referentiewerk, mag alleen als inschrijver dat kan onderbouwen.

#### Nationale Milieudatabase (NMD)

Voor vele (innovatieve) scheepsbrandstoffen zijn de MKI met vooronderzoek door TNO bepaald. De resultaten zijn in de beginfase van de aanbesteding als presentatie gepubliceerd (20190117-v02-Onderzoek duurzaamheid en kosteneffectiviteit programma aanbesteding Innovaties in de Kustlijn zorg definitief.pdf). De resultaten staan in de Nationale Milieudatabase (NMD). Opdrachtgever maakt voor de toets voor de inschrijving op de grenswaarden van de doelvariabelen van het programma gebruik van deze gegevens. Deze gegevens zijn voor inschrijver op TenderNed gepubliceerd.

Broeikasgassen/klimaatverandering ( $\text{CO}_{2\text{eq}}$ ) in de samenstelling MKI zijn aan de lage kant gewaardeerd. Het gevolg is dat dit tot onderschatting van de milieuprestatie en kosteneffectiviteit van de inschrijving kan leiden. De inschrijving is dan weinig onderscheidend ten opzichte van een bestaande oplossing. Maatschappelijk loopt een traject om deze prijzen bij te stellen.

In de NMD wordt met verschillende niveaus gewerkt, waarbij categorie 3-data het minst betrouwbaar zijn (branchegemiddelden, ongetoetst, onzekerheid %). Bedrijven hebben de gelegenheid om voor hun product een eigen MKI-waarde vast te stellen. De MKI zijn zogenaamde categorie 2-data (onzekerheid %). Opdrachtgever hanteert categorie 2 als criterium voor de onzekerheid om de toets voor de inschrijving op de grenswaarden van de doelvariabelen van het programma uit te voeren.

#### Levensduur

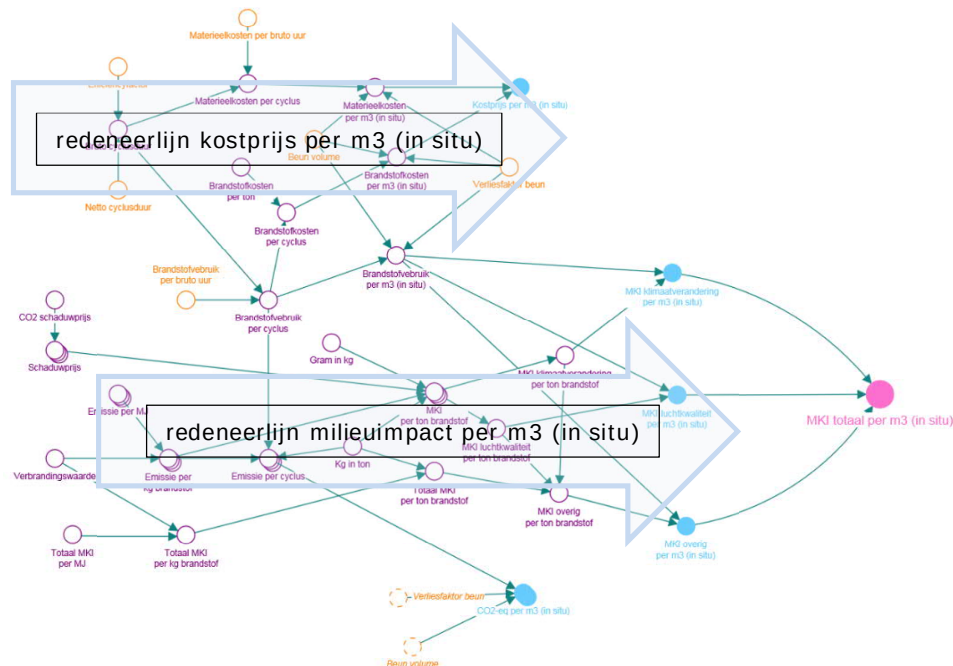
De levensduur van de inschrijving is conform EN 15804 geordend naar een aantal informatiemodules, en een module D, de effecten van recycling en hergebruik. Module D valt binnen de beschouwing van de levenscyclus van de inschrijving voor dit programma.

Voor regulier kustonderhoud wordt vaak alleen gebruik gemaakt van module A en B. Toch werken wij voor het programma met de hele keten van A t/m D. Dit doen we omdat de inschrijving voorgesteld kunnen worden waarbij de ketenfasen 'sloop en verwerking' en 'milieulasten buiten de systeemgrenzen' relevant kunnen zijn. Dit geldt bijvoorbeeld voor oplossingen waarbij niet schepen, maar windmolens centraal staan.

### 3.3.2 Kostprijs per m<sup>3</sup> gesuppleerd zand (in-situ)

Afbeelding 1 laat schematisch de redeneerlijn zien hoe de kostprijs per m<sup>3</sup> gesuppleerd zand (in-situ) wordt bepaald om verschillende eerste inschrijvingen met elkaar te kunnen vergelijken. Daarnaast is hetzelfde voor de MKI per m<sup>3</sup> gesuppleerd zand (in-situ) weergegeven.

Afbeelding 1 – Schema redeneerlijn t.b.v. vaststellen kostprijs en MKI voor een m<sup>3</sup> te suppleren zand (in-situ) met de inschrijving.



Aanvullende toelichting op:

<https://exchange.iseesystems.com/public/copernicos/ikz/index.html#page1>

Achtergrondinformatie bij het schema.

