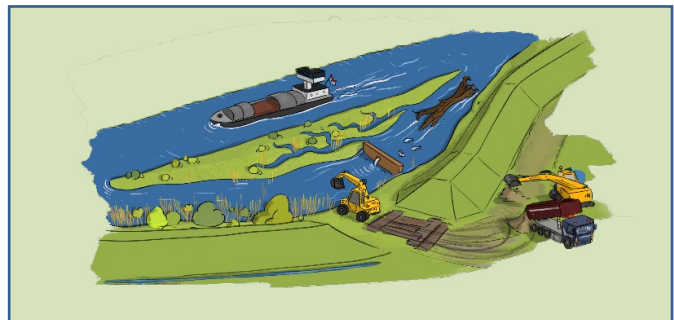
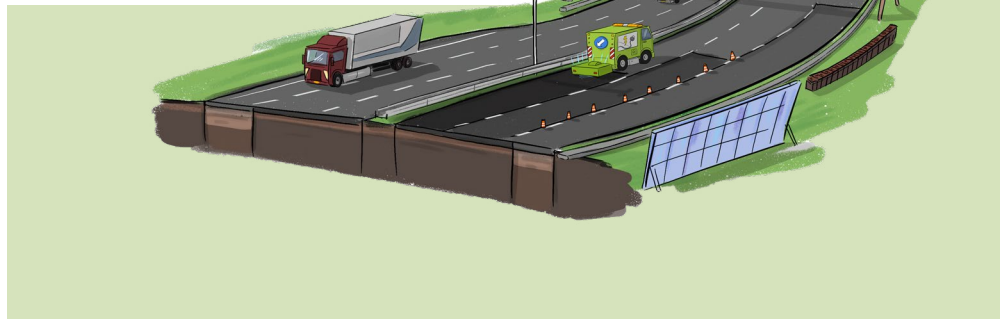
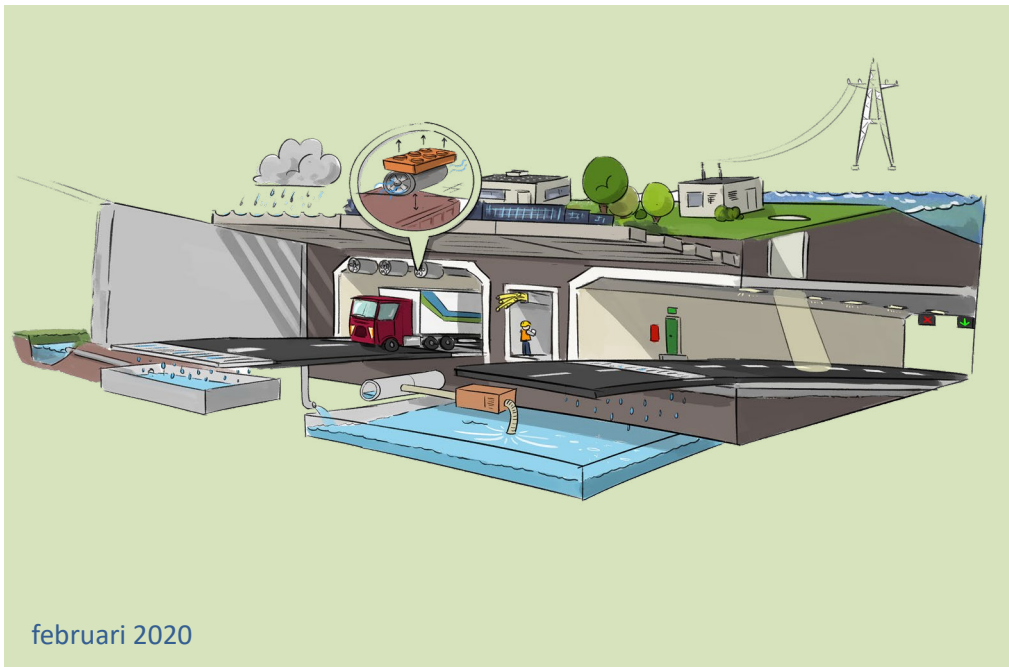
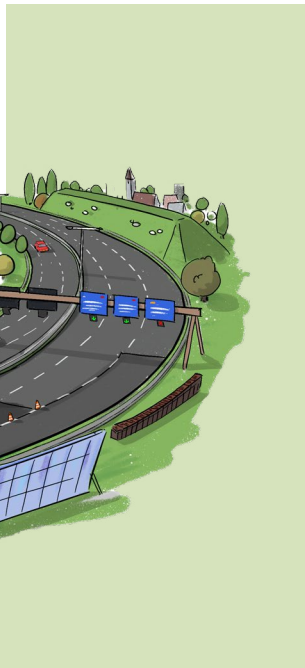


CIRCLAIRE OBJECTEN



februari 2020



Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat



COLOFON

Titel document: **Circulaire objecten**

HASKONING NEDERLAND B.V.

Laan 1914 no. 35
3818 EX AMERSFOORT
Transport & Planning
Trade register number: 56515154

Referentie: T&PBG2285R001D0.2

Status: 1.0/Definitief

Datum: 6 februari 2020

Projectnummer: BG2285

Klant Rijkswaterstaat WVL

T +31 88 348 20 00
F + 31 33 463 36 52
E info@rhdhv.com
W royalhaskoningdhv.com

Opgesteld door: Jan Bart Jutte, Bas Mentink, Michiel Wolbers,
Wim Timmerman

Goedgekeurd door: Jan Bart Jutte

Datum/Initialen: 06.02.2020



Disclaimer

No part of these specifications/printed matter may be reproduced and/or published by print, photocopy, microfilm or by any other means, without the prior written permission of HaskoningDHV Nederland B.V.; nor may they be used, without such permission, for any purposes other than that for which they were produced. HaskoningDHV Nederland B.V. accepts no responsibility or liability for these specifications/printed matter to any party other than the persons by whom it was commissioned and as concluded under that Appointment. The integrated QHSE management system of HaskoningDHV Nederland B.V. has been certified in accordance with ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 and OHSAS 18001:2007.

COLOFON	1	5	CIRCULAIR WEGSYSTEEM	61
MANAGEMENTSAMENVATTING	4	5.1	Decompositie van het wegsysteem	61
1. Onderzoek naar circulaire objecten	4	5.2	Maatregelen voor circulaire wegen	61
2. Kansrijke en impactvolle maatregelen	4	5.3	Impact en implementatie van kansrijke en impactvolle maatregelen	66
3. Aanbevelingen voor implementatie	5	6	CIRCULAIRE TUNNELRENOVATIE	85
1 CIRCULAIRE OBJECTEN	7	6.1	Decompositie van het tunnelsysteem	85
1.1 In 2030 <i>circulair werken</i>	7	6.2	Maatregelen voor circulaire tunnels	85
1.2 Wat betekent <i>circulair werken</i> voor objecten?	7	6.3	Impact en implementatie van kansrijke en impactvolle maatregelen	89
1.3 Werkwijze onderzoek	8	7	CIRCULAIRE KRW-MAATREGELEN	100
1.4 Rapportage en leeswijze	10	7.1	Overheersende objecttypologieën	100
2 CIRCULAIRE BRUGGEN EN VIADUCTEN	11	7.2	Circulair KRW-maatregelen	100
2.1 Overheersende objecttypologieën	11	7.3	Impact en implementatie van kansrijke en impactvolle maatregelen	103
2.2 Maatregelen voor circulaire bruggen en viaducten	11	8	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	112
2.3 Impact en implementatie van kansrijke en impactvolle maatregelen	15	8.1	Conclusies	112
3 CIRCULAIRE DIJKEN EN OEVERS	27	8.2	Aanbevelingen voor implementatie	113
4.1 Overheersende objecttypologieën	27			
4.2 Maatregelen voor circulaire dijken en oevers	27			
4.3 Impact en implementatie van kansrijke en impactvolle maatregelen	30			
4 CIRCULAIRE SLUIZEN	43			
4.1 Overheersende objecttypologieën	43			
4.2 Maatregelen voor circulaire sluisen	43			
4.3 Impact en implementatie van kansrijke en impactvolle maatregelen	46			

A1	SAMENVATTING ONDERZOEK CIRCULAIRE ECONOMIE 2017	116
A2	BEGELEIDING EN EXPERTS	117
A3	OVERHEERSENDE OBJECTTYPOLOGIEËN	120
A4	LCC BEREKENINGEN	123
A5	LCA BEREKENINGEN	124
A6	FAALFACTOREN VOOR CIRCULAIR WERKEN	125
A7	LIJST MET AFKORTINGEN	132

MANAGEMENTSAMENVATTING

1. ONDERZOEK NAAR CIRCULAIRE OBJECTEN

Meer zicht op betekenis circulair werken voor objecten

Rijkswaterstaat wil in 2030 *circulair werken*. Wat betekent *circulair werken* voor de werkprocessen rond objecten? In dit onderzoek is verkend welke maatregelen mogelijk zijn om objecten over de gehele levenscyclus circulair te maken en wat de betekenis daarvan is voor de werkwijze van Rijkswaterstaat.

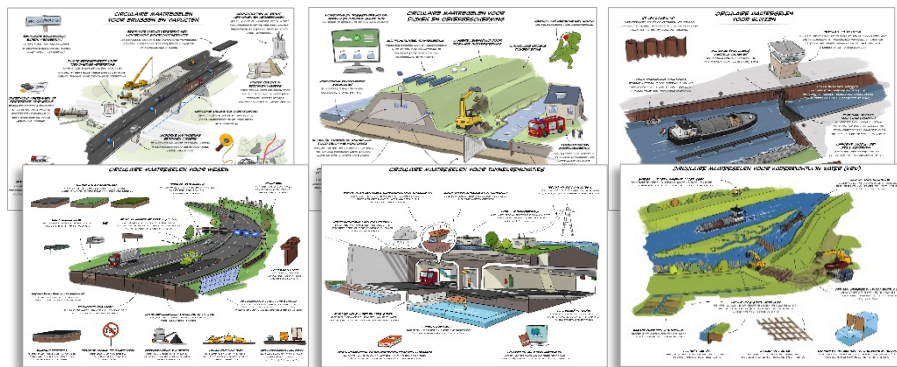
Eerder uitgevoerd onderzoek, kennis van experts en praktijkervaringen als basis

De principes ontwikkeld in de studie 'Circulair Ontwerpen in het MIRT' (2017) zijn gehanteerd voor dit onderzoek. Met object-experts van RWS en Royal HaskoningDHV is met deze principes gezocht naar impactvolle en kansrijke maatregelen voor drie objectgroepen. Tevens is gebruik gemaakt van kennis uit eerder uitgevoerd onderzoek en van de eerste praktijkervaringen met circulair werken in projecten.

2. KANSRIJKE EN IMPACTVOLLE MAATREGELLEN

Circulaire objecten

Impactvolle en kansrijke maatregelen uit dit onderzoek zijn geïllustreerd, zie onderstaande figuren. Uitvergrotingen hiervan zijn opgenomen in hoofdstuk 2 t/m 7.



Het milieuvoordeel van maatregelen varieert in omvang

Gezocht is naar circulaire maatregelen die de komende jaren, vanwege de opgaven bij de verschillende objecttypen, vaak toepasbaar zijn. Op basis van expert judgement zijn vervolgens impactvolle maatregelen geselecteerd en is het milieuo- en kostenvoordeel kwalitatief beoordeeld. Daar waar kwalitatief geen duidelijke conclusie getrokken kon worden, zijn vergelijkende LCA- en LCC-berekeningen uitgevoerd. De bevindingen zijn bij de maatregelen gegeven. In dit onderzoek is niet de impact van maatregelen onderling vergeleken en ook niet op areaalniveau (impact van opschaling).

Het milieuvoordeel van maatregelen varieert ook in termijn en kans

Niet alleen varieert de impact van circulaire maatregelen in omvang, maar ook in de termijn en de kans waarop die impact optreedt. Een grote kans waarvan het voordeel op de korte termijn optreedt, achten wij daarbij als meest voordelig. De volgende categorieën kunnen onderscheiden worden:

Milieuvoordeel maatregelen	Grotere kans optreden	Kleinere kans optreden
Korte termijn	Maatregelen die bij uitvoering direct milieuvoordeel met zich meebrengen. Bijvoorbeeld: <ul style="list-style-type: none"> behouden en versterken van een bestaand object in plaats van nieuwbouw besparen op materialen door een langere uithardingstijd van betonnen liggers. 	
	Maatregelen gericht op het selecteren van materialen die hoogwaardig recyclebaar zijn en op het zodanig aanbrengen dat ze terugneembaar zijn. De milieuvoordelen doen zich op de lange termijn voor met een grote kans op daadwerkelijk optreden.	Maatregelen die op korte termijn een 'investering' van materialen vragen, die op lange termijn moet resulteren in milieuvoordeel. Gezien de lange termijn is het optreden van milieuvoordeel echter onzeker. Bijvoorbeeld standaardiseren en demontabel realiseren van een object waardoor hergebruik op termijn wordt vereenvoudigd.

De toepasbaarheid van circulaire maatregelen is vaak contextafhankelijk

De circulaire maatregelen die in dit rapport zijn gegeven, zijn niet in iedere situatie toepasbaar of impactvol. De toepasbaarheid van circulaire maatregelen is vaak afhankelijk van de context (object en omgeving) waarin ze worden toegepast. Dat geldt zowel voor de huidige als de toekomstige situatie. In navolgend kader enkele voorbeelden.

Circulaire maatregelen zijn vaak contextafhankelijk. Enkele voorbeelden:

Huidige situatie

Object: bijvoorbeeld hergebruik van een object(deel) elders is afhankelijk van de technische staat ervan.

Omgeving: bijvoorbeeld een groene kolk is alleen toepasbaar bij voldoende ruimte.

Toekomstige situatie

Object: versterkingsmaatregelen van een object moeten altijd gezien worden in relatie tot de beoogde resterende gebruiksduur.

Omgeving: een aanpasbaar object is eerder zinvol in een omgeving waar toekomstige veranderingen aan de orde zijn, zoals een verkeersknooppunt.

Circulaire maatregelen kunnen strijdig zijn op principes

Soms zijn circulaire maatregelen op verschillende principes tegenstrijdig. Een voorbeeld: maatregelen die zijn gericht op materiaalbesparing en daardoor leiden tot een slankere constructie kunnen een negatief effect hebben op de levensduur van een object door een minder robuuste uitvoering, waardoor intensiever beheer en onderhoud(smaatregelen) nodig is en/of er minder mogelijkheden zijn voor levensduurverlenging.

Actie nodig voor implementatie van circulaire maatregelen

Uit dit onderzoek komen circulaire maatregelen naar voren die nog geen gangbare praktijk zijn. Voor de implementatie van maatregelen is actie nodig, dat gaat niet vanzelf. In dit rapport zijn per object circulaire maatregelen en implementatiestappen gegeven.

Implementatie is naast technisch-inhoudelijk vraagstuk ook een sturingsopgave

De acties gericht op implementatie zijn deels 'technisch' van aard: onderzoek en ontwikkeling (*innoveren*) en opname in richtlijnen en kaders (*uniformeren*). De sturingsvraag (*produceren*) is echter zeker zo belangrijk: sturing en prikkels in projecten om circulair werken te bevorderen. Ook moeten de juiste informatie en hulpmiddelen aanwezig zijn om circulair te kunnen werken, zoals inzicht in de technische staat van constructies voor een langere levensduur en hergebruik.

3. AANBEVELINGEN VOOR IMPLEMENTATIE

Produceren: toepassen circulaire maatregelen in projecten

Stimuleer de toepassing van circulaire maatregelen in projecten in uitvraag

Een deel van de circulaire maatregelen kan direct worden toegepast. Daar moet dan wel op gestuurd worden of moet dit mogelijk gemaakt worden. In dit onderzoek zijn daartoe uitwerkingen gegeven, zoals: voldoende gewicht in een gunning toekennen aan een MKI-waarde, ruimtereservering voor toekomstige aanpassing van een viaduct, tijd geven om te zoeken naar een bestemming van een vrijkomend object, in MER- en Tracestudies vragen om een nieuw wegontwerp dat zoveel mogelijk geoptimaliseerd wordt ten opzichte van de bestaande objecten in het tracé.

Betrek de huidige en toekomstige situatie bij het selecteren van maatregelen

De toepasbaarheid en impact van circulaire maatregelen is afhankelijk van de huidige en toekomstige context van een object. Stel dan ook altijd een toekomstvisie op voor het object (functie, levensduur en omgeving) om daarmee de juiste maatregelen te selecteren en betrek ook altijd de huidige staat en omgeving. Zeker bij circulaire maatregelen die strijdig zijn op verschillende circulaire principes, is het verstandig het milieuvoordeel over een langere periode te beschouwen (naast productie en aanleg ook het gebruik, einde levensduur en tweede en volgende levensduren).

Begin 'zo snel mogelijk' met het selecteren van materialen die hoogwaardig recyclebaar zijn

In opdracht van RWS wordt gewerkt aan een beoordelingskader bouwmaterialen. Met dit kader kan worden vastgesteld in welke mate circulaire risico's aanwezig zijn. Als een bouw materiaal beoordeeld is op haar circulaire risico, kunnen randvoorwaarden gesteld worden aan de selectie en toepassing ervan in een werk. Aanbevolen wordt de implementatie zo snel mogelijk uit te voeren en daarmee de laatste stap in de sluiting van ketens (recycling) te borgen.

Voer nader onderzoek uit naar prioritering van circulaire maatregelen

Het milieuvoordeel van circulaire maatregelen varieert in omvang (opschaling), termijn en kans van optreden. Voer nader onderzoek uit naar hoe maatregelen op basis hiervan te prioriteren.

Innoveren en uniformeren circulaire maatregelen

Niet alle circulaire maatregelen zijn direct toepasbaar, verschillende onderzoeken en ontwikkelingen zijn daarvoor nodig.

Voer de volgende onderzoeken en ontwikkelingen uit:

Navolgend zijn voor de verschillende objecttypen enkele voorbeelden gegeven van onderzoeken en ontwikkelingen die in dit onderzoek naar voren zijn gekomen.

Bruggen/viaducten

- Onderzoek hoe meer uniformiteit in constructieve herberekeningen bruggen/viaducten te krijgen.
- Onderzoek welke normen/eisen een belemmering zijn voor behoud van constructies bij aanpassing.

Dijken en oeverbescherming

- Richt een landelijk platform op dat alle grondprojecten in de tijd uit zet voor de komende 5 tot 10 jaar voor betere uitwisseling van grondstromen. Dit geldt ook voor andere objecttypen met grotere grondstromen.
- Stimuleer de ontwikkeling van innovatieve dijkversterkende technieken die gunstig zijn voor circulair werken.

Sluizen

- Bepaal landelijke standaard types (groottes) voor remmingwerken en aandrijfsystemen en leg deze vast in/vanuit Multiwaterwerken.
- Bereken de milieuwinst van reserve-deuren ten opzichte van de verliezen op overgedimensioneerde constructies en andere aanpassingen als gevolg van standaardisatie.

Wegstelsel

- Neem circulariteit op in de opdracht of geef circulariteit een plek in het afwegingskader van alternatieven
- Geef MKI-berekeningen een prominente plek in aanbestedingen om de milieu-impact over de gehele levensduur te reduceren met als doel optimaal materiaalgebruik.

Tunnelrenovatie

- Maak de tunneltechnische installaties (TTI's) uniform en modulair om meer optimalisatie te krijgen in het gebruiken en beheren van installaties.
- Pas de wet- en regelgeving omtrent brandwerendheid en beschikbaarheid aan om materiaalgebruik te besparen.

KRW-maatregelen

- Kritisch reflecteren op de wet- en regelgeving in KRW-projecten om circulaire oplossingen mogelijk te maken.

Voer nader onderzoek uit naar implementatie van het principe 'denken in meerdere levenscycli'

Op veel van de circulaire principes is door de experts de nodige input gegeven. Het betreft dan veelal een optimalisatie van min of meer bekende paden. Het principe 'denken in meerdere levenscycli' leidt evenwel tot minder respons en complexe afwegingen: er is weinig ervaring mee en lastig te vertalen naar een praktische handvatten.

Geef meer handvatten voor praktijk hoe om te gaan met 'schaarse materialen'.

In de praktijk beschikt men nog weinig handvatten om betekenis te geven 'schaarse materialen'.

1 CIRCULAIRE OBJECTEN

1.1 IN 2030 CIRCULAIR WERKEN

Rijksbreed programma circulaire economie

De afgelopen eeuw is de wereldwijde vraag naar grondstoffen explosief gestegen. Door een groeiende wereldbevolking en toenemende consumptie neemt deze vraag de komende decennia naar verwachting verder toe. Het wordt steeds belangrijker om het gebruik van (niet hernieuwbare) grondstoffen zoveel mogelijk terug te dringen en om de beschikbare grondstoffen zo efficiënt en hoogwaardig mogelijk te (her)gebruiken en daarmee CO₂-uitstoot terug te dringen.

In september 2016 heeft het Rijk hiertoe het Rijksbrede programma Circulaire Economie (CE) gelanceerd. De ambitie van het kabinet is om samen met maatschappelijke partners in 2030 een (tussen)doelstelling te realiseren van 50% minder gebruik van primaire grondstoffen (mineraal, fossiel en metalen) en om in 2050 100% hernieuwbare (gerecyclede en biobased) materialen toe te passen.

Rijkswaterstaat: in 2030 circulair werken

Rijkswaterstaat heeft de ambitie dat in 2030 alle processen en werkwijzen zo zijn ingericht dat 'optimaal' circulair wordt gewerkt. Circulair werken in 2030 is een belangrijke tussenstap naar het circulair zijn in 2050.

1.2 WAT BETEKENT CIRCULAIR WERKEN VOOR OBJECTEN?

Doelstelling onderzoek: meer zicht op betekenis *circulair werken* voor objecten

Met de urgentie om circulair te gaan werken in het aanleg- en onderhoudsproces (MIRT-sturing), in het beheer- en onderhoudsproces (SLA-sturing) en bij de vervangings- en reparatie opgave (V&R), is het onderhavige onderzoek uitgevoerd met als doelstelling:

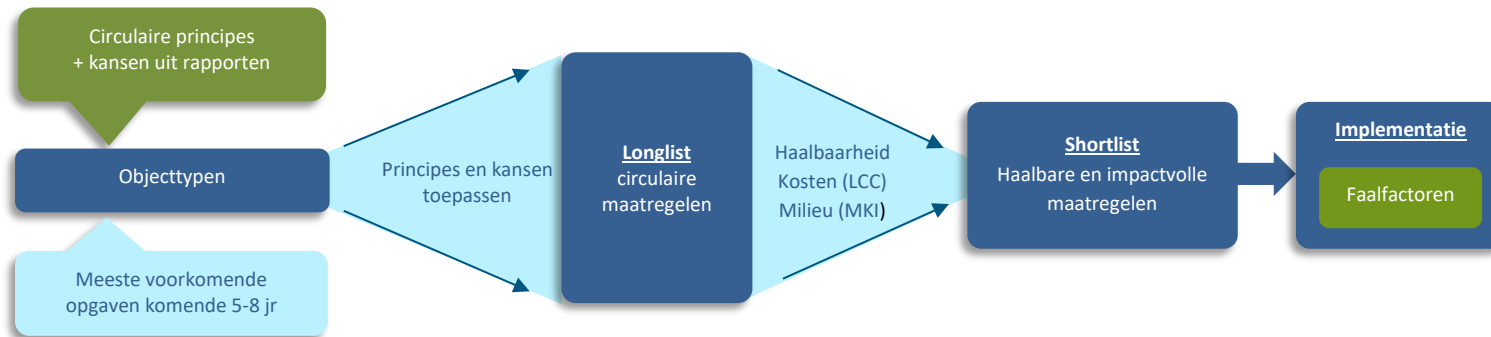
Het krijgen van zicht op maatregelen die mogelijk zijn om objecten circulair te maken over de gehele levenscyclus en de betekenis daarvan voor de werkwijze van Rijkswaterstaat.

Met de resultaten kan Rijkswaterstaat (en betrokken stakeholders) een belangrijke volgende stap zetten naar *circulair werken* in 2030.

Deelvragen onderzoeken

Deze doelstelling is vertaald in de volgende deelvragen:

1. Wat zijn de leidende principes voor circulaire objecten?
2. Hoe zien circulaire objecten eruit?
3. Wat is de impact van kansrijke en impactvolle circulaire maatregelen op kosten en milieu?
4. Wat is nodig om deze circulaire maatregelen te implementeren?



1.3 WERKWIJZE ONDERZOEK

Onderzoek voor verschillende objecttypen in twee fasen

Het onderzoek is gefaseerd uitgevoerd voor de volgende objecttypen:

- Fase 1 (2018-2019): bruggen en viaducten, dijken en oevers en sluisen;
- Fase 2 (2019-2020): hoofdwegstelsel, tunnels en KRW-maatregelen.

Van fase 1 is eerder een rapport opgesteld, beide fasen zijn nu in dit rapport gebundeld.

Meest voorkomende opgaven komende 5-8 jaar

Het onderzoek heeft zich daarbij gericht op de meest voorkomende opgaven de komende 5 tot 8 jaar. Zo is de aandacht bij tunnels met name gericht op tunnelrenovatie en niet op nieuwbouw van tunnels.

Decompositie objecten

Om aangrijpingspunten voor circulaire maatregelen te identificeren, is een decompositie van de objecttypen gemaakt in hoofdcomponenten. Voor bijvoorbeeld het wegstelsel zijn dat verharding, geluidbeperkende constructie, geleiderailconstructie, openbare verlichting (OVL) en het overige wegmeubilair. Naast het wegstelsel als geheel is ook voor de hoofdcomponenten gezocht naar circulaire maatregelen.

Longlist samenstellen van circulaire maatregelen

Voor ieder objecttype en de bijbehorende deelcomponenten in eerste instantie een longlist van mogelijke circulaire maatregelen samengesteld. Daarbij is de volgende werkwijze gehanteerd.

- **Inventariseren beschikbare kennis, onderzoeken en ervaringen**

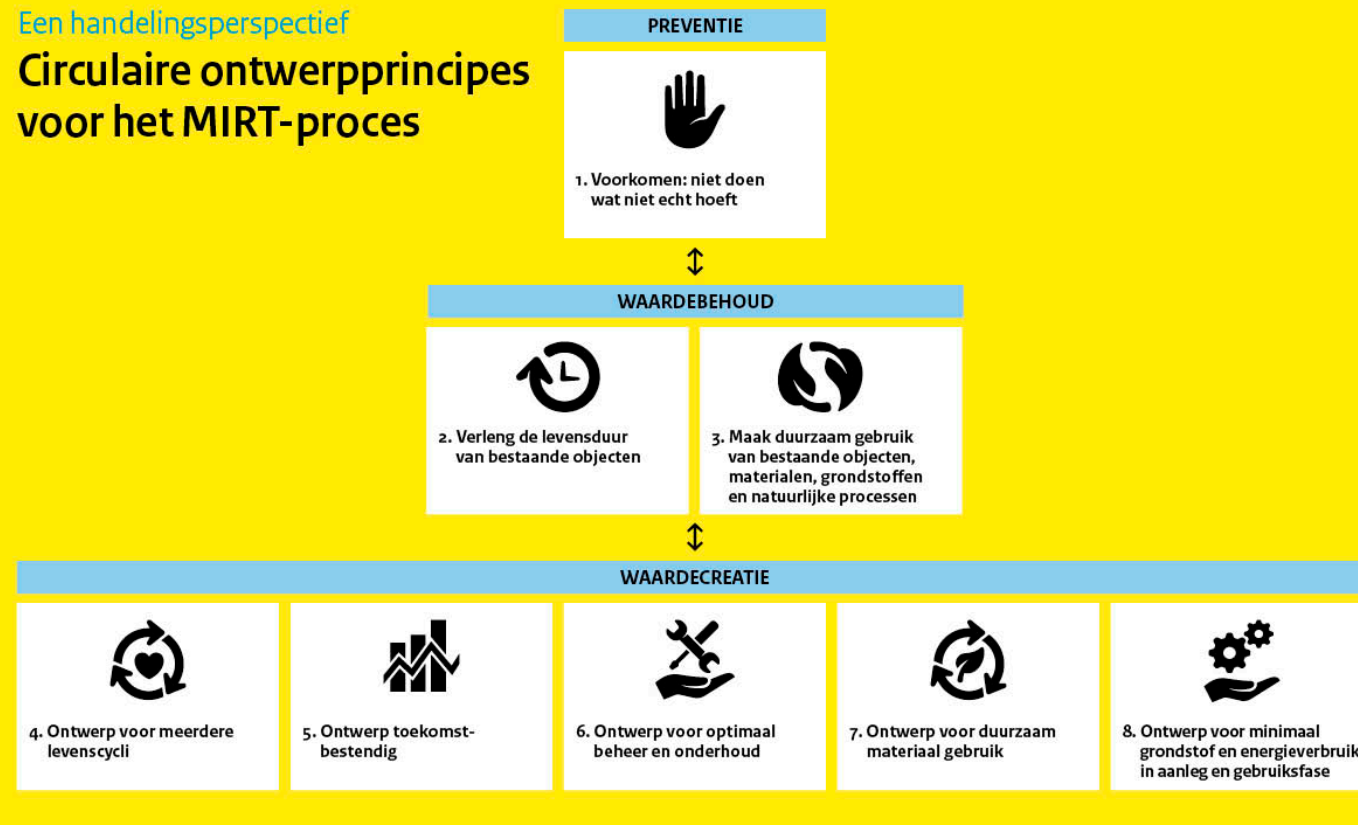
In fase 1 van dit project, grotendeels uitgevoerd in 2018 zijn onderzoeksrapporten van RWS uit 2017 en in relatie tot circulaire economie onderzocht op mogelijke betekenis voor dit onderzoek. Een samenvatting daarvan is gegeven in bijlage A1. Voor fase 2 (uitgevoerd in 2019) kon gebruik gemaakt worden van praktijkervaringen met het toepassen van circulariteit in projecten. In de verschillende hoofdstukken is nader aangegeven welke bronnen zijn benut.

- **Toepassen circulaire principes**

In overleg met de begeleidingscommissie is gekozen voor het hanteren van de principes ontwikkeld in de studie 'Circulair Ontwerpen in het MIRT' (2017). In het schema op de volgende pagina zijn deze principes weergegeven. Deze principes zijn gebruikt in de werksessies om te verkennen wat *circulair werken* betekent voor de verschillende objecttypen en welke circulaire maatregelen mogelijk zijn.

Een handelingsperspectief

Circulaire ontwerpprincipes voor het MIRT-proces



Werkessie en raadplegen experts

Voor het onderzoek is kennis ingebracht door objectexperts van RWS en RHDHV. In fase 1 zijn rond de verschillende objectgroepen ook werksessies belegd met deelname van experts en de begeleidingsgroep. In bijlage A2 is overzicht gegeven.

Voor fase 2 (uitgevoerd in 2019) kon gebruik gemaakt worden van ervaringen met het toepassen van circulariteit in projecten. In fase 2 hebben dan ook geen

werksessies plaatsgevonden met experts. Wel heeft afstemming plaatsgevonden met objectexperts van RWS en RHDHV.

Van longlist naar shortlist circulaire maatregelen

Uit de longlist is een shortlist samengesteld van kansrijke en impactvolle maatregelen. Deze inschatting is gedaan door betrokken experts met als belangrijkste criteria: kansrijk en impactvol. Tevens is daarbij vooral gezocht naar kansrijke en impactvolle maatregelen die op dit moment nog niet worden toegepast of beter en vaker kunnen

worden toegepast. Circulaire principes of kansen die al gemeengoed zijn, zijn verder niet geselecteerd voor de shortlist.

Uitwerking en implementatie van kansrijke en impactvolle circulaire maatregelen

Een selectie van kansrijke en impactvolle maatregelen is nader uitgewerkt. Deze uitwerking is gedaan aan de hand van de volgende vragen/aspecten:

- Hoe ziet de circulaire maatregel eruit?;
 - Waarom wordt de maatregel niet benut / wat kan beter?;
 - Wat is de impact van de maatregel op kosten en milieu?;
 - Wat is nodig om tot implementatie te komen?;
- Voor de wijze van implementatie van maatregelen is aangesloten bij de drieliding die Rijkswaterstaat hanteert voor implementatie van innovaties: innoveren, uniformeren en produceren.

Innoveren	Een innovatie (fysiek, procesmatig, etc.) is nog niet uitontwikkeld of heeft zich nog niet in de praktijk bewezen, onderzoek of proefprojecten zijn nog nodig
Uniformeren	Een innovatie heeft zich bewezen, vastlegging is nog nodig in richtlijnen, standaarden, kaders, etc.
Produceren	De spelregels zijn duidelijk, aandacht is nu nog nodig voor daadwerkelijke toepassing: acceptatie, juiste randvoorwaarden, etc.

Faal- en succesfactoren

Tijdens de werksessies in fase 1 zijn maatregelen voor circulaire objecten geïnventariseerd. Daarbij is de deelnemers gevraagd aan te geven welke faalfactoren zich daarbij (kunnen) voordoen. De verzamelde faalfactoren zijn opgenomen in bijlage A6. Daarbij zijn voor iedere faalfactor voorbeelden gegeven uit de werksessies evenals lopende acties bij RWS om een faalfactor weg te nemen.

Begeleidingsgroep

De uitvoering van het onderzoek is begeleid door een begeleidingsgroep van RWS. In bijlage A2 is de samenstelling van de begeleidingsgroep gegeven.

1.4 RAPPORTAGE EN LEESWIJZE

Navolgend is een leeswijzer gegeven voor dit rapport. Van fase 1 is eerder een rapport opgesteld, nu zijn beide fasen in dit rapport gebundeld.

Onderdeel	Hoofdstuk	In het kort
Bruggen en viaducten	2	Voor de verschillende objecttypen is onderzocht wat de kansrijke en impactvolle maatregelen zijn voor circulair werken en hoe deze maatregelen te implementeren.
Dijken en oeverbescherming	3	
Sluizen	4	
Wegstelsysteem	5	
Tunnels	6	
KRW-maatregelen	7	
Conclusies en aanbevelingen	8	

Voor de betekenis van de afkortingen, genoemd in dit document, wordt verwezen naar [bijlage A7](#).

2 CIRCULAIRE BRUGGEN EN VIADUCTEN

2.1 OVERHEERSENDE OBJECTTYPOLOGIEËN

Om de relevantie van het onderzoek te verhogen, zijn overheersende (relevante) objecttypologieën voor bruggen en viaducten geselecteerd.

Wat is een 'overheersende' objecttypologie?

Onder een overheersende objecttypologie verstaan we een typologie die staat voor een veelvoorkomend aantal objecten en de komende 5 tot 10 jaar in aanmerking komt voor vervanging en/of groot onderhoud. Maatregelen voor circulair werken hebben door de opschaalbaarheid meer impact.