Operationele kosten per jaar [euro/jaar]. De operationele kosten worden bepaald door de kosten voor personeel, brandstof-, energieverbruik, hulpmiddelen, vervanging, enzovoort. Op basis van het gebruik van de inschrijving kan inschrijver de productie ramen door per jaar (op basis van economische levensduur) als criterium te nemen. De kosten voor verbruik van brandstof of energie worden separaat berekend.

Investeringskosten (kapitaalkosten, rente, huur- of leasekosten) per jaar [euro/jaar]. De investeringskosten per tijdsduur van een cyclus, het verschil tussen aanschaf- en restwaarde van het schip, worden eerst bepaald door de investeringen in de activa (bijv. schepen) om te rekenen naar afschrijvings- en rentekosten per jaar (op basis van economische levensduur).

Om de jaarlijkse kosten van verschillende eerste inschrijvingen te vergelijken, gebruiken we annuïteiten. Dit betekent dat we de totale afschrijvings- en



rentekosten van een voorstel delen door de economische levensduur in jaren. Deze is voor elke eerste inschrijving verschillend.

Inschrijver rekent voor zijn innovatieve oplossing de rente mee die hij voor zijn eerste inschrijving wil gebruiken. In sommige gevallen worden activa gehuurd of geleased. In dat geval kunnen de huur- of leasekosten worden gebruikt.

Inschrijver mag voor zijn toets aan de doelvariabelen van het programma niet van een hele grote hoeveelheid  $m^3$  uitgaan om schaalvoordelen in de kosten te kunnen opnemen. In dit verband wordt verwezen naar paragraaf 2.1.3 van het aanmeldings- en selectiedocument. Dit mag alleen als inschrijver kan onderbouwen dat er sprake is van een ondeelbare techniek of methode.

De ontwikkelingskosten van de inschrijving mogen worden opgenomen in de investeringskosten mits duidelijk aangegeven. Ook is er de mogelijkheid om met opdrachtgever afspraken te maken over het (gedeeltelijk) opvoeren van ontwikkelingskosten in een pilotwerk. Dit is iets voor latere discussie.

Als basiskader voor de berekeningen wordt de SSK-methode (CROW) gebruikt, waarbij we in het begintraject van de onderzoeks- en ontwikkelfase uitgaan van een opstelling van de kosten, zonder opslagen e.d.

Van het disconteren van kosten, zoals bij sommige levelized cost methodes het geval is, wordt vooralsnog afgezien. Dit kan in de toekomst alsnog gebeuren.

### 3.4 Referentiewerk

Het referentiewerk is de maat waaraan de inschrijving voor het programma gemeten wordt. Feitelijk zijn twee referentiewerken vastgesteld. Er is een onderscheid gemaakt tussen een referentiewerk vooroever- en een strandsuppletie. Op basis van de berekeningen zijn de volgende concept-getallen voor de milieuprestatie per  $m^3$  gesuppleerd zand (in-situ) en de kostprijs per  $m^3$  gesuppleerd zand (in-situ) voor MDO referentie vastgesteld.

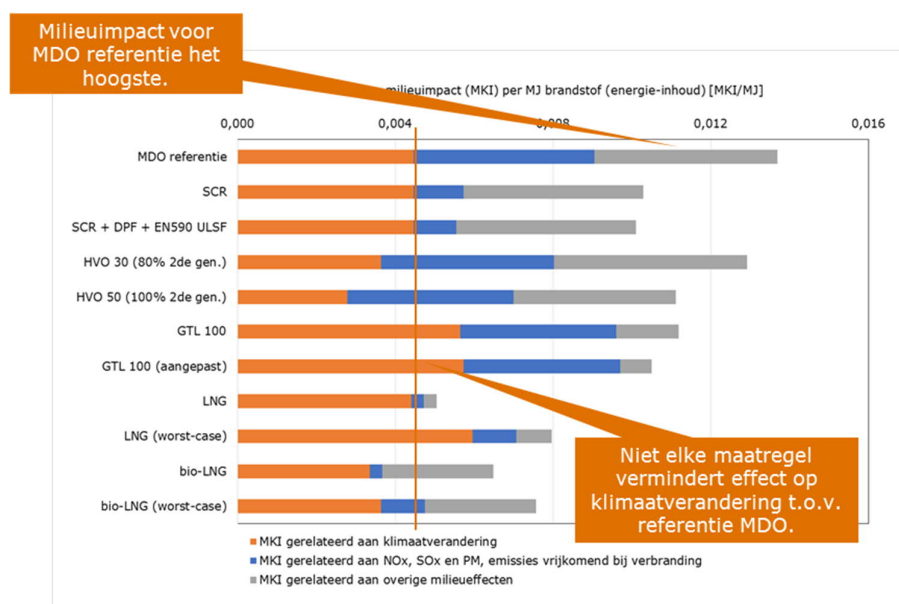
| referentie                                                              |                                                                         |
|-------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| vooroeversuppletie (vs)                                                 | kustsuppletie (ks)                                                      |
| MKITotaal/ $m^3$ gesuppleerd zand (vs)<br>= 0,50 MKI/ $m^3$             | MKITotaal/ $m^3$ gesuppleerd zand (ks)<br>= 0,75 MKI/ $m^3$             |
| MKICO <sub>2eq</sub> / $m^3$ gesuppleerd zand (vs)<br>= 0,16 MKI/ $m^3$ | MKICO <sub>2eq</sub> / $m^3$ gesuppleerd zand (ks)<br>= 0,24 MKI/ $m^3$ |
| kostprijs/ $m^3$ gesuppleerd zand (vs)<br>= 2,77 euro/ $m^3$            | kostprijs/ $m^3$ gesuppleerd zand (ks)<br>= 3,55 euro/ $m^3$            |

In bijlage B is een overzicht met een beschrijving van de concept-getallen voor de twee referentiewerken weergegeven. De kentallen zelf zijn vertrouwelijke gegevens en daarom niet in de bijlage genoemd.

### 3.5 Kosteneffectiviteit

Onder de kosteneffectiviteit van de inschrijving wordt verstaan het quotiënt van reductie milieuimpact ('milieuwinst') [ $\Delta$ MKI] en verandering van kosten [ $\Delta$ €] bezien over de economische levensduur van de inschrijving t.o.v. een referentiewerk. De eenheid van kosteneffectiviteit luidt: [ $\Delta$ MKI/ $\Delta$ €].

Met vooronderzoek is de kosteneffectiviteit voor meerdere 'bestaande' suppleeroplossingen vastgesteld (verwijs presentatie 20190117-v02-Onderzoek duurzaamheid en kosteneffectiviteit programma aanbesteding Innovaties in de Kustlijn zorg definitief.pdf dat op TenderNed gepubliceerd is). Ter illustratie zijn onderstaand sheet 22 en 26 van de presentatie weergegeven.

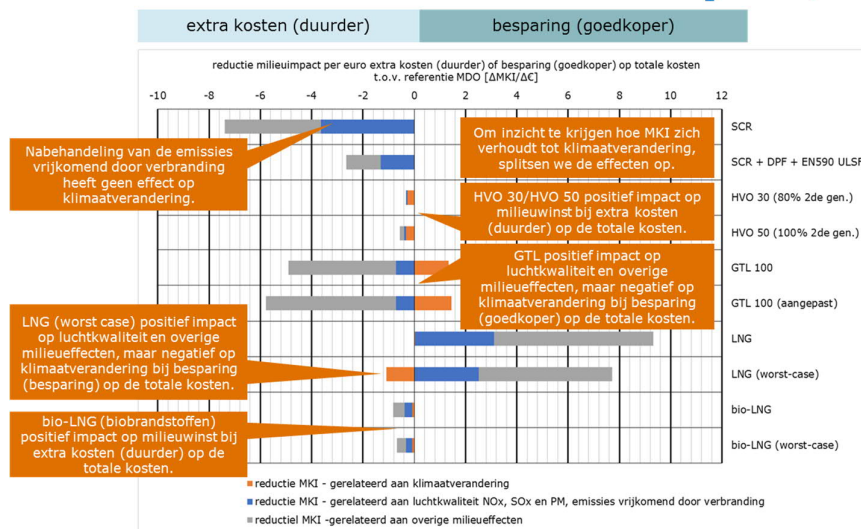


Uit de bovenstaande afbeelding (bron: 20190117-v02-Onderzoek duurzaamheid en kosteneffectiviteit programma aanbesteding Innovaties in de Kustlijn zorg definitief.pdf) blijkt bijvoorbeeld voor LNG (worst case) dat de milieuimpact voor luchtkwaliteit en overige milieueffecten groot is ten opzicht van MDO referentie, voor klimaatverandering daartegen geringer. Die verandering is positief voor de eerste twee genoemden, voor klimaatverandering negatief.

Uit de bovenstaande afbeelding blijkt dat sturen op de reductie MKI als doelstelling voor het programma alleen niet borgt dat broeikasgasemissies/klimaatverandering omlaag gaan (zie duurzaamheidsmaatregelen LNG of GTL). Daarom wordt er voor de doelstelling van dit programma gestuurd op de milieuprestatie van een innovatieve oplossing waarmee de feitelijke verduurzaming van de inschrijving duidelijk wordt.

LNG daartegen levert wel een aanzienlijke kostenbesparing op. De kosteneffectiviteit voor het totaal, zoals uit de onderstaande afbeelding blijkt, voor deze duurzaamheidsmaatregel is positief, voor broeikasgasemissies/klimaatverandering alleen negatief.

## Kosteneffectiviteit t.o.v. ref. MDO [ $\Delta\text{MKI}/\Delta\text{€}$ ]



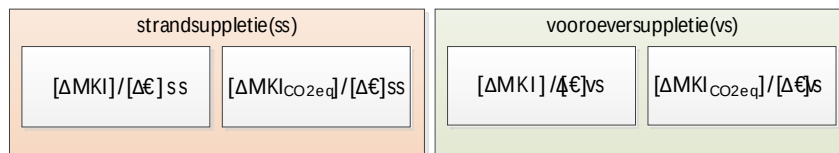
### 3.6

#### Doelstelling

Het doel van opdrachtgever met deze beoordelingsleidraad is uiteindelijk om de inschrijving integraal op de grenswaarden voor de kosteneffectiviteit te toetsen. Daarbij is een onderscheid tussen vooroever- en strandsuppletie gemaakt. Er wordt dus een grenswaarde voor de vooroever- en/of strandsuppleties vastgesteld (afhankelijk van aart van innovatieve oplossing).