Overheersende typologie en praktijkcasus

Voor bruggen en viaducten is een drietal typologieën geïdentificeerd. Voor de objectengroep bruggen en viaducten is in overleg met experts van RHDHV en RWS gekozen voor de volgende typologieën:

- viaducten met prefab liggers,
- betonnen onderdoorgangen en
- stalen bruggen met val.

Een nadere uitwerking en toelichting is gegeven in bijlage A3. Voor de werksessies is bovendien bij iedere typologie een bijpassende praktijkcasus gezocht.

Toepassing van typologieën en casus in onderzoek

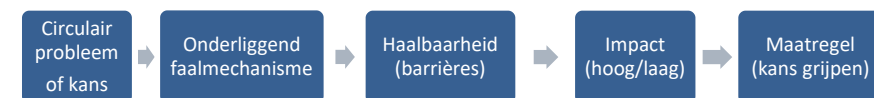
De typologieën en casussen zijn vertrekpunt geweest in de expertsessie. Het idee was dat de casussen helpen om gestructureerd, aan de hand van de decompositie van de objecten mogelijke kansen vast te stellen. De praktijk was evenwel dat de experts vanuit eigen ervaring en met de bij hen bekende objectkennis invulling gaven aan de kansen. Voor de onderzoekers hebben de casussen geholpen bij de voorbereidingen van de expertsessies en het duiden van de maatregelen. Van de decompositie of casus is inhoudelijk geen gebruik gemaakt met de expertsessies en het uitwerken van de maatregelen.

2.2 MAATREGELEN VOOR CIRCULAIRE BRUGGEN EN VIADUCTEN

In een werksessie met experts RWS en RHDHV is aan de hand van de circulaire principes (zie hoofdstuk 2) een longlist van circulaire maatregelen samengesteld voor circulaire bruggen en viaducten. Deze is met interviews met RWS-experts aangevuld. Een overzicht van deelnemers is opgenomen in bijlage A2.

De deelnemers is gevraagd:

- Welke kansen zij zien voor toepassing van de circulaire principes;
- Welke barrières of faalfactoren voor de realisatie / toepassingen van betreffende kans zij zien;
- Wat hun inschatting is van de haalbaarheid en impact van de kans.



Op basis van de bevindingen in de werksessie is een 'longlist' samengesteld van (potentieel) haalbare en impactvolle maatregelen voor circulaire bruggen en viaducten. In navolgende illustratie zijn deze weergegeven en kort beschreven.

CIRCULAIRE MAATREGELEN VOOR BRUGGEN EN VIADUCTEN



BESTAANDE BRUG/VIADUCT ELDERS HERGEBRUIKT

NA EEN TIJDELIJKE OPSLAG WORDT
DE BESTAANDE BRUG/VIADUCT ELDERS
IN HET AREAAL HERGEBRUIKT.

RUIMTE GERESEERVEERD VOOR TOEKOMSTIGE VERBREDING

DOOR RUIMTE RESERVERING, EEN MODULAIRE
OPBOLW EN EEN DEMONTABELE RANDLIGGER IS HET
VIADUCT GESCHIKT VOOR TOEKOMSTIGE VERBREDING.



ONDERHOUD AFSTEMMEN OP RESTERENDE LEVENSDUUR

BESTAANDE OBJECT IS BEHOUDEN
OP BASIS VAN DE VERWACHTE
RESTERENDE LEVENSDUUR EN
EEN HERBEREKENING VAN DE
WERKELIJKE CONDITIE.



SPREIDING ZWAAR VERKEER

LANGERE LEVENSDUUR BRUG/VIADUCT
DOOR VERKEERS MAATREGELEN EN AFSPRAKEN
VOOR SPREIDING VAN ZWAAR VERKEER.



BREDERE BRUGGEN VOOR MEER VERKEER IN TOEKOMST

DE 2 X 3 RIJSTROKEN EN VLIJCHTSTROKEN ZIJN IN
DE TOEKOMST AANPASBAAR IN 2 X 4 RIJSTROKEN MET
DYNAMISCH VERKEERSMANAGEMENT.

BESTAANDE VIADUCT VERSTERKT MET LICHTGEWICHT SANDWICHCONSTRUCTIE

HET BESTAANDE VIADUCT IS BEHOUDEN DOOR VERSTERKEN
MET EEN LICHTGEWICHT VEZELVERSTERKTE KUNSTSTOF
(VK) SANDWICHCONSTRUCTIE.

GRONDSTOFFEN UIT BETON HERWINNEN EN HERGEBRUIKEN

HET BIJ SLOOP VRIJKOMENDE BETON WORDT
TERUGGEBRACHT TOT DE OORSPRONKELIJKE
BESTANDSDELEN (CEMENT, GRIND EN ZAND)
VOOR HERGEBRUIK.



MINDER CEMENT IN BETONNEN LIGGERS

DOOR EEN LANGERE LITHARDINGSTIJD
KAN BIJ DE PRODUCTIE VAN PREFAB
BETONNEN LIGGERS TOT 40%
BESPAARD WORDEN OP CEMENTGEBRUIK.

LINIFORME GEOMETRIE OVERSPANNING

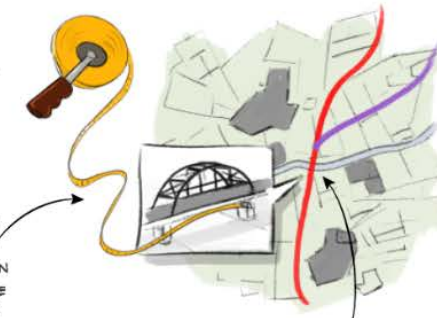
DE MAATVOERING VAN DE BRUG/VIADUCT IS
GESTANDAARDISEERD ZODAT DEZE BETER
HERBRUIKBAAR IS.

LINIFORME MAATVOERING BETONNEN LIGGERS


DE MAATVOERING VAN DE BETONNEN LIGGERS
IS GESTANDAARDISEERD ZODAT DEZE BETER
HERBRUIKBAAR ZIJN.

LINIFORME AFMETINGEN EN DEMONTABEL ORTHOTROOP STALEN RIJDEK

DE ORTHOTROPE STALEN RIJDEKKEN
HEBBEN EEN GESTANDAARDISEERDE
MAATVOERING EN ZIJN EENVOULDIG
DEMONTABEL GERICHT OP HERGEBRUIK.



In navolgende tabel is de longlist van maatregelen gegeven evenals de eerste stap te zetten richting implementatie.

Categorie <i>Principe</i>	Maatregel	Implementatie (eerste stap)
Bestaande objecten		
<i>Behoud</i>	Verleng de levensduur van bestaande bruggen en viaducten: a. spreiding (zwaar) verkeer over de dag/rijstroken door verkeersmaatregelen; b. Inpassing van bestaande bruggen / viaducten in planvorming; c. Onderhoud afstemmen op resterende levensduur.	a. Overleg wegbeheerder met transportsector over spreiding zwaar verkeer . b. Bij MIRT-projecten sturing op inpassing bestaande objecten. c. In V&R / B&O: interventie baseren op restlevensduur. Bovendien: In OBR: herberekening als standaard maatregel opnemen. Onderzoeken (WVL) hoe meer uniformiteit in constructieve herberekeningen te krijgen. Onderzoeken welke (nieuwbouw)normen en eisen een belemmering zijn. Dossiervorming en ontsluiting van gegevens over ontwerp, aanleg, gebruik en onderhoud.
<i>Behoud</i>	Monitoring (structural health monitoring). Nieuwe meettechnieken lijken kansen te bieden bestaande constructies op een gecontroleerde manier te monitoren en daarmee mogelijk ook langer in stand te houden en/of onderhoudsregime efficiënter in te zetten, zodat het langer rendabel is ze in stand te houden.	Niet nader verkend
<i>Behoud</i>	Bestaande viaduct/brug behouden door versterking met een lichtgewicht vezelversterkt kunststof (VVK) sandwichconstructie.	Toetsingskader: hoe dragen composieten bij aan circulair werken?
<i>Behoud</i>	Rijdek draaien vanwege ongelijke belasting rijstroken	Niet nader verkend
<i>Hergebruik</i>	Oude brug/ viaduct of delen daarvan hergebruiken (na tijdelijke opslag). 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vraag creëren door in planstudies een verkenning te doen naar afzet van vrijkomende brug/viaduct. Vermoeiing en beperkt inzicht in technische staat kunnen belemmerende factoren zijn. ▪ In projecten waarin bestaande brug/viaduct vrijkomt: in aanbesteding sturen op hergebruik (delen) object (elders). ▪ Hergebruik ondersteunen door tijdelijke opslag en 'marktplaats' (landelijk beeld van wat beschikbaar is en gaat komen en wat nodig is).
<i>Recycling</i>	Vrijgekomen beton terugbrengen tot oorspronkelijke bestanddelen en dit hergebruiken. Bijvoorbeeld hergebruik van het cement, grind en zand.	Opname in basisspecificaties / gunning.
Nieuwe Objecten		
Uitvoering staal (veelal 100-200m) <i>Hergebruik</i>	Oude brug/ viaduct hergebruiken (in plaats van nieuwbouw).	In enkele gevallen kan hergebruik van een 'oude' brug een optie zijn. In planstudies verkenning uitvoeren naar aanbod van vrijkomende brug/viaduct. De 'unieke' vormgeving van 'grote' bruggen, vermoeiing en beperkt inzicht in technische staat kunnen belemmerende factor zijn.
<i>Toekomstbestendig</i>	Bruggen breder uitvoeren waardoor 2 x 3 rijstroken en vluchtstroken in de toekomst aangepast kunnen worden in 2 x 4 rijstroken met voorzieningen als dynamisch verkeersmanagement (matrixborden).	<i>Gebeurt reeds</i>

Categorie	Maatregel	Implementatie (eerste stap)
<i>Principe</i>		
<i>Meerdere levenscycli</i>	Uniformeer de overspanning van stalen bruggen (bijvoorbeeld 160 en 200m) gericht op toekomstig hergebruik elders. Plus overdimensioneren gericht op gericht op langere levensduur.	Dit wordt minder relevant geacht, gezien het relatief beperkt aantal, de lange levensduur en de veelal 'unieke' vormgeving van 'grote' bruggen.
<i>Meerdere levenscycli</i>	Uniforme afmetingen en demontabel orthotoop rijkdek voor hergebruik elders. Standaardisering van andere onderdelen wordt vanwege unieke vormgeving minder zinvol geacht.	Ontwikkelen van standaardafmetingen en aanvullende eisen voor onder meer haakse kruisingen, demonteerbaarheid, transporteerbaarheid. Voorschrijven via basisspecificaties.
Uitvoering beton (veelal 20-50m)	Oude brug/ viaduct hergebruiken (in plaats van nieuwbouw).	Daadwerkelijke vraag creëren door in planstudies verkenning uit te voeren naar aanbod en gebruik van (elders) vrijkomende brug/viaduct. Beperkt inzicht in technische staat kan belemmerende factor zijn.
<i>Hergebruik</i>		
<i>Meerdere levenscycli</i>	Uniformeer de overspanning en breedte van de brug/viaduct en de betonnen liggers gericht op hergebruik in een volgende levenscyclus.	Ontwikkelen van standaardafmetingen en aanvullende eisen voor onder meer haakse kruisingen, demonteerbaarheid, transporteerbaarheid. Voorschrijven via basisspecificaties.
<i>Toekomstbestendig</i>	In dynamische omgeving: viaduct/brug is eenvoudig uit te breiden met een extra rijstrook en laat (door extra hoogte en overspanning) een flexibele indeling en uitbreiding van de wegindeling onder het viaduct toe.	In planstudies kan worden gevraagd dat voor objecten met een verwachte functionele levensduur van maximaal 40 jaar, een toekomstbestendige variant met een LCC/LCA wordt afwogen. Viaducten zijn 'technisch' veelal reeds modulair in de breedte uitbreidbaar. Nog nodig: ruimtereservering voor verbreding en opname in basisspecificaties demontabel uitvoeren randligger.
<i>Recycling / duurzaam materiaalgebruik</i>	Gebruik gerecycled materiaal bij betonproductie.	Beoordelingskader circulaire innovaties: is de toepassing van hergebruikt cement wenselijk (bijv. op het gebied van kwaliteit en/of milieukosten)? Onderzoek de effectiviteit van sturing met MKI of andere methodes op de inzet van dit soort nieuwe materialen / technologieën. Nu in basisspecificaties 5% betongranulaat.
<i>Materiaalbesparing</i>	Materiaal besparing bij uitvoering: bijvoorbeeld langere uithardingstijd prefab betonnen liggers met besparing cementgebruik.	Overleg met bedrijven: wat is de juiste prikkel voor lager cementgehalte?

2.3 IMPACT EN IMPLEMENTATIE VAN KANSRIJKE EN IMPACTVOLLE MAATREGELEN

Uit de mogelijkheden in paragraaf 3.2 zijn vijf kansrijke en impactvolle maatregelen / keuzemogelijkheden nader uitgewerkt:

1. Verleng de levensduur van bestaande bruggen en viaducten.
2. Uniformeer de geometrie van nieuwe bruggen en viaducten gericht op toekomstig hergebruik.
3. Ontwerp een toekomstbestendige brug / viaduct.
4. Gebruik gerecycled materiaal bij betonproductie.
5. Bespaar materiaal bij de uitvoering: langere uithardingstijd prefab betonnen liggers.

KANS 1 - VERLENG DE LEVENSDUUR VAN BESTAANDE BRUGGEN EN VIADUCTEN

BESCHRIJVING - Hoe ziet dat eruit?

Langere levensduur van een brug of viaduct realiseren door:

- betere spreiding (zwaar) verkeersbelasting door verkeersplanning;
- Inpassing van bestaande bruggen / viaducten in planvorming;
- onderhoud afstemmen op resterende levensduur en uit te gaan van werkelijke restlevensduur (en niet ontwerplevensduur).



TOELICHTING - Wat gaat nu niet goed/ wat kan beter?

Als bestaande bruggen/viaducten niet meer aan gestelde eisen (technisch, functioneel etc.) voldoen of daartoe ook niet aangepast kunnen worden, dan betekent dat einde levensduur. Echter: ook als van voorgaande geen sprake is, zijn er meerdere situaties die toch leiden tot een - wellicht onnodig - vroegtijdig einde levensduur.

Piekbelasting zwaar verkeer: betere spreiding

Concentraties van zwaar verkeer leiden tot zware piekbelasting. Dit kan extra toenemen bij ontwikkeling rond truck platooning. Verkeersmanagement kan zorgen voor spreiding van deze belasting, zoals routing (routes waar zwaarder verkeer wel/niet mag rijden) of het toedelen van slots en rijstroken en daarmee de levensduur verlengen.

Bestaande kunstwerken geen onderdeel van planvorming

In het wegontwerp worden impliciete keuzes gemaakt die consequenties hebben voor een brug/viaduct. Vaak lopen deze keuzes voor in het planproces vanuit de thema's veiligheid en bereikbaarheid. Vervolgens wordt gekeken hoe de rest van de wegonderdelen daarin moeten passen. Dit leidt vaak tot vroegtijdige vervanging/aanpassing van de aanwezige bruggen en viaducten. Hier kan veel eerder

in het proces rekening gehouden met ontwerpconsequenties voor de reeds aanwezige kunstwerken.

Nadere toelichting

Huidige eisen voor wegontwerp en verkeersveiligheid leiden tot een andere geometrie van het wegontwerp dan tijdens het wegontwerp uit de jaren '50 tot en met '80: grotere boogstralen, langere in- en uitvoegstroken en weefvakken en grotere dwarsverkanting/afschot (i.v.m. afwatering). Het gevolg is dat bij een uitbreiding een bestaand object veelal niet past bij een optimaal nieuw wegontwerp. Het bestaande object krijgt meer rustende belasting (door uitvulling asphalt) en moet (beperkt) uitgebreid worden.

Doordat uitbreiding aan de buitenzijde moet gebeuren, wordt de rijkhoogte van de onderdoorgaande infrastructuur minder (of de constructiehoogte van de uitbreiding maar dat gaat meestal constructief niet). Als dat niet kan (zoals in de meeste gevallen) dan moet dus het bovenliggende wegalignment omhoog wat nog meer uitvulling tot gevolg heeft. Daarmee wordt het een uitdaging om het bestaande viaduct nog rekentechnisch te kunnen laten voldoen; de 'daadwerkelijke' verkeersbelasting is meestal ook toegenomen/gaat toenemen. Een voordeel is wel dat in de oude ontwerpen een grote(re) marge is genomen tussen belasting(effect) en sterkte(effect). Het aanbrenge van een uitvulling (+versterking) en/of uitbreiding geeft soms meer hinder dan het slopen/vervangen van een geheel viaduct.

Onderhoud niet afgestemd op resterende levensduur

Bij de afweging: vervangen kunstwerk of nog een generatie mee, wordt nauwelijks rekening gehouden met de dynamiek in functie en omgeving van een object terwijl daar wel gradaties in zijn aan te brengen. Bijvoorbeeld: 'laag dynamisch': bruggen over grote rivieren, viaducten over Rijkswegen en bruggen/viaducten in de periferie en 'hoog dynamisch': viaducten in Rijkswegen, knooppunten (levensduur minder dan 40 jaar). Rekening houdend met die dynamiek kan een beter afgewogen besluit genomen worden over levensduurverlening (nog een generatie mee) of vervanging.

Vanuit perspectief assetmanagement nieuwbouw aantrekkelijker

Onderhoud is veelal gebaseerd op de ontwerplevensduur en vuistregels opgesteld op basis van ervaringen van beheerders. Die zijn echter omgeven door onzekerheden

over materiaaleigenschappen en gebruik. Behoud van kunstwerken is dan ook veelal niet de gekozen oplossing.

Vanwege betere voorspelbaarheid van risico's (bereikbaarheid en veiligheid) en intensiever onderhoud wordt dan de voorkeur gegeven aan nieuwbouw. Op basis van een herberekening kan evenwel de levensduur van een brug / viaduct, eventueel met versterkingsmaatregelen, verlengd worden.

Nadere toelichting

Betonconstructies worden ontworpen op de sterkte die ze na 28 dagen bereiken, dan moeten ze volledig belastbaar zijn. Maar de uitharding van beton gaat ondertussen gewoon door, totdat uiteindelijk de volledige cementkorrel is gehydrateerd. Er kan dan na verloop van tijd wel 10 tot 20 % aan capaciteit bijkomen. De uitkomst is vaak dat de levensduur tot wel dertig jaar langer is.¹

Meer stabiliteit van de volgende randvoorwaarden is dan nodig:

- Normering. Een kunstwerk dient bij sommige wijzigingen aan de nieuwste normen te voldoen waardoor hergebruik/ instandhouding niet in alle gevallen mogelijk is.
- Informatie. Het is nodig tijdig (soms wel aanwezig maar niet tijdig beschikbaar) een goed beeld te hebben van (toekomstige) verkeersbelasting en de mogelijkheid met versterking hierop in te spelen.

IMPACT - Wat is de impact van kans op kosten en milieu?

Kosten

- Behouden van kunstwerken (door bijvoorbeeld verkeersspreiding of inpassing in planvorming bij functieverandering) zal over het algemeen lagere kosten met zich meebrengen dan het aanleggen van nieuwe kunstwerken.
- Onderhoudskosten bij behouden van kunstwerken zijn in de regel wel hoger: meer herstel en monitoring, regulier onderhoud (reinigen van voegen, hemelwaterafvoer, etc.) wordt belangrijker, maar die kosten vallen weg ten opzichte van de benodigde investering voor nieuwbouw.

- Het effect op kosten bij de vergelijking vervangen of renovatie zal sterk afhankelijk zijn van de voorliggende varianten en de staat waarin betreffende kunstwerken zich bevinden. Afhankelijk van de situatie kunnen versterkingsmaatregelen goedkoper of duurder zijn dan nieuwbouw.

Milieu

- Behouden / versterken van bestaande kunstwerken brengt een direct en aanzienlijk lager materiaalgebruik met zich mee dan volledige nieuwbouw. Het behouden kunstwerk zal evenwel eerder vervangen moeten worden dan wanneer er een nieuw kunstwerk gebouwd zou zijn. In totaal hoeft er echter over een 'oneindige' periode minder vaak een nieuw kunstwerk gerealiseerd te worden, waardoor er op materiaalgebruik bespaard wordt.

IMPLEMENTATIE - Wat is nodig om tot implementatie van de kans te komen?

INNOVEREN/UNIFORMEREN/PRODUCEREN

Overleg met sector over spreiding zwaar verkeer op zwaarbelaste bruggen/ viaducten

Overleg van wegbeheerder met transportsector over spreiding zwaar verkeer / slots. Hier mogelijk verbinding maken met Eurocodes voertuigen.

MIRT-projecten: inpassen aanwezige objecten

In MER- en Tracestudies kan worden uitgevraagd dat het nieuwe wegontwerp zoveel mogelijk geoptimaliseerd moet worden ten opzichte van de bestaande objecten in het tracé. Waarbij onderzocht moet worden hoe behoud van bestaande objecten mogelijk is.

Programmering V&R / B&O: interventie richten op restlevensduur

Bij programmering van het onderhoud van een object zou de afweging vervangen of repareren gemaakt moeten worden mede op basis van de functionele en technische

¹ *Werkelijke conditie kunstwerken verandert onderhoudsplan, 14 januari 2015*

restlevensduur van het object. De restlevensduur daarbij baseren op een herberekening.

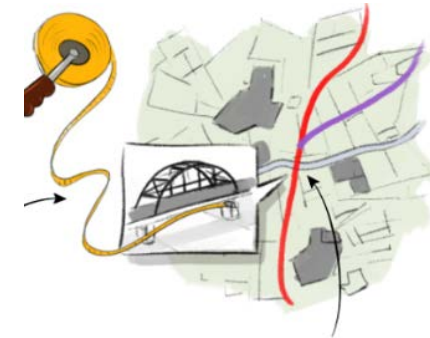
Bijkomende acties RWS:

- Herberekening restlevensduur zou als standaard maatregel opgenomen moeten worden in het objectbeheerregime (OBR).
- Onderzoeken (WVL/GPO) samen met ingenieursbureaus hoe meer uniformiteit in constructieve herberekeningen te krijgen.
- Onderzoeken (WVL/GPO) welke (nieuwbouw)normen en eisen een belemmering kunnen zijn voor het behoud van bestaande constructies met uitbreiding en/of versterking. Per norm met de normgever de dialoog aangaan om ruimte te creëren om de levensduur te verlengen.

- Betere dossiervorming en -ontsluiting van gegevens over objecten: aanleg, onderhoud en gebruik.



SPREIDING ZWAAR VERKEER
LANGERE LEVENSDUUR BRUG/VIADUCT
DOOR VERKEERS MAATREGELENEN AFSPRAKEN
VOOR SPREIDING VAN ZWAAR VERKEER.



**INPASSING VAN BESTAANDE
BRUG/VIADUCT IN PLAN**
DOOR INPASSING BESTAANDE BRUG/VIADUCT
IN PLANVORMING GEEN NIEUW KUNSTWERK NODIG.

KANS 2 - UNIFORMEER DE GEOMETRIE VAN NIEUWE BRUGGEN EN VIADUCTEN GERICHT OP TOEKOMSTIG HERGEBRUIK

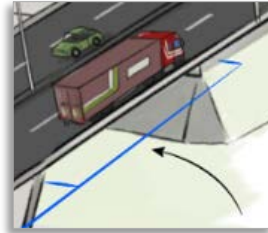
BESCHRIJVING - Hoe ziet dat eruit?

Uniformering geometrie voor hergebruik:

▪ Kleinere bruggen en viaducten

Van dit type object met veelal een 20-50m overspanning en veelal uitgevoerd in beton is er een zeer groot aantal. De standaardisering kan zijn:

- een overspanning een veelvoud van bijvoorbeeld 4,0 meter;
- een breedte van bijvoorbeeld 10m, 14m, 18m, 22m en 26m.



Met name zinvol als sprake is van een meer dynamische omgeving met het oog op mogelijke toekomstige functieverandering/uitbreiding, zoals knooppunten.

▪ Grote stalen bruggen

Staal wordt vooral gebruikt voor hele grote bruggen (100 – 200m overspanning) met een geometrie afgestemd op overspanning en hoogte. Grote stalen bruggen zijn nog verplaatsbaar. Grote betonnen bruggen zijn dat niet, die zijn veel te zwaar. Om hergebruik elders te bevorderen kan de overspanning gestandaardiseerd worden op bijvoorbeeld 100m en 160m. De kans dat daadwerkelijk hergebruik gaat plaatsvinden, wordt overigens erg klein geacht: dit type brug gaat erg lang mee, de geometrie en vormgeving zijn in hoge mate maatwerk en er zijn maar een beperkt aantal van dit type bruggen in Nederland. Er komen ook grotere betonnen bruggen voor maar die zijn door hun gewicht nauwelijks te verplaatsen.

▪ Orthotope stalen brugdek (rijvloer)

Bij stalen bruggen is met name het orthotope stalen brugdek (rijvloer) een redelijk standaard onderdeel. Overige delen zijn maatwerk, zoals tuien, bogen en pylonen. Standaardisering hiervan wordt minder zinvol geacht.

▪ Liggers betonnen brug/viaduct

Bij het standaardiseren van elementen van betonnen viaducten worden met name balken/betonnen liggers kansrijk geacht. Onderscheid kan daarbij nog worden gemaakt in het gebruik van 'volledig' demontabele liggers ('vrij' opgelegd op een steunpunt, zonder aangestorte knopen en/of deklaag) en liggers die hergebruikt zouden kunnen worden, maar waarvoor deels gesloopt zou moeten worden (loszagen van een dek?).

Wat verder nodig is bij standaardiseren voor hergebruik:

▪ Aanvullende eisen

Aanvullende eisen gericht op toekomstig hergebruik zijn nodig ten aanzien van toegankelijk, onderhoudbaar, demontabel en verplaatsbaarheid

▪ Haakse kruisingen en aansluitingen

Ook gericht op meer uniformiteit en hergebruik zijn kruisingen en aansluitingen met landhoofden haaks.

▪ Verbindingen/aansluitingen standaardiseren

▪ Opschalen naar areaal om uitwisseling mogelijk te maken

TOELICHTING - Wat gaat nu niet goed/ wat kan beter?

Unieke objecten

Thans zijn de honderden/duizenden bestaande bruggen en viaducten allemaal uniek en ook nieuwe objecten worden weer als maatwerk gezien. Pijlerafstanden, rijbanen, overspanning, materiaalkeuze etc. verschillen per object. Eenvoudige vervanging en/of hergebruik op andere locaties is, door grote variatie in maatvoering en niet demontabele uitvoering, derhalve veelal geen optie.

Ontwerp (niet) afgestemd op verwachte gebruiksduur

Bij het ontwerp van een brug/viaduct wordt nauwelijks rekening gehouden met verschillen in de verwachte gebruiksduur - terwijl daar wel gradaties in zijn aan te brengen, bijvoorbeeld: lange gebruiksduur voor bruggen over grote rivieren, viaducten over Rijkswegen en bruggen/viaducten in de periferie en relatief korte

levensduur voor viaducten in Rijkswegen en knooppunten (levensduur minder dan 40 jaar). Afgestemd hierop zou juist bij objecten met een relatief kortere gebruiksduur invulling gegeven kunnen worden aan uniformering van de geometrie gericht op demonteerbaarheid, verplaatsbaarheid en herbruikbaarheid. Bij objecten met een verwachte lange gebruiksduur kan het accent meer liggen op een robuust ontwerp.

Toekomstig hergebruik en dan geldende eisen

Een brug/viaduct dient bij wijziging aan de nieuwste normen te voldoen waardoor hergebruik bemoeilijkt kan worden. Overdimensionering kan dit risico ondervangen.

IMPACT - Wat is de impact van kans op kosten en milieu?

Kosten

Bij deze maatregel zijn er voor de kosten plussen en minnen. De uiteindelijke som is sterk afhankelijk van de situatie.

Extra kosten

- Bij nieuwbouw van bruggen en viaducten moet (op korte termijn) extra geïnvesteerd worden omdat nu het meest efficiënte ontwerp wordt gekozen terwijl een standaardgeometrie aangehouden moet worden en die is veelal minder efficiënt.
- Het demontabel uitvoeren van constructies zal leiden tot meer onderhoud bij aansluitingen.

Kostenbesparing

- Als de standaard geometrie wordt toegepast dan kan het ontwerp en productieproces optimaler gemaakt worden waarmee de kosten en (mogelijk) materiaalgebruik zullen dalen, verwachting is dat hiermee een deel van de extra kosten zoals voorgaand genoemd worden gecompenseerd.
- Een besparing ontstaat doordat er in de toekomst bij (deels) hergebruik van een brug/viaduct geen nieuwbouw nodig is. Er zijn dan echter wel kosten voor demontage, transport en remontage.

Efficiency voordeel

- Door standaardisering kunnen mogelijk binnen V&R een aantal gelijksoortige objecten op eenzelfde manier worden opgepakt, hetgeen tot efficiency voordeel kan leiden.

Milieu

Overdimensionering (zie hiervoor) zal leiden tot extra materiaalgebruik. Door het hergebruik van constructie-elementen en van gehele bruggen en viaducten is in de toekomst minder materiaal nodig. Of deze 'winst' daadwerkelijk ingeboekt kan worden, is onzeker gezien de lange tijdsperiode waarop dat speelt.

IMPLEMENTATIE - Wat is nodig om tot implementatie van de kans te komen?

INNOVEREN/UNIFORMEREN/PRODUCEREN

Ontwikkelen en voorschrijven standaardafmetingen

Standaardisering lijkt met name zinvol voor objecten in een meer dynamische omgeving met een verwachte functionele levensduur van maximaal 40 jaar. Invulling moet dan gegeven worden aan uniformering van de geometrie en eisen gericht op demonteerbaarheid, verplaatsbaarheid en herbruikbaarheid. Bij objecten met een verwachte lange gebruiksduur kan het accent meer liggen op een robuust ontwerp.

Stappen om te zetten:

- Draagvlak nodig intern en extern.
- Bepalen van standaardafmetingen (overspanning, breedte, moduulmaat).
- Bepalen hoe te anticiperen op toekomstige veranderingen in eisen.
- Keuze maken of binnen de standaardafmetingen nog geoptimaliseerd mag worden (bijvoorbeeld de wapening of staalplaatdiktes).
- Aanvullende eisen toegankelijkheid, kruisingen, onderhoudbaarheid, demonteerbaarheid en transporteerbaarheid.
- Als overeenstemming: voorschrijven in basisspecificaties. Uniformering is alleen zinvol als dit in gehele areaal wordt toegepast.

KANS 3 - ONTWERP EEN TOEKOMSTBESTENDIGE BRUG/VIADUCT

BESCHRIJVING - Hoe ziet dat eruit?

Grote bruggen en viaducten worden reeds breder uitgevoerd

Grote bruggen worden nu al breder uitgevoerd waardoor de 2 x 3 rijstroken en vluchtstroken in de toekomst mogelijk aangepast kunnen worden in 2 x 4 rijstroken met voorzieningen als dynamisch verkeersmanagement (matrixborden). Zo is de nieuwe brug over het Amsterdam-Rijnkanaal (A1-A9) is bijvoorbeeld 1,5 meter breder uitgevoerd.

Betonnen bruggen en viaducten uitbreidbaar met extra rijstrook

Betonnen bruggen en viaducten worden modulair vormgegeven zodat de draagconstructie (pijlers en liggers) gemakkelijk uitgebreid worden met een extra rijstrook. In de praktijk zijn de steunpunten en brugdek reeds modulair (zie figuur hierna). De belangrijkste aanpassingen om een betonnen brug/viaduct aanpasbaar te maken zijn:

- Modulair ontworpen afgestemd op gestandaardiseerde geometrie (zie betreffende kans).
- Ruimte gereserveerd voor uitbreiding.
- De vormgeving belemmert extra pijlers niet, in tegenstelling tot een esthetisch ontwerp waar een extra pijler niet in past.
- De randliggers zijn demontabel in plaats van in het werk gestort, zodat ze bij uitbreiding hergebruikt kunnen worden in plaats van gesloopt.
- Fundering berekend op zwaardere belasting.

Flexibele en uitbreidbare wegingdeling onder viaduct/brug

Voor een flexibele en uitbreidbare wegingdeling (een extra rijstrook of asverschuiving) onder een viaduct/brug, is met een overlengte en extra vrije hoogte gedimensioneerd (toekomstvast). De extra hoogte geeft ook ruimte voor overlagen bij onderhoud.

Synergiekans

Er is hier een synergiekans (win-win) met standaardisering. Als de overlengte door standaardisering in een later stadium geen overlengte meer is, maar geleid heeft tot langer functioneel behoud van het viaduct.



Figuur 1: Uitbreiding betonnen viaduct, passend bij vormgeving

Toekomstbestendigheid meer van belang in dynamische omgeving

Het aanpasbaar en toekomstbestendig uitvoeren van betonnen viaducten / bruggen is eerder zinvol in een meer dynamische omgeving, zoals viaducten in Rijkswegen, stedelijk gebied en knooppunten met een gebruiksduur van maximaal 40 jaar. Dit in tegenstelling tot viaducten over Rijkswegen en bruggen / viaducten in de periferie met een gebruiksduur van meer dan 100 jaar (veel minder veranderingen in functionaliteit).

TOELICHTING - Wat gaat nu niet goed/ wat kan beter?

Anticiperen op functiewijziging

Door (onvoorziene) functiewijzigingen wordt de technische levensduur van bruggen en viaducten vaak niet gehaald. Dit terwijl de voornaamste reden voor sloop van een kunstwerk een functiewijziging betreft (bijv. toename aantal rijstroken boven en/of onder).

In de praktijk wordt bij grote bruggen reeds nagedacht over toekomstige aanpassingen (zie nieuwe brug over het Amsterdam-Rijnkanaal (A1-A9). Daar is dus 'geen winst' meer te behalen.

Een view via Google Maps leert dat veel viaducten reeds een modulaire opbouw kennen die eenvoudig uitbreidbaar is (zie ook voorgaande illustraties). Een belangrijk knelpunt is evenwel dat geen ruimte aanwezig is voor verbreding van het viaduct (de geometrisch inpasbaarheid (omgeving) laat het niet toe).

Voor flexibele en uitbreidbare wegindeling onder een viaduct is voldoende overspanning en vrije hoogte (voor verkanting) nodig. In de praktijk wordt hier weinig rekening mee wordt gehouden gezien de extra kosten en onzekerheden in toekomstige ontwikkelingen. Daar waar sprake is van frequentere aanpassingen, zoals op knooppunten, zal de investering eerder kunnen lonend zijn.

IMPACT - Wat is de impact van kans op kosten en milieu?

Kosten

Grote bruggen

Grote bruggen worden in de huidige praktijk reeds breder uitgevoerd. Dus geen kosteneffect.

Viaducten breedte

Betonnen viaducten/bruggen zijn in de huidige praktijk veelal al modulair uitbreidbaar. Wellicht dat kosten gemoeid gaan met de aankoop van extra gronden en het demontabel uitvoeren van de randligger. Een demontabele ligger spaart over de levensduur zo'n € 125.000 (netto contante waarde) uit. Voor een regulier viaduct van ongeveer € 3 miljoen euro betreft dit ongeveer 4% van de totale LCC.