Met vooronderzoek blijkt dat voor het bereiken van de doelstelling van het programma sturing op reductie MKI en  $\text{MKI}_{\text{CO}_2\text{eq}}$  noodzakelijk is omdat met de sturing op reductie MKI alleen voor de inschrijving niet vastgesteld kan worden dat broeikasgasemissies aantoonbaar dalen.

Kortom de inschrijving wordt voor het vaststellen van de kosteneffectiviteit zowel op het reductiepotentiaal voor MKI en  $\text{MKI}_{\text{CO}_2\text{eq}}$  gewaardeerd waarbij een onderscheidt in strand- en vooroeversuppletie wordt gemaakt.



### 3.6.1

#### Grenswaarde

De grenswaarde die voor de kosteneffectiviteit wordt vastgesteld, geldt als ondergrens, het knock-out-criterium. Hoe kosteneffectiever de inschrijving is, hoe beter dat voor de doelstelling van het programma is.

Deze grenswaarde geldt als knock-out-criterium (kwalitatief voor de inschrijving aangetoond (zie paragraaf 3.1)) om het derde traject van de onderzoeks- en ontwikkelfase van het programma op te kunnen starten.

Voor de grenswaarde voor de kosteneffectiviteit van dit programma aanbesteding innovaties in de kustlijnzorg geldt  $[\Delta MKI / \Delta \epsilon] > 0$  en  $[\Delta MKI_{CO2eq} / \Delta \epsilon] > 0$ .



Anders gezegd, het is nadrukkelijk het doel van het programma dat specifiek voor een situatie strandsuppletie en/of vooroeversuppletie (hangt van aard van innovatieve oplossing af) zowel de MKI-waarde van de innovatieve oplossing als de kostprijs per m<sup>3</sup> zand (in-situ) lager zijn dan voor het referentiewerk. Hierin wordt dus een onderscheid tussen MKI en MKI<sub>CO2eq</sub> gemaakt maar niet in de kostprijs [€] voor een innovatieve oplossing.

Voorbeeld:

$$\frac{MKI_{referentie} - MKI_{alternatieve oplossing} = \Delta MKI > 0}{\epsilon_{referentie} - \epsilon_{alternatieve oplossing} = \Delta \epsilon > 0}$$

De motivatie om deze grenswaarde te hanteren volgt uit:

- vaststellen referentiewerken met inschrijvers;
- vooronderzoek 20190117-v02-Onderzoek duurzaamheid en kosteneffectiviteit programma aanbesteding Innovaties in de Kustlijnzorg definitief;
- sensitiviteitsanalyse met het SD-model uitgevoerd op basis van de beschikbare gegevens.

## Bijlage A - Omgevingswaarde

De kustlijnzorg is gericht op het handhaven van de kustlijn op een 'normpositie': de basiskustlijn. Bij de vaststelling van de ligging van de basiskustlijn zijn in principe alle gebruiksfuncties in acht genomen.

De zes belangrijkste gebruiksfuncties zijn (zie 'PDP kust, verkenning van effect dynamische kusthandhaving op behoud van strandfuncties', Deltares 2017):

Binnendijkse veiligheid

Buitendijkse veiligheid

Drinkwaterwinning

Recreatie

Natuur

Waardeontwikkeling vastgoed

De relatie tussen elk van deze zes gebruiksfuncties, kustlijnzorg en de mogelijkheid om hier met innovaties meerwaarde aan te geven, worden hieronder toegelicht.

### Binnendijkse veiligheid

De binnendijkse veiligheid (gebied binnen een dijkkringlijn) is gegarandeerd door de Wet op de Waterkering en de bij de waterschappen en hoogheemraadschappen neergelegde taak de waterkeringen op orde te houden. De zandsuppleties die via kustlijnzorg worden gepland zijn niet primair gericht op de binnendijkse veiligheid.

In de keuze om via suppleties de erosie van zandige delen van de kust tegen te gaan zit ook de overweging besloten dat met het toevoegen van zand in de kustzone ook het transport van zand naar de duinwaterkering op peil blijft. De duinen groeien (mee) door het toegenomen aanbod van zand. Een groter duinvolume zorgt ervoor dat in het geval van een storm het resterende volume groter is, oftewel de afslaglijn ligt meer zeewaarts. Dit betekent meer binnendijkse veiligheid en dit heeft een gunstige invloed op de kosten die (in de toekomst) gemaakt moeten worden om de wettelijk gegarandeerde veiligheid te bieden.

Conclusie: Dit lijkt bij de beoordeling geen rol te kunnen spelen.

### Buitendijkse veiligheid

In Nederland zijn buitendijkse gebieden wettelijk niet beschermd. De overheid heeft wel de taak voor een "leefbare omgeving" in het buitendijkse gebied. Zeer relevant is buitendijkse permanente bebouwing in de kustzone aan de zeezijde van de dijkkringlijn of op de primaire kering. Het speelt bijvoorbeeld ook bij extensieve landbouw buitendijs.

Onder normatieve (wettelijk vastgelegde) omstandigheden mag er duinafslag plaats vinden tot aan een vooraf bepaalde grens. Dan ondervindt het buitendijkse gebruik schade, die uiteraard afhankelijk is van de omvang van de kustafslag. Meer zand zeewaarts van de waterkering betekent vrijwel altijd meer buitendijkse veiligheid (minder optredende afslag).

Er kan (vrij algemeen) gesteld worden dat bij handhaving van de kustlijn ook het risico op schade buiten de dijkkring gelijk blijft, bij een bepaalde storm. Een zeewaartse ontwikkeling van de kustlijn (dus meer zand zeewaarts van de waterkering, waar suppleties na aanleg –in ieder geval tijdelijk- toe leiden) doet de buitendijkse veiligheid (tijdelijk) toenemen. Die toename is niet gelijk in ruimte en tijd voor verschillende soorten suppleties en kustvakken.

Conclusie: Maatwerk en innovatievere vormen van suppleren kunnen meerwaarde genereren. Voor kwantificeren is nu geen generiek model. Het gaat om lokale situaties en het berekenen van afslaglijnen bij verschillende kustprofielen.

#### Drinkwaterwinning

Hiervan is sprake als de duinen voor de winning van drinkwater worden gebruikt. Voor deze functie is het van belang dat de zoetwaterbel in stand blijft. Dit betekent dat het duingebied in stand blijft en dat er geen infiltratie van zout water plaatsvindt.

Momenteel is de ligging van de basiskustlijn afgestemd op de aanwezigheid van drinkwaterwinning. Zowel de omvang van de zoetwaterbel en de infiltratie van zout water leveren dan geen probleem. Merk hierbij op dat een meer zeewaarts gelegen kustlijn geen bijzondere meerwaarde heeft voor de functie drinkwaterwinning. Het lijkt dus niet te verwachten dat door een andere wijze van suppleren, maar wel gericht op dezelfde handhaving van de kustlijn hier extra omgevingswaarde kan worden gecreëerd.

Conclusie: Dit lijkt bij de beoordeling geen rol te kunnen spelen.

#### Recreatie

De belangrijkste vorm van deze gebruiksfunctie is strandrecreatie (baden en zonnen). Deze vindt plaats waar de strandzone de mogelijkheid biedt en waar dit ook aannemelijk is door de geografische locatie. Vanuit deze definitie kan de strandbreedte als toonaangevende indicator worden gesteld. Stranden kunnen te smal of te breed zijn.

Wanneer ander kustonderhoud ertoe leidt dat de strandbreedte beter past bij de strandrecreatie is er sprake van een toename van de omgevingswaarde. Hiervoor bestaat nu geen waarderingsmethode, wel kan de strandbreedte gemeten en/of berekend worden. Er is een voorbeeld van een suppletie die op het strand is uitgevoerd (kostbaarder) in plaats van op de vooroever, op verzoek en kosten van de lokale economie, zelfs in de wetenschap dat het voordelig effect ervan na een badseizoen waarschijnlijk is verdwenen (het zand verspreid zich naar een evenwicht dat past bij de lokale waterbeweging).

Deze case geeft een indicatie van hoe strandbreedte in euro's kan worden uitgedrukt. Natuurgerichte recreatie, waaronder wandelen, is nauwelijks afhankelijk van strandbreedte en geen onderdeel van 'strandrecreatie'.

Conclusie: Dit lijkt bij de beoordeling een rol te kunnen spelen als een innovatie gedurende een bepaalde tijd een grotere strandbreedte biedt. Een kostenfunctie is nog niet voorhanden, maar er lijken aanknopingspunten.

Naast het effect via de strandbreedte heeft de vorm van suppleren ook een tijdelijk effect op de recreatie tijdens het uitvoeren van het werk. In de huidige praktijk wordt dit negatieve effect beperkt door, waar nodig, buiten het badseizoen te werken. Van het moneteriseren hiervan zijn nu geen voorbeelden bekend.

Conclusie: Dit kan bij de beoordeling een rol spelen, maar een kostenfunctie is nog niet voorhanden.

### Natuur

Bij de vaststelling van de Basiskustlijn is ook het behoud van de natuurwaarden van het duingebied betrokken. Vanuit dat oogpunt zou dezelfde redenering als bij drinkwaterwinning gevolgd kunnen worden. De praktijk is echter veel complexer. Op de eerste plaats bevinden natuurwaarden die door een suppletie worden beïnvloed zich niet alleen in het duingebied, maar ook in het droge of natte strand en de vooroever. Op de tweede plaats zijn er ook natuurwaarden in het geding bij de zandwinning het transport. De impact op de natuur door kustlijn zorg is daarom in onderdelen behandeld.

#### Invloed op natuurwaarden tijdens de zandwinning

Belangrijke factoren ten aanzien van directe lokale effecten zijn de oppervlakte dat wordt geroerd en de kwetsbaarheid van het gebied. De kwetsbaarheid speelt al een rol in de aanwijzing van zandwingebieden, zij het met kennisleemtes over ecologische waarden ter plekke. Via het profiel dat resteert na de zandwinning kunnen natuurwaarden ook beïnvloed worden.

Een tweede set factoren heeft te maken met de uitstraling op de omgeving. De eerste is de vertroebeling. Bij een MER voor zandwinning op zee is dit een belangrijke onderwerp. De tweede belangrijke uitstraling is onderwatergeluid. Hieraan is aandacht besteed bij de bouw van windmolenparken, maar niet gericht in verband met het winnen van zand (noch bij transport of suppleren, de volgende secties). De voorlopige inschatting is dat onderwatergeluid door activiteiten voor kustlijn zorg klein is in vergelijking met (meer continue) activiteiten zoals windmolens, scheepvaart als geheel en offshoreparken.