De verschillen in LCC en MKI (LCA) zijn berekend van de volgende varianten. Daarbij zijn niet de volledige objecten gemodelleerd, maar alleen de objectdelen die verschillen tussen de varianten. Dit betreft alleen de randligger met aanpalend het randelement en de geleiderails, die aangestort of demontabel is uitgevoerd. De extra rijstrook en bijbehorende liggers en pijlers zijn niet gemodelleerd, want deze zijn identiek voor de varianten. De aangestorte variant is gekozen als referentie. De functionele eenheid is een **100 meter betonnen prefab viaduct** over een periode van **100 jaar**.

Variant	Belangrijkste parameters	LCC (€)	MKI (€)
1. Aangestorte randligger	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Gewicht randligger: 800 kg/m ▪ Gewicht randelement: 530 kg/m ▪ 100 m geleiderails ▪ 1 x uitbreiding 	367.366	32.340
2. Demontabele randligger	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Hergebruik randliggers en element (druklaag opnieuw aanstorten) ▪ Gebruik geleiderails is gelijk aan variant 1 vanwege kortere levensduur 	242.008	24.447

De volledige parameters van de varianten zijn te zien in bijlage A4 / A5.

Viaducten lengte/hoogte

Voor een flexibele en uitbreidbare wegindeling onder een viaduct is voldoende overspanning en vrije hoogte (voor verkanting) nodig. Dit gaat gepaard met hogere kosten. Of deze investering lonend is, is onzeker en hangt af van toekomstige ontwikkelingen. Daar waar sprake is van frequentere aanpassingen in een dynamische omgeving, zoals op knooppunten, zal de investering eerder 'lonend' zijn.

Milieu

Grote bruggen

Grote bruggen worden in de huidige praktijk reeds breder uitgevoerd. Dus geen verandering van impact.

Viaducten breedte

Voor aanpasbaarheid in de breedte van viaducten is bij de aanleg geen extra input van materialen nodig, wel ruimtereservering. Er is bij aanpassing wel - een beperkte - milieuwinst aangezien de demontabele randligger wordt hergebruikt (zie voorgaande tabel).

Viaducten lengte/hoogte

Een langere en hogere overspanning leidt tot een meer flexibele wegindeling onder het viaduct. Bij toekomstige wijziging van deze wegindeling, kan het viaduct eerder behouden blijven. Op termijn wordt daarmee bespaard op materiaalgebruik voor een nieuw viaduct. Het ruimer dimensioneren van lengte/hoogte gaat wel gepaard met een (initieel) extra milieu-impact. Daar waar sprake is van frequentere aanpassingen in een dynamische omgeving, zoals op knooppunten, zal de investering eerder 'lonend' zijn (zie ook kans 2).

Een langere en hogere overspanning kan een extra aanzienlijke milieu-impact hebben: een hoger constructie hoogte zorgt 1: voor meer materiaalgebruik / milieu-impact in aanleg van de 'op- en afritten'. Vanwege de maximale hellingshoeken (met name in een snelweg) kan dit aardig doorwerken in het benodigde grondverzet. En 2: milieu-impact van het verkeer, dat een grotere hoogte moet overbruggen.

IMPLEMENTATIE - Wat is nodig om tot implementatie van de kans te komen?

INNOVEREN/UNIFORMEREN/PRODUCEREN

MIRT en V&R-projecten: aanpasbaar/toekomstvast viaduct/brug

In planstudies kan worden uitgevraagd dat voor objecten met een verwachte functionele levensduur van maximaal 40 jaar, een variant met een LCC/LCA wordt afwogen die:

- eenvoudig uitbreidbaar is met een extra rijstrook en/of
- een flexibele indeling en uitbreiding van de wegindeling onder het viaduct toelaat.

Dat bovendien bij uitvoering van de betreffende variant de benodigde ruimte voor aanpassingen gereserveerd wordt. Ruimtereservering betekent dat geen fysieke / juridische of inpassingsobstakels voor de uitbreiding aanwezig zijn.

Niet alleen in de planfase, maar ook gedurende de levensduur moet de ruimte voor uitbreiding vrijgehouden worden: naast de weg aan weerszijden altijd [X] m vrijhouden voor uitbreiding.

Basisspecificaties randligger

Opnemen in basisspecificaties dat – waar sprake is van de realisatie van een in de breedte uitbreidbaar viaduct - de randligger demontabel moet worden aangebracht en op het aangepaste viaduct kan worden herplaatst.

**RUIMTE GERESERVEERD VOOR
TOEKOMSTIGE VERBREDING**
DOOR RUIMTE RESERVERING, EEN MODULAIERE
OPBOUW EN EEN DEMONTABELE RANDLIGGER IS HET
VIADUCT GESCHIKT VOOR TOEKOMSTIGE VERBREDING.

KANS 4 - GEBRUIK GERECYCLED MATERIAAL BIJ BETONPRODUCTIE

BESCHRIJVING - Hoe ziet dat eruit?

Diverse technologieën worden ontwikkeld om beton terug te brengen tot de oorspronkelijke grondstoffen. Door het oude beton op een slimme manier te breken kunnen zand, grind en cement uit het oude beton effectiever van elkaar gescheiden worden, hetgeen hergebruik van de grondstoffen mogelijk maakt. Bij dit soort nieuwe droge breektechnieken kan de fijne fractie opnieuw ingezet worden voor de productie van cement. Door gebruik van deze fijne fractie wordt een aanzienlijke hoeveelheid CO₂ bespaard, die anders vrij zou zijn gekomen bij de productie van cement uit kalksteen.



TOELICHTING - Wat gaat nu niet goed/ wat kan beter?

Alternatieve grondstoffen nodig

Voor het realiseren van nieuwe circulaire bruggen en viaducten zijn veel grondstoffen nodig. Deels kan daarin worden voorzien door bij de sloop van kunstwerken vrijkomende materialen weer geschikt te maken als grondstof. Hergebruik van cement is daar een voorbeeld van. Meer gangbaar is het gebruik van betongranulaat (gebroken puin) als grof toeslagmateriaal (met als nadeel dat bij hoge vervangingspercentages vaak extra cement wordt toegevoegd t.b.v. het constant houden van materiaaleigenschappen zoals de verwerkbaarheid).

Weerstand bij de 'traditionele' bedrijven

Vaak zijn er meerdere opslagsilo's/locaties nodig / extra transportbewegingen. Dat vraagt vaak extra investeringen.

Vragen bij introductie

Bij de introductie van hergebruikt cement spelen evenwel ook vragen als:

- Wat zijn de kosten en milieuvoordelen?
- Wat is de benodigde brekercapaciteit en welke investering gaat hiermee gemoeid?
- Is de sloopopgave groot genoeg voor de grondstoffenbehoefte in de nieuwbouwoopgave en is de investering lonend?

IMPACT - Wat is de impact van kans op kosten en milieu?

Kosten

Geen concrete gegevens bekend. Aandachtspunten zijn de benodigde energie, watergebruik en transportbewegingen voor het recycle proces.

Milieu²

Door op een goede manier om te gaan met de zand en grindfracties uit het breekproces kan circa 15% cement bespaard worden³. Hergebruik van cement behaalt op productniveau een reductie van ca 40% op de MKI en ca 50% op de CO₂-emissies. Dat zijn reducties die direct bij de uitvoering van projecten gerealiseerd worden.

² Bron: NIBE rapport. 28.026.18.09.011 | Circulaire Innovaties GWW | def 2. | 22 september 2018

³ Bron: <https://www.bouwwereld.nl/bouwkennis/oud-beton-slim-hergebruiken/>, laatst geraadpleegd op d.d. 29-10-2018.

IMPLEMENTATIE - Wat is nodig om tot implementatie van de kans te komen?

INNOVEREN/UNIFORMEREN/PRODUCEREN

Innovatie Test Centrum RWS (ITC)

Een marktpartij die een innovatie heeft ontwikkeld en deze wil laten testen, kan daarvoor een aanvraag indienen het ITC. Of Rijkswaterstaat de innovatie na de test ook daadwerkelijk gebruikt, is vervolgens geen zaak van het ITC. De innovatie zal zichzelf in de markt moeten bewijzen.

Beoordelingskader wenselijke circulaire innovaties

De introductie van nieuwe materialen gaat gepaard met onzekerheden, zoals de kwaliteit. Maar ook: draagt het daadwerkelijk bij aan de transitie naar circulair werken? Om onzekerheden weg te nemen die belemmerend werken bij de marktintroductie, kan een beoordelingskader helpen dat duidelijkheid geeft ten aanzien van genoemde aspecten.

Onderzoek naar effectieve sturing op de inzet van hergebruikt cement

Als toepassing van hergebruikt cement vanuit het perspectief van circulair werken inderdaad wenselijk is, dan zou onderzocht moeten worden of de toepassing ervan in aanbestedingen voldoende onderscheidend is (bij gunnen op MKI-waarde) en dus beloond wordt. Als dat niet het geval is, zou onderzocht moeten worden hoe dit op andere wijze te stimuleren.

**GRONDSTOFFEN UIT BETON
HERWINNEN EN HERGEBRUIKEN**
HET BIJ SLOOP VRIJKOMENDE BETON WORDT
TERUGGEBRACHT TOT DE OORSPRONKELIJKE
BESTANDSDELEN (CEMENT, GRIND EN ZAND)
VOOR HERGEBRUIK.



KANS 5 - *BESPAAR MATERIAAL BIJ DE UITVOERING: LANGERE UITHARDINGSTIJD PREFAB BETONNEN LIGGERS*

BESCHRIJVING - *Hoe ziet dat eruit?*

Door slim ontwerpen en uitvoeren, kan op bouwmaterialen bespaard worden. Een voorbeeld is dat in het productieproces van prefab betonnen liggers een langere uithardingstijd (van 1 naar 2 dagen) indicatief een besparing geeft van 7% cement⁴.

TOELICHTING - *Wat gaat nu niet goed/ wat kan beter?*

Productietijd prefab liggers

Om een voldoende snelle productie te realiseren wordt bij de productie van betonliggers een eendaags ritme aangehouden. Voor een snellere uitharding wordt extra cement toegevoegd. Bij een tweedaagse cyclus zou het percentage cement aanzienlijk lager zijn.

Projectsturing op minimale doorlooptijd en hinder

Een snellere realisatietijd geeft invulling aan prioriteit die veelal ligt op korte uitvoeringstijd gericht op beschikbaarheid en minder hinder.

IMPACT - *Wat is de impact van kans op kosten en milieu?*

Kosten

Een langere uithardingstijd heeft een lagere productiecapaciteit of de noodzaak tot investeren in een grotere productiecapaciteit tot gevolg. Aannemelijk is dat de productiekosten dan toenemen.

Milieu

Een langere uithardingstijd kan direct gepaard gaan met tot 40% minder cement en daarmee een aanzienlijke verlaging van de MKI.

IMPLEMENTATIE - *Wat is nodig om tot implementatie van de kans te komen?*

INNOVEREN/UNIFORMEREN/PRODUCEREN

Overleg met bedrijven: juiste prikkel voor lager cementgehalte

Een lager cementgehalte vraagt aanpassing van de bedrijfsvoering van de leveranciers en uitvoerende bouwbedrijven. De vraag is of hier voldoende op gestuurd kan worden met een MKI. Sturing op een maximaal cementgehalte is dan mogelijk effectiever. Welke consequenties dit verder zal hebben, is niet nader verkend. Overleg hierover met de branche is een goede eerste stap. Het Betonakkoord kan daarbij een goede setting zijn.



**MINDER CEMENT IN
BETONNEN LIGGERS**
DOOR EEN LANGERE UITHARDINGSTIJD
KAN BIJ DE PRODUCTIE VAN PREFAB
BETONNEN LIGGERS TOT 40%
BESPAARD WORDEN OP CEMENTGEBRUIK.

⁴ Bron: Rob Vergoossen, RHDHV.

3 CIRCULAIRE DIJKEN EN OEVERS

4.1 OVERHEERSENDE OBJECTTYPOLOGIEËN

Om de relevantie van het onderzoek te verhogen, zijn overheersende (relevante) objecttypologieën voor dijken en oevers geselecteerd.

Wat is een 'overheersende' objecttypologie?

Onder een overheersende objecttypologie verstaan we een typologie die staat voor een veelvoorkomend aantal objecten en de komende 5 tot 10 jaar in aanmerking komt voor vervanging en/of groot onderhoud. Maatregelen voor circulair werken hebben door de opschaalbaarheid meer impact.

Overheersende typologie en praktijkcasus

Voor dijken en oevers is een drietal typologieën geïdentificeerd. Voor de objectengroep Dijken en oevers is in overleg met experts van RHDV en RWS gekozen voor de typologieën:

- zee- en meerdijken;
- rivierdijken;
- verticale oevers.

Een nadere uitwerking en toelichting is gegeven in bijlage A3. Voor de werksessies is bovendien bij iedere typologie een bijpassende praktijkcasus gezocht. Aansluitend op dit onderzoek is een verdiepend onderzoek uitgevoerd naar de milieu-impact en levenscycluskosten van drie principe-oplossingen voor oeverbescherming. Dit vervolgonderzoek is uitgevoerd binnen de scope van het project Hoofdvaarweg Lemmer-Delfzijl (HLD).

Toepassing van typologieën en casus in onderzoek

De typologieën en casussen zijn vertrekpunt geweest in de expertsessie. Het idee was dat de casussen helpen om gestructureerd, aan de hand van de decompositie van de objecten mogelijke kansen vast te stellen. De praktijk was evenwel dat de experts vanuit eigen ervaring en met de bij hen bekende objectkennis invulling gaven aan de

kansen. Voor de onderzoekers hebben de casussen geholpen bij de voorbereidingen van de expertsessies en het duiden van de maatregelen. Van de decompositie of casus is inhoudelijk geen gebruik gemaakt met de expertsessies en het uitwerken van de maatregelen.

4.2 MAATREGELEN VOOR CIRCULAIRE DIJKEN EN OEVERS

In een werksessie met experts RWS en RHDHV is aan de hand van de circulaire principes (zie hoofdstuk 2) een longlist van circulaire maatregelen samengesteld voor circulaire dijken en oevers. Deze is met interviews met RWS-experts aangevuld. Een overzicht van deelnemers is opgenomen in bijlage A2.

De deelnemers is gevraagd:

- Welke kansen zij zien voor toepassing van de circulaire principes;
- Welke barrières of faalfactoren voor de realisatie / toepassingen van betreffende kans zij zien
- Wat hun inschatting is van de haalbaarheid en impact van de kans.



Op basis van de bevindingen in de werksessie is een 'longlist' samengesteld van (potentieel) haalbare en impactvolle maatregelen voor circulaire dijken en oevers. In navolgende illustratie zijn deze weergegeven en kort beschreven.

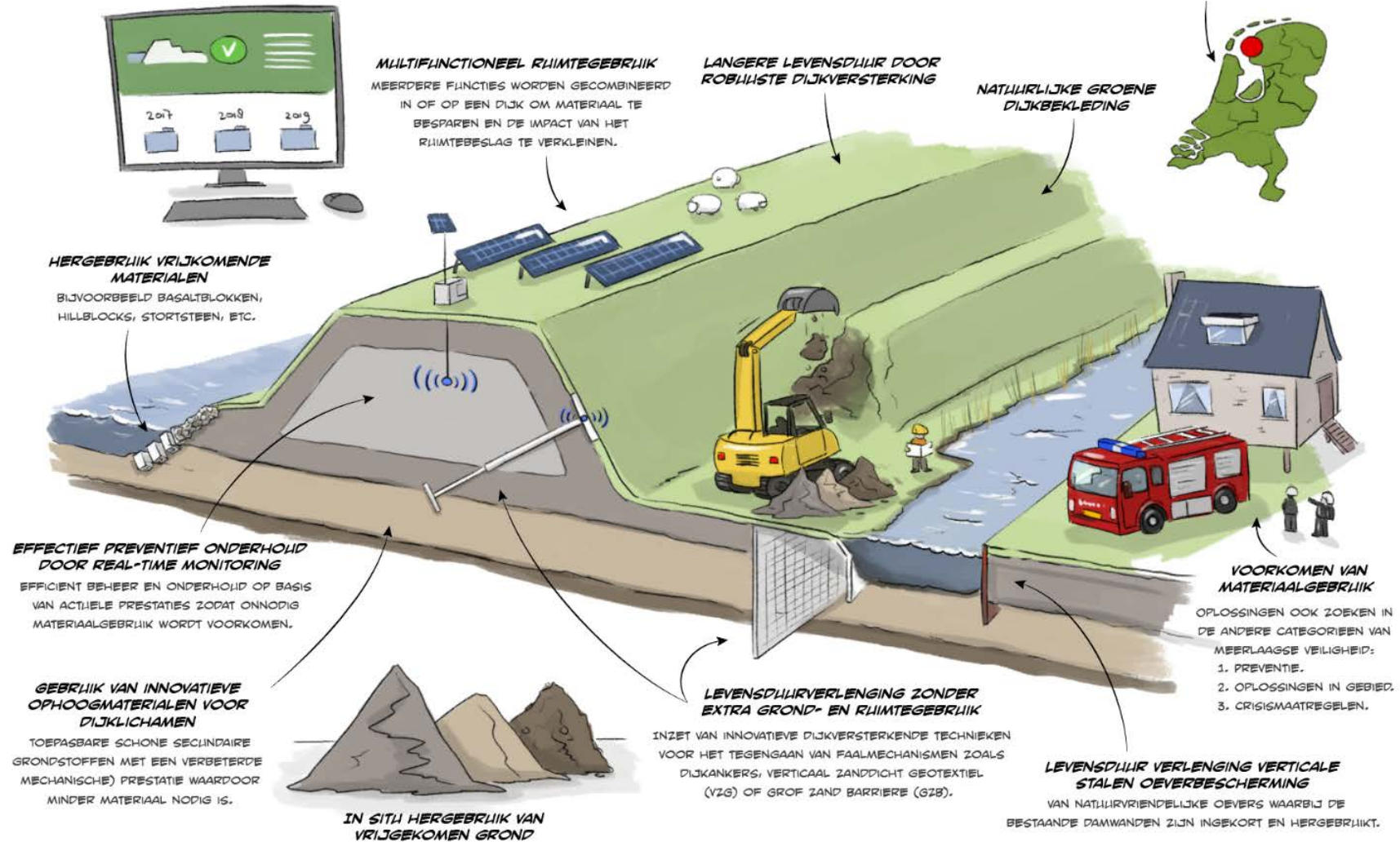
Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP)

Binnen het HWBP werken waterschappen en RWS samen aan de versterking van dijken. Kansen zijn dan ook bruikbaar voor waterschappen, die ook circulaire doelstellingen hebben.

MONITORING EN DOSSIERVORMING VAN
GEBRUIK EN CONDITIE VAN DE DIJK
OM BETER TE BEPALEN OF DE DIJK NOG VOLDOET.

CIRCULAIRE MAATREGELEN VOOR DIJKEN EN OEVERBESCHERMING

GEBRUIK VAN GEBIEDSEIGEN GROND
VAN PROJECTAANPAK NAAR GEBIEDSOPGAVE.



In navolgende tabel is de longlist van maatregelen gegeven evenals de eerste stap te zetten richting implementatie.

Categorie <i>Principe</i>	Dijken en oevers	Eerste implementatiestap
Omgeving/context		
<i>Ontwerp toekomstbestendig</i>	Lange levensduur door robuuste dijkversterking. Gerealiseerd door de aanleg van een brede dijk. Afweging tussen ruimtelijke kwaliteit (behoud cultuurhistorische waarden: bebouwing en landbouwgrond) en circulariteit. Woningen zijn gesloopt en landbouwgrond benut.	Opnemen in het werkproces dat in ieder dijkontwerp LCA en LCC-berekeningen standaard worden doorberekend en meegewogen in de afweging. Daarbij worden met het ontwerp verschillende toekomstscenario's uitgewerkt rekening houdend met klimaatgevolgen als droogte, stijging van de zeespiegel en hevige regenval.
<i>Gebruik bestaande objecten & natuur</i>	Gebruik van gebiedseigen grond. Van projectaanpak naar gebiedsopgave voor het beter benutten van gebiedseigen grond.	Onderzoeken welke rol RWS en andere belanghebbende als de Unie van Waterschappen en waterschappen kunnen spelen bij het oprichten van een landelijk platform dat alle grondprojecten in Nederland in de tijd uitzet voor de komende 5 tot 10 jaar. Zo wordt aanbod en de vraag naar grond inzichtelijk, materiaalgegevens uitgewisseld en kunnen projecten binnen een gebied beter met elkaar worden verbonden. Hierbij kunnen ook grondstromen van andere objecttypen betrokken worden.
<i>Minimaal grondstoffen- en energieverbruik</i>	Voorkomen van materiaalgebruik. Oplossingen ook zoeken in de andere categorieën van meerlaagse veiligheid: 1. Preventie, 2. Oplossingen in gebied, 3. Crisismaatregelen.	Het gaat om publieke perceptie en gevoel: een versterkte dijk is een zichtbare maatregel, crisismaatregelen niet. Meer zichtbaarheid van het bestaan en inzicht in de effectiviteit van 2 ^e en 3 ^e laag is nodig. Daarnaast is het beleid leidend, waardoor alternatieven niet mogelijk zijn: beleidsorganisatie RWS moet hier ruimte voor maken.
<i>Minimaal grondstoffen- en energieverbruik</i>	Multifunctioneel ruimtegebruik waarbij meerdere functies worden gecombineerd in een dijk om zo materiaal (grond, damwanden, etc.) te besparen en de impact van het ruimtebeslag te verkleinen.	Multifunctionele afwegingen vragen om een gebiedsgerichte en integrale aanpak. In de planfase dient de impact op CE afgewogen te worden t.o.v. cultuurhistorische waarden.
Object		
<i>Verlenging levensduur</i>	Levensduurverlenging zonder extra grond- en ruimtegebruik. Door de inzet van innovatieve dijkversterkende technieken bij bestaande (en nieuwe) objecten wordt de levensduur verlengd zonder gebruik van extra grond.	Subsidies om innovaties in de markt te accommoderen. Innovaties kosten veel geld, resultaat is onzeker.
<i>Gebruik bestaande objecten & natuur</i>	Project als gebiedsopgave inrichten voor benutten gebiedseigen grond Binnen projectscope voldoende werkgebied voor tijdelijke opslag zodat wat vrijkomt bij versterkingsmaatregelen weer in situ wordt hergebruikt.	Contractuele ruimte om vrijgekomen grond te hergebruiken, door type grond niet voor te schrijven maar functionele eisen te stellen.
<i>Ontwerp toekomstbestendig</i>	Aanpasbaar dijkontwerp, zodat in de toekomst makkelijk verhoogd of verbreed kan worden.	Grotere initiële investering benodigd voor een tijdsbestek die onzeker is. Implementatie van deze maatregel is onzeker.
<i>Voorkomen</i>	Effectief preventief onderhoud door real-time monitoring. Gebruik van sensoren en monitoring om beheer en onderhoud efficiënt in te richten op basis van actuele prestaties van de dijk waardoor onnodige versterkingsprojecten en materiaalgebruik worden voorkomen.	Investering van de beheerders in het aanschaffen en aanleggen van sensoren en monitoringssystemen.
<i>Gebruik bestaande objecten & natuur</i>	Toepassen van een groene dijk in plaats van harde dijkbekleding. Een brede groene dijk waarbij de dijk is bekleed met natuurlijke materialen zoals klei en grassen.	Een bredere groene dijk vraagt om meer ruimtebeslag wat impact heeft op aangrenzende bebouwing en agrarisch gebied. Een gebiedsgerichte en integrale aanpak is nodig. In de planfase dient de impact op CE afgewogen te worden t.o.v. cultuurhistorische waarden.

Categorie <i>Principe</i>	Dijken en oevers	Eerste implementatiestap
<i>Minimaal grondstof- en energieverbruik</i>	Grond- en ruimtebesparende versterkingstechnieken voor het verlengen van de levensduur van dijken. Materialen met een verbeterde (mechanische) prestatie waardoor minder materiaal benodigd is, zoals , en (geotextiel)filters, Grofzand Barrière (GZB) of Verticaal Zanddicht Geotextiel (VZG) om het wegspoelen van zand te voorkomen en).	De eerste stap is het delen van de kennis over de innovatieve dijkversterkingstechnieken en het verlagen van het risicoprofiel voor de beheerders. Daarnaast is onderzoek nodig naar de mogelijkheden voor hergebruik.
<i>Minimaal grondstof- en energieverbruik</i>	Toepassen van materiaal besparende dijkbekleding.	Gebeurt al, denk aan duurzame zetstenen (Hillblock). Het Hillblock is ten opzichte van een traditionele zetsteen zo vormgegeven dat minder beton is verwerkt.
<i>Levensduurverlenging</i>	Levensduur verlenging verticale stalen oeverbescherming (bij beperkte ruimte). Aanleg van natuurvriendelijke oevers waarbij de bestaande damwanden zijn ingekort en hergebruikt.	Situatie specifiek af te wegen of dit mogelijk is. Eerste stap is het bepalen van de actuele conditie en vaststellen of de restlevensduur ruimte biedt voor hergebruik.
<i>Gebruik bestaande objecten & natuur</i>	Hergebruik van vrijkomende materialen. Bijvoorbeeld basaltblokken, stortsteen, etc.	Zie maatregel 'Stortsteen hergebruiken' in hoofdstuk 5 Circulaire sluisen.

4.3 IMPACT EN IMPLEMENTATIE VAN KANSRIJKE EN IMPACTVOLLE MAATREGELEN

Uit de mogelijkheden in paragraaf 4.2 zijn 5 kansrijke en impactvolle maatregelen / keuzemogelijkheden nader uitgewerkt:

1. Grond- en ruimtebesparende versterkingstechnieken voor het verlengen van de levensduur van dijken;
2. Project als gebiedsopgave inrichten voor benutten gebiedseigen grond;
3. Effectief preventief onderhoud door real-time monitoring van dijken;
4. Levensduur verlenging verticale stalen oeverbescherming (bij beperkte ruimte);
5. Toepassen van een groene dijk in plaats van harde dijkbekleding.

KANS 1 - GROND- EN RUIMTEBESPARENDE VERSTERKINGSTECHNIKEN VOOR HET VERLENGEN VAN DE LEVENSDUUR VAN DIJKEN

BESCHRIJVING - Hoe ziet dat eruit?

In situaties waar weinig ruimte beschikbaar is, is met grond- en ruimtebesparende innovatieve versterkingstechnieken dijkversterking mogelijk zonder het profiel van de dijk aan te passen. Op deze manier wordt de stabiliteit van de dijk geborgd, wordt piping tegengegaan en wordt de levensduur van de dijk verlengd. Qua innovatieve technieken valt te denken aan het toepassen van ankers om de dijk te verstevigen, en (geotextiel)filters, Grofzand Barrière (GZB) of Verticaal Zanddicht Geotextiel (VZG) om het wegspoelen van zand te voorkomen en drainagesystemen om de waterdruk en de stroming af te nemen.

- Een dijkanker is een combinatie van een klapanker met een vin-element. De ankerstang en het vin-element zijn van vezelversterkt kunststof. Het klapanker verankert het systeem in de vaste zandlaag en het vin-element vergroot de weerstand tegen afschuiven. De ankers zijn voorzien van sensors die waterspanning en trekkracht op de dijk monitoren.
- Met Verticaal Zanddicht Geotextiel (VZG) wordt piping tegengegaan. Dit textiel laat wel water door, maar geen zand. Door het geotextiel te plaatsen op de plek waar piping ontstaat - op de overgang tussen de kleilaag en de zandlaag - wordt voorkomen dat het water onder de dijk zand meeneemt.
- De GZB is een innovatie die werkt volgens hetzelfde principe, GZB is een doorontwikkeling van VZG. Hierbij wordt een sleuf gegraven en wordt, in plaats van een geotextiel, een zand- / grindkoffer met een grove korrelstructuur in de binnenberm aangebracht.

Voorname technieken (dijkankers, VZG, GZB) zijn vanuit CE interessante alternatieven om dijkstabiliteit te vergroten ten opzichte van conventionele materiaal intensieve technieken als taludverflauwing, grondberm of damwanden. Per project

zal onderzocht moeten worden welke techniek de voorkeur heeft in relatie tot traditionele oplossingen. Daarbij speelt ook de afweging met ruimtelijke kwaliteit een belangrijke rol.



Figuur 2: Dijkverbetering⁵



Figuur 3: Nieuwe technieken⁶

⁵ Bron: <http://www.dijkverbetering.waterschaprivierenland.nl/binaries/content/assets/wsrl--dijkverbetering/common/projecten/gameren/ontwerp-projectplan-waterwet/ppww-ontwerp-projectplan-waterwet-dijkversterking-gameren-20-maart-2018.pdf>

⁶ Bron: <https://www.volkskrant.nl/nieuws-achtergrond/amsterdamse-ringdijk-met-nieuwe-techniek-verankerd~b2757889/>

TOELICHTING - Wat gaat nu niet goed/ wat kan beter?

Conventionele werkwijze en risicovermijding

De huidige keuzes voor het versterken van dijken met grond of stalen damwanden komt voort uit het feit dat dit bekende en bewezen oplossingen zijn met voordelen als: geen onderhoud (anders dan maaien), lange levensduur en de dijk is goed uitbreidbaar. Nieuwe oplossingen brengen mogelijk risico's en onzekerheden met zich mee en worden minder snel gekozen.

Levensduur nog niet aangetoond

Genoemde innovatieve dijkversterkende technieken zijn relatief nieuw en beperkt toegepast. De extreme situaties waartegen de constructies bestand dienen te zijn, komen in de praktijk zelden voor. Hierdoor ontbreekt het bewijs om de effectiviteit van de technieken te onderbouwen voor de extreme situaties waarvoor ze bedoeld zijn. De daadwerkelijke levensduur is in de praktijk dan ook nog niet aangetoond. De dijkankertechniek is volledig getest aan de eisen binnen het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP) en beproevingsresultaten zijn in 2016 goed bevonden door het Expertise Netwerk Waterveiligheid (ENW)⁷. Mocht in de toekomst blijken dat een innovatieve techniek toch niet voldoet aan de dan geldende eisen, dan is de angst van de beheerders dat ze voor grote kosten komen te staan. Met VZG is al wel ervaring in Nederland opgedaan. GZB is een techniek die nog niet eerder is toegepast in Nederland. Deltares heeft de afgelopen maanden voor het project Gameren in opdracht van Waterschap Rivierenland onderzoek gedaan naar de GZB. Conclusie uit de tests in de Deltagoot is dat de effectieve werking van de GZB is aangetoond⁸. In Gameren zal deze techniek voor het eerst worden toegepast.

Onbekend of de materialen van de innovatieve dijkversterkingstechnieken in toekomst goed te verwijderen en herbruikbaar zijn

Doorgaans is het uitgangspunt bij de toepassing van dijkankers en geotextiel dat deze niet meer verwijderd worden. Mocht verwijderen wel nodig zijn in verband met toekomstige versterking, dan is onbekend of dit goed mogelijk is. In een vroegtijdig stadium is het nodig te onderzoeken in welke mate een dijk in de toekomst verder is te versterken. Dit kan een aspect ter afweging zijn bij het wel of niet toepassen van innovatieve versterkingstechnieken.

IMPACT - Wat is de impact van kans op kosten en milieu?

Varianten

De verschillen in LCC en MKI (LCA) zijn berekend van de volgende varianten (zie tabel) voor de dijkversterking Gameren. Daarbij zijn in tegenstelling tot andere LCA- en LCC-berekeningen de volledige objecten gemodelleerd op basis van aangeleverde kostenramingen uit het project Dijkversterking Gameren. In het tracé van 1,5 km wordt niet integraal 1 km versterkt om piping tegen te gaan. De damwandschermen zijn als referentie aangehouden. De functionele eenheid is een kilometer dijkversterking over een traject van 1,5km over een periode van 100 jaar.

Variant	Belangrijkste parameters	LCC (€)	MKI (€)
1. Damwand-scherm	▪ 190 kg/m ² damwand	1.836.490	496.288
2. Verticaal Zanddicht Geotextiel (VZG)	▪ Geotextiel: TenCate GeoDetect ⁹ ▪ 2 maal zoveel toepassing klei	905.166	181.130
3. Grof Zand Barrière (GZB)	▪ 2 maal zoveel toepassing klei	755.419	176.482

De volledige parameters van de varianten zijn in te zien in bijlage A4/A5.

⁷ <https://www.rvo.nl/subsidies-regelingen/projecten/aanbreng-equipment-jld-dijkstabilisator>

⁸ <http://www.dijkverbetering.waterschaprivierenland.nl/common/projecten/gameren/gameren.html>

⁹ Dit innovatieve materiaal is niet beschikbaar in DuboCalc. Bij benadering is gerekend met gewapend polypropyleenvlies à 0,65 MKI/m² (de zwaarste variant in de bibliotheek)

Kosten

Dijkankers besparen tot 70% aan kosten

De kosten voor innovatieve technieken worden lager geschat dan de conventionele versterkingstechnieken, zoals het aanleggen van een stabiliteitsberm achter de dijk of het slaan van een stalen damwand.

Bij de dijkversterking van de Amsterdamse Ringdijk waren de kosten voor dijkankers 4 miljoen euro per kilometer dijkversterking, terwijl het gebruik van damwanden 12 miljoen euro kost.¹⁰ De ankertechniek was in dit geval dus drie keer zo goedkoop in vergelijking met het toepassen van stalen damwanden om de dijk te verstevigen. Deze verhouding is (op basis van inzichten van onze experts) ook redelijk om aan te nemen voor andere dijkversterkingen.

VZG bespaart tot 80% aan kosten

Uitgaande van de conventionele technieken, is berekend dat het bestrijden van piping zo'n 2 miljard euro kost. De Unie van Waterschappen geeft aan dat met de toepassing van VZG de kosten tot een vijfde van dat bedrag kunnen worden teruggebracht.¹¹

Milieu

- De milieu-impact van de VZG en de GZB zijn vergelijkbaar. De GZB-oplossing vergt daarentegen alleen toepassing van zand en klei en geen geotextiel, wat gewenst is vanuit circulair oogpunt. Dit komt echter zeer beperkt tot uiting in de milieuscore door de kleine hoeveelheid geotextiel vergeleken met de volumes zand en klei.
- Bij het gebruik van innovatieve technieken en daarmee het gericht beheersen van faalmechanismen is minder materiaal benodigd om de dijk te versterken wat leidt tot minder materiaalgebruik. Daarnaast kan door het toepassen van deze innovatieve technieken het profiel van de dijk behouden blijven en is geen extra ruimte benodigd om de dijk te versterken.

- Een kanttekening hierbij is dat voor de technieken materiaal als staal, basaltvezel versterkt gerecycled kunststof en geotextiel moet worden gebruikt en dat het nog onduidelijk is of de materialen weer intact en zonder vermenging vrijgemaakt kunnen worden.

IMPLEMENTATIE - *Wat is nodig om tot implementatie van de kans te komen?*

INNOVEREN / UNIFORMEREN / PRODUCEREN

Sturing op toepassen van dijkversterkende technieken

Voor de ontwikkeling van innovatieve technieken is budget beschikbaar bij het Hoogwaterbeschermingsprogramma. Van belang is dat de kennis en ervaring rond innovatieve dijkversterkende technieken en wat de impact voor circulair werken hiervan is, verspreid wordt. Aan de ene kant om zo de opmaat tot het vervolgtraject (i.e. uniformeren en produceren) gemakkelijker te maken door uit opschaling lering te trekken, maar aan de andere kant ook om beschikbare gelden weloverwogen in te zetten voor een effectief en efficiënt resultaat.

Mocht in toekomst blijken dat innovatieve technieken niet voldoen aan de dan geldende normen, dan is het van belang om er voor zorg te dragen dat het risico niet bij de individuele beheerder ligt maar op landelijk niveau wordt gedragen.

Onderzoek naar hergebruik

Het goed kunnen verwijderen en hergebruiken van de innovatieve toepassingen vraagt om verder onderzoek. Bij de validatie van de innovaties, is het van belang dit aspect meegewogen wordt.

De programmadirectie van het HWBP kan aan het project dat innovaties toepast, in het contract vragen op verschillende momenten een experiment uit te voeren met het weer verwijderen van de toegepaste innovaties.

¹⁰ <https://www.volkskrant.nl/nieuws-achtergrond/amsterdamse-ringdijk-met-nieuwe-techniek-verankerd~b2757889/>

¹¹ <https://www.uvw.nl/project/geotextiel-tegen-piping/>

KANS 2 - PROJECT ALS GEBIEDSOPGAVE INRICHTEN VOOR BENUTTEN GEBIEDSEIGEN GROND

BESCHRIJVING - Hoe ziet dat eruit?

Voor het versterken van de dijk wordt de projectscope ruimtelijk vergroot en wordt het project gezien als een gebiedsopgave. Hierdoor is het beter mogelijk om gronden die bij andere werkzaamheden (bijvoorbeeld rivierverruiming) vrijkomen te gebruiken voor het versterken van de dijk. Grond die wordt afgegraven voor de aanleg van bijvoorbeeld natuurvriendelijke oevers kan worden gebruikt voor dijklichamen of als landbouwgrond. Laagwaardig toepassing van vrijgekomen grond, bijvoorbeeld in diepe plassen, moet zoveel mogelijk worden voorkomen.

Wanneer het niet mogelijk is vrijgekomen grond direct te gebruiken in het projectgebied, maar er in de nabije toekomst wel, biedt het creëren van een tijdelijke grondopslag in het projectgebied de mogelijkheid om gronden binnen het gebied te hergebruiken ook wanneer de activiteiten in tijd niet direct op elkaar aansluiten maar er enige tijd tussen zit¹².



Aanvullend kan de kans ook breder worden getrokken door de grondstromen van projecten regionaal op elkaar aan te laten sluiten qua grond en tijd. Daarbij kan tevens gekeken worden naar de regionale beschikbaarheid van grond met een lagere milieu-hygiënische kwaliteit dat inasbaar is binnen het Besluit Bodemkwaliteit, het generieke kader of gebiedsspecifiek beleid.

¹² <http://hoogwaterbescherming.nl/nieuwsbrieven/december-2017/artikel-5.html>

TOELICHTING - Wat gaat nu niet goed/ wat kan beter?

Contracteisen en normen verhinderen de toepassing van gebiedseigen grond

In de huidige projecten zijn het dijkontwerp en de van het ontwerp afgeleide eisen leidend waardoor gronden uit de lokale omgeving niet altijd kunnen worden gebruikt, omdat deze niet voldoen aan de eisen bijvoorbeeld in het kader van certificering. Grond moet daardoor vaak van verder weg worden gehaald. Wanneer beschikbare grond meer als uitgangspunt genomen gaat worden in het ontwerpproces, zal de beschikbare grond in het gebied het ontwerp van de dijk mede gaan bepalen. Met behulp van 'grondgestuurd ontwerpen' is er meer ontwerprijheid om te komen tot een ander dijkontwerp en andere toepassingen. Hierbij is de landschappelijke inpassing van de dijk een belangrijk aandachtspunt aangezien de dijk veelal robuuster zal worden door toepassing van gebiedseigen grond.

Stakeholdermanagement is een complexere opgave

Veel (dijk)projecten worden als lijnprojecten beschouwd. Hierdoor blijft de kans onbenut om grondstromen in gebieden op elkaar aan te laten sluiten. Door projecten in te richten als een gebiedsopgave biedt dit ook de mogelijkheid om de verschillende grondstromen qua tijd beter op elkaar aan te laten sluiten. Dat vraagt wel om goed stakeholdermanagement om de regionale projecten aan elkaar te koppelen en de stromen goed op elkaar af te stemmen zonder daarbij de belangen van de verschillende stakeholders uit het oog te verliezen. Het tijdsframe wordt groter waardoor behoefte ontstaat voor tijdelijke opslag zodat grondstromen niet per se aansluitend aan elkaar hoeven te lopen.

Beschikbare tijd en beslissingsruimte is beperkt

Aannemers hebben onvoldoende tijd (en informatie) beschikbaar in de voorbereiding om de fasering goed af te kunnen stemmen op de beschikbare grondstromen in het gebied. Daarnaast is er ook een grote mate van afhankelijkheid doordat de beslissingsbevoegdheid m.b.t. de projecten bij verschillende aannemers liggen. Het is dan ook belangrijk dat het uitgangspunt 'zoveel mogelijk gebruik maken van gebiedseigen grond' al voorafgaand aan de verkenningsfase (in de Trajectaanpak) in het ontwerpproces wordt meegenomen. En dat dit uitgangspunt vervolgens ook in de verkenning en de planstudie wordt gehanteerd.

Economische activiteit prevaleert

Grondposities zijn vaak in eigendom van private partijen. Incentive voor aannemers is de economische waarde van de grond en niet de circulaire mogelijkheden. Dit leidt er bijvoorbeeld toe dat hoogwaardige klei vrijgekomen op het ene project verkocht wordt aan het andere project in plaats van dat het wordt hergebruikt binnen het eigen project. Circulair werken zal dan door de overheid in gang gezet moeten worden.

Besluit Bodemkwaliteit wordt gevolgd waardoor de mogelijkheid tot ruimere gebiedsspecifieke toepassingsmogelijkheden wordt gemist

Het Besluit Bodemkwaliteit is leidend voor de toepassing van grond en bagger. Primair geldt het generieke toepassingskader maar er kan ook gebiedsspecifiek beleid ontwikkeld worden waarin ruimere toepassingseisen worden afgesproken wat het mogelijk maakt om ook grond en/of bagger van een mindere milieu hygiënische kwaliteit toe te passen. Hier kan meer gebruik van gemaakt worden. Dergelijk beleid moet bestuurlijk vastgesteld worden.

Opbouw van het dijklichaam is onbekend

Veelal is onbekend uit welke materialen dijklichamen bestaan. Hierdoor is pas bij het vrijkomen van de grond mogelijk een bestemming binnen het gebied te zoeken. Het toepassen van materialen- of bodempaspoort vindt nog onvoldoende plaats.

¹³ Project overstijgende Verkenning Dijkversterking Gebiedseigen Grond, PvA versie 2.1, Voorstel POV-DGG.

IMPACT - Wat is de impact van kans op kosten en milieu?

Kosten

De inschatting is dat de kosten van gebiedseigen grond orde 15 euro/m³ lager kunnen uitvallen ten opzichte van geclassificeerde klei uit de markt. Dit zou kunnen leiden tot een besparing van 0,25 – 0,75 miljoen euro/km dijkversterking¹³. Dit komt name door het minimaliseren van het transporteren van de grond.

Milieu

Er is grond nodig die van elders wordt aangevoerd. De grond die vrijkomt bij het project wordt afgevoerd en gebruikt voor bijvoorbeeld het verondiepen van zandwinputten. Door hergebruik binnen het project is sprake van hoogwaardiger benutting en hoeft elders geen grond te worden ontgraven. Dit resulteert weer in een reductie van de CO₂-uitstoot doordat de lengte en het aantal transportbewegingen tot het minimum wordt beperkt.

IMPLEMENTATIE - Wat is nodig om tot implementatie van de kans te komen?

INNOVEREN / UNIFORMEREN / PRODUCEREN

Uitvoeren Trajectaanpak

Om het gebruik van gebiedseigen grond in de praktijk mogelijk te maken en de toepassing te stimuleren, is het belangrijk dat de projectscope wordt vergroot en de verschillende belangen in het gebied op elkaar worden afgestemd. Dit begint met de opdracht van bestuurders van de beheerders (RWS dan wel Waterschappen) voor het uitvoeren van een gebiedsaanpak vóór de verkenningsfase in bijvoorbeeld een Trajectaanpak (zie Handreiking Trajectaanpak).

De lopende POV Dijkversterking met gebiedseigen grond heeft als doel de toepassing van gebiedseigen grond binnen de dijkversterkingen te vergroten.

De Omgevingswet is een kans om de Trajectaanpak te realiseren. Wat hiervoor nodig is, is dat de dijkbeheerder (RWS, Waterschappen) voor de verkenning verbinding legt met (aankomende) ruimtelijke ontwikkelingen bij andere partijen. Voor Waterschappen is de Handreiking Trajectaanpak een bruikbaar hulpmiddel.

Rol van RWS in grondstromen vraagt om strategische keuze

De aannemer die beschikt over grondposities nabij het projectgebied, heeft een kostenvoordeel, waardoor andere partijen moeilijker kunnen meedingen. Dit leidt echter niet vanzelfsprekend tot de beste circulaire oplossingen. Rijkswaterstaat WVL heeft een keuze te maken of ze dit voordeel gaat wegnemen door in een voorstadium al plekken beschikbaar stellen voor grondopslag nabij het projectgebied (tussenpositie/ opslag terrein). Verkenning is nodig of en hoe Rijkswaterstaat hier een rol kan spelen.

Ruimte creëren in eisen en normen voor gebruik gebiedseigen grond

Contracteisen en technische normen kunnen het gebruik van gebiedseigen grond onmogelijk maken. De actie is dat beleidseisen enerzijds en technische eisen anderzijds moeten worden herzien en ruimte moeten bieden voor gebruik van gebiedseigen grond.

- Circulaire afwegingen dienen derhalve een plek te krijgen in het wettelijk ontwerpinstrumentarium (OI). Het OI kan gebruikt worden in de verkenningsfase van (HWBP-)projecten, of beter nog voorafgaand hieraan tijdens de Trajectaanpak, om een aantal alternatieve oplossingsrichtingen met verschillende ontwerpuitgangspunten en tijdhorizonten uit te werken.
- Begin het ontwerpproces met de mogelijkheden die gebiedseigen grond biedt en stel vast of met de beschikbare grond een veilige dijk kan worden ontworpen. Laat de technische eisen en normen in het contract - voor zover mogelijk - aansluiten bij de grond die in het gebied voor handen is.
- Voor een tijdelijk depot op landbodem is onder de werking van het Besluit Bodemkwaliteit de tijdsduur beperkt tot 3 jaar en moet er zicht zijn op de eindbestemming. Enige flexibiliteit in het aantal jaar zou de kans op het gebruik van gebiedseigen grond kunnen vergroten.

Faciliteren van een platform van aanbod en afname van grond

Verkenning is nodig of en hoe Rijkswaterstaat een rol kan spelen in het oprichten van een landelijk platform dat alle grondprojecten in Nederland in de tijd uitzet voor de komende 5 tot 10 jaar. De grond dient te zijn voorzien van een 'paspoort' dat inzicht geeft in de kwaliteit van de grond. Zo wordt aanbod en de vraag naar grond inzichtelijk en kunnen projecten binnen een gebied door de markt makkelijker met elkaar worden verbonden.

Beschikbaar stellen grondgegevens opbouw dijken

Als de grondgegevens over de opbouw van de dijken voorafgaand aan de aanbesteding bij de aannemer bekend zijn, kunnen grondstromen beter worden gecoördineerd en kan de aannemer de fasering en benodigde grond beter aansluiten op wat (regionaal) voor handen is. Hier kan de aannemer op basis van eigen afwegingen in zijn aanbieding mogelijk op aansluiten.

Geef de aannemer tijd om de fasering aan te sluiten op beschikbare grond

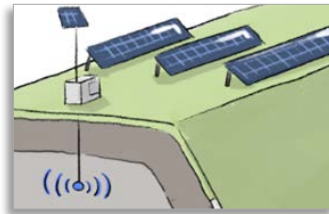
Inzicht in de beschikbare grond is benodigd om een goede fasering richting de uitvoering te maken (zie ook hiervoor). De aannemer moet vervolgens de ruimte worden geboden om met een goede fasering te komen waarin circulariteit en het gebruik van gebiedseigen grond is meegenomen. Dit vraagt om meer tijd en vrijheid in de voorbereiding dan nu het geval is.

Concreet betekent dit dat de beheerders van de dijkverbeteringsprojecten erop moeten toezien dat met de projectopdracht formulering voldoende ruimte wordt geboden voor een flexibele projectdoorlooptijd. Ten tweede dient RWS in haar basisovereenkomst met de uitvoerende partij expliciet een afweging te maken of dat gebiedseigen grond kan worden toegepast en dit contractueel kan worden geborgd, bijvoorbeeld in de basiseisen. Bijvoorbeeld: Gebiedseigen grond wordt toegepast, tenzij de aannemer aantoonbaar maakt dat onvoldoende gebiedseigen grond aanwezig is, of dat er geen (innovatieve) toepassing van deze grond mogelijk is die invulling geeft aan de beoogde functie. Wanneer de vrijgekomen grond niet toepasbaar blijkt, kan de grond mogelijk binnen het gebied hergebruikt worden voor landbouw of natuurontwikkeling.

KANS 3 - EFFECTIEF PREVENTIEF ONDERHOUD DOOR REAL-TIME MONITORING VAN DIJKEN

BESCHRIJVING - Hoe ziet dat eruit?

Sensoren en meetinstrumenten worden in en rondom de dijk geplaatst om de prestaties van de dijk te meten en zo actueel inzicht te bieden in de toestand van de dijk. De data geeft de benodigde inzichten voor een optimaal assetmanagementproces: juiste beoordeling van de prestaties van de dijken en het tijdig (risico-gestuurd) plannen van de juiste onderhoudsmaatregelen. Sensoren meten onder andere de waterspanning, de temperatuur in de dijk, de erosie en vochtgehalte.¹⁴ Door het continu meten van deze grootheden kan stabiliteit van de dijk en piping worden gemonitord en kunnen faalmechanismen vroegtijdig worden opgespoord. Door dit inzicht wordt het makkelijker besluiten te nemen op basis van feiten en minder geleid te worden door aannames. Hiermee kan de waterveiligheidsopgave worden geoptimaliseerd en onnodige dijkversterkingsprojecten en onderhoudsmaatregelen worden voorkomen.



TOELICHTING - Wat gaat nu niet goed/wat kan beter?

Actuele conditie van dijken onvoldoende in beeld

Voor het grote deel van de dijken ontbreekt het op dit moment aan actueel inzicht in de toestand van de dijken. Dit geldt ook voor dijken opgenomen in het HWBP.

- Enkel door visuele inspecties of door metingen ter plekke wordt nu de toestand bepaald. Deze vormen van meten zijn in de eerste plaats tijdrovend, maar daarnaast ook onvoldoende nauwkeurig om op betrouwbare wijze de prestaties van de dijken vast te stellen.

- Gebruik van sensoren kost meer geld dan dat in de huidige beheeraanpak beschikbaar is. Om monitoring in de standaard assetmanagementprocessen in te bedden is geld nodig. Het geld wordt nu gevonden binnen het HWBP, maar dan staat het project al op de lijst voor versterking. Dijkversterking ligt politiek en maatschappelijk gevoelig: een dijk gaat niet gemakkelijk meer van de lijst af, ook al blijkt dat vervanging niet nodig is.

Onvoldoende inzicht in historische data

Daarnaast vinden metingen incidenteel plaats met een behoorlijke tijdsspanne tussen deze metingen. Continu meten biedt de mogelijkheid om een database op te bouwen met gegevens over de prestaties van de dijk; veranderingen in de data zorgen voor het tijdig detecteren van faalmechanismen, maar ook om toekomstige dijkontwerpen te optimaliseren.

Onvoldoende inzicht leidt tot conservatieve oplossingen

Wanneer niet met zekerheid kan worden gesteld wat de conditie is van de dijk, kiest men voor een 'conservatieve' en rigoureuze oplossing om risico's zo klein mogelijk te houden: de dijk wordt als een dijkversterkingsproject binnen het HWBP aangemeld. Met actueel inzicht kan beter worden bepaald wanneer condities kritiek worden en wat de gewenste maatregelen zijn. Gevoel van veiligheid blijft echter wel een rol spelen in de besluitvorming: monitoring komt op de burger anders over dan versterken.

Wettelijk Beoordelingsinstrumentarium (WBI) wordt te stringent ervaren

Het Wettelijke beoordelingsinstrumentarium schrijft beoordelingsmethoden voor die soms als te stringent ervaren worden en dan weinig ruimte bieden voor beoordelingen op maat. Het kan ook zijn dat sommige adviesbureaus en beheerders nog moeite hebben om het WBI op maat te gebruiken. Gevolg is dat dijken relatief snel worden afgekeurd, terwijl die met behulp van inzicht in de lokale situatie en met behulp van aanvullende monitoring goedgekeurd zouden kunnen worden.

¹⁴ <http://deltaproof.stowa.nl/pdf/Sensoren?rld=16>

IMPACT - *Wat is de impact van kans op kosten en milieu?*

Kostenverlaging onderhoud door monitoring

Het gebruik van sensoren en het monitoren van de dijk heeft een significant effect op het verlagen van de onderhoudskosten. In de eerste plaats zorgt het continu monitoren ervoor dat faalmechanismen vroegtijdig worden gedetecteerd, zodat tijdig maatregelen getroffen kunnen worden om het optreden van faalmechanisme te voorkomen.

In het geval dat blijkt dat de dijk beter presteert dan verwacht, leidt dit tot kostenbesparing van onderhoud en het voorkomen van onnodige versterkingsmaatregelen. Tenslotte levert de data nieuwe kennis en inzichten op omtrent het gedrag van de dijk waardoor de kans van toekomstig falen van de dijk wordt verkleind (predictive maintenance) en onderhoud beter voorspeld kan worden.

Langere levensduur verkleint de impact op milieu

Sensoring kan data geven waaruit blijkt dat de prestaties nog worden behaald en onderhoud kan worden uitgesteld: dit zorgt voor een langere levensduur en voorkomt onnodig materiaalgebruik. Voor toekomstige dijkontwerpen geldt dat die op basis van de nieuwe inzichten kunnen worden geoptimaliseerd. Hierdoor zal naar verwachting minder materiaal benodigd zijn.

IMPLEMENTATIE - *Wat is nodig om tot implementatie van de kans te komen?*

INNOVEREN / UNIFORMEREN / PRODUCEREN

Onderzoek naar optimale monitoringsaanpak en datamanagement

Onderzoek is wenselijk naar de optimale monitoring om goede conclusies te kunnen trekken over versterking- en onderhoudsmaatregelen. Dit vraagt om goed datamanagement. Denk aan welke data er nodig is, hoe die te interpreteren; welke periode frequentie en type metingen nodig zijn om een betrouwbaar beeld te geven en hoe de monitoring is ingeregeld.

Financiering mogelijk maken voor toepassen van sensoren

Verschillende type sensoren zijn getest en ook wet- en regelgeving zijn geen grote obstakels voor de toepassing van sensoren in dijken. De belangrijkste stap die nu gemaakt moet worden is om sensoren ook standaard in de werkprocessen van assetmanagement op te nemen en de data die worden verzameld te gebruiken voor het beheer en onderhoud van de dijken. Tegelijkertijd kan inzicht in de prestaties ten opzichte van de hydraulische randvoorwaarden en risico's bijdragen aan het toepassen van efficiënte maatregelen die het vereiste effect behalen.

Het toepassen van sensoren vraagt om de benodigde investering. De beheerder van de dijk kan gebruik maken van eigen gelden om de sensoren toe te passen, maar de vraag is of deze financiële ruimte altijd aanwezig is. Wanneer dit niet het geval is, dan dienen externe financiële stromen (bijvoorbeeld subsidies) beschikbaar te worden gesteld om de toepassing van sensoren alsnog mogelijk te maken.

Voorwaarden stellen aan deelname HWBP

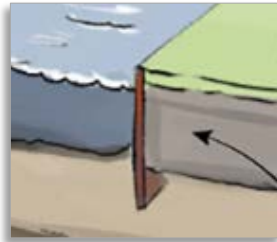
De meest circulaire maatregel is het voorkomen van projecten. Een grondige en meer integrale afweging van het aanmelden en toelaten van een dijkverbetering op de HWBP-lijst is een manier om projecten te voorkomen. De Trajectaanpak is hiervoor een goed instrument, hierbij kunnen ook andere oplossingen dan dijkverbetering worden onderzocht. Hierdoor komen minder dijken - die later blijken wel te voldoen - op de lijst. Dit kan bijvoorbeeld bereikt worden door in de toekomst alleen projecten in aanmerking te laten komen voor het HWBP als ze op basis van data over een periode van tenminste 10 jaar kunnen aantonen dat de dijk daadwerkelijk aan versterking toe is.

**EFFECTIEF PREVENTIEF ONDERHOUD
DOOR REAL-TIME MONITORING**
EFFICIENT BEHEER EN ONDERHOUD OP BASIS
VAN ACTUELE PRESTATIES ZODAT ONNODIG
MATERIAALGEBRUIK WORDT VOORKOMEN.

KANS 4 - LEVENSDUURVERLENGING STALEN OEVERBESCHERMING (BIJ BEPERKTE RUIMTE)

BESCHRIJVING - Hoe ziet dat eruit?

Uitgangspunt is het toepassen van een natuurvriendelijke oever in een bestaande situatie met verticale stalen oeverbeschoeiing. Het zijn met name kanalen waarlangs damwanden of beschoeiingen zijn geplaatst. De bestaande beschoeiing wordt ingekort tot onder de waterspiegel en daaronder gehandhaafd¹⁵. Boven de waterlijn wordt een natuurvriendelijke oever gerealiseerd die ruimte biedt voor het toepassen van natuurlijke materialen. Daarnaast draagt de uitstraling van een natuurlijke oever bij aan de ruimtelijke kwaliteit. De natuurvriendelijke oever wordt uitgevoerd met een taludhelling van 1:3.



TOELICHTING - Wat gaat nu niet goed/ wat kan beter?

Gebrek aan ruimte om natuurvriendelijke oevers te realiseren

Natuurvriendelijke oevers kunnen vaak niet toegepast worden vanwege de benodigde ruimte om een dergelijke oever te realiseren. De taludhelling van deze oevers dient minimaal 1:3 te zijn om inzakken te voorkomen.

Extra regulier onderhoud nodig bij natuurvriendelijke oevers

Natuurvriendelijke oevers hebben bij het juiste onderhoud zelf herstellend vermogen. Om dit te bewerkstelligen is wel regulier, klein onderhoud (opruimen van afval, groenonderhoud, etc.) gewenst, terwijl dit niet het geval is bij verticale oeverbeschoeiing.

IMPACT - Wat is de impact van kans op kosten en milieu?

Varianten

Vertreksituatie is een bestaande situatie met damwanden. De 'beste' oplossing is contextafhankelijk (zoals beschikbare ruimte). De verschillen in LCC en MKI (LCA) zijn berekend voor 3 varianten (zie onderstaande tabel). Daarbij zijn niet de volledige objecten gemodelleerd, maar alleen de objectdelen die verschillen tussen de varianten. De verticale oeverbescherming met stalen damwanden (gecoat) is gekozen als referentie. In de werksessie met experts is de potentie van (vezelversterkte) kunststof damwanden aan de orde geweest maar er waren vraagtekens bij de impact van de maatregel en bij de mate waarin het materiaal verwijderd kan worden. De functionele eenheid is een strekkende kilometer oeverbescherming over een periode van 100 jaar.

Variant	Belangrijkste parameters	LCC (€)	MKI (€)
1. Damwanden	<ul style="list-style-type: none"> Lengte damwanden: 10 meter Levensduur: 50 jaar 180 kg/m² 	6.344.142	341.693
2. Hybride (ingekorte damwand, klein talud)	<ul style="list-style-type: none"> Levensduurverlenging na inkorten (1 meter): 25 jaar Na 25 jaar damwand van 9 meter met levensduur 50 jaar Hoogte talud: 1 meter 	1.463.975	266.742
3. Natuurvriendelijke oever	<ul style="list-style-type: none"> Talud 1:3 Hoogte talud: 4,5 meter (3,5 meter vaardiepte + 1 meter) 400 kg/m² breuksteen 	1.075.234	224.730
4. Natuurvriendelijke oever met hergebruikt stortsteen	<ul style="list-style-type: none"> Idem maar hergebruikt steen i.p.v. nieuw breuksteen 	<i>Niet berekend</i>	-245.774

De volledige parameters van de varianten zijn in te zien in bijlage A4 / A5.

¹⁵ Vanuit de Landelijke Taken en het kennisprogramma Natte Kunstwerken wordt uitgezocht of het beter is om grotere corrosietoelagen toe te passen dan nu in de normen staan.

Kosten

De kosten voor de aanleg van natuurvriendelijke oevers (variant 3 en 4) zijn met name het afgraven van de grond, en het regulier klein onderhoud dat gepleegd moet worden. Bij het vervangen van de verticale oeverbeschoeiing (variant 1) zijn de kosten met name het plaatsen (en vervangen) van de beschoeiing. In het geval van de hybride variant (variant 2) dient nog wel het reguliere onderhoud te worden gepleegd, maar wordt beduidend minder grond afgegraven en zal ook de verticale oeverbeschoeiing minder vaak vervangen moeten worden doordat deze onder de waterlijn is gepositioneerd.

Milieu

Zowel de natuurvriendelijke oever (variant 3 en 4) als de hybride oplossing (variant 2) leveren een aanzienlijke milieubesparing op ten opzichte van variant 1 damwanden. De milieubesparing neemt toe met een factor 2 als hergebruikt stortsteen wordt toegepast (variant 4) in plaats van nieuw breuksteen (variant 3). Indien de context het toelaat (voldoende ruimte), heeft de natuurvriendelijke oever vanuit CE-perspectief de voorkeur. Mocht er beperkte ruimte zijn, dan heeft variant 2 de voorkeur: wanneer het inkorten leidt tot het kunnen behouden van de bestaande damwand, dan heeft dat een positieve impact op het milieu ten opzichte van het volledig vervangen van de verticale oeverbeschoeiing (variant 1).

**LEVENSDUUR VERLENGING VERTICALE
 STALEN OEVERBESCHERMING**
 VAN NATUURVRIENDELIJKE OEVERS WAARBIJ DE
 BESTAANDE DAMWANDEN ZIJN INGEKORT EN HERGEBRUIKT.

IMPLEMENTATIE - *Wat is nodig om tot implementatie van de kans te komen?*

INNOVEREN / UNIFORMEREN / PRODUCEREN

Levensduurverlengende maatregelen opnemen in het OBR

Levensduur verlengende maatregelen (variant 2) dienen standaard als voorkeursoptie te worden meegenomen in het ontwerp- en assetmanagementproces – daar waar beperkte ruimte is.

Het verwijderen van de oeverbeschoeiingen en de aanleg van een natuurvriendelijke oever heeft op het gebied van circulariteit (minimaal gebruik van grondstoffen) de voorkeur (variant 3 en 4), maar dit is veelal geen optie bijvoorbeeld door gebrek aan ruimte.

Toepassen van voorlanden opnemen in POV

Verder onderzoek is nodig of “Building with nature”, door de aanleg van voorlanden en natuurvriendelijke oevers bij dijken, een positieve bijdrage kan leveren aan de waterveiligheidsopgave van dijkophoging en versterking. Meer ruimte voor de rivier en natuurlijke vegetatie als riet, wat de golfoploop op de dijken kan verkleinen. Dit kan worden vastgelegd in de POV.

Koppeling met Kader Richtlijn Water (KRW)

Neem de maatregel voor het combineren van een verticale beschoeiing en een natuurvriendelijke oever op als richtlijn in de KRW. De strekking van de richtlijn dient te zijn dat onderhoud aan kanalen en rivieren in de eerste plaats gericht dient te zijn op hergebruik en levensduurverlenging van toegepaste materialen en het terugbrengen van de oorspronkelijke onverstoorde staat. Hiertoe is op Europees niveau overleg nodig met de Europese directeurs van Water door de uitvoeringsverantwoordelijke namens de Minister van Infrastructuur en Waterstaat.

KANS 5 - TOEPASSEN VAN EEN GROENE DIJK IN PLAATS VAN HARDE DIJKBEKLEDING

BESCHRIJVING - Hoe ziet dat eruit?

De robuuste groene dijk is breder en robuuster aangelegd dan traditionele dijken: het heeft een flauwer talud, voorland en een dijkbekleding bestaande uit klei en ingezaaide grassoorten of andere begroeiing. Het gebruik van harde materialen (e.g. stalen damwanden, basaltsteen, zetsteen, stortsteen en asfalt) als dijkbekleding is geminimaliseerd tot wat noodzakelijk is.



Binnen deze maatregel zijn er twee mogelijkheden: 1) hoger op het talud kan onderzocht worden om op al lager op het talud voor gras met een kleibekleding te kiezen in plaats van een harde bekleding. Hierbij wordt gedacht aan taluds van 1:6 en flauwer. In Duitsland zijn langs de kust praktijkvoorbeelden hiervan. 2) inzetten op voorlanden. Op dit moment loopt onderzoek hier naar (POV Voorlanden), maatregel heeft als doel om slikken, schorren en wadden in te zetten om golfbelasting op de dijk te reduceren. Voordeel is dat met deze maatregel eenvoudig waardevolle natuur gecreëerd wordt welke door de natuur zelf in stand wordt gehouden.

TOELICHTING - Wat gaat nu niet goed/ wat kan beter?

Gebrek aan ruimte voor het realiseren van de robuuste groene dijk

De voornaamste reden om geen groene dijk toe te passen, is de ruimte die benodigd is om een dergelijke dijk te realiseren. Ten opzichte van een traditionele (zee)dijk is al snel 10 meter extra dijk benodigd, ruimte die lang niet altijd beschikbaar is. In riviergebieden zal deze maatregel derhalve gecombineerd kunnen worden met de kans multifunctioneel ruimtegebruik: Een brede dijk is minder bezwaarlijk wanneer (delen van) ook oor andere doeleinden gebruikt kunnen worden.

Voorbeelden zijn recreatie, opwekking van energie, landbouw, etc. Mogelijkheden zijn afhankelijk van de gebruiksbependingen en instemming van de dijkbeheerder. De landschappelijke

inpassing van een brede groene dijk is een belangrijk aandachtspunt en zal vanaf het begin af aan in de afweging meegenomen moeten worden.

Onvoldoende erosiebestendige klei beschikbaar

Naast de ruimte die benodigd is om de robuuste groene dijk te realiseren is ook tweemaal zoveel afdekklei nodig dan wanneer harde dijkbekleding wordt toegepast (Zie rapport Pilotstudie Groene Dollard Dijk). Aandachtspunt daarbij is dat door een grote vraag naar erosiebestendige klei (door het HWBP) er schaarste heerst aan deze klei.

Wettelijk Beoordelingsinstrumentarium (WBI) laat minder gras toe

De ontwikkeling van het WBI heeft ertoe geleid dat toepassing van gras op het binnentalud van dijken vaker mogelijk is. Tegelijkertijd ondervindt RHDHV met meerdere dijkversterkingen dat met de nieuwe beoordelingssystematiek bestaande grasbekleding op het buitentalud wordt afgekeurd. De erosiebestendigheid van het gras bij hoogwatercondities blijkt dan onvoldoende. Recente proeven bij de Groningse dijken met een golfploopsimulator bevestigen de beperkte erosiebestendigheid van gras. Vervanging door steen- en asfaltbekledingen is dan vaak noodzakelijk. Alternatieven zijn om het talud te verflauwen, een zogenaamde verborgen glooiing onder de grasmat aan te brengen of het gras te wapenen met een geogrid. De prestatie van gras met geogrids is nog onvoldoende bekend (in proeven is het nog niet gelukt om gras versterkt met geogrids kapot te krijgen) om breed toe te passen.

IMPACT - Wat is de impact van kans op kosten en milieu?

Varianten

De verschillen in LCC en MKI (LCA) zijn berekend van de volgende varianten (zie tabel). Daarbij zijn de volledige objecten gemodelleerd op basis van gegevens uit de Pilotstudie Groene Dollard Dijk¹⁶. De traditionele dijk (p.49 van de pilotstudie) is gekozen als referentie. De casus is representatief voor dijken langs de Waddenzee en voor de helft van de dijken in Zeeland.

Het voorland is vergelijkbaar waardoor de afweging in het type dijkbekleding (verhouding 'zachte bekleding' zoals gras ten opzichte van 'harde bekleding' als beton en asfalt) vergelijkbaar is. De functionele eenheid is een **streckende kilometer** dijk over een periode van **100 jaar**.

Variant	Belangrijkste parameters	LCC (€)	MKI (€)
1. Traditionele dijk	▪ Zie rapport Pilotstudie Groene Dollard Dijk, p.49	6.538.436	689.131
2. Groene dijk	▪ Zie rapport Pilotstudie Groene Dollard Dijk, p52	6.208.225	581.852

De volledige parameters van de varianten zijn opgenomen in bijlage A4 / A5.

Kosten

Uit onderzoek van de Universiteit Wageningen¹⁷ blijkt dat de kosten voor het aanpassen van het buitentalud voor de robuuste groene dijk indicatief 2,3 miljoen euro per km/dijkversterking kost tegenover de 3,1 miljoen euro per km/dijkversterking voor een traditionele dijk. De groene dijk is 25% goedkoper, onder andere omdat bij de traditionele dijk naast klei en gras doorlatende stenen, zand en asfalt wordt aangebracht. De kosten zijn hoofdzakelijk (de prijs van) het asfalt en het aanbrengen ervan.

¹⁶ <http://edepot.wur.nl/266348>

¹⁷ Pilotstudie Groene Dollard Dijk, J.M. van Loon-Steensma en H.A. Schelfhout, Alterra Wageningen UR, Wageningen, 2013.

Milieu

De impact op het milieu is tweeledig. In de eerste plaats worden in de robuuste groene dijk geen harde materialen toegepast; klei en gras zijn de voornaamste materialen voor het realiseren van een robuuste groene dijk. Hier staat wel tegenover dat er tweemaal zoveel klei en grasstenen nodig zijn.

IMPLEMENTATIE - Wat is nodig om tot implementatie van de kans te komen?