#### Invloed op natuurwaarden tijdens transport

De enige factor die van belang kan zijn is onderwatergeluid. In de vorige sectie is de voorlopige inschatting gedaan dat dit geen significant issue is (alleen al in relatie tot alle scheepvaart). Dit geldt ook voor 'tijdens suppletie' en in de volgende sectie wordt dit daarom niet herhaald.

#### Invloed op natuurwaarden tijdens en door de suppletie

Mogelijke directe lokale effecten kunnen er zijn op bodemleven onder water (vooral schelpdieren), op de kinderkamerfunctie voor vissen en op het strandleven (bij suppleties op het strand).

Ten aanzien van het bodemleven onder water gaat de meeste aandacht uit naar het belang voor foeragerende vogels. Tot heden is een negatief effect van suppleties op vogels op langere termijn niet aangetoond. Ook lijkt het bodemleven zich voldoende snel te kunnen herstellen (hersteltijd van 2-3 jaar). Dit geldt in het bijzonder voor locaties die van nature al zeer dynamisch zijn en aangepaste soorten herbergen

(wat de meeste suppletie locaties zijn). Ook voor het leven op het strand ligt de hersteltijd rond de 2 jaar.

Ten aanzien van de kinderkamerfunctie is nog te weinig bekend. Hiervoor loopt onderzoek.

Ten aanzien van de uitstraling op de omgeving speelt, net als bij de zandwinning, de vertroebeling. In de zone van de suppleties is dit echter veel minder belangrijk. Het is in die zone al troebel vanwege de hoge dynamiek.

De meeste aandacht gaat uit naar het effect van het (herhaaldelijk) suppleren op de duinen. Het kustonderhoud is niet zonder meer gewenst omdat het de natuurlijke dynamiek verandert. In veel kustvakken waar de N2000-functie prevaleert leidt dit tot de keuze niet te suppleren wanneer de kustlijn erodeert. Sommige natuurdoelen of sommige plaatsen zijn dus juist gebaat bij afslag, maar andere wel degelijk bij areaalbehoud of aangroei van de kust. Er loopt hierop veel onderzoek. Het lijkt dat het aanbod van zand en de mate van doorstuiving belangrijker zijn dan de wijze waarop het zand is aangebracht. Van de zandmotor is veel geleerd over wat een grootschaliger suppletie kan opleveren voor duinontwikkeling.

Conclusie: Voor het toepassen in de beoordeling van innovaties voor kustlijn zorg is het voorafgaande bruikbaar als checklist. De opgave is, waar nodig, in de samenwerking overheid-markt, met gebruikmaking van partijen die kennis hebben over het ecologisch functioneren van kust en zee, de kansen op vergroten omgevingswaarde verder te duiden.

#### Waardeontwikkeling vastgoed

Het is bekend dat de waarde van vastgoed in hoge mate correleert met omgevingsfactoren. Hieronder zijn omgevingsfactoren die gerelateerd worden met welzijn, status en veiligheid. Het is dus zeer goed voorstelbaar dat andere uitvoeringen van suppleties of kustlijn zorg economische meerwaarde opleveren. Voorbeelden waarbij dit is uitgewerkt langs de Nederlandse kust zijn nog niet bekend.

Een meer algemene indruk van het belang van een nieuw natuur- en recreatiegebied langs de Nederlandse kust kan ontleend worden aan de case van de Zandmotor bij Ter Heijde. De provincie Zuid-Holland gebruikte in het bijzonder het tekort aan recreatiegebied voor de hele omgeving (Zuidelijke Randstad) als argument om deze pilot gerealiseerd te krijgen. Ook werden argumenten gebruikt die verwezen naar de algehele uitstraling van de Zuidelijke Randstad als vestigingsplaats voor bedrijven.

Dit alles geeft voor een kwalitatieve beoordeling van een innovatievoorstel op de waardeontwikkeling van vastgoed meerdere aanknopingspunten. Ook hier heeft dit vooralsnog het karakter van een checklist. Experts in de waardeontwikkeling van vastgoed kunnen ongetwijfeld deze eerste aanzet verrijken.

Waardeontwikkeling door meer natuur en recreatie in de omgeving

Dit is gerelateerd met 'welzijn' en zal waarschijnlijk twee dimensies hebben.

Enerzijds is er meer welzijn door groen / natuur / recreatie in de directe omgeving (uitzicht, schone lucht, rust) en anderzijds is er meer welzijn door groen / natuur / recreatie die na een (al dan niet beperkte) reistijd bereikt kan worden. Ongetwijfeld



zitten hier niet-lineaire relaties in (meer natuur waar al veel is zal niet veel doen met waardeontwikkeling van vastgoed b.v.).

Neem hierbij in acht dat veel van de Nederlandse kust beschermd is onder N2000 en/of beperkingen heeft vanwege de waterveiligheidsfunctie.

Waardeontwikkeling door toegenomen veiligheid

Dit hangt uiteraard samen met hetgeen bij binnendijkse en buitendijkse veiligheid is opgeschreven. In het bijzonder voor buitendijks gelegen vastgoed lijkt het logisch dat de waarde enige relatie heeft met de kans dat deze bij een overstroming schade ondervindt. Het is echter ook voorstelbaar dat voor binnendijks gelegen vastgoed de waarde stijgt (op basis van emotionele overwegingen in de markt) als de bescherming tegen zee nog verder stijgt dan de huidige en/of wettelijk is vastgelegd.