INNOVEREN / UNIFORMEREN / PRODUCEREN

Nader onderzoek naar brede groene Dollard dijk¹⁸

Een 'groene dijk' wordt op dit moment getest nabij Dollard (provincie Groningen) door het Waterschap Hunze en Aa's. In Duitsland zijn in hetzelfde gebied groene dijken aangelegd. Innovatief voor de Dollard is dat er gebiedseigen slib wordt gerijpt tot dijkklei. Het rijpen is pas gereed in 2021, waardoor pas in de periode van 2021 tot 2024 de dijk aangelegd en getest kan worden. Voordat de dijk wordt aangelegd is overeenstemming nodig over de kwaliteit van de dijkklei die is ontstaan uit gerijpt slib.

Onderzoek ruimere toepassingsmogelijkheden klei

Onderzoek de mogelijkheden en gevolgen van het aanpassen van de eisen in de erosieclassen en het toestaan van andere erosieclassen (op het materiaalgebruik). Op projectniveau is dit mogelijk, zo blijkt uit een voorbeeld van het project Reevediep, waarbij in overleg met Waterschap en Deltares is besloten om, na aanvullend onderzoek, bepaalde eisen aan te passen zodat lokaal/dichtbij vrijkomende grond kon worden toegepast.

¹⁸ <https://www.hunzeenaas.nl/werk-in-uitvoering/bgd/Paginas/Aanleg-Brede-Groene-Dijk.aspx>

4 CIRCULAIRE SLUIZEN

4.1 OVERHEERSENDE OBJECTTYPOLOGIEËN

Om de relevantie van het onderzoek te verhogen, zijn overheersende (relevante) objecttypologieën voor sluzen geselecteerd.

Wat is een ‘overheersende’ objecttypologie?

Onder een overheersende objecttypologie verstaan we een typologie die staat voor een veelvoorkomend aantal objecten, die de komende 5 tot 10 jaar in aanmerking komt voor vervanging en/of groot onderhoud. Maatregelen voor circulair werken hebben door de opschaalbaarheid meer impact.

Overheersende typologie en praktijkcasus

Voor bruggen en viaducten is een drietal typologieën geïdentificeerd. Voor de objectengroep sluzen is in overleg met experts van RHDHV en RWS gekozen voor de cluster 1, cluster 3 en cluster 7 uit Multiwaterwerk (alle schutsluizen). Een nadere uitwerking en toelichting is gegeven in bijlage A3. Voor de werksessies is bovendien bij iedere typologie een bijpassende praktijkcasus gezocht.

Toepassing van typologieën en casus in onderzoek

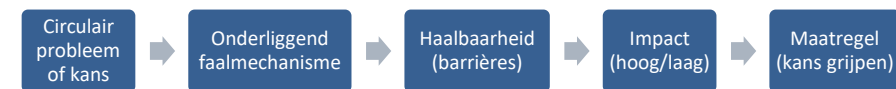
De typologieën en casussen zijn vertrekpunt geweest in de expertsessie. Het idee was dat de casussen helpen om gestructureerd, aan de hand van de decompositie van de objecten mogelijke kansen vast te stellen. De praktijk was evenwel dat de experts vanuit eigen ervaring en met de bij hen bekende objectkennis invulling gaven aan de kansen. Voor de onderzoekers hebben de casussen geholpen bij de voorbereidingen van de expertsessies en het duiden van de maatregelen. Van de decompositie of casus is inhoudelijk geen gebruik gemaakt met de expertsessies en het uitwerken van de maatregelen.

4.2 MAATREGELEN VOOR CIRCULAIRE SLUIZEN

In een werksessie met experts RWS en RHDHV is aan de hand van de circulaire principes (zie hoofdstuk 2) een longlist van circulaire maatregelen samengesteld voor circulaire sluzen. Deze is met interviews met RWS-experts aangevuld. Een overzicht van deelnemers is opgenomen in bijlage A2.

De deelnemers is gevraagd:

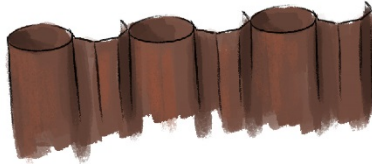
- Welke kansen zij zien voor toepassing van de circulaire principes;
- Welke barrières of faalfactoren voor de realisatie / toepassingen van betreffende kans zij zien
- Wat hun inschatting is van de haalbaarheid en impact van de kans



Op basis van de bevindingen in de werksessie is een ‘longlist’ samengesteld van (potentieel) haalbare en impactvolle maatregelen voor circulaire sluzen, In navolgende illustratie zijn deze weergegeven en kort beschreven.

CIRCULAIRE MAATREGELEN VOOR SLUIZEN

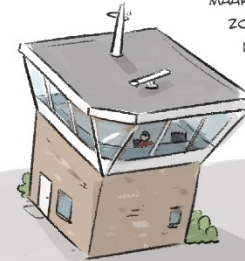
STALEN COMBIWAND
(HERGEBRUIKTE) STALEN COMBIWANDEN MET TOESLAG
OF KATHODISCHE BESCHERMING IN PLAATS VAN DIEPWANDEN
(GEWAPEND BETON) OF STAAL MET COATING.



**UNIFORME (MODULAIRE)
AANDRIJFSYSTEMEN**
UNIFORMEER AANDRIJFSYSTEMEN TOT
EEN BEPERKT AANTAL (MODULAIRE) TYPES.

GEEN ONDERHOUDSPATFORM
BESPAAR MATERIAAL DOOR ONDERHOUD AAN HET
REMMINGWERK LIJT TE VOEREN VANAF EEN SCHIP
IN PLAATS VANAF EEN ONDERHOUDSPATFORM.

CIRCHLAIR 3B-SYSTEEM
MAAK HET BEWAKINGS-, BEDIENINGS- EN BESTURINGSSYSTEEM (3B)
ZOVEEL MOGELIJK VAN GERECYCELD MATERIAAL EN ZORG DAT
DELEN OF HET GEHEEL GEMAKKELIJK TE UPGRADEN, HER
TE GEBRUIKEN OF TE RECYCLEN ZIJN.



EXTRA KERENDE HOOGTE
ONTWERP EXTRA KERENDE HOOGTE SLUIS
INSPELEND OP HOGERE TOEKOMSTIGE WATERSTANDEN
(ANTICIPEREN OP 1 OF 2 M ZEEPIEGELSTIJGING)

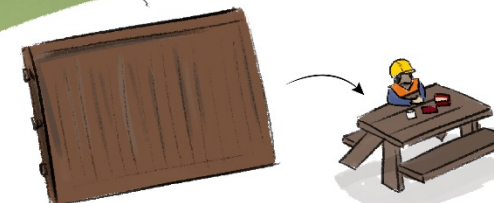
**GEOPTIMALISEERDE
SLUISDEUR (LCA/LCC)**
SLUISDEUREN VAN MEEST DUURZAAM
MATERIAAL (OP BASIS VAN LCA/LCC) MET
GESTANDAARDISEERDE MAATVOERING EN
GESTANDAARDISEERDE AANDRIJFSYSTEMEN.

**UNIFORME (MODULAIRE)
REMMINGWERKEN**
UNIFORMEER REMMINGWERKEN TOT
EEN BEPERKT AANTAL (MODULAIRE) TYPES.

STORTSTEEN HERGEBRUIKEN
HERGEBRUIK VRIJKOMEND STORTSTEEN
TER PLAATSE OF IN EEN EEN
ANDER (WATERBOUW)PROJECT.

GROENE KOLK MET HERGEBRUIKT STORTSTEEN
EEN GROENE KOLK (MET GROENE TALUDS EN HERGEBRUIKT
STORTSTEEN) SPAART DAMWANDENLIJT EN IS EENVOLDIGER
UITBREIDBAARVOOR EVENTUELE VERBREIDING IN DE TOEKOMST.

VRIJKOMEND HOUT HERGEBRUIKEN
PAS VRIJKOMENDE HOUTEN DEUREN
EN REMMINGWERKEN TOE IN EEN PRODUCT.



In navolgende tabel is de longlist van maatregelen gegeven evenals de eerste stap te zetten richting implementatie.

Categorie <i>Principe</i>	Maatregel	Eerste implementatiestap
Aanleg nieuwe (vervangende) sluis		
<i>Meerdere levenscycli</i> <i>Duurzaam materiaalgebruik</i>	(Hergebruikte) stalen combiwanden met toeslag of kathodische bescherming in plaats van diepwanden (gewapend beton) of staal met coating.	Geen diepwand: zoek een stalen oplossing die voldoet aan de eisen of verzwaar de weging van milieu/MKI in de afweging. Kathodische bescherming: overtuig beheerders, evt. met compensatie voor grotere monitor- en onderhoudswerkzaamheden (anodes controleren). KB is reguliere praktijk in België.
<i>Duurzaam materiaal gebruik</i> <i>Optimaal B&O</i> <i>Meerdere levenscycli</i>	Sluisdeuren van meest duurzaam materiaal (op basis van LCA/LCC) met gestandaardiseerde maatvoering en gestandaardiseerde aandrijfsystemen	Studie moet nog uitgevoerd worden. Daarna: bepaal de optimale puntdeur per project en eis deze of gun op LCA/LCC (opgesteld volgens duidelijk protocol voor vergelijkbare resultaten)
<i>Meerdere levenscycli</i> <i>Optimaal B&O</i>	Uniformeer remmingwerken tot een beperkt aantal (modulaire) types	Bepaal de standaard types (groottes) en leg deze vast in/vanuit Multiwaterwerken
	Uniformeer aandrijfsystemen tot een beperkt aantal (modulaire) types	Bepaal de standaard types (groottes) en leg deze vast in/vanuit Multiwaterwerken
	Uniformeer sluisdeuren tot een beperkt aantal (modulaire) types	Bereken de milieuwinst van de winst op reservedeuren ten opzichte van de verliezen op overgedimensioneerde constructies en andere aanpassingen als gevolg van standaardisatie.
<i>Meerdere levenscycli</i> <i>Duurzaam materiaalgebruik</i>	Maak het bewakings-, bedienings- en besturingssysteem (3B) zoveel mogelijk van gerecycled materiaal en zorg dat delen of het geheel gemakkelijk te upgraden, her te gebruiken of te recyclen zijn.	Stimuleer leveranciers door te gunnen op 3B-bouwblokken die: <ul style="list-style-type: none"> ▪ een hoger percentage gerecycled materiaal bevatten, ▪ gemakkelijk te repareren zijn ▪ gemakkelijk gerecycled kunnen worden
<i>Duurzaam materiaalgebruik</i>	Hergebruik vrijkomend stortsteen ter plaatse of in een ander (waterbouw)project	Gun op milieu of circulaire prestatie en verruim de planning en technische eisen zodat hergebruik van stortsteen (ter plaatse) uitvoerbaar wordt.
<i>Toekomstbestendig</i> <i>Duurzaam materiaalgebruik</i>	Een groene kolk (met groene taluds en hergebruikt stortsteen) spaart damwanden uit en is eenvoudiger uitbreidbaar voor eventuele verbreding in de toekomst	De groene kolk wordt doorgaans al meegenomen in de afweging, dus verzwaar de weging milieu om de groene kolk vaker toe te passen voor recreatieve vaart. Minder geschikt voor beroepsvaart (nivelleringsstijd, schutverliezen en uitspoelend stortsteen)
<i>Voorkomen</i>	Bespaar materiaal door onderhoud aan het remmingwerk uit te voeren vanaf een schip in plaats van vanaf een onderhoudsplatform.	Maak als RWS of laat aannemers bij het ontwerp een afweging maken tussen kosten, veiligheid, duurzaamheid en eventuele andere criteria bij het al dan niet ontwerpen van een onderhoudsplatform weg als die er is en stuur op milieu-impact.
Bestaande - te verwijderen - object <i>Duurzaam materiaalgebruik</i>	Pas vrijkomende houten deuren en remmingwerken toe in een product	Neem het vrijkomend hout mee in de scope van een MKI-prestatie of eis toepassing van vrijkomend hout in een product
Ook overwogen		
<i>Toekomstbestendig</i>	Overdimensioneer technische ruimte om toekomstige aanpassingen op te kunnen vangen	<i>Gebeurt al en vervalt deels met de ontwikkeling van het standaard 3B-bouwblok (zie hierboven)</i>
<i>Toekomstbestendig</i>	Ontwerp extra kerende hoogte van de sluis, inspelend op hogere toekomstige waterstanden (anticiperen op 1 of 2 m zeespiegelstijging)	<i>Gebeurt al</i>
<i>Levensduurverlenging</i> <i>Toekomstbestendig</i>	Overdimensioneer stalen deuren met voor <ul style="list-style-type: none"> ▪ Langere levensduur, ook voor volgende cyclus ▪ Marge bij veranderende normen 	<i>Het (milieu)voordeel is niet evident, omdat het onzeker is over het overmatig materiaalgebruik wordt terugverdiend in de toekomst.</i>

Categorie <i>Principe</i>	Maatregel	Eerste implementatiestap
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Opvangen veranderende functieverandering 	

4.3 IMPACT EN IMPLEMENTATIE VAN KANSRIJKE EN IMPACTVOLLE MAATREGELEN

Uit de mogelijkheden in paragraaf 5.2 zijn 6 kansrijke en impactvolle maatregelen/keuzemogelijkheden nader uitgewerkt:

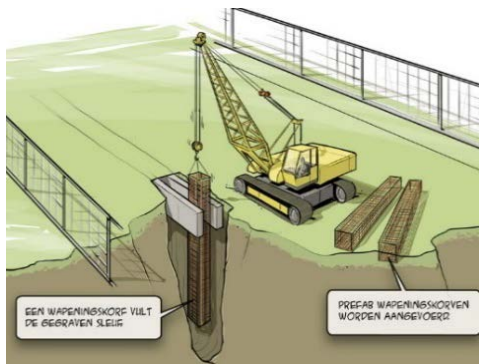
1. (Hergebruikte) stalen combiwanden met kathodische bescherming of toeslagdikte.
2. Geoptimaliseerde sluisdeuren op basis van LCA- en LCC-berekeningen met gestandaardiseerde maatvoering.
3. Een standaard bewakings-, bedienings- en besturingssysteem (3B-Bouwblokken) van gerecycled materiaal met repareerbare en recyclebare onderdelen.
4. Uniforme (en modulaire) maatvoering sluisdeuren, remmingwerken en aandrijfsystemen.
5. Hergebruik vrijkomend stortsteen ter plaatse of in een ander (waterbouw)project.
6. Groene kolk met hergebruikt stortsteen.

KANS 1 - (HERGEBRUIKTE) STALEN COMBIWANDEN MET KATHODISCHE BESCHERMING OF TOESLAGDIKTE

BESCHRIJVING - Hoe ziet dat eruit?

Sommige uitvoeringen van een sluis kunnen bij voorbaat niet of zeer moeilijk hergebruikt of recycled worden, zoals bijvoorbeeld diepwanden. Door deze delen uit te voeren in bijvoorbeeld een stalen combiwanden (buispalen met damwandplanken) kan het materiaal beter gerecycled worden. Mogelijk kunnen de elementen van de wand direct hergebruikt worden als de eigenschappen nog voldoende zijn. Daarnaast kunnen mogelijk hergebruikte elementen worden toegepast, bijvoorbeeld vrijkomende buispalen en damplanken uit een ander project. Onderzocht moeten worden of overdimensionering of bescherming tegen corrosie de kans op hergebruik in de toekomst en/of de restwaarde vergroot.

Door de stalen combiwanden kathodisch te beschermen tegen corrosie wordt bovendien de (epoxy-)coating of toeslag (extra dikte) uitgespaard. Kathodische bescherming (KB) is alternatieve corrosiebestrijding met gebruik van elektriciteit. De alternatieven met epoxy (dikte 400 µm) of met extra staal (5 mm) hebben een hoge milieu-impact. Bovendien erodeert de coating in zoutwater erg snel.



Figuur 4: Aanleg diepwand¹⁹



Figuur 5: Stalen combiwand²⁰

TOELICHTING - Wat gaat nu niet goed/ wat kan beter?

Redenen om voor diepwanden of beton te kiezen

Diepwanden worden in de afweging gekozen als:

- de omgevingshinder beperkt moet worden (trillingen, hinder);
- er gebrek aan ruimte is;
- er onzekerheid is over de garantie van 100 jaar levensduur bij stalen damwanden.

Daarnaast kan er voor beton gekozen worden voor bouwdelen boven water tot 1 meter beneden de waterlijn. Als vervolgens slechts een klein deel zich beneden water vindt, is het voordeliger om de hele damwand in hetzelfde materiaal (beton) uit te voeren.

Kathodische bescherming alleen in zout water, beheerders willen niet.

Kathodische bescherming functioneert tot aan de waterlijn en alleen in zoutwater. Boven de hoogwaterlijn inclusief de spatzone en in zoetwater moet een ander materiaal of een coating worden toegepast, omdat de stroom alleen door zoutwater voldoende wordt geleid.

Kathodische bescherming vraagt echter meer activiteiten van de beheerder, in de vorm van monitoring of de bescherming nog functioneert. De beheerder heeft een voorkeur voor onderhoudsarme constructies.

Kwantificering en verzwaren milieu of circulariteit in de afweging

Om stalen combiwanden, al dan niet in combinatie met kathodische bescherming, vaker toe te passen, moet de milieuprestatie c.q. circulariteit meetbaar gemaakt worden en zodanig veel gewicht ten opzichte van andere criteria krijgen dat de stalen combiwanden als beste keuze uit de afweging komen.

¹⁹ Bron: spoorzonedelft.nl, Jam visueel denken

²⁰ Bron: Voorbij funderingstechniek

IMPACT – Wat is de impact van kans op kosten en milieu?

Varianten

De verschillen in LCC en MKI (LCA) zijn berekend van de volgende varianten. Daarbij zijn niet de volledige objecten gemodelleerd, maar alleen de objectdelen of onderhoudsactiviteiten die verschillen tussen de varianten. De beschouwingsperiode is 100 jaar.

Variant	Belangrijkste parameters	LCC (€)	MKI (€)
1. Diepwanden (referentie)	<ul style="list-style-type: none"> Dikte: 80 cm Wapening: 150 kg/m³ 	4.892.143	339.175
2a. Stalen combiwand met kathodische bescherming	<ul style="list-style-type: none"> Gewicht aluminium anodes: (nat opp. + droog opp. * 0,25) * 7,79²¹ 	3.669.904	268.121
2b. Stalen combiwand met epoxy coating	<ul style="list-style-type: none"> Dikte epoxy: 400 µm Zie voetnoot²² 	3.800.691	7.458.063
2c. Stalen combiwand met 5 mm toeslag dikte	<ul style="list-style-type: none"> Dikte toeslag: 5 mm 	3.497.387	245.639

De volledige parameters van de varianten zijn in te zien in bijlage A4 / A5.

Kosten

Diepwanden zijn zo'n 25% duurder dan stalen combiwanden. De redenen om voor diepwanden te kiezen zijn daarom omgevingsfactoren die de hogere kosten rechtvaardigen, bijvoorbeeld bij de sluis van IJmuiden, waar er gebrek aan ruimte is.

De kosten van kathodische bescherming zijn veelal duurder dan van een coating. De mate van kostenverhoging hangt sterk af van het type en het ontwerp (bijvoorbeeld dikte) van de elementen en lokale weers- en omgevingsinvloeden. De meerkosten zitten verder vooral in de monitoring en het onderhoud.

²¹ Bron: Hakkers, *Duurzaamste keuze voor levensduur staalconstructie in de waterbouw op basis van Richtlijn kathodische bescherming (Havenbedrijf Rotterdam, januari 2014 versie 1.0)*

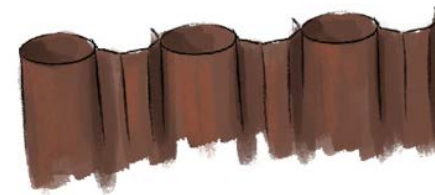
²² Voor de MKI-berekening van de epoxy coating zijn de scope en aannames van doorslaggevend belang. In de ketenanalyse van Hakkers (*Duurzaamste keuze voor levensduur staalconstructie in de*

Milieu: staal met toeslag of kathodische bescherming het best

Stalen combiwanden met toeslag dikte en kathodische bescherming scoren het best op MKI-waarde. Het onderlinge verschil is echter te klein om op het beperkte detailniveau van de berekening uitsluitsel over de beste variant te geven. Opvallend is de enorme milieubelasting van coating, welke ook aanzienlijk hoger is dan diepwanden. De milieubelasting komt hoofdzakelijk voor rekening van de humane toxiciteit tijdens het aanbrengen (exsitu voor levering en insitu bij onderhoud).

Het gewicht van (circulair) materiaalgebruik is verder relatief klein in de MKI-rekenmethode, mede door de beperkte schaarste van ijzer, cement en grind. Bovendien is in de MKI-score de slechtere herbruikbaarheid van diepwanden niet meegenomen. Dit terwijl het recyclen van diepwanden voor het terugwinnen van betongranulaat en wapeningsstaal lastig is gezien de plek in de grond aan het water. Stalen combiwanden zijn wel te trekken en her te gebruiken afhankelijk van de technische staat.

STALEN COMBIWAND
 (HERGEBRUIKTE) STALEN COMBIWANDEN MET TOESLAG
 OF KATHODISCHE BESCHERMING IN PLAATS VAN DIEPWANDEN
 (GEWAPEND BETON) OF STAAL MET COATING.



waterbouw) gefocust op CO₂ en eenmalige levering scoort coating bijvoorbeeld 10% beter dan een toeslagdikte. Andere milieu-impacts zoals humane toxiciteit en onderhoudswerkzaamheden ontbreken echter. Voor een definitieve MKI-berekening is een op maat gemaakte LCA-berekening noodzakelijk.

IMPLEMENTATIE - Wat is nodig om tot implementatie van de kans te komen?

INNOVEREN / UNIFORMEREN / PRODUCEREN

Stalen combiwanden: betere oplossing in afwegingskader, of andere prioriteiten (innoveren of uniformeren)

Stalen combiwanden worden nu soms niet gekozen vanwege harde randvoorwaarden of zwaardere weging van andere criteria (zie Toelichting). Om toepassing van stalen combiwanden te vergroten, moet het onderdeel duurzaamheid meetbaar worden gemaakt en zwaarder worden gewogen:

- Voor EMVI-contracten: pas het gunningscriterium duurzaamheid met een MKI-berekening toe²³. Dit is een gangbaar criterium.
- Voor BVP-contracten: duurzaamheidsambities en/of -doelstellingen waarin expliciet circulariteit staat genoemd en gedefinieerd.
- Sluit indien van toepassing risicovolle bouwmaterialen voor circulariteit uit op basis van het in ontwikkeling zijnde Beoordelingskader (zie hoofdstuk 1).

Indien gewenste circulaire maatregelen ondanks duurzaamheidseisen of gunningscriteria niet of te weinig toegepast worden door aannemers:

- Evalueer of het criterium (EMVI) of de ambitie (BVP) duurzaamheid zwaar genoeg is en/of;
- Neem de gewenste maatregelen als basisspecificatie op in het MWW-programma.

Kathodische bescherming: kennisverspreiding t.b.v. realistische inschattingen van B&O-kosten en -risico's

Nederlandse beheerders zijn relatief onbekend met kathodische bescherming, kathodische bescherming wordt dan ook relatief beperkt toegepast. Voorbeelden van locaties waar wel KB wordt toegepast zijn de Rotterdamse haven en de sluis van Terneuzen. De laatste mede onder invloed van een meebetallende Belgische beheerder. De onbekendheid leidt er mede toe dat beheerskosten en -risico's soms (te) hoog worden ingeschat en de voorkeur eerder uitgaat naar een alternatief. Dit terwijl de indicatieve LCC-berekening uit deze studie lagere levensduurkosten voor kathodische bescherming geeft dan voor epoxy coating (€ 680.000 versus € 980.000). Gezien de milieuvoordelen is een betere afweging zinvol. Om tot betere afwegingen voor verticale wanden te komen zou:

- RWS WVL, GPO of PPO kennis over techniek, kosten en risico's van kathodische bescherming beter naar beheerders verspreid kunnen worden;
- RWS GPO of PPO hulp kunnen bieden aan beheerders om kosten en risico's van kathodische bescherming realistisch in te schatten.

²³ Let op dat sturing op MKI niet **altijd** leidt tot meer circulariteit. De stalen combiwanden met toeslag of kathodische bescherming scoren beter op MKI dan diepwanden, maar met coating op basis van

huidige beschikbare DuboCalc-gegevens niet. Dit terwijl alle combiwanden beter herbruikbaar en recyclebaar zijn dan diepwanden.

KANS 2 - GEOPTIMALISEERDE SLUISDEUREN OP BASIS VAN LCA- EN LCC-BEREKENINGEN MET GESTANDAARDISEERDE MAATVOERING

BESCHRIJVING - Hoe ziet dat eruit?

Sluisdeuren zijn uitgevoerd in het meest duurzame materiaal, gebaseerd op LCA- en LCC-berekeningen. De sluisdeuren zijn verder ontworpen met zoveel mogelijk standaard maatvoering (standaard doorvaarbreedtes per corridor) en standaard aandrijfsysteem om het onderhoud te vereenvoudigen (zie verder ook maatregel 'Uniforme maatvoering remmingwerken en aandrijfsystemen').



TOELICHTING - Wat gaat nu niet goed/wat kan beter?

Wat is het meest duurzame materiaal op basis van project LCA- en LCC-berekeningen? Momenteel laat RWS in het kader van Multi Waterwerken een studie hiernaar uitvoeren waarin stalen, kunststof (PE), houten (Azobé?), betonnen (HSB) en hybride sluisdeuren worden vergeleken (contact: Erik-Jan Houwing, RWS en Eric Brasser, Royal HaskoningDHV).

IMPACT - Wat is de impact van kans op kosten en milieu?

Kosten

Het kosteneffect wordt uitgezocht in de studie.

Milieu

Het milieueffect wordt uitgezocht in de studie. Wel kunnen een aantal generieke opmerkingen gemaakt worden over de duurzaamheid van materialen:

- Toepassing van hout draagt bij aan opname en vastlegging van CO₂ uit de atmosfeer
- Hout is een hernieuwbare grondstof is, mits duurzaam geproduceerd (bijvoorbeeld volgens een FSC- of PEFC-keurmerk).
- Vanwege de hoge sterkte en lange levensduur moeten houten sluisdeuren van tropisch houthout gemaakt worden, zoals Azobé. Dit hout komt uit Afrika en Indonesië, waarbij gelet moet worden op duurzame productie (FSC-/PEFC-keurmerk).
- Houten sluisdeuren hebben een kortere levensduur (over een periode van 100 jaar gemiddeld 2 x vervangen).
- Betonnen en kunststof sluisdeuren zijn daarentegen onderhoudsvrij over 100 jaar. Sluis 3 in Tilburg is bijvoorbeeld uitgevoerd in kunststof.
- De overspanning van kunststof deuren is nog beperkt. De grootste overspanning die tot nu toe is gerealiseerd is 12,6 m (tevens Tilburg), terwijl de sluis van IJmuiden 75 m breed is.

IMPLEMENTATIE - Wat is nodig om tot implementatie van de kans te komen?

INNOVEREN / UNIFORMEREN / PRODUCEREN

Innoveren: markt blijven uitdagen

Er is veel ontwikkelpotentie in de markt voor nieuwe materialen en ontwerpen van sluisdeuren. De toepassingen van nieuwe materialen wordt steeds beter, maar alleen als hierom gevraagd wordt door RWS en andere opdrachtgevers. Dus geef ruimte voor pilots en daag de markt uit!

Belangrijke eigenschappen van andere materialen die nog ontwikkeld moeten worden zijn:

- de maximale overspanning
- de garantie op levensduur.

Oprachtgevers stimuleren door ontwikkelingen de ruimte te geven in tijd (planning), geld (EMVI of BVP) en/of het eisenpakket (verruimen of alternatieve bewijsvoering accepteren).

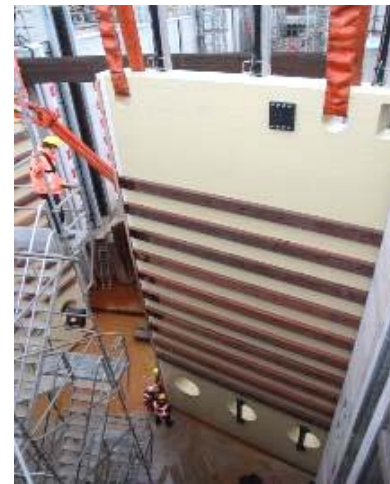
Produceren: ontwikkelingen de ruimte geven kan nu al!

Voor sluis 3 in het Wilhelminakanaal bij Tilburg werden de sluisdeuren in glasvezelversterkt kunststof uitgevoerd. De aannemer kreeg de ruimte om op basis van LCC een alternatief ontwerp en materiaalkeuze voor te stellen. Hiervoor is het belangrijk dat:

- de eisen en gunningscriteria zoveel mogelijk functioneel gespecificeerd zijn;
- duurzaamheid in de beoordeling gewaardeerd wordt middels een gunningscriterium op MKI (EMVI) of een concrete duurzaamheidsdoelstelling (BVP)
- er geen (onbedoelde) belemmeringen voor een bepaalde oplossing opgeworpen worden.

Voorbeelden van (onbedoelde) belemmeringen zijn:

- ervaringseisen tijdens de selectie, waarbij het 'kip-ei'-probleem van een gebrek aan (specifieke) referenties met innovatieve materialen of ontwerpen (in een specifieke situatie) moet worden doorbroken;
- het weglaten van gunningscriteria op bijvoorbeeld LCC en/of MKI omdat opdrachtgever denkt dat de inschrijvingen hierop niet onderscheidend zijn. Zo zijn alternatieve ontwerpen in staal op LCC niet onderscheidend (zie ook Kans 1), maar een alternatief in kunststof wel.



Figuur 6: Kunststof sluisdeur in sluis 3, Tilburg

KANS 3 - EEN STANDAARD BEWAKINGS-, BEDIENINGS- EN BESTURINGSSYSTEEM (3B-BOUWBLOKKEN) VAN GERECYCELD MATERIAAL MET REPAREERBARE EN RECYCLEBARE ONDERDELEN

BESCHRIJVING - Hoe ziet dat eruit?

Momenteel ontwikkelt RWS '3B-bouwblokken', een standaard systeem waarmee een zeer groot deel van de bewakings-, bedienings- en besturingssystemen van RWS-kunstwerken (beweegbare bruggen, sluisen en tunnels) gemaakt kunnen worden. De bouwblokken zijn modulair, zodat eventuele specifieke ontwerpen voor een object uitgevoerd kunnen worden.

Het 3B-systeem wordt ontwikkeld ten behoeve van kostenefficiëntie en efficiënt beheer en onderhoud. Dit systeem bestaat uit elektrische en werktuigbouwkundige systemen die de werking van de sluis besturen.

Bij de ontwikkeling van het 3B-Bouwblok wordt reeds aandacht geschonken aan energiebesparing, zoals energiezuinige installaties en natuurlijke ventilatie, maar er zijn nog aanvullende kansen voor circulariteit door te gunnen op:

- toepassing van een zo hoog mogelijk percentage gerecycled materiaal;
- zoveel mogelijk reparatie in plaats van vervanging van kapotte onderdelen;
- toepassing van systemen en producten die goed recyclebaar zijn (makkelijk te scheiden materialen).

Eventueel wordt het 3B-Bouwblok niet als product ingekocht, maar als dienst uitgevraagd bij een leverancier. De leverancier blijft de eigenaar, waardoor er een (extra) prikkel ontstaat om de systemen zo te maken dat ze langer meegaan, minder energie gebruiken en/of beter her te gebruiken zijn.

TOELICHTING - Wat gaat nu niet goed/ wat kan beter?

Snelle veroudering en hoge eisen

Het 3B-systeem van kunstwerken waaronder sluisen verouderd zeer snel (5-15 jaar).

Oorzaken voor snelle afschrijving en volledige vervanging zijn:

- snelle ontwikkeling van automatisering, waarbij soms na 5 jaar al een nieuw systeem op de markt met significante voordelen in snelheid, betrouwbaarheid of energiezuinigheid;
- veranderde normen en wetgeving, zoals (cyber)security- en veiligheidseisen;
- zeer hoger beschikbaarheids- en betrouwbaarheidseis van 99,99%, tevens een belemmering voor hergebruik van onderdelen of systemen;
- het testen van (deels) hergebruikt systeem is (door bovenstaande zaken) veel moeilijker en duurder.

Kostenbesparing, gemakkelijker upgraden en minder voorraad door standaard en modulair 3B-systeem

In de loop der jaren zijn er tientallen verschillende bedienings- en bewakingssystemen toegepast. RWS wil met de 3B-bouwblokken voor de komende jaren een standaard 3B-systeem implementeren voor zoveel mogelijk kunstwerken. Er kunnen aanzienlijk kosten bespaard worden door eenvoudiger onderhoud, gemakkelijk upgraden van kapotte of verouderde onderdelen (en dus langer gebruik van het systeem) en kleinere voorraden aan reserveonderdelen. Hierdoor worden over de levensduur ook minder materialen gebruikt.

Reparatie stimuleren

Kapotte onderdelen en systemen worden weinig tot niet gerepareerd, vanwege de hoge kosten en korte tijd. Vervangen is goedkoper en sneller. Zo worden soms complete UPS-systemen (Uninterrupted Power Supply) vervangen waarvan alleen de batterij het niet meer doet, terwijl kasten, AC/DC-omzetters en schakelaars nog functioneren. Voor enkele uren buiten dienst is bovendien vervanging noodzakelijk en is repareren niet snel genoeg. Leveranciers hebben meer tijd nodig en een financiële prikkel om te repareren. Veelvoorkomende schadekenmerken kunnen bovendien geanalyseerd worden, zodat er bijvoorbeeld geplande, preventieve reparaties kunnen worden gepleegd.

Vrijkomende onderdelen wel hergebruikt, maar matig gerecycled

Vrijkomende onderdelen worden ondanks snelle veroudering wel in grote mate als tweedehands verkocht en hergebruikt. Onderdelen waar geen functie meer voor is, worden in principe gerecycled. Eenvoudige producten zoals kabels worden goed gerecycled, maar de terugwinning van grondstoffen uit complexere producten met lastig scheidbare materialen, zoals computers en PLCs, gaat slecht.

Uitvragen als dienst moet met aanvullende milieueisen

Het uitvragen van een besturings- en bedieningssysteem als dienst is een voordeel als de leverancier door het behoud van eigendom of anderszins invloed op het systeem, beter in staat is om bepaalde milieueisen te halen, zoals hergebruik aan het einde van de levensduur. Zonder specifieke (aanvullende) milieueisen zal het uitvragen van een besturings- en bedieningssysteem als dienst niet per se tot materiaalbesparingen of circulariteit leiden. Bijvoorbeeld: van een besparing op hoeveelheden zoals bij circular lighting, waarbij de leverancier met minder lampen dezelfde kwaliteit kan bieden, is geen of beperkt sprake.

IMPACT - *Wat is de impact van kans op kosten en milieu?*

Kosten

Het bedienings- en besturingssysteem maakt momenteel zo'n 1-2% van de kosten van een sluis uit²⁴. Het kosteneffect dient nader uitgezocht te worden.

Milieu: energiezuinigheid soms strijdig met circulariteit

Snelle vervanging kan gunstig zijn voor het energieverbruik. De milieu-impact van de productie en installatie van het nieuwe systeem wordt al snel terugverdiend met het uitgespaarde elektriciteitsverbruik, maar dit kan wel leiden tot hoger materiaalgebruik als materialen niet worden gerecycled. In een integrale milieuafweging (LCA) moeten CO₂-uitstoot en materiaalgebruik tegen elkaar afgewogen worden.

IMPLEMENTATIE - *Wat is nodig om tot implementatie van de kans te komen?*

INNOVEREN / UNIFORMEREN / PRODUCEREN

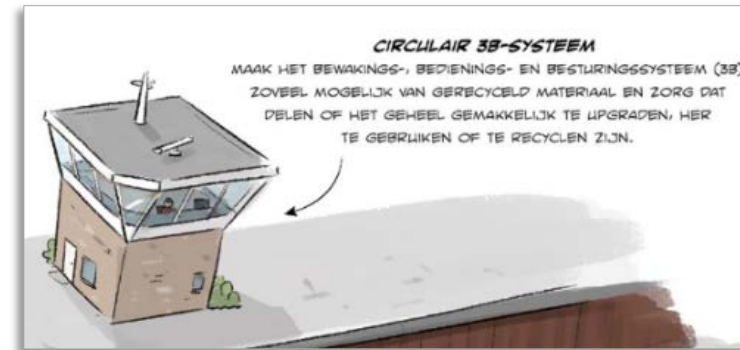
Circulaire kansen voor 3B-bouwblokken in de markt verkennen

Reparatie, toepassing gerecycled materiaal en recyclebaarheid van toegepaste systemen zijn geïdentificeerd als de belangrijkste circulaire kansen.

²⁴ Bij een sluis van ~20 miljoen euro bestaat zo'n 0,3 miljoen euro uit het bedienings- en besturingssysteem.

De volgende vragen moeten tijdens de marktverkenning worden beantwoord:

- Welke mogelijkheden zijn er voor meer reparatie, meer gerecycled materiaal en betere recyclebaarheid?
- Wat zijn de nadelen, risico's en/of beperkingen?
- Hoe moet meer reparatie, meer gerecycled materiaal en betere recyclebaarheid uitgevraagd worden in de contracten?
 - Hoe moeten deze geformuleerd worden zodat marktpartijen de juiste prikkel krijgen, zonder ongewenste bijeffecten?
 - Hoe hoog moet bijvoorbeeld de fictieve korting van een gunningscriterium zijn om beweging te krijgen in de markt?
 - Is het daarbij nodig om het systeem als dienst uit te vragen?



Pilot 'circulaire 3B-bouwblokken'

De 3B-bouwblokken worden momenteel uitgerold. Overweeg om in eerstvolgende uitvragen circulariteit al mee te nemen, of te wachten tot na ervaringen met de 'eerste generatie' indien de complexiteit te hoog is.

Vraag voor meer circulariteit prestaties voor reparatie, toepassing gerecycled materiaal en recyclebaarheid uit middels een gunningscriterium. Kies een gunningscriterium, zodat leveranciers zelf de afweging maken tegen kosten, technische prestaties en andere criteria. Neem voor de implementatie en de wijze van uitvragen contact op met Ibrahim Eroglu, RWS industriële automatisering, trekker duurzaamheid voor de 3B-bouwblokken.

KANS 4 - UNIFORME (EN MODULAIRE) MAATVOERING SLUISDEUREN, REMMINGWERKEN EN AANDRIJFSYSTEMEN

BESCHRIJVING - Hoe ziet dat eruit?

Uniforme maatvoering van sluisdeuren, van remmingwerken en aandrijfsystemen, waarbij alle sluisen met een beperkt aantal typen worden uitgevoerd. Eventueel worden de onderdelen modulair uitgevoerd.

TOELICHTING - Wat gaat nu niet goed/ wat kan beter?

Toen sluisen in de eerste helft vorige eeuw gebouwd werden, werd elke sluis gezien als een unieke opgave die een unieke oplossing vereiste. Sluisen vertonen dan ook een grote diversiteit (bijv. in maatvoering van kolkbreedtes: 16,0 m, 16,4 m etc.). Het gebrek aan uniformiteit zorgt er bijvoorbeeld voor dat vele verschillende reserveonderdelen op voorraad moeten worden gehouden en de kennis over veel verschillende systemen moet worden bijgehouden. In Multi Waterwerken (MWW) wordt gewerkt aan uniformering c.q. standaardisatie gericht op vereenvoudig van processen.

Voor circulariteit heeft uniformering het voordeel dat onderdelen tussen objecten onderling beter uitwisselbaar zijn (hergebruik) en voor verschillende sluisen minder reservedelen nodig zijn. Uniformering wordt haalbaar geacht voor:

- **Remmingwerken**
Zie voor meer informatie:
 - <https://vimeo.com/293424709>
 - Drijvend remmingwerk (RWS, 18 maart 2018)
- **Aandrijfsystemen** (bewegingswerken)
Drie archetypen zijn te onderscheiden: groot, middel en klein.



- **Sluisdeuren**

Voor 80-90% van de sluisen zouden bijvoorbeeld 5 typen sluisdeuren bepaald kunnen worden. Hoewel er veel variatie in keerhoogtes (waterstanden) bestaat, kan een beperkt aantal typen voldoen voor het grootste deel.

Uniformering in corridor

Het komen tot uniformering zou ook kunnen binnen een corridor, zoals bijvoorbeeld de Zuid-Willemsvaart waar sprake is van 5 sluisen.

IMPACT - Wat is de impact van kans op kosten en milieu?

Kosten

De kosten voor uniforme remmingwerken zijn niet significant verschillend met een op maat gemaakt remmingwerk. De bodemopbouw en belastingen van een maatgevend schip zijn leidend, op basis waarvan kan worden geüniformeerd. De kosten voor uniforme aandrijfsystemen zijn mogelijk iets hoger voor een aandrijfsysteem, doordat er iets overgedimensioneerd moet worden. De totale meerkosten voor een sluis met standaard aandrijfsystemen blijven echter vergelijkbaar vanwege de beperkt kostenpost van de hydrauliek (~2%)²⁵

Milieu

Het verschil in milieu-impact van standaard versus op maat gemaakte uniformere remmingwerken of aandrijfsystemen wordt niet significant geschat. Hoeveelheden materiaalgebruik en productieprocessen worden geschat als vergelijkbaar. Hoewel enerzijds productieprocessen efficiënter kunnen worden bij uniforme producten, zal er anderzijds vaker iets overgedimensioneerd worden uitgevoerd wanneer alleen standaardafmetingen mogen worden toegepast. Op areaalniveau wel materiaal besparing omdat 'oude' onderdelen beter hergebruikt kunnen worden en minder reserveonderdelen nodig zijn.

²⁵ Dit betreft een globale inschatting van € 800k voor de hydrauliek (4 x €200k) op € 40 mln totale kosten van een sluis

Sluisdeuren

Het verschil in kosten en milieu-impact van uniforme sluisdeuren is lastig in te schatten vanwege winst op reservedeuren ten opzichte van overdimensioneren en andere ingrepen voor standaardisatie. Dit moet worden uitgezocht (zie Implementatie).

IMPLEMENTATIE - *Wat is nodig om tot implementatie van de kans te komen?*

INNOVEREN / UNIFORMEREN / PRODUCEREN

(Milieu)winst van uniformering van sluisdeuren berekenen

Bij toepassing van bijvoorbeeld 5 typen sluisdeuren is er winst op de hoeveelheid reservedeuren die voor het beheer en onderhoud worden gebruikt (niet de noodvoorzieningen). Echter, er is ook een verlies door overdimensionering en eventuele aanpassingen aan nivelleringswerken (als bijvoorbeeld een standard keuze wordt gemaakt tussen rinketten of omloopriolen). Ook de constructie en mogelijk het aandrijfsysteem die de sluisdeuren dragen en bewegen moeten zwaarder worden uitgevoerd. Onderzoek of de winst opweegt tegen het verlies.

Draagvlak en vastleggen standaard typen

Voor de gewenste sluisonderdelen moeten uniforme maten voor alle sluizen bepaald worden. Vanuit Multiwaterwerken (MWW) kan dit bepaald worden en vastgelegd in de Richtlijn Vaarwegen (zowel Kanalen en Rivieren). Hiervoor is draagvlak nodig onder alle beheerders en betrokken partijen (RWS WVL, GPO, PPO). Beheerders hebben voorkeuren uit ervaring. Een ander systeem is of voelt risicovoller. Eigen ervaringen zijn (te) sterk.

Als er overeenstemming gevonden kan worden, kan in het Rijkswaterstaat Technisch Document de standaard maatvoeringen en integratie met de rest van de constructie bepaald en beschreven worden. Stel maatgevend schip als leidend principe, met daaraan gekoppeld bepaalde noodzakelijke afmetingen voor constructie.

Zwaarder wegen en gunnen op duurzaamheid

De milieuwinst van uniformering wijst zich uit middels een LCA-berekening. Door significante fictieve kortingen te berekenen voor een lagere MKI-waarde (bijvoorbeeld middels een EMVI-criterium) worden aannemers geprikkeld te zoeken naar milieuwinst en deze af te wegen tegen andere criteria.

Opgave programmering

- Het *infaseren van standaardisering*: bij vervangingen/renovatie kiezen voor LVO of voor nieuwe standaardoplossingen.
- Hergebruik van onderdelen betekent uitwisseling van componenten tussen objecten. Programmering hierop afstemmen.

Kennis van areaal

Uitwisseling tussen objecten van onderdelen maakt het noodzakelijk te weten **wat in areaal voorkomt** en nodig is. Deze informatie ontbreekt voorsnog voor afstemming/ uitwisseling).

**UNIFORME (MODULAIRE)
AANDRIJFSYSTEMEN**
UNIFORMEER AANDRIJFSSYSTEMEN TOT
EEN BEPERKT AANTAL (MODULAIRE) TYPES.

KANS 5 - HERGEBRUIK VRIJKOMEND STORTSTEEN TER PLAATSE OF IN EEN ANDER (WATERBOUW)PROJECT

BESCHRIJVING - Hoe ziet dat eruit?

In referentie MKI-berekeningen heeft stortsteen heeft een dominante milieu-impact. Door stortsteen ter plaatse of in een ander nabijgelegen (waterbouw)project toe te passen kan aanzienlijke milieu-impact worden bespaard.



TOELICHTING - Wat gaat nu niet goed/ wat kan beter?

Beperkt hergebruik stortsteen

Stortsteen wordt nu zeer beperkt tot niet hergebruikt, omdat:

- Normen een certificaat van een groeve vereisen als bewijsvoering voor geschiktheid (zie hieronder), waardoor een aannemer niet anders kan dan nieuwe stenen toe te passen;
- Stortsteen hergebruiken meer tijd en geld kosten voor het sorteren, verwijderen van zand en grind en het beproeven en keuren op technische specificaties en milieuhygiëne).

Voorbeeld: Overnachtingshaven Spijk

Met hergebruik van stortsteen kunnen echter aanzienlijke milieubesparingen worden gerealiseerd. Zo droeg het stortsteen in de referentieberekening van de Overnachtingshaven Spijk voor 50% bij aan de totale MKI. Bij de aanbesteding van de Overnachtingshaven Spijk zijn daarom de eisen verruimd waarbij de aannemer op met keuringen (metingen) in plaats van met een certificaat van groeve de geschiktheid voor toepassing kon aantonen. Daarnaast kreeg de aannemer ook een prikkel om het stortsteen ter plaatse her te gebruiken middels een duurzaamheidsdoelstelling in een BVP-contract²⁶.

Beperkende normen

Rijkswaterstaat heeft recentelijk de “Richtlijn Ontwerp Waterbouw” uitgebracht. Hierin wordt voor de stortsteen toepassingen verwezen naar de normen voor waterbouwsteen:

- NEN-EN 13383-1 Waterbouwsteen – Deel 1: Specificatie; 2015
- NEN-EN 13383-2 Waterbouwsteen – Deel 2: Beproevingmethoden; 2017
- CUR683 The Rock Manual, The use of rock in hydraulic engineering 2nd Edition, CIRIA, CUR, CETMEF, London; 2007
- CUR683 The Rock Manual – errata; 2017
- CUR 5180 Nederlandse aanvulling op NEN-EN 13383-1; 2004
- BRL 9312 Waterbouwsteen voor toepassing in GWW-werken; 2007
- BRL 9312 Wijzigingsblad.
- BRL 9324 Groevesteen

In deze normen worden standaard sorteringen stortsteen gebruikt, uitgaande van nieuwgewonnen steen in een groeve.

²⁶ Bij Best Value ligt het prijsniveau vast en concurreren aanbieders op het leveren van zoveel mogelijk waarde c.q. kwaliteit

IMPACT - *Wat is de impact van kans op kosten en milieu?*

Op de bodem van de sluis wordt 800-1200 kg/m² stortsteen toegepast, afhankelijk van de hydraulische belastingen op de bodemverdediging.

Kosten

De kosten voor het hergebruiken van stortsteen zijn niet exact bekend, maar zijn hoger op kleinere schaal door de kosten voor het zeven, keuren/certificeren van partijen en afvoer van de uitgezeefde delen. Op grotere schaal kan dit echter efficiënter en kan er geconcurrereerd worden met de prijs voor het invoeren van nieuw stortsteen uit het buitenland. Bij structurele stimulering zullen de kosten voor het hergebruik van stortsteen ook afnemen, omdat aannemers gaan investeren in efficiëntere werkprocessen.

Milieu

Voor de casus van Overnachtingshaven Spijk besloeg het leveren en aanbrengen van nieuw stortsteen 50% van de MKI. De grootste bijdrage daarin is de benodigde energie om het aanzienlijke gewicht uit het buitenland te halen. Als dat niet nodig is kan de MKI met factor 2 of meer dalen.

IMPLEMENTATIE - *Wat is nodig om tot implementatie van de kans te komen?*

INNOVEREN / UNIFORMEREN / PRODUCEREN

Norm herzien en structureel prikkelen met een BVP-doelstelling of EMVI-criterium

Met de Overnachtingshaven Spijk ligt er een concrete casus hoe hergebruik van stortsteen gestimuleerd kan worden. Om dit op te schalen is allereerst een herziening van de bewijsvoering van de geschiktheid van stortsteen nodig. Nu kan dat standaard alleen met een certificaat van een groeve, wat hergebruik blokkeert. Daarnaast is een structurele prikkel nodig om aannemers te stimuleren stortsteen her te gebruiken, afhankelijk van de contractvorm. Dit kan bijvoorbeeld een BPKV-criterium zijn met MKI-berekening met voldoende weging. Of een duurzaamheidsdoelstelling in een BVP-contract, zoals de formulering voor de Overnachtingshaven Spijk: 'Optimaliseer de duurzaamheidsprestaties voor de gehele levensduur van de haven. Prioriteiten daarbij zijn de duurzaamheidsdoelstellingen van RWS (Energie en klimaat, Circulaire economie en Duurzame Gebiedsontwikkeling).'

KANS 6 - GROENE KOLK MET HERGEBRUIKT STORTSTEEN

BESCHRIJVING - Hoe ziet dat eruit?

Een groene kolk bespaart de toepassing van kolkwanden. In plaats van kolkwanden wordt een talud gegraven en bedekt met geotextiel en stortsteen. Tevens worden er remmingwerken aangelegd om de schepen in het midden van de kolk te houden. De groene kolk is minder geschikt voor beroepsvaart (vanwege langere nivelleringsstijd, grotere schutverliezen en uitspoelend stortsteen) en dus met name te overwegen voor sluisen voor recreatieve vaart.



Figuur 7: Sluis met stenen wanden



Figuur 8: Groene kolk met taluds

Een groene kolk bespaart de toepassing van kolkwanden. In plaats van kolkwanden wordt een talud gegraven en bedekt met geotextiel en stortsteen. Tevens worden er remmingwerken aangelegd om de schepen in het midden van de kolk te houden. De groene kolk is minder geschikt voor beroepsvaart (vanwege langere nivelleringsstijd, grotere schutverliezen en uitspoelend stortsteen) en dus met name te overwegen voor sluisen voor recreatieve vaart.

TOELICHTING - Wat gaat nu niet goed/ wat kan beter?

Bij een groene kolk worden de wanden uitgevoerd als taluds. Dit wordt momenteel weinig gedaan, vanwege:

- Groter ruimtebeslag (bij talud 1:2 met diepte 7,5 meter komt er 30 meter in doorsnede bij)
- Langere nivelleringsstijd (van bijvoorbeeld 45 naar 50 min), die in veel gevallen ook beperkt kan worden gecompenseerd met zwaardere nivelleringswerken
- Grotere schutverliezen of groter energieverbruik om het schutverlies terug te pompen
- Uitspoelend stortsteen dat vast komt te zitten tussen de sluisdeuren en ook periodiek moet worden bijgestort
- Open bodem is soms niet acceptabel in omgeving door grondwaterstandswisselingen naast de sluis (effect op bouwwerken van derden of grondwaterbescherming)

De groene kolk wordt soms wel uitgevoerd uit oogpunt van ruimtelijke kwaliteit, bijvoorbeeld de Wilhelminasluis nabij Andel. Vanwege bovenstaande situaties is de groene kolk met name kansrijk voor recreatieve vaart. Het areaal van RWS bestaat met name uit beroepsvaart, maar ook enkele recreatieve sluisen zoals de Volkeraksluis nabij Willemstad.

IMPACT - Wat is de impact van kans op kosten en milieu?

Varianten

De verschillen in LCC en MKI (LCA) zijn berekend van de volgende varianten (zie tabel). Daarbij zijn niet de volledige objecten gemodelleerd, maar alleen de objectdelen die verschillen tussen de varianten. De stalen combiwand met toeslag uit maatregel 1 is gekozen als referentie. De beschouwingsperiode is 100 jaar.

Variant	Belangrijkste parameters	LCC (€)	MKI (€)
1. Stalen damwanden (referentie)	<ul style="list-style-type: none"> Damwanden 100 kg/m² (AZ26-700) Conservering: toeslagdikte 2 mm 	561.734	13.637
2a. Groene kolk	<ul style="list-style-type: none"> Talud 1:2 met breuksteen 600 kg/m² Gewapend polypropyleenvlies Remmingwerken van Azobé en staal Extra wand sluishoofd: stalen combiwand Geen additioneel energieverbruik (vullen sluis door verval) 	796.089	21.485
2b. Groene kolk met hergebruikt stortsteen	Idem als 2a, maar met hergebruikt i.p.v. nieuw stortsteen	niet berekend	12.457

De volledige parameters van de varianten zijn in te zien in Bijlage A4 / A5 (Excel).



Kosten

De groene kolk is ruim 40% duurder dan een stalen damwand met toeslag als kolkwand (100 kg/m² in totaal). De kostenbesparing komt hoofdzakelijk voort uit de besparing van staal. De LCC met hergebruikt stortsteen is niet berekend, omdat de kosten zowel positiever als negatiever kunnen zijn afhankelijk van de aanbieder van de aannemer. Zie kans 5, het voorbeeld de overnachtingshaven van Spijk.

Milieu

De groene kolk met hergebruikt stortsteen is een kleine 10% gunstiger dan een kolk met een stalen damwand. Wanneer nieuw stortsteen wordt toegepast, is de milieu-impact groter dan bij een stalen damwand. De milieu-impact van het staal (gewicht damwand per m²) en de breuksteen (hergebruik of niet) is hierin dominant en doorslaggevend.

IMPLEMENTATIE - Wat is nodig om tot implementatie van de kans te komen?

INNOVEREN / UNIFORMEREN / PRODUCEREN

Kritisch evalueren van eisen in de planfase

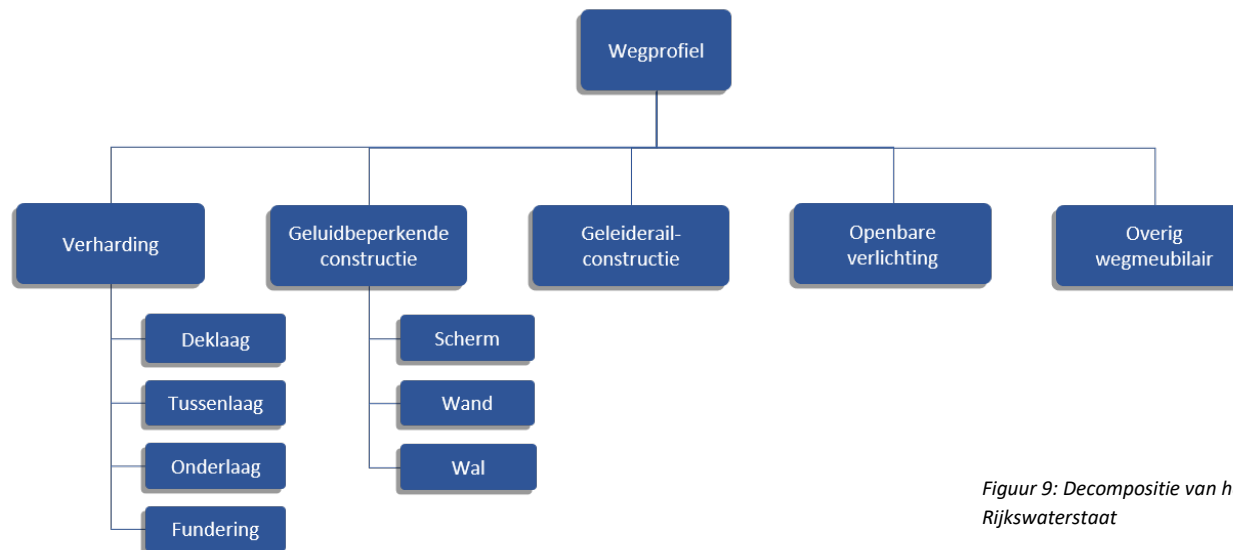
Een groene kolk is reeds een veel voorkomende variant in planfasen (MIRT) en wordt in enkele gevallen reeds in de praktijk toegepast. Tijdens de variantenafweging in een Verkenning (onderdeel MIRT) komt een groene kolk al vaak gunstig uit op levensduurkosten, buiten eventuele grondverwerving. Toch valt de groene kolk vaak af vanwege harde eisen of randvoorwaarden voor wat betreft het ruimtebeslag (met eventuele grondverwerving en dus risico's) en de langere nivelleringsstijd. Evalueer kritisch of dergelijke eisen en randvoorwaarden niet te risicovol zijn en of een eis als de nivelleringsstijd voor de recreatieve vaart niet ruimer genomen kan worden (bijvoorbeeld van 10 naar 15 minuten). Versoepel als mogelijk deze eisen en evalueer of het criterium milieu zwaarder moet wegen.

5 CIRCULAIR WEGSYSTEEM

5.1 DECOMPOSITIE VAN HET WEGSYSTEEM

Om aangrijpingspunten voor circulaire maatregelen te identificeren, is een decompositie van het wegsysteem gehanteerd zoals gegeven in Figuur 9²⁷. Het wegsysteem wordt ingericht op basis van 5 hoofdcomponenten: verharding, geluidbeperkende constructie, geleiderailconstructie, openbare verlichting (OVL) en het overige wegmeubilair (e.g. sensing, portalen, hemelwaterafvoer). In de afbeelding is onder de hoofdcomponent “overig wegmeubilair” geen verder opdeling gegeven, omdat dit een restcomponent betreft.

In het geval van de verharding gaat de decompositie nog verder. Voor de verharding onderscheiden we vier lagen: deklaag, tussenlaag, onderlaag en fundering. Asphalt is daarbij verantwoordelijk voor 88% van het materiaalgebruik in wegenprojecten²⁸.



²⁷ De decompositie is gebaseerd op de Objecttypenbibliotheek van Rijkswaterstaat, maar betreft een vereenvoudigde weergave van de decompositie ten behoeve van dit onderzoek.

5.2 MAATREGELEN VOOR CIRCULAIRE WEGEN

Aan de hand van verschillende afgeronde en lopende trajecten binnen Rijkswaterstaat met betrekking tot het wegsysteem, zijn 31 circulaire maatregelen geïdentificeerd. Voor het identificeren van circulaire maatregelen is de documentatie van onder andere de volgende trajecten geraadpleegd:

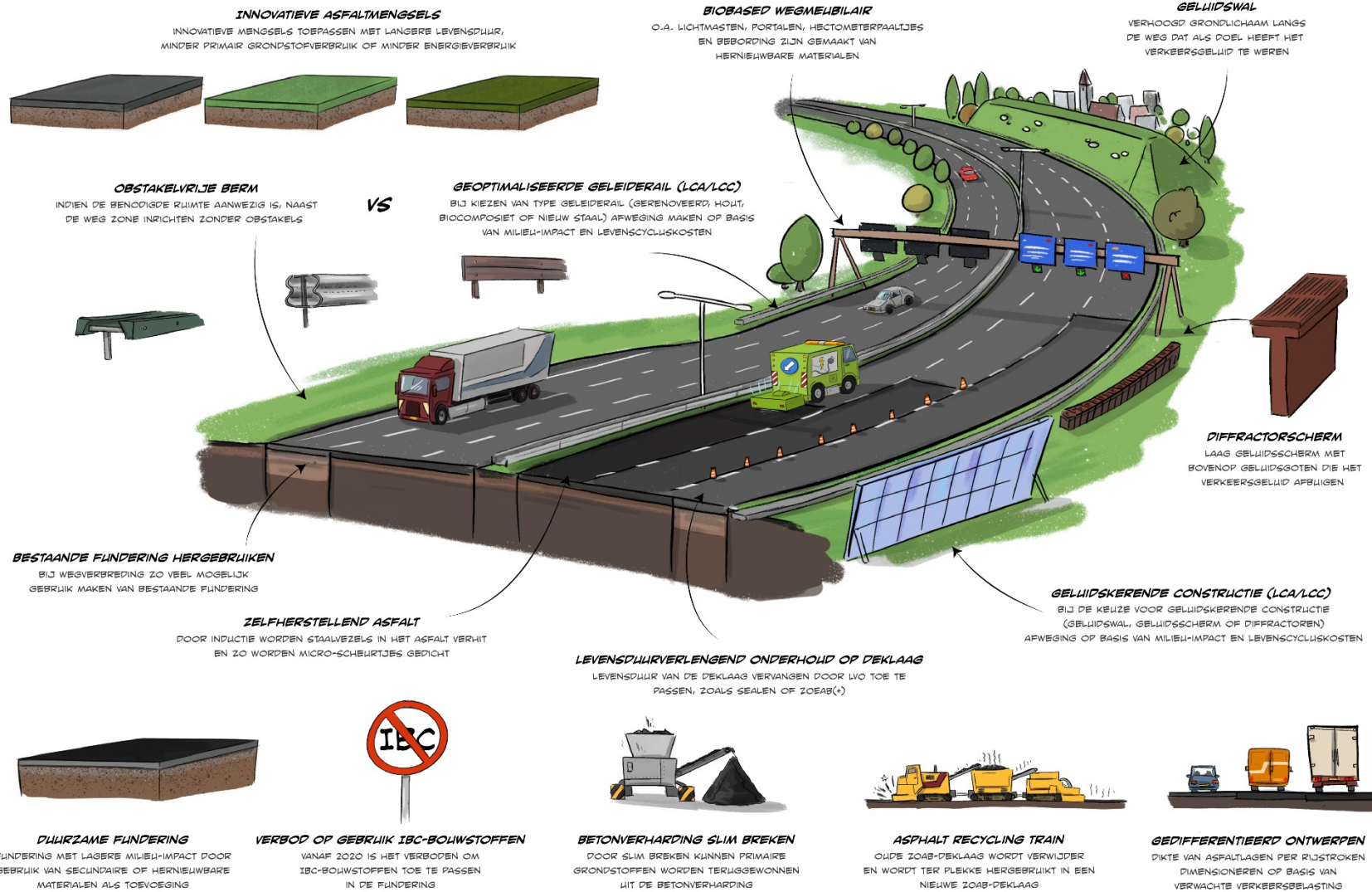
- Circulair wegmeubilair;
- Prijsvraag Asphalt;
- Transitiepad wegverharding;
- Project InnovA58 en Living Lab InnovA58.

Per maatregel is bezien welk circulair ontwerpincipe van toepassing is en bij welke component van het wegsysteem deze aansluit. Bij het categoriseren van de maatregelen is onderscheid gemaakt in ‘bestaande wegsystemen’ en ‘nieuwe wegsystemen’. Een overzicht is opgenomen in navolgende figuur.

Figuur 9: Decompositie van het wegsysteem van Rijkswaterstaat o.b.v. objecttypenbibliotheek van Rijkswaterstaat

²⁸ Strategie IenW: Naar klimaatneutrale en circulaire Rijksinfrastructuurprojecten (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2019)

CIRCULAIRE MAATREGELEN VOOR WEGEN



Bestaand wegsysteem

In navolgende tabel zijn de circulaire maatregelen opgenomen met betrekking tot een bestaand wegsysteem. Voor deze maatregelen zijn de volgende circulaire ontwerpprincipes relevant²⁹:

- verlengen levensduur;
- duurzaam hergebruik van bestaande objecten en materialen.

Component	Principe	Maatregel
Verharding	Verlengen levensduur	1. In zelfherstellend asfalt zijn staalvezels verwerkt die m.b.v. inductie worden verhit waardoor micro-scheurtjes in het asfalt worden gedicht.
		2. Verjongingscrème voor asfalt zorgt ervoor dat het bitumen in het asfalt wordt verjongd en gaat zo slijtage tegen en verlengt de levensduur van het asfalt.
		3. De onderhoudstechniek ZOAB herstelt een gerafelde ZOAB-deklaag en helpt de stroefheid van de deklaag te verbeteren.
	Duurzaam gebruik van bestaande objecten en materialen	4. M.b.v. de Asphalt Recycling Train is het mogelijk om de aanwezige ZOAB-deklaag ter plekke voor 100% her te gebruiken in een nieuwe deklaag ZOAB
		5. Door beton(verharding) slim te breken kunnen primaire grondstoffen worden teruggewonnen die weer worden hergebruikt. Het is ook mogelijk om cement terug te winnen.
		6. Indien milieu-hygiënisch verantwoord, opgebroken menggranulaat hergebruiken als hydraulisch menggranulaat of met bitumenemulsie opwerken tot een vormgegeven fundering.
Geleiderail-constructie	Duurzaam gebruik van bestaande objecten en materialen	7. Met RenoRail worden bestaande stalen geleiderails hergebruikt door deze te ontzinken en vervolgens opnieuw te verzinken.
Overig wegmeubilair	Duurzaam gebruik van bestaande objecten en materialen	8. Hergebruik van borden of portalen op andere locaties om zo nieuwe borden of portalen uit te sparen.

²⁹ Deze circulaire ontwerpprincipes zijn van toepassing op de geïdentificeerde maatregelen. Het is mogelijk dat ook andere ontwerpprincipes relevant zijn, maar hiervoor zijn geen passende maatregelen geïdentificeerd.

Nieuw wegsysteem

In de navolgende tabel zijn de circulaire maatregelen opgenomen met betrekking tot een nieuw wegsysteem. Voor deze maatregelen zijn de volgende circulaire ontwerpprincipes relevant³:

- ontwerp toekomstbestendig;
- ontwerp voor optimaal beheer en onderhoud;
- ontwerp voor duurzaam materiaalgebruik;
- ontwerp voor minimaal grondstof- en energieverbruik in aanleg- en gebruiksfase.

Bij het realiseren van een nieuw wegsysteem is sprake van zowel waardebehoud (van producten, materialen en grondstoffen) als het creëren van waarde.



Component	Principe	Maatregel
Wegprofiel	Ontwerp voor meerdere levenscycli	9. Verbod op gebruik van IBC-bouwstoffen (isoleren, beheersen en controleren) per 2020 in fundering om toekomstig hergebruik mogelijk te maken.
	Ontwerp voor duurzaam materiaalgebruik	10. Bij het maken van een nieuw ontwerp voor het wegprofiel (fundering + verharding) rekening houden met bestaande fundering om zo tot optimaal hergebruik van de bestaande fundering te komen.
		11. Bij gedifferentieerd ontwerpen wordt het wegprofiel ontworpen op basis van de (verwachte) belasting en wordt bespaard op materialen.
Verharding	Ontwerp toekomstbestendig	12. Met het toevoegen van epoxybitumen in asfalt ter vervanging van het reguliere bitumen, kan een tweemaal zo lange levensduur worden bereikt in vergelijking met regulier asfalt.
	Ontwerp voor duurzaam materiaalgebruik	13. Het reguliere bitumen in asfalt wordt vervangen door biobased bitumen , bijvoorbeeld lignine.
		14. Gebruikt asfalt kan d.m.v. partiële recycling worden ingezet in nieuw asfalt. Hierbij is hoogwaardig hergebruik mogelijk (in zelfde asfaltlaag worden hergebruikt) of laagwaardig (toepassing in een laagwaardigere asfaltlaag).
		15. Toepassing van gereinigde granulaten in STAB , Deze granulaten zijn afkomstig van verschillende reststromen en het gebruik ervan zorgt ervoor dat het gebruik van primaire grondstoffen wordt teruggedrongen.
		16. AGRAX is een variant van AGRAC, in dit geval is het bindmiddel echter vervangen door een biobased bindmiddel. Daarnaast zorgt het gebruik van AGRAX voor de fundering ervoor dat een dunnere deklaag benodigd is.
		17. Door geopolymeren in beton toe te passen wordt gebruik gemaakt van secundaire bouwstoffen en daarnaast wordt de CO ₂ -stoot gereduceerd.
		18. Funderingsmateriaal met lichte stijfheid en constructieve waarde om de bovenliggende verharding dunner te dimensioneren.