Waardeontwikkeling samenhangend met status

Wanneer door een innovatie een bijzondere locatie ontstaat langs de kust zal de mogelijkheid om daar dicht bij in de buurt te wonen en/of werken een 'schaars' product zijn. Dat kan ook gelden ook als het geen directe effecten op welzijn heeft zoals bij een vorig punt is beschreven.

Het subcriterium Omgevingswaarde zal nog nader worden uitgewerkt en aan de inschrijvers ter beschikking worden gesteld.

## Bijlage B - Invoergegevens voor twee referentiewerken

De invoergegevens hebben betrekking op uitgangspunten en aannames die zijn gedaan voor de twee referentiewerken, vooroever- en strandsuppletie.

| Toelichting op inputgegevens                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| MKI MDO per ton brandstof. Dit is op basis van de studie van TNO naar de milieuprofielen van scheepsbrandstoffen. Voor het referentiewerk wordt dit getal aangehouden.                                                                                                                 |
| Brandstofkosten per ton. Dit is een schatting die door TNO is gemaakt en die wij aanhouden voor het referentiewerk.                                                                                                                                                                    |
| Vaarcyclus in kilometers. Een cyclus van zuigen, varen (12 km.), klappen of persen en weer varen (12 km.)                                                                                                                                                                              |
| Persafstand. De afstand van de hopper naar de bestemming op het strand die moet worden overbrugd door middel van een pijpleiding.                                                                                                                                                      |
| Zinker. De afstand dat de transportleiding op de bodem ligt.                                                                                                                                                                                                                           |
| Onderwaterprofiel. Een sterk vereenvoudigd kustprofiel dat uitgaat van een waterdiepte en een afstand tot de kust, waarbij een recht en lineair verloop wordt aangenomen (slope).                                                                                                      |
| Omvang van het werk. Voor het referentiewerk wordt een omvang aangehouden van 500.000 m <sup>3</sup> . Dit hoeft niet relevant te zijn, maar kan wel relevant zijn voor marktpartijen die een berekening willen maken en bijv. kosten van mobilisatie en demobilisatie willen omslaan. |
| Beunkuubs. Betreft het aantal m <sup>3</sup> 's zand dat in een beunbak daadwerkelijk wordt vervoerd.                                                                                                                                                                                  |
| Verliesfactor beun – in situ. Betreft de factor tussen het aantal m <sup>3</sup> 's dat vervoert wordt en het aantal m <sup>3</sup> 's dat daadwerkelijk op de plek van bestemming aanwezig is.                                                                                        |
| Netto cyclusduur. Betreft de duur van een cyclus van zuigen, varen, klappen/persen, varen. Netto operationele uren.                                                                                                                                                                    |
| Efficiencyfactor. Betreft een correctiefactor voor uren dat er niet gewerkt kan worden vanwege verlet (bijv. vanwege uitval, machinepech e.d.). Weersverlet is hierin niet meegenomen.                                                                                                 |
| Bruto cyclusduur. Betreft de duur van een cyclus van zuigen, varen, klappen/persen en varen rekening houdend met verlet (efficiencyfactor). Bruto operationele uren. Wordt berekend.                                                                                                   |
| Brandstofverbruik per machine-uur. Het gemiddelde brandstofverbruik van een schip per uur (gemiddelde van alle pompen en motoren).                                                                                                                                                     |
| Materieelkosten per machine-uur. Betreft alle kosten van een schip met uitzondering van de brandstoffen, omgerekend naar machine-uur op basis van een normale bezetting en een economische levensduur.                                                                                 |