Component	Principe	Maatregel
	Ontwerp voor minimaal grondstof- en energieverbruik in aanleg- en gebruiksfase	<p>19. Lage temperatuur asfalt (LTA) wordt geproduceerd bij een lagere temperatuur dan regulier asfalt, en is van toepassing op zowel tussen- en onderlagen als deklagen.</p> <p>20. Door het toevoegen van wapening aan asfalt wordt het asfalt versterkt en is minder asfalt benodigd.</p>
Geluidswerende constructie	Ontwerp voor duurzaam materiaalgebruik	<p>21. Het Greenwall-geluidsscherm is een funderingsloos geluidsscherm dat bestaat uit een stalen kooiconstructie, ingelegd met kokosdoek en gevuld met een speciaal ontwikkeld substraat voor de beplanting.</p> <p>22. BioBlocks zijn duurzame turven uit rietplagsel en kraggen en kunnen worden ingezet als bouwstenen voor een geluidsscherm.</p> <p>23. Een geluidswal is een verhoogd grondlichaam langs de kant dat als doel heeft het geluid van de weg te weren. Een geluidswal kan worden opgebouwd m.b.v. gebiedseigen grond en heeft geen fundering nodig.</p> <p>24. Door het toepassen van diffractoren wordt het geluid (gedeeltelijk) afgebogen en is minder geluidsscherm nodig om het geluid te weten.</p>
Geleiderail-constructie	Ontwerp voor duurzaam materiaalgebruik	<p>25. In een biocomposiet geleiderail is het staal vervangen door biocomposiet, waardoor minder primaire grondstoffen benodigd zijn.</p> <p>26. In een houten geleiderail wordt het reguliere staal vervangen door hout, een biobased materiaal. Daarnaast houdt dit type geleiderail CO₂ vast.</p>
Openbare Verlichting	Ontwerp voor optimaal beheer en onderhoud	27. In plaats van lichtmasten uit te vragen kan er worden gekozen voor 'light as a service' : hierbij wordt verlichting gezien als een dienst i.p.v. een product.
	Ontwerp voor duurzaam materiaalgebruik	28. Een biocomposiet lichtmast wordt gemaakt van natuurvezelmatten en een biobased polyesterhars. De mast is net zo sterk en haalt een net zo lange levensduur als een traditionele/stalen lichtmast.
Overig wegmeubilair	Ontwerp voor optimaal beheer en onderhoud	29. Een biobased boomankersysteem vervangt houten boompalen en verteert na enkele jaren waardoor het niet noodzakelijk is om het systeem na einde levensduur uit de grond te halen.
	Ontwerp voor duurzaam materiaalgebruik	30. Een (semi) houten portaal is gemaakt waarbij de kern eventueel van staal is.
		31. Het overige biobased wegmeubilair binnen het wegsysteem (zoals bebording, hemelwaterafvoer en bankjes) bestaat uit hernieuwbare (biobased) materialen i.p.v. primaire grondstoffen.

5.3 IMPACT EN IMPLEMENTATIE VAN KANSRIJKE EN IMPACTVOLLE MAATREGELEN

Voor het selecteren van kansrijke maatregelen is gekeken naar: overlap tussen de verschillende maatregelen of waar de maatregelen elkaar aanvullen vanuit het oogpunt van circulariteit. Daarnaast is ook de verwachte impact op het areaal van Rijkswaterstaat meegenomen. De volgende vijf *maatregelen* zijn in het volgende hoofdstuk navolgend nader uitgewerkt. Daarin zijn circulaire maatregelen als voorgaand beschreven opgenomen:

1. **Ontwerp wegprofiel (tracé)** - Ontwerp het wegtracé toekomstbestendig en benut bij wegverbreding het bestaande tracé;
2. **Nieuwe wegverharding** - Stuur op een lage milieu-impact van de asfaltlagen door gebruik van 'innovatieve' asfalmengels;
3. **Onderhoud wegverharding** - Verleng de levensduur en optimaliseer onderhoud deklaag mede o.b.v. LCA;
4. **Geluidwering** - Ontwerp en realiseer geluidbeperkende constructies mede op basis van LCA/LCC;
5. **Geleiderail (bermbeveiliging)** - Richt een berm veilig in op basis van LCA/LCC.

KANS 1 – ONTWERP HET WEGTRACÉ TOEKOMSTBESTENDING EN BENUT BIJ WEGVERBREDING HET BESTAANDE TRACÉ

BESCHRIJVING - Hoe ziet dat eruit?

Het ontwerp van het wegtracé kan grote impact hebben op de hoeveelheid gebruikte grondstoffen. Nавolgend enkele opties om deze hoeveelheid over de levensduur te beperken.

Benutten (inpassen) bestaande tracé

Bij een verbredingsopgave van bestaande wegen kan worden onderzocht wat de mogelijkheden zijn om het bestaande wegprofiel zoveel mogelijk te volgen en op deze manier de bestaande wegverharding te behouden en benutten. Dit geldt ook voor de inpassing van bestaande kunstwerken en het hergebruik van aanwezig wegmeubilair zoals de geleiderails en verlichting.

Symmetrisch of asymmetrisch verbreden op de A58³⁰

Voor de A58 is onderzocht wat vanuit het oogpunt van circulariteit de beste optie is om de weg te verbreden: symmetrisch verbreden, waarbij aan beide zijden de weg verbreed wordt en de asligging hetzelfde blijft, of asymmetrisch verbreden. Bij asymmetrisch verbreden verschuift de asligging en wordt aan één zijde de weg verbreed.

Bij het verbreden van de A58 was het mogelijk om met symmetrisch verbreden 5/8 van de fundering te behouden en her te gebruiken, terwijl bij asymmetrisch maar de helft kon worden hergebruikt. Vanuit het oogpunt van voorkomen van materiaalgebruik is gekozen om de A58 symmetrisch te verbreden.



Optische vezels in wegverharding voor meten van materiaalkwaliteit

Met behulp van sensoren kan de kwaliteit van de wegverharding worden gemonitord. In het verleden zijn testen uitgevoerd met het toepassen van optische vezels. Deze optische vezels reageren op thermische en mechanische trek van het asfalt. Op basis van de hoeveelheid trek kan worden bepaald wat de asfaltkwaliteit is en of vervanging dan wel reparatie noodzakelijk is. Het gebruik van deze optische vezels (net als andere sensoren) is in de beginfase. Meer onderzoek is daarom wenselijk, onder meer ook naar de impact op het hergebruik van het asfalt.

Toekomstbestendig tracé

Bij de aanleg van een nieuw tracé en ook de aanpassing van een bestaand tracé kan rekening worden gehouden met toekomstige ontwikkelingen in het gebruik. Dit om te voorkomen dat het tracé een vroegtijdige einde gebruiksduur kent. Een toekomstige ontwikkeling is dan bijvoorbeeld: meer verkeer op de weg, en in het bijzonder meer vrachtverkeer. Het toekomstbestendig maken van het tracé kan bijvoorbeeld door het reserveren van de benodigde ruimte voor verdere wegverbreding. Door het zwaarder dimensioneren van de verharding kan geanticipeerd worden op extra belasting door toekomstig vrachtverkeer (zie ook kader). Belasting door vrachtverkeer is veelal maatgevend voor de levensduur van de verhardingsconstructie.

Zwaarder dimensioneren van rechterrijstrook?!

De gemiddelde levensduur van duurzaam ZOAB op de linkerrijstrook is 17 jaar, terwijl deze op de rechterrijstrook 'maar' 11 jaar is³¹. Dit komt doordat de rechterrijstrook zwaarder wordt belasting door het verkeer, met name vrachtverkeer. De belasting van een vrachtwagen van 50 ton staat gelijk aan de belasting van 200.000 personenauto's. Indien het aanpakken van het vrachtverkeer niet direct een mogelijkheid is, dan kan worden gekozen om de weg, of een deel ervan, zwaarder te dimensioneren. Zo kan de levensduur worden verlengd en hoeft minder vaak de wegverharding te worden vervangen.

³⁰ InnovA58: Circulair Ontwerp (conceptrapportage, Witteveen+Bos, 2018)

³¹ <https://www.rijkswaterstaat.nl/wegen/wegbeheer/aanleg-wegen/zoab.aspx>

TOELICHTING - Wat gaat nu niet goed/ wat kan beter?

Zowel voor het benutten van het bestaande tracé (in geval van wegverbredingen) als voor het toekomstbestendig maken van het tracé zijn oorzaken te benoemen die ervoor zorgen dat 'circulariteit' onvoldoende wordt meegenomen in het tracé-ontwerp.

Benutten bestaande tracé

Inzicht in kwaliteit van materialen of constructie ontbreekt

De kwaliteit van de aanwezige constructies / materiaal is veelal onbekend. Met behulp van berekeningen en aannames wordt een inschatting gemaakt wat de kwaliteit is. Het is mogelijk dat de kwaliteit van het materiaal beter is dan men heeft berekend. Uit het oogpunt van zekerheid kiest men er dan toch voor om nieuw materiaal te gebruiken waarvan men de kwaliteit kent.

Focus ligt bij ontwerpen op inpassing en kosten

Primaire aandacht bij het tracé ontwerp is de inpassing in de bestaande omgeving en welke kosten hiermee gemoeid zijn. Dat dit ook anders kan, laat het voorbeeld van de A58 zien (zie eerder kader).

Toekomstbestendig ontwerpen van tracé

Toekomstbestendigheid refereert zowel aan de functie van het wegsysteem als aan het (her)gebruik van materialen in het tracé. De redenen dat het toekomstbestendig maken van het tracé nog onvoldoende wordt meegenomen heeft diverse oorzaken.

Hoge mate van complexiteit met veel stakeholders

De verkenning en planuitwerking van MIRT-projecten kenmerkt zich door een hoge mate van complexiteit, mede door de aanwezigheid van veel stakeholders in deze fases. Bij het ontwikkelen en kiezen van alternatieven en varianten spelen dan ook vele belangen en afwegingen. Circulariteit sneeuwt in deze complexiteit makkelijk onder.

Ontbreken van criterium 'circulariteit' in afwegingskader

Bij het afwegen van de alternatieven worden deze op verschillende criteria beoordeeld, in de huidige praktijk veelal nog niet op circulariteit. In de vroege fasen van projecten ontbreekt het, in het algemeen, aan inzichten in materiaalhoeveelheden om een afweging te kunnen maken op circulariteit. Op deze manier blijft circulariteit bij algemene principes, zoals het reduceren van materiaalgebruik, inzet van duurzame materialen of het toekomstbestendig maken van het ontwerp. Het scoren van de alternatieven ten opzichte van elkaar is hierdoor maar in beperkte mate mogelijk.

Uniforme aanleg van de weg de standaard bij wegenprojecten

Voor het aanleggen van de weg is het 'makkelijker' om voor de gehele rijbaan eenzelfde opbouw aan te leggen in plaats van de verschillende rijstroken anders te dimensioneren. Zo kan dan bijvoorbeeld in een later stadium met behulp van markering de precieze positie van de rijstroken worden aangegeven, terwijl bij gedifferentieerd dimensioneren hier bij de aanleg van de fundering en verharding al rekening mee moet worden gehouden.

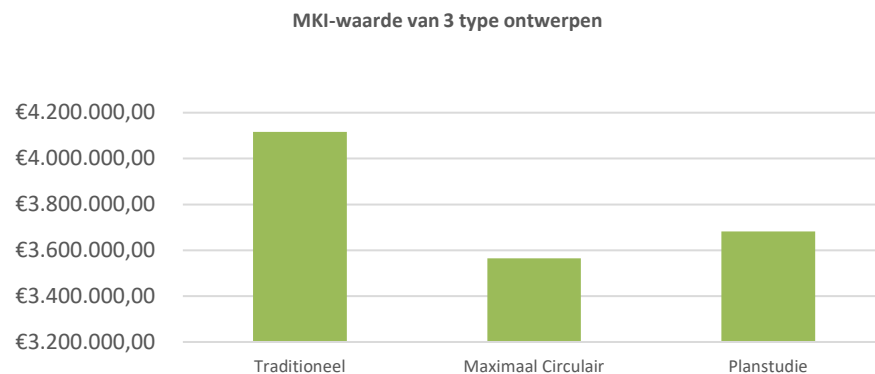
Robuuster ontwerpen brengt extra kosten met zich mee

De keuze om robuust te ontwerpen kan gebaseerd zijn op toekomstscenario's waarbij meer en/of zwaarder verkeer wordt verwacht. Dit betreffen verwachte ontwikkelingen in de toekomst, terwijl op het moment van ontwerpen de noodzaak om robuuster te ontwerpen niet aanwezig is. Hierdoor zouden extra kosten moeten worden gemaakt vanwege het extra materiaalgebruik. Vanwege de onzekerheid met betrekking tot de toekomstscenario's of beperkt budget kan er worden gekozen om het wegontwerp op het betreffende moment niet robuuster te maken.

IMPACT - Wat is de impact van kans op kosten en milieu?

Milieu

Circulair ontwerpen van een weg-tracé kan een aanzienlijke impact hebben op de hoeveelheid gebruikte grondstoffen en daarmee op de milieu-impact. Zo leidt 'robuust ontwerpen' tot extra materiaalgebruik bij de aanleg hetgeen zich in de toekomst moet terugverdienen omdat dan voor aanpassingen minder of geen materialen nodig zijn. Bij de inpassing van bestaande constructies kan aanzienlijk bespaard worden op materiaalgebruik. Bijkomend is dan wel dat de bestaande constructies wellicht meer onderhoud vragen dan nieuw aangelegde constructies. Ter illustratie is in Figuur 10 de MKI-waarde gegeven voor drie ontwerpen voor de A58: een traditioneel ontwerp, een maximaal circulair ontwerp en een ontwerp volgens de planstudie³². Daaruit blijkt dat de MKI van de maximaal circulaire variant, een aanzienlijke gunstigere MKI-waarde heeft.



Figuur 10: Milieu-impact (MKI) voor wegontwerp volgens traditioneel ontwerp, maximaal circulair ontwerp en ontwerp uit de planstudie

³² Factsheets: Lessons Learned InnovA58 (Witteveen+Bos, 2019)

Kosten

Voor kosten geldt hetzelfde als voor de milieu-impact: afhankelijk van het gekozen circulaire principe kan er sprake zijn van meer of minder kosten in de aanlegfase en/of tijdens de levensduur. Een LCC-berekening kan uitsluitsel geven over de levensduur kosten van verschillende varianten. Vanwege de onzekerheid met betrekking tot de toekomstscenario's of beperkt budget kan worden gekozen om niet bij de aanleg al te investeren in een robuuster ontwerp maar toekomstige ontwikkelingen niet 'onmogelijk' te maken, bijvoorbeeld door tuimtereservering.

IMPLEMENTATIE - Wat is nodig om tot implementatie van de kans te komen?

INNOVEREN / UNIFORMEREN / PRODUCEREN

MIRT en V&R-projecten: circulair wegtracé in opdrachtverlening

In verkenningen en planstudies kan worden uitgevraagd dat voor wegen een alternatief / variant met een LCC/LCA wordt ontwikkeld en afgewogen die:

- Geoptimaliseerd is ten opzichte van het bestaande tracé: weg en kunstwerken en/of
- Eenvoudig uitbreidbaar is met een extra rijstrook en/of
- Afgestemd is op toekomstige belasting.

Bij het optimaliseren van het wegontwerp moet onderzocht worden hoe behoud van bestaande objecten mogelijk is. Bij de uitvoering moet de eventueel benodigde ruimte voor aanpassingen daadwerkelijk gereserveerd worden. Ruimtereservering betekent dat geen fysieke / juridische of inpassingsobstakels voor de uitbreiding aanwezig zijn.

Niet alleen in de planfase, maar ook gedurende de levensduur moet de ruimte voor uitbreiding vrijgehouden worden: naast de weg aan weerszijden altijd [X] m vrijhouden voor uitbreiding.

In de verkenningsfase sturen op circulariteit met inzet van DuboCalc en objectenbibliotheek

De impact van (circulaire) alternatieven/varianten kwantitatief maken kan door gebruikmaken van DuboCalc in de verkenningsfase (en de fase die daarop volgen). Op dit moment worden bouwblokken (objectenbibliotheek) ontwikkeld om relatief snel en eenvoudig de milieu-impact van verschillende alternatieven in vroege projectfasen in kaart te brengen³³.

Beheerders bepalen kwaliteit wegverharding voor hergebruik tijdens reguliere inspecties

Bij wegverbredingen is het belangrijk om inzichtelijk te hebben wat de kwaliteit is van de bestaande weg. Nu wordt deze inventarisatie gedaan tijdens of na de aanbestedingsfase, veelal door de aannemer. Dit betekent dat vaak pas tijdens de uitvoering duidelijk is wat mogelijk is qua hergebruik. Door de beheerders tijdens inspecties ook de kwaliteit voor hergebruik te laten bepalen is te allen tijde inzichtelijk wat mogelijk is qua hergebruik en kan deze informatie mee worden genomen in de verkenningsfase, en niet pas in de realisatiefase.

Optische vezels in wegverharding voor meten van materiaalkwaliteit

Het toepassen van sensoren kan ervoor zorgen dat de kwaliteit van de wegverharding inzichtelijk kan worden gemaakt. In het verleden zijn al testen uitgevoerd met het toepassen van optische vezels om de kwaliteit van het asfalt te meten. Het gebruik van dergelijke vezels is nog niet de standaard, meer onderzoek is nodig. Daarnaast moet ook worden gekeken naar de inbedding in de richtlijnen: het gebruik van vezels moet geen negatief effect hebben op de asfaltkwaliteit. Aansluitend dient de (beheer)organisatie zijn werkzaamheden aan te laten sluiten op deze inzichten: in het beheer en onderhoud dient rekening te worden gehouden met de aanwezigheid van deze vezels, maar tegelijkertijd moeten de meetresultaten ook worden gebruikt om de kwaliteit van hergebruik te definiëren.

³³ Zie: DuboCalc voor MIRT (RHDHV, 2019)

KANS 2 - STUUR OP EEN LAGE MILIEU-IMPACT VAN DE ASFALTLAGEN DOOR HET GEBRUIK VAN 'INNOVATIEVE' ASFALTMENGELS

BESCHRIJVING - Hoe ziet dat eruit?

Bij aanleg of vervanging kan het toepassen van innovatieve asfaltmengsels kan ervoor zorgen dat de minder grondstoffen nodig zijn en de milieu-impact van de wegverharding wordt verlaagd. Navolgend enkele voorbeelden.

Producten met een langere levensduur

Producten met een langere levensduur hoeven minder vaak vervangen te worden wat over een projectlevensduur van 100 jaar 2 of 3 vervangingen kan schelen en daarmee ook het benodigde materiaalgebruik. Een ontwikkeling in de markt die hierbij aansluit is de toepassing van epoxybitumen als vervanging van het reguliere bitumen. In vergelijking met het reguliere bitumen heeft epoxybitumen een hogere milieu-impact, maar tegelijkertijd is de inschatting dat het gebruik ervan resulteert in een dubbele levensduur ten opzichte van het asfalt waarin bitumen is toegepast³⁴. Dit zorgt ervoor dat het asfalt bijvoorbeeld niet elke 10 jaar, maar elke 20 jaar moet worden vervangen. Over 100 jaar komt dit neer op een besparing van 5 vervangingen, inclusief het bijbehorende materiaal- en materieelgebruik.

Producten met minder (primaire) materiaalgebruik

Een andere aanpak is om het primaire materiaalgebruik te verminderen. Een alternatief is bijvoorbeeld het gebruik van biobased bindmiddel als vervanging van het reguliere bitumen. Een ander optie is het verhogen van het percentage hergebruikt asfalt in nieuw aan te leggen asfalt, in het bijzonder de deklagen. Met nieuwe technieken is het mogelijk om het bitumen in het oude asfalt, dat is verouderd door oxidatie, te verjongen om het daarna weer opnieuw te gebruiken in deklagen. Op deze manier is de belangrijkste bron voor toekomstig bitumen de weg zelf is. Voor het verjongingsmiddel kan weer een biobased product worden toegepast.

Producten met minder energieverbruik

Een derde mogelijkheid is het toepassen van producten waarbij minder energie nodig is voor de productie en/of aanleg van het asfalt. Verschillende aannemers passen lage-temperatuur asfalt (LT-asfalt) toe. Bij LT-asfalt wordt het asfalt niet geproduceerd bij een temperatuur van 160-170 °C, maar bij 130 °C of lager³⁵. Hierdoor is minder energie nodig om het asfalt te produceren. Een andere ontwikkeling is het hergebruiken van asfalt op locatie. Dit bespaart transport naar en van een verwerkingslocatie voordat het opnieuw kan worden toegepast. De Asphalt Recycling Train van Dura Vermeer is een voorbeeld waarbij asfalt ter plekke wordt verwerkt en opnieuw toegepast.

TOELICHTING - Wat gaat nu niet goed/ wat kan beter?

Partiële Recycling (PR) in deklagen tot voor kort niet toegestaan c.q. mogelijk

Tot voor kort was het niet toegestaan om Partiële Recycling toe te passen in deklagen. De kwaliteit van de deklagen zou onvoldoende zijn wanneer oud ZOAB zou worden toegepast in nieuwe ZOAB-deklagen. Dit vanwege het vuil dat in het oude ZOAB dat niet kan worden verwijderd. Met de komst van 2-laags ZOAB kunnen nieuwe eisen qua geluid worden gesteld aan het asfalt. Wanneer enkellaags ZOAB wordt hergebruikt als grondstof kon tot voor kort niet worden voldaan aan de geluidsreducerende prestaties van 2-laags ZOAB. Hierdoor was gebruikt enkellaags ZOAB geen optie om toe te passen in nieuw 2-laags ZOAB. Sinds kort is het echter mogelijk om door middel van *kneuzen en zeven* fracties uit enkelvoudig ZOAB toe te passen in 2-laags ZOAB.

³⁴ <https://www.cobouw.nl/infra/nieuws/2018/09/met-epoxy-in-de-bitumen-gaat-asfalt-zeker-dubbel-zo-lang-mee-101265065>

³⁵ <https://www.rijkswaterstaat.nl/zakelijk/innovatie-en-duurzame-leefomgeving/innovatie/innovatie-testcentrum/lage-temperatuur-asfalt-leab-pa.aspx>

Kwaliteit van materialen in wegen is onbekend

De huidige wegen worden gezien als belangrijkste bron voor het realiseren van toekomstige wegen, maar hierbij is het belangrijk om vooraf te weten wat de kwaliteit is van het materiaal in deze wegen. Indien de kwaliteit en de geschiedenis van het materiaal onbekend is, is het mogelijk dat het materiaal niet geschikt is voor hergebruik waardoor alsnog nieuwe, primaire grondstoffen moeten worden aangesproken om asfalt te produceren.

Ontbreken van locaties om asfalt te bewerken en geschikt te maken voor hergebruik

Het hergebruik van asfalt vraagt om een extra stap in het constructieproces: het bewerken van het asfalt om het geschikt te maken voor hergebruik. Veelal ontbreekt de fysieke ruimte om deze stap uit te voeren. De huidige asfaltlocaties zijn geschikt voor het opslaan van grondstoffen die nodig zijn voor de productie van asfalt, maar er is vaak niet de ruimte aanwezig om extra processen uit te voeren en de benodigde materiaalstromen (tijdelijk) op te slaan. Met Rijkswaterstaat of andere opdrachtgevers kan zodoende worden gekeken waar het wel mogelijk is om gebruikt asfalt te verwerken voordat het opnieuw kan worden toegepast. Deze opgave zou onderdeel kunnen zijn van de areaalstrategie van RWS. Belangrijk hierbij is dat dit een tijdelijke maatregel betreft om hergebruik van deklagen mogelijk te maken: op termijn zouden aannemers zelf moeten voorzien in dergelijke bewerkingslocaties.

Impact van innovatieve producten is onbekend

De toepassing van innovatieve producten zorgen voor voordelen, maar er zijn ook vragen over de (toekomstige) impact van deze producten. Juist omdat het innovaties zijn, is lang niet altijd bekend wat de precieze effecten zijn en welke maatregelen effectief zijn. Met name het hergebruik van materialen na einde levensduur is belangrijk bij het verbeteren van circulariteit. Ook bij het toepassen van een biobased bindmiddel is het onduidelijk of hergebruik van het asfalt nog mogelijk is, zeker in het geval wanneer dit asfalt vermengt raakt met het 'reguliere' asfalt. Hiervoor is onder meer het onderzoeksprogramma CHAPLIN van TNO in het leven geroepen om de voorwaarden van biobased bindmiddel te onderzoeken.

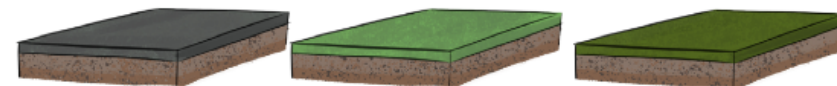
IMPACT - Wat is de impact van kans op kosten en milieu?

Bij het beoordelen van de impact op kosten en milieu ligt de focus op de drie oplossingsrichtingen zoals toegelicht in de beschrijving.

Producten met een langere levensduur

Producten die een langere levensduur hebben minder vervangingen nodig wat een besparing oplevert op zowel het materiaalgebruik als op kosten. Hier staat tegenover dat de initiële materiaalkosten verhoudingsgewijs hoger liggen, maar door vervangingen uit te sparen het over de gehele levensduur een besparing oplevert. Voor het gebruik van epoxybitumen wijzen de voorlopige testen uit dat een verdubbeling van de levensduur mogelijk is ten opzichte van regulier asfalt. Het gebruik van epoxybitumen zorgt wel voor een hogere MKI-waarde per ton asfalt en is ook duurder in vergelijking dan normaal bitumen. Doordat echter na 10 jaar geen vervanging nodig is, is de MKI-waarde over een levensduur van 20 jaar wel lager. De investering verdient zich door de dubbele levensduur zodoende zelf terug.

INNOVATIEVE ASFALTMENGSELS
INNOVATIEVE MENGSELS TOEPASSEN MET LANGERE LEVENSDUUR,
MINDER PRIMAIR GRONDSTOFVERBRUIK OF MINDER ENERGIEVERBRUIK



Producten met minder (primaire) materiaalgebruik

Het gebruik van minder materialen resulteert in principe in een lagere impact op het milieu: het toepassen van hernieuwbare grondstoffen en het terugwinnen van grondstoffen dient dan wel op te wegen tegen het winnen van nieuwe, primaire grondstoffen. Dit zou moeten blijken uit de MKI-waarde voor de maatregelen waarmee een aannemer inschrijft op een werk. Ook qua kosten wijzen de eerste bevindingen bij het hergebruik van asfalt in de deklagen uit dat deze lager zijn dan de referentiesituatie, ondanks de investeringen in asfaltcentrales om PR asfalt te kunnen produceren en de stappen die nodig zijn om het asfalt terug te winnen.

Producten met minder energieverbruik

Doordat minder energie benodigd is om lage temperatuurasfalt te produceren, levert dit bij de productie een besparing qua milieu als qua kosten op. Om dit mogelijk te maken zijn wel investeringen nodig geweest om de asfaltcentrales aan te passen of om nieuwe te ontwikkelen, maar gezien de meerwaarde van het product voor de klant en de hoeveelheden waarin het product kan of wordt toegepast, is het aantrekkelijk gebleken om deze investeringen te doen. Niet bekend is welke de kosteneffecten zijn voor Rijkswaterstaat.

IMPLEMENTATIE - *Wat is nodig om tot implementatie van de kans te komen?*

INNOVEREN / UNIFORMEREN / PRODUCEREN

Markt blijven uitdagen

Er is veel ontwikkelpotentie in de markt voor innovatieve verhardingsmaterialen. Dus daag de markt uit!

In projecten kan worden gestuurd op de mate van circulariteit in de MKI-berekeningen van inschrijvers³⁶. Belangrijk is om inschrijvingen te beoordelen op de MKI-waarde voor het gehele project en niet op de MKI-waarde per ton asfalt³⁷, omdat op deze manier niet het project als zijn geheel in oogschouw wordt genomen. Een aannemer kan bijvoorbeeld kiezen voor een type asfalt waarvan minder benodigd is (dunnere laag) dan in de referentiesituatie of die langer meegaan waardoor vervangingen worden uitgespaard.

Loslaten van rekenlevensduur van 10 jaar

Indien een MKI-berekening onderdeel is van de uitvraag, dan is de rekenlevensduur voor de deklaag vastgesteld op 10 jaar. Dit betekent dat, ook al is het in de praktijk mogelijk om een langere levensduur te hanteren, conform de rekenregels er sprake is van een vervanging van het asfalt elke 10 jaar. Asfaltmengsels die een langere

³⁶ <https://www.rijkswaterstaat.nl/zakelijk/zakendoen-met-rijkswaterstaat/inkoopbeleid/duurzaam-inkopen/duurzaamheid-bij-contracten-en-aanbestedingen/dubocalc/index.aspx>

³⁷ Indien inschrijvers een mengsel hebben met een relatief hoge MKI per ton, maar voor het project is minder asfalt per vierkante meter benodigd (door de kwalitatieve eigenschappen van het

levensduur hebben en dus ook minder vaak vervangen hoeven te worden, zijn hier in het nadeel omdat er extra vervangingen worden toegekend die in praktijk niet nodig zijn. Door de rekenlevensduur van 10 jaar los te laten en uit te vragen voor een langere levensduur, wordt de milieu-impact over de gehele levensduur geoptimaliseerd, en niet enkel voor de eerste 10 jaar.

Kennis van het areaal vastleggen en ontsluiten

Om hergebruik van ZOAB-asfalt mogelijk te maken, is het belangrijk dat de (vastgelegde) informatie over de toegepaste materialen in wegen wordt verbeterd. Het vastleggen en goed kunnen ontsluiten van gebruikte materialen zorgt voor inzicht in welke materialen en welke samenstellingen zijn toegepast en welk type onderhoud is gepleegd. Op deze manier is het mogelijk om het hergebruik van ZOAB-asfalt te vergroten. Op dit moment worden in projecten nog veelal aannames gedaan over de kwaliteit van het asfalt en in welke mate het dan kan worden hergebruikt, maar met enige regelmaat blijkt het asfalt bij nader inzien toch niet geschikt voor hergebruik.

Ruimte aanbieden voor het bewerken van asfalt door Rijkswaterstaat

De asfaltcentrales van de aannemers ontbeert het op dit moment aan ruimte om het asfalt te bewerken voordat het opnieuw kan worden gebruikt. Om deze reden biedt Rijkswaterstaat steeds vaker de benodigde ruimte om het hergebruik van asfalt mogelijk te maken.

Ruimte voor innovatieve asfaltmengsels

Een marktpartij die een innovatie heeft ontwikkeld en deze wil laten testen, kan daarvoor een aanvraag indienen het ITC. Of Rijkswaterstaat de innovatie na de test ook daadwerkelijk gebruikt, is vervolgens geen zaak van het ITC. De innovatie zal zichzelf in de markt moeten bewijzen.

mengsel), dan is het mogelijk dat de totale MKI-waarde lager ligt dan die van concurrerende inschrijvingen. Het resultaat van het toepassen van minder materiaal zou zodoende teniet worden gedaan door te beoordelen op de MKI-waarde per ton.

Innoveren van de toetsing door ITC voor snellere goedkeuring van asfaltmengsels

Naast het innoveren van de producten, is het ook een kans om de toetsing van de asfaltmengsels door het Innovatie Test Centrum (ITC) van Rijkswaterstaat te innoveren. Hierbij ligt de focus enerzijds op het toetsen van de prestaties van de mengsels en anderzijds de snelheid waarmee het normeringsproces kan worden doorlopen. Doordat bepaalde asfaltmengsels een beduidend langere levensduur claimen, is het niet altijd mogelijk om deze in een praktijksituatie te toetsen. In dit soort gevallen kan met behulp van simulaties en berekeningen worden aangetoond wat de verwachte levensduur in plaats van praktijkresultaten af te wachten die enkele jaren kunnen duren. Een belangrijk aspect van innovaties is de snelheid waarmee het gebeurt: innovaties volgen elkaar snel op. Om het voor marktpartijen aantrekkelijk te maken, is het belangrijk om het normeringstraject zo snel mogelijk te doorlopen en de producten daarmee snel op de markt te krijgen. Voorafgaand kan de innovatie worden getoetst aan een circulair afwegingsmodel (bijvoorbeeld zoals uitgewerkt in 'Indicatoren van circulariteit gebouwen en GWW-werken'³⁸) om inzicht te hebben in de mate van circulariteit van de innovatie en de bijbehorende milieu-impact.

³⁸ Indicatoren van circulariteit gebouwen en GWW-werken (Witteveen + Bos, 2019)

KANS 3 - VERLENG DE LEVENSDUUR EN OPTIMALISEER ONDERHOUD DEKLAAG MEDE O.B.V. EEN LCA-BEREKENING

BESCHRIJVING - Hoe ziet dat eruit?

Deze maatregel is tweeledig. In de eerste plaats is het van belang om de levensduur van bestaande wegverharding te verlengen door het toepassen van levensduur verlengend onderhoud (LVO) en zo materiaalgebruik te besparen. Het tweede aspect van deze maatregel is om bij de onderhoudswerkzaamheden te sturen op een zo laag mogelijke milieu-impact.

Levensduur verlengen

Een overzicht van mogelijke LVO-maatregelen is weergegeven in onderstaande tabel.³⁹ De in onderstaande tabel opgenomen LVO-maatregelen zijn óf correctief van aard óf conserveringsmaatregelen. In het eerste geval is er sprake van (zichtbare) schade. Door het toepassen van LVO is het mogelijk de schade te repareren en de functie van de weg te herstellen. Bij conserveringsmaatregelen is er sprake van preventief onderhoud: voordat er (zichtbare) schade is aan het wegdek, wordt onderhoud toegepast om de levensduur van de verharding te verlengen.

Optimaliseer onderhoud wegverharding mede o.b.v. een LCA-berekening

Voor onderhoud zijn verschillende scenario's en maatregelen mogelijk. Deze mogelijkheden gaan gepaard met meer of minder milieu-impact. Dit kan worden bereikt door minder materiaal te gebruiken, materiaal met een lagere milieubelasting en/of de levensduur van de wegverharding te verlengen waardoor milieueffecten worden uitgesmeerd over een langere periode. Het optimaliseren van onderhoud mede op basis van milieu-impact kan met een LCA-berekening.

LVO-maatregel	Omschrijving
Scheuren vullen	Repareren van langs- of dwarsscheuren in de deklaag met behulp van vulmassa
Slemmen	Conserveren van een deklaag met een lichte rafeling of haarscheuren met behulp van een gietbaar mengsel van fijn gegradeerd mineraalaggregaat (zand, vulstof).
Enkele of dubbele oppervlakbehandeling	Deklaag wordt gesproeid met een polymeer gemodificeerde bitumenemulsie of warm gespoten bitumen. Deze wordt direct daarna met een laag steenslag afgestrooid. Bij een dubbele behandeling wordt het sproeien en afstrooien nog een keer herhaald.
Emulsieasfaltbeton (EAB)	EAB is een nieuwe dunne asfalt deklaag die op de bestaande verharding wordt aangebracht. EAB bestaat uit een koud bereid mengsel van mineraal aggregaat (steenslag, brekerzand en vulstof) en een bitumenemulsie.
Micro-combi	Deze maatregel is een combinatie van de enkele oppervlakbehandeling en het emulsieasfaltbeton.
Overlagen	Het aanbrengen van een nieuwe asfaltlaag met een dikte van 25 tot 45 mm.
Sealen	Op de bestaande asfaltlaag wordt een verjongende laag bitumenemulsie gesproeid wat zorgt voor een betere hechting. Bovendien worden vuil en vocht uit het wegdek geweerd.
Zeer Open Emulsieasfaltbeton (ZOEAB)	Het aanbrengen van een emulsie bij ZOAB om gaten en holle ruimtes op te vullen en rafeling van het wegdek verder tegen te gaan.
Opruwen	Opruwen van het asfalt door bijvoorbeeld diamantslijpen, stralen, frezen of hameren om de stroefheid van het wegdek te verbeteren.