## Bijlage C - SD-Model (variabelen)

| Variabele                                      | Eenheden             | Vergelijking / waarde                                                                                                                  |
|------------------------------------------------|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Materieelkosten_per_bruto_uur                  | euro/uur             | $(\text{Operationele\_kosten} + \text{Rente\_en\_afschrijvingen}) / \text{Inzetbare\_bruto\_uren}$                                     |
| Efficiencyfactor                               | dimensie-loos        | -                                                                                                                                      |
| Netto_cyclusduur                               | uur                  | -                                                                                                                                      |
| Bruto_cyclusduur                               | uur                  | $\text{Netto\_cyclusduur} / \text{Efficiencyfactor}$                                                                                   |
| Materieelkosten_per_cyclus                     | euros                | $\text{Materieelkosten\_per\_bruto\_uur} * \text{Bruto\_cyclusduur}$                                                                   |
| Materieelkosten_per_m <sup>3</sup> (in_situ)   | euros/m <sup>3</sup> | $\text{Materieelkosten\_per\_cyclus} / \text{Beun\_volume} / \text{Verliesfactor\_beun}$                                               |
| Beun_volume                                    | m <sup>3</sup>       | -                                                                                                                                      |
| Brandstofverbruik_per_bruto_uur                | ton/uur              | -                                                                                                                                      |
| Brandstofverbruik_per_cyclus                   | ton                  | $\text{Bruto\_cyclusduur} * \text{Brandstofverbruik\_per\_bruto\_uur}$                                                                 |
| Brandstofkosten_per_ton                        | euro/ton             | -                                                                                                                                      |
| Brandstofkosten_per_cyclus                     | euro                 | $\text{Brandstofkosten\_per\_ton} * \text{Brandstofverbruik\_per\_cyclus}$                                                             |
| Brandstofkosten_per_m <sup>3</sup> (in_situ)   | euro/m <sup>3</sup>  | $\text{Brandstofkosten\_per\_cyclus} / \text{Beun\_volume} / \text{Verliesfactor\_beun}$                                               |
| Brandstofverbruik_per_m <sup>3</sup> (in_situ) | ton/m <sup>3</sup>   | $\text{Brandstofverbruik\_per\_cyclus} / \text{Beun\_volume} / \text{Verliesfactor\_beun}$                                             |
| Verliesfactor_beun                             | dimensie-loos        | -                                                                                                                                      |
| Kostprijs_per_m <sup>3</sup> (in_situ)         | euro/m <sup>3</sup>  | $\text{Materieelkosten\_per\_m}^3 \text{ (in\_situ)} + \text{Brandstofkosten\_per\_m}^3 \text{ (in\_situ)}$                            |
| Verbrandingswaarde                             | MJ/kg                | -                                                                                                                                      |
| Emissie_per_MJ                                 | gram/MJ              | [CO <sub>2</sub> ] = -<br>[NO <sub>x</sub> ] = -<br>[SO <sub>x</sub> ] = -<br>[PM <sub>10</sub> ] = -<br>[Methaan] = -<br>[Overig] = - |
| Emissie_per_kg_brandstof [Milieuimpact]        | gram/kg              | $\text{Emissie\_per\_MJ} * \text{Verbrandingswaarde}$                                                                                  |
| Emissie_per_cyclus [Milieuimpact]              | gram                 | $\text{Kg\_in\_ton} * \text{Emissie\_per\_kg\_brandstof} * \text{Brandstofverbruik\_per\_cyclus}$                                      |
| Kg_in_ton                                      | kg/ton               | 1.000                                                                                                                                  |

| Variabele                                                     | Eenheden            | Vergelijking/waarde                                                                                                                                                       |
|---------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CO <sub>2</sub> -eq_per_m <sub>3</sub> _(in_situ)             | gram/m <sup>3</sup> | Emissie_per_cyclus/Beun_volume/Verliesfaktor_beun                                                                                                                         |
| Totaal_milieuimpact_per_MJ                                    | MKI/MJ              | -                                                                                                                                                                         |
| Totaal_milieuimpact_per_kg_brandstof                          | MKI/kg              | Totaal_milieuimpact_per_MJ*Verbranding_swaarde                                                                                                                            |
| Totaal_milieuimpact_per_ton_brandstof                         | MKI/ton             | Totaal_milieuimpact_per_kg_brandstof*Kg_in_ton                                                                                                                            |
| CO <sub>2</sub> _schaduwprijs                                 | MKI/kg              | -                                                                                                                                                                         |
| Gram_in_kg                                                    | kg/gram             | -                                                                                                                                                                         |
| Schaduwprijs                                                  | MKI/kg              | [CO <sub>2</sub> ] = -<br>CO <sub>2</sub> _schaduwprijs<br>[NO <sub>x</sub> ] = -<br>[SO <sub>x</sub> ] = -<br>[PM <sub>2.5</sub> ] = -<br>[Methaan] = -<br>[Overig] = -  |
| Milieuimpact_klimaatverandering_per_ton_brandstof             | MKI/ton             | Milieuimpact_per_ton_brandstof[CO <sub>2</sub> ]+Milieuimpact_per_ton_brandstof[Methaan]                                                                                  |
| Milieuimpact_luchtkwaliteit_per_ton_brandstof                 | MKI/ton             | Milieuimpact_per_ton_brandstof[NO <sub>x</sub> ]+Milieuimpact_per_ton_brandstof[SO <sub>x</sub> ]+Milieuimpact_per_ton_brandstof[PM <sub>2.5</sub> ]                      |
| Milieuimpact_overig_per_ton_brandstof                         | MKI/ton             | Totaal_milieuimpact_per_ton_brandstof-Milieuimpact_luchtkwaliteit_per_ton_brandstof-Milieuimpact_klimaatverandering                                                       |
| Milieuimpact_klimaatverandering_per_m <sup>3</sup> _(in_situ) | MKI/m <sup>3</sup>  | Milieuimpact_klimaatverandering_per_ton_brandstof*Brandstofgebruik_per_m <sup>3</sup> _(in_situ)                                                                          |
| Milieuimpact_luchtkwaliteit_per_m <sup>3</sup> _(in_situ)     | MKI/m <sup>3</sup>  | Milieuimpact_luchtkwaliteit_per_ton_brandstof*Brandstofgebruik_per_m <sup>3</sup> _(in_situ)                                                                              |
| Milieuimpact_overig_per_m <sup>3</sup> _(in_situ)             | MKI/m <sup>3</sup>  | Milieuimpact_overig_per_ton_brandstof*Brandstofgebruik_per_m <sup>3</sup> _(in_situ)                                                                                      |
| MKI_per_m <sup>3</sup> _(in_situ)                             | MKI/m <sup>3</sup>  | Milieuimpact_klimaatverandering_per_m <sup>3</sup> _(in_situ)+Milieuimpact_luchtkwaliteit_per_m <sup>3</sup> _(in_situ)+Milieuimpact_overig_per_m <sup>3</sup> _(in_situ) |