³⁹ <https://www.crow.nl/downloads/pdf/infrastructuur/wegbeheer/factsheets-lvo-maatregelen-verhardingen-28-11-16.aspx>

TOELICHTING - *Wat gaat nu niet goed/ wat kan beter?*

Onderhoud nu geoptimaliseerd op basis van LCC

Vanuit areaalinspecties en het OBR (objectbeheerregime) verhardingen krijgen binnen RWS instandhoudingsadviezen en -plannen vorm. Onderhoudsmaatregelen zijn daarbij (met behulp van het model IVON) geoptimaliseerd op LCC. In de programmering wordt vervolgens een nadere afweging van maatregelen gemaakt en de planning definitief gemaakt. Door PPO en GPO van Rijkswaterstaat worden werken voor de uitvoering van het onderhoud aanbesteed. In dit gehele proces (Waardeketen prestatie management, zie navolgend figuur) vindt beperkte optimalisatie plaats op basis van MKI (zie hierna).

Programmering leidt vaker tot eerder dan latere uitvoering

In de programmering wordt de uitvoering van maatregelen in de tijd geoptimaliseerd. Het beeld leeft dat het effect van programmering is dat maatregelen vaker naar voren worden gehaald (eerder in de tijd) dan naar achter schuift. Dit brengt extra materiaalgebruik met zich mee.

MKI geen onderdeel van uitvraag bij prestatiecontracten wel bij groot onderhoudsprojecten

Bij prestatiecontracten (vast onderhoud en klein variabel onderhoud) van Rijkswaterstaat is MKI nog geen onderdeel van de uitvraag. Overweging is dat het voor Rijkswaterstaat niet inzichtelijk is welke werkzaamheden de aannemer precies gaat uitvoeren. In de prestatiecontracten is beschreven welke prestatie geleverd moet worden, maar niet op welke wijze. Daarbij is de verwachting van Rijkswaterstaat dat in prestatiecontracten de grootste milieu-impact gerelateerd is aan het brandstofverbruik en niet aan het gebruik van materiaal.

Bij groot onderhoudsprojecten is de MKI in toenemende mate wel onderdeel van de uitvraag. Gebruik wordt gemaakt van een lijst met referentiewaarden van verschillende asfaltmengsels⁴⁰ en is de rekenlevensduur vastgesteld op 10 jaar. Beoordeling vindt plaats op de MKI-waarde van een ton asfalt.

⁴⁰ <http://www.asfaltblij.nl/media/2584/lca-brancherepresentatieve-asfaltmengsels-versie-21.pdf>

Toepassen van verjongingsmiddelen nog geen onderdeel van OBR-scenario's voor onderhoud

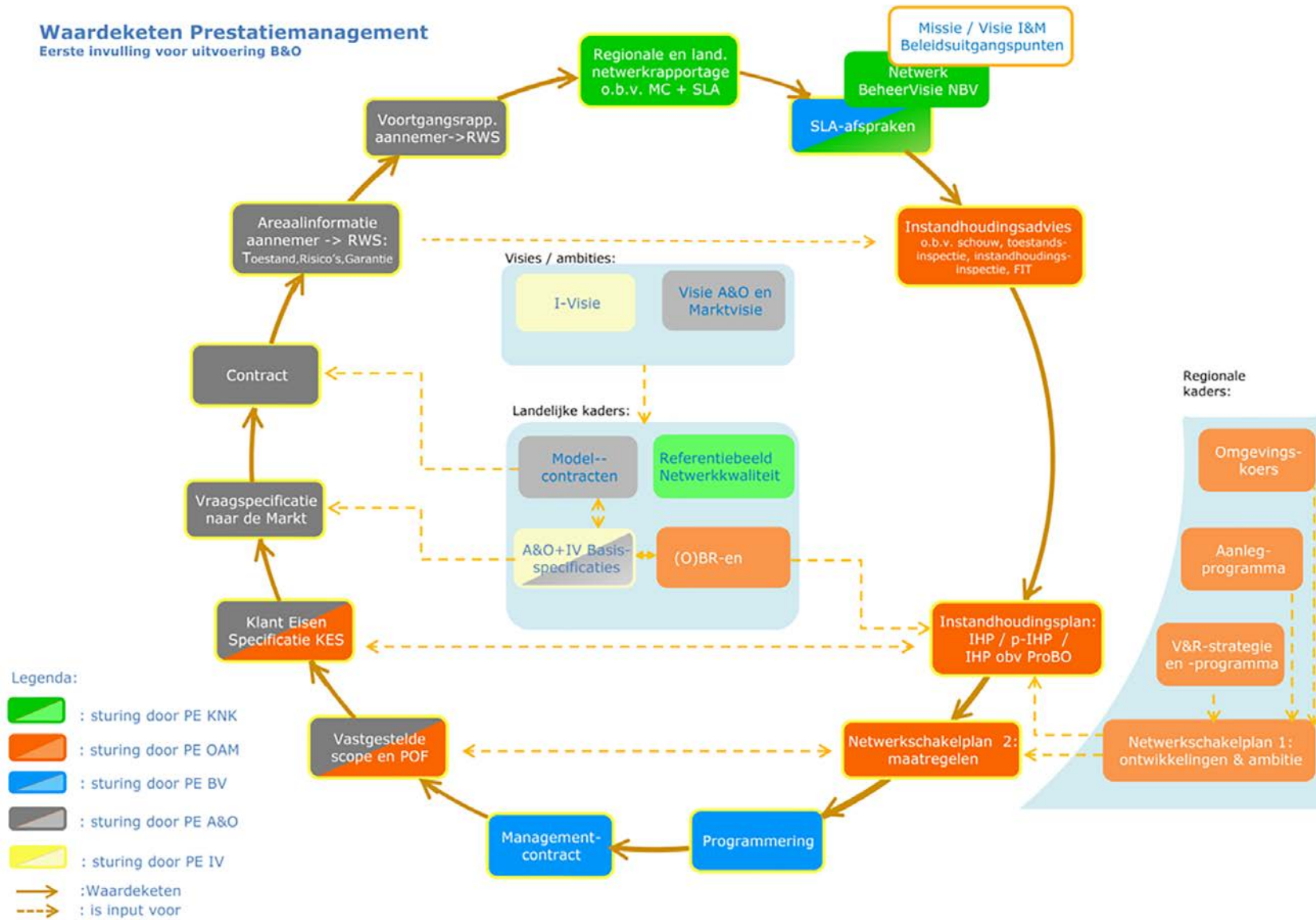
Binnen de 'standaardscenario's' die RWS hanteert voor de deklaagplanning is het gebruik van verjongingsmiddelen nog niet ingevoerd. Met verjongingsmiddelen kan de levensduur meerdere jaren worden verlengd. In eerdere jaren is door RWS reeds onderzoek uitgevoerd naar het gebruik van verjongingsmiddelen⁴¹.

Beschikbaarheid leidend bij onderhoud

De beschikbaarheid van de weg is een belangrijk prestatie voor Rijkswaterstaat. Onderhoudswerkzaamheden moeten daarom zo kort mogelijk duren, zodat de weg zo snel mogelijk weer beschikbaar is voor het verkeer. Innovatieve LVO-maatregelen die meer tijd vragen t.o.v. conventionele onderhoudsoplossingen of waarvan het onzeker is of het haalbaar is binnen het standaard-tijdframe worden zodoende niet (snel) toegepast, omdat tegelijkertijd er veelal een boete is verbonden aan het te laat openstellen van de weg. Voor aannemers is het daarom aantrekkelijk om onderhoud uit te voeren door de eigen organisatie en conform de conventionele oplossingen in plaats van een onderaannemer in te huren die de beschikking heeft over de innovatieve LVO-oplossing. Op deze manier wil de aannemer de garantie hebben dat de kwaliteit van de weg weer voldoet aan de eisen én dat de weg beschikbaar is binnen de geldende tijdsperiode.

⁴¹ crow-infradagen-2018: Implementatie-van-levensduurverlengend-onderhoud-lvo-met-verjongingsmiddelen

Waardeketen Prestatiemanagement Eerste invulling voor uitvoering B&O



IMPACT - *Wat is de impact van kans op kosten en milieu?*

Kosten

Binnen RWS is het instandhoudingsadvies voor deklagen (vanuit GPO) reeds geoptimaliseerd op LCC. Door het toepassen van verjongingsmiddelen voor levensduur verlengend onderhoud kan bespaard worden op kosten. Uit onderzoek blijkt dat het implementeren van LVO met verjongingsmiddelen voor RWS een kosteneffectieve maatregel is mits er beheerst mee wordt omgegaan.⁴²

Milieu

Het onderhoud is nu nog niet geoptimaliseerd op kosten. De verwachting is dat optimaliseren op LCC hand in hand gaat met optimalisatie op LCA (MKI). Dit is echter nog niet geverifieerd met scenario-berekeningen.

IMPLEMENTATIE - *Wat is nodig om tot implementatie van de kans te komen?*

INNOVEREN / UNIFORMEREN / PRODUCEREN

Onderhoud (prestatie managementcyclus) optimaliseren mede op basis van LCA

In het gehele proces 'Waardeketen prestatie management', vindt nog geen optimalisatie plaats op basis van MKI. In lopend onderzoek⁴³ wordt de te volgen werkwijze hiertoe uitgewerkt en wordt DuboCalc uitgebreid met een onderhoudsmodule om dit te ondersteunen. Daarbij komen rekenwijze en borging in de verschillende schakels van de keten aan bod: OBR, onderhoudsadvies, onderhoudsplan, programmering en realisatie.

MKI inpassen in rekenmodel voor meerjarenplanningssysteem

Het thans gebruikte systeem voor meerjarenplanning onderhoud verhardingen (IVON) optimaliseert onderhoud op LCC. Inpassen van MKI in dit systeem zou borging van MKI sterk ondersteunen. In deze optimaliseringslag zouden dan direct omgevingseisen voor geluid meegenomen kunnen worden.

⁴² crow-infradagen-2018: Implementatie-van-levensduurverlengend-onderhoud-lvo-met-verjongingsmiddelen

Nader onderzoek naar hoe te rekenen met MKI bij onderhoud

De MKI-waarde van onderhoud kan op verschillende wijzen weergegeven / gemonitord worden: toegerekend aan het jaar van uitvoering of gemiddeld over de gehele levensduur. Bij het berekenen van de MKI-waarden, zou bovendien het hanteren van een 'discontovoet' recht doen aan het schoner worden op termijn van materialen en materieel en aan de urgentie om besparingen op korte termijn te realiseren (vanwege bereiken van kantelpunt). In nader onderzoek kunnen deze vragen worden verkend.

Nader onderzoek optimalisatie onderhoud 'gehele' verharding

Het onderhoud van fundering, onder- en tussenlagen van wegverhardingen wordt ingegeven door onderzoek uitgevoerd bij (voorafgaand aan) groot onderhoud van dekvervingen. Dit lijkt niet optimaal voor LCC en MKI. Nader onderzocht zou kunnen worden of kosten en milieuvoordeel behaald kan worden als ook het onderhoud van onderliggende lagen geoptimaliseerd wordt.

Nader onderzoek effect programmering op uitvoering onderhoud

In de programmering wordt de uitvoering van maatregelen in de tijd geoptimaliseerd. Het beeld leeft dat het effect van programmering is dat maatregelen vaker naar voren worden gehaald. Onderzocht kan worden hoe structureel dat is.

Nader onderzoek naar effect gelijktijdig onderhoud andere objecten bij onderhoud verharding

Uit overweging van kosten en beschikbaarheid wordt bij de uitvoering van onderhoud van het wegdek ook onderhoud uitgevoerd aan andere objecten. Dit kan leiden tot vroegtijdige vervanging (voor einde levensduur) van objecten (b.v. geleiderails). De omvang hiervan is niet bekend. Dit zou nader onderzocht kunnen worden evenals hoe dat anders in te richten.

Toevoegen van verjongingsmiddelen aan 'standaardscenario's' OBR-verhardingen

Om een onderhoudsregime mogelijk te maken waarin ook verjongingsmiddelen worden meegenomen worden, zou dit onderdeel gemaakt moeten worden van het OBR-verhardingen.

⁴³ DuboCalc en Beheer en Onderhoud (RHDHV, in uitvoering)

KANS 4 - GELUIDBEPERKING MEDE GEOPTIMALISEERD O.B.V. LCA- EN LCC-BEREKENING

BESCHRIJVING - Hoe ziet dat eruit?

Bij snelwegen zijn er grote delen weg die afgeschermd moeten worden om geluidshinder voor de omgeving tegen te gaan. De traditionele oplossing hiervoor is geluidsschermen te plaatsen van enkele meters tot meer dan 10 m hoog. Dit zijn vaak 'harde' geluidsschermen: veelal gemaakt van staal of beton. Tegelijkertijd zijn er ook alternatieven beschikbaar: geluidsschermen die gemaakt zijn van natuurlijke materialen (Greenwall, BioBlocks) of geluidswallen. Door in de ontwerpfase alternatieven te vergelijken op basis van een LCA en/of een LCC kan worden gekeken welk alternatief het meest optimaal is.

Modulaire en demontabele systemen

Naast materiaalkeuze is het ook mogelijk om de geluidswerking (met name schermen) modulair en demontabel uit te voeren. Schermen zijn dan in de toekomst eenvoudiger aanpasbaar aan veranderende omstandigheden (meer, stiller verkeer) en elders herbruikbaar.



Alternatieven geluidswerende constructie	Omschrijving
Aluminium geluidsscherm	Bestaat uit stalen stijlen met betonnen plinten en geluidsabsorberende aluminium cassettes.
Betonnen geluidsscherm	Een betonnen wand (eventueel met motief) op een betonnen fundering. ⁴⁴
Plexiglas geluidsscherm	Het plexiglas worden ingebouwd in een stalen of aluminium frame welke rust op een betonnen fundering.
Houten geluidsscherm	Geluidsscherm opgebouwd uit een kern van Accoya-hout en steenwolplaten.
Greenwall	Funderingsloos geluidsscherm bestaande uit stalen stijlen waar beplanting op wordt toegepast.
BioBlocks	Turven bestaande uit rietplagsel en kraggen die vervolgens verwerkt worden in een geluidswerende constructie.
Geluidswal	Grondlichaam (o.b.v. gebiedseigen grond) dat naast een weg verrijst om geluidshinder te beperken.
Diffractoren	Betonnen constructies met holtes parallel aan het wegdek die geluidsgolven naar boven afbuigen. Kunnen naast wegdek of op schermen worden geplaatst. ⁴⁵

TOELICHTING - Wat gaat nu niet goed/ wat kan beter?

Circulariteit dan wel duurzaamheid geen onderdeel in afwegingskader

In het afwegingsproces voor een geluidsscherm is circulariteit dan wel duurzaamheid onvoldoende ingebed. De keuze voor een geluidsscherm wordt veelal gebaseerd op

⁴⁴ In het niet-constructieve deel van het betonnen geluidsscherm kan worden gekeken duurzamere betonsoorten toe te passen. Hierbij valt te denken aan het toepassen van geopolymeren of Miscanthus-vezels in beton.

⁴⁵ Bij snelwegen is het noodzakelijk om diffractoren op een verhoging c.q. scherm te plaatsen om effectief te zijn. Deze schermen zijn echter wel beduidend lager dan de traditionele schermen, wat een besparing in de hoeveelheid materiaal betekent.

kosten en toepasbaarheid op locatie. Veelal is een “hard” geluidsscherm zodoende de standaardoplossing en worden andere alternatieven niet of onvoldoende overwogen.

Innovatieve geluidsbepalende oplossingen niet in rekenmodel

In het rekenmodel GeoMilieu waarmee de effectiviteit van geluidswerende constructies wordt berekend, zijn innovatieve geluidswerende oplossingen niet opgenomen. Hierdoor worden innovaties, met bijvoorbeeld alternatieve materialen, niet meegenomen in de berekeningen om de effectiviteit van verschillende maatregelen te bepalen.⁴⁶

Goede milieudata geluidschermen ontbreken en op gehele wegsysteem niet onderscheidend

Op dit moment zijn onvoldoende (openbare) data beschikbaar om de milieu-impact van verschillende alternatieven te berekenen. Hierdoor is het voor opdrachtgevers (RWS) niet mogelijk om op basis van milieu-impact een keuze te maken voor een geluidsbepalende constructies. Daarnaast zijn geluidsbepalende constructies veelal slechts een relatief klein onderdeel in een wegproject; zodoende is de milieu-impact van geluidsbepalende constructies binnen het totale project beperkt. Indien bepaalde varianten zich zouden onderscheiden in milieu-impact, dan is dit effect marginaal binnen het gehele project.

Onvoldoende ruimte beschikbaar voor een geluidswal

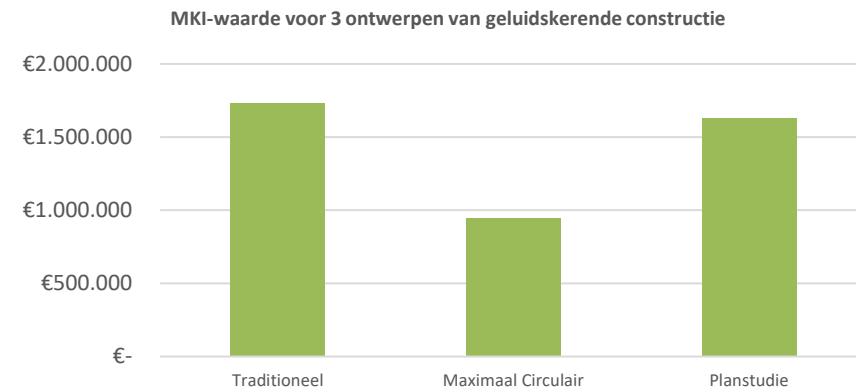
Een fundamentele keuze is de keuze tussen een geluidsscherm of een geluidswal. Uit onderzoek⁴⁷ blijkt dat een geluidswal tot een hoogte van 7,5 m. de minst milieu-impact heeft van de onderzochte varianten. Vanuit het oogpunt van circulariteit is een geluidswal daarmee in veel gevallen een interessante optie. Keerzijde van deze oplossing is het ruimtebeslag van een geluidswal⁴⁸. Deze is lang niet altijd aanwezig, waardoor al snel een geluidswal geen optie is.

⁴⁶ Vanaf 1 januari 2020 zijn diffractoren opgenomen in het rekenmodel GeoMilieu waardoor ook kan worden gerekend met deze innovatie. Tot deze datum was het niet mogelijk om deze oplossing mee te nemen in de overweging.

IMPACT - Wat is de impact van kans op kosten en milieu?

Milieu

In Figuur 11 zijn de MKI-waarden voor 3 ontwerpen van een geluidskerende constructie weergegeven.⁴⁹ In de traditionele variant is uitgegaan van 58% groen ingepakte geluidsschermen, 20% transparante schermen en 22% geluidswal, bij de maximale circulaire variant is dat 100% aarden wal en de variant uit de planstudie is 45% groen ingepakte geluidsschermen, 33% transparante schermen en 22% geluidswal. Uit deze vergelijking komt de maximaal circulaire variant op basis van MKI-waarde als beste naar voren.



Figuur 11: Milieu-impact (MKI) voor geluidskerende constructie volgens traditioneel ontwerp, maximaal circulair ontwerp en ontwerp uit de planstudie

Kosten

De impact op kosten is afhankelijk van de gekozen oplossing. Op dit moment gaat de voorkeur veelal uit naar een geluidsscherm boven een geluidswal, omdat schermen kostenefficiënter zijn. Dit komt onder meer doordat een geluidswal verhoudingsgewijs hoger moet zijn dan een geluidsscherm, omdat het geluid over de

⁴⁷ InnovA58: Circulair Ontwerp (conceptrapportage, Witteveen+Bos, 2018)

⁴⁸ InnovA58: Circulair Ontwerp (conceptrapportage, Witteveen+Bos, 2018)

⁴⁹ Factsheets: Lessons Learned InnovA58 (Witteveen+Bos, 2019)

wal kan “rollen”. In het geval diffractoren worden toegepast, levert dit een besparing op in de kosten. Dit komt omdat de diffractoren op een laag scherm worden toegepast, wat een besparing in het materiaal oplevert. Hierdoor kunnen de levenscycluskosten ten opzichte van conventionele oplossingen 50% lager zijn⁵⁰.

IMPLEMENTATIE - *Wat is nodig om tot implementatie van de kans te komen?*

INNOVEREN / UNIFORMEREN / PRODUCEREN

Circulariteit dan wel duurzaamheid meenemen in opdracht planuitwerking

Bij het bepalen van de geluidswerende constructies dient circulariteit of duurzaamheid onderdeel te zijn van het afwegingskader, vergelijkbaar met het aspect ‘ruimtelijke kwaliteit’. Op basis van het criterium ruimtelijke kwaliteit geeft een landschapsarchitect bijvoorbeeld aan dat een bepaalde constructie de voorkeur heeft boven andere opties. Voor circulariteit (of duurzaamheid) moet het projectteam in de planuitwerkingsfase eenzelfde overweging kunnen maken: circulariteit is medebepalend bij het kiezen van een oplossing. Een alternatief op deze maatregel is het bedenken van een zo circulair mogelijke variant.

Vernieuwen van richtlijnen geluidsbepalende constructies langs wegen (GCW-2012) door CROW

Om nieuwe, duurzame oplossingen toe te laten tot het afwegingskader dienen de richtlijnen voor geluidsbepalende constructies langs wegen (GCW-2012) van het CROW worden vernieuwd. Periodiek (tussen de 3 en 5 jaar) dient de verantwoordelijke commissie van het CROW te inventariseren wat kansrijke geluidsbepalende oplossingen zijn, wat barrières zijn bij het toepassen van deze oplossingen en indien mogelijk de richtlijnen aanpassen om toepassing mogelijk te maken.

Diffractoren (en andere innovaties) opnemen in rekenmodel GeoMilieu

Naast het eventueel aanpassen van de richtlijnen voor geluidsbepalende constructies dienen deze innovatieve oplossingen, zoals diffractoren, te worden opgenomen in het rekenmodel GeoMilieu van DGMR Software. Dit programma, waarvan Rijkswaterstaat WVL de opdrachtgever is, wordt gebruikt om de effectiviteit van verschillende oplossingen door te rekenen. Indien een oplossing niet aanwezig is in GeoMilieu, wordt deze ook niet meegenomen in de vergelijking. Het is daarom vanuit het oogpunt van circulariteit belangrijk dat duurzame oplossingen een plek hebben in het rekenmodel.

LCA's ontwikkelen voor verschillende type geluidsbepalende constructies

Om de milieu-impact van verschillende type geluidsschermen inzichtelijk te krijgen moeten, in opdracht van Rijkswaterstaat, LCA's voor deze verschillende constructies worden opgesteld. Op deze manier is het mogelijk om op basis van milieu-impact in de planuitwerkingsfase verschillende alternatieven met elkaar te vergelijken en een keuze te maken. Op dit moment laat Rijkswaterstaat LCA's opstellen van verschillende geluidsbepalende constructies.

MKI voor geluidsbepalende constructies apart meenemen in uitdraag realisatie

Om het toepassen van circulaire oplossingen te stimuleren kan Rijkswaterstaat bij aanbestedingen, waar geluidsbepalende constructies een onderdeel zijn, kiezen om voor dit onderdeel een separate MKI-berekening te vragen en deze ook apart te beoordelen. Op deze manier wordt het verduurzamen van geluidswerende constructies gestimuleerd, ondanks dat de milieuwinst bij een weg(re)constructie relatief beperkt is in vergelijking met de eventuele milieuwinst bij een duurzame wegverharding.

⁵⁰ <https://www.rvo.nl/subsidies-regelingen/projecten/het-innovatieve-lage-diffractorscherm>

KANS 5 - VEILIGE BERM GEOPTIMALISEERD O.B.V. LCA- EN LCC-BEREKENING

BESCHRIJVING - Hoe ziet dat eruit?

Om de veiligheid van bermen langs snelwegen voor weggebruikers te borgen zijn er conform de Richtlijnen voor het Ontwerp van Autosnelwegen – Veilige inrichting van bermen (ROA-VIB) twee basisopties: 1. een obstakelvrije zone en 2. het plaatsen van een geleiderail langs de weg. Qua geleiderail zijn er verschillende varianten mogelijk: staal, hout, biocomposiet en een gerenoveerde variant van staal.

Een obstakelvrije berm moet bij 100 km/h-wegen 10 meter breed zijn, 13 meter bij 120 km/h-wegen en 14,5 meter bij wegen met een snelheidslimiet van 130 km/h⁵¹. In principe is voor het realiseren van obstakelvrije bermen alleen grondverzet nodig om de draagkracht van de berm te verbeteren, tenzij er nog obstakels zijn in de zone die weg moeten worden gehaald. Bij het plaatsen van geleiderails is wel materiaal benodigd, waarbij de materialisatie verschilt van (gerenoveerde) stalen geleiderails tot geleiderails opgebouwd uit duurzame materialen (i.e. hout en biocomposiet). Hier staat tegenover dat beduidend minder grondverzet benodigd is.

Om de circulariteit van een veilige berm te borgen kunnen de opties worden getoetst op basis van LCA en/of LCC. Hierbij heeft de obstakelvrije berm de voorkeur, omdat hiervoor alleen grond nodig is. In veel situaties is het echter niet mogelijk om een obstakelvrije berm in te passen, waardoor wordt gekozen voor een geleiderail.

TOELICHTING - Wat gaat nu niet goed/ wat kan beter?

Onvoldoende ruimte beschikbaar voor een obstakelvrije zone

Vanuit het circulaire ontwerp principe “voorkomen” is het toepassen van een obstakelvrije zone een voor de hand liggende optie. Voor een snelweg met een maximumsnelheid van 100 km/h is echter minstens 10 m obstakelvrije zone benodigd; bij een maximumsnelheid van 130 km/h is dit zelfs 14,5 meter. Als deze ruimte niet beschikbaar is, dan is een obstakelvrije zone geen optie.

Aangepaste normering waardoor geleiderails niet meer werden hergebruikt

In de jaren '80 werden geleiderails veelvuldig hergebruikt onder de noemer RENORAIL (Renovatie Geleiderail). In 1993 zijn nieuwe normen in gebruik genomen (NEN 5190 / 5191) die zich focuste op de oorsprong van de bouwstoffen en de plaatsing van de geleiderails. Deze normering heeft als gevolg gehad dat gebruikte geleiderails geen optie meer waren. Deze normen zijn in 2005 ingetrokken en vervangen door een Europese norm (EN 1317). Deze nieuwe norm is meer gebaseerd op functionele eisen en biedt ruimte voor hergebruik. Maar door de eerdere Nederlandse normen is het hergebruik van geleiderails naar de achtergrond geraakt.



⁵¹ <http://www.verkeerskunde.nl/Uploads/2018/12/Nr-45-Obstakelvrije-zone-of-geleiderail-NVC-2018-SWOV-RL.pdf>

Prestatiecontracten legde verantwoordelijk voor inkoop en afvoer van materiaal neer bij aannemer

In 2005 zijn de prestatiecontracten geïntroduceerd waardoor de aannemer verantwoordelijk werd voor de inkoop en afvoer van het materiaal. Deze verantwoordelijk lag voorheen bij Rijkswaterstaat (deze waren verantwoordelijk voor de inzameling en opslag), maar nu bepaalt de aannemer zelf waar hij materiaal inkocht en wat hij uiteindelijk doet met het materiaal.

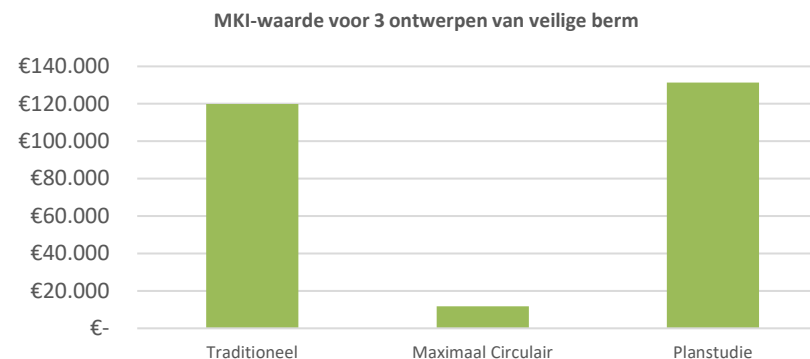
Introductie van CE-markering voor geleiderails

In 2011 is het CE-keurmerk voor geleiderails geïntroduceerd waardoor alleen geleiderails met een CE-markering mogen worden toegepast. Tot voor kort waren buiten de reguliere stalen geleiderails geen andere type geleiderails met deze CE-markering. Sinds enige tijd hebben ook houten geleiderails deze markering.⁵²

IMPACT - Wat is de impact van kans op kosten en milieu?

Milieu

In Figuur 12 zijn de MKI-waardes voor 3 ontwerpen van een veilige berm weergegeven⁵³. In de traditionele variant is uitgegaan van 80% stalen geleiderail en 20% obstakelvrije berm, bij de maximale circulaire variant is dat 80% RenoRail en 20% obstakelvrije berm en de variant uit de planstudies is 70% (nieuwe) stalen geleiderail, 10% RenoRail en 20% obstakelvrije berm. Uit deze vergelijking komt de maximaal circulaire variant op basis van MKI-waarde als beste naar voren.



Figuur 12: Milieu-impact (MKI) voor veilige berm volgens traditioneel ontwerp, maximaal circulair ontwerp en ontwerp uit de planstudie

Kosten

De kosten zijn in de eerste plaats afhankelijk van de ruimte die beschikbaar is. Als er voldoende ruimte is voor een obstakelvrije berm, dan is dit qua kosten de beste keuze⁵⁴. In principe hoeft dan alleen de draagkracht te worden verbeterd wat neerkomt op gemiddeld € 360.000 per kilometer. Wanneer die ruimte niet beschikbaar is, dan wordt de aanleg van een stalen geleiderail per kilometer geschat op € 590.000. De kosten van varianten op de geleiderail (hout, biocomposiet, gerenoveerde geleiderails) variëren van een besparing van 40% tot 25% extra kosten. Door de kleine schaal van deze nieuwe varianten, zijn de exacte kosten nog onvoldoende duidelijk.

⁵² <https://eurorail.nl/geleiderail/>

⁵³ Factsheets: Lessons Learned InnovA58 (Witteveen+Bos, 2019)

⁵⁴ <http://www.verkeerskunde.nl/Uploads/2018/12/Nr-45-Obstakelvrije-zone-of-geleiderail-NVC-2018-SWOV-RL.pdf>

IMPLEMENTATIE - *Wat is nodig om tot implementatie van de kans te komen?*

INNOVEREN / UNIFORMEREN / PRODUCEREN

Circulaire geleiderails ter toetsing voorleggen voor CE-markering

Op dit moment hebben alleen stalen en houten geleiderails een CE-markering. Om meer keuze te hebben is het belangrijk dat ook andere type geleiderails, zoals de gerenoveerde en biocomposiete geleiderails een CE-markering krijgen. Op deze manier worden de geleiderails ook een echte keuze in het ontwerpproces. Belangrijk bij het toekennen van CE-markering dat voor circulaire geleiderails deze opnieuw moet worden aangevraagd: doordat er sprake is van een wijziging van het product, moet een nieuwe prestatieverklaring worden afgegeven. Een mogelijke route zou kunnen zijn dat de gebruikte geleiderails in eigendom komen / blijven van RWS Een nieuwe CE-markering is niet nodig als bij hergebruik geen sprake is van overdracht van eigendom.

Ketenoptimalisaties van huidige alternatieven

De stalen geleiderail is de standaard binnen het areaal van Rijkswaterstaat. Om een volwaardig alternatief te bieden is het belangrijk dat de andere alternatieven worden geoptimaliseerd. Hiervoor moeten de betrokken partijen samenwerken om de verschillende ketens te optimaliseren, zowel op techniek, milieu en kosten. Rijkswaterstaat heeft een project gestart om deze optimalisaties te onderzoeken en aanbevelingen te doen. De resultaten van dit traject worden medio 2020 verwacht.

MKI voor voertuigkering apart meenemen in uitvraag realisatie

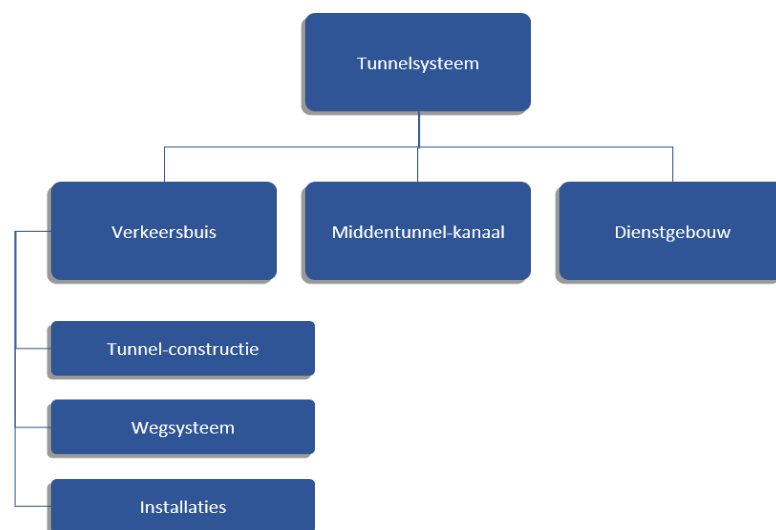
Om de verduurzaming van voertuigkeringen te stimuleren, kan Rijkswaterstaat ervoor kiezen om voor voertuigkeringen een separate MKI-berekening uit te vragen en apart te beoordelen. De reden om de voertuigkering apart mee te nemen, is om dat de milieuwinst van circulaire voertuigkering relatief beperkt is ten opzichte van het gehele wegproject.

6 CIRCULAIRE TUNNELRENOVATIE

6.1 DECOMPOSITIE VAN HET TUNNELSISTEEM

De komende jaren worden door Rijkswaterstaat nauwelijks nieuwe tunnels gerealiseerd. Aan de andere kant is er wel een grote opgave gericht op tunnelrenovaties. Het accent ligt in dit onderzoek dan ook op tunnelrenovatie.

Om aangrijpingspunten voor circulaire maatregelen te identificeren, hanteren we de decompositie van het tunnelsysteem zoals weergegeven in Figuur 13⁵⁵. Het tunnelsysteem wordt ingericht op basis van 3 hoofdcomponenten: verkeersbuis, middentunnelkanaal en dienstgebouw. De verkeersbuis is de primaire component van de tunnel, namelijk het verkeer de mogelijkheid om te rijden van A naar B.



⁵⁵ De decompositie is gebaseerd op de Objecttypenbibliotheek van Rijkswaterstaat, maar betreft een vereenvoudigde weergave van de decompositie ten behoeve van dit onderzoek.

Figuur 13: Decompositie van tunnelsysteem van Rijkswaterstaat o.b.v. objecttypenbibliotheek van Rijkswaterstaat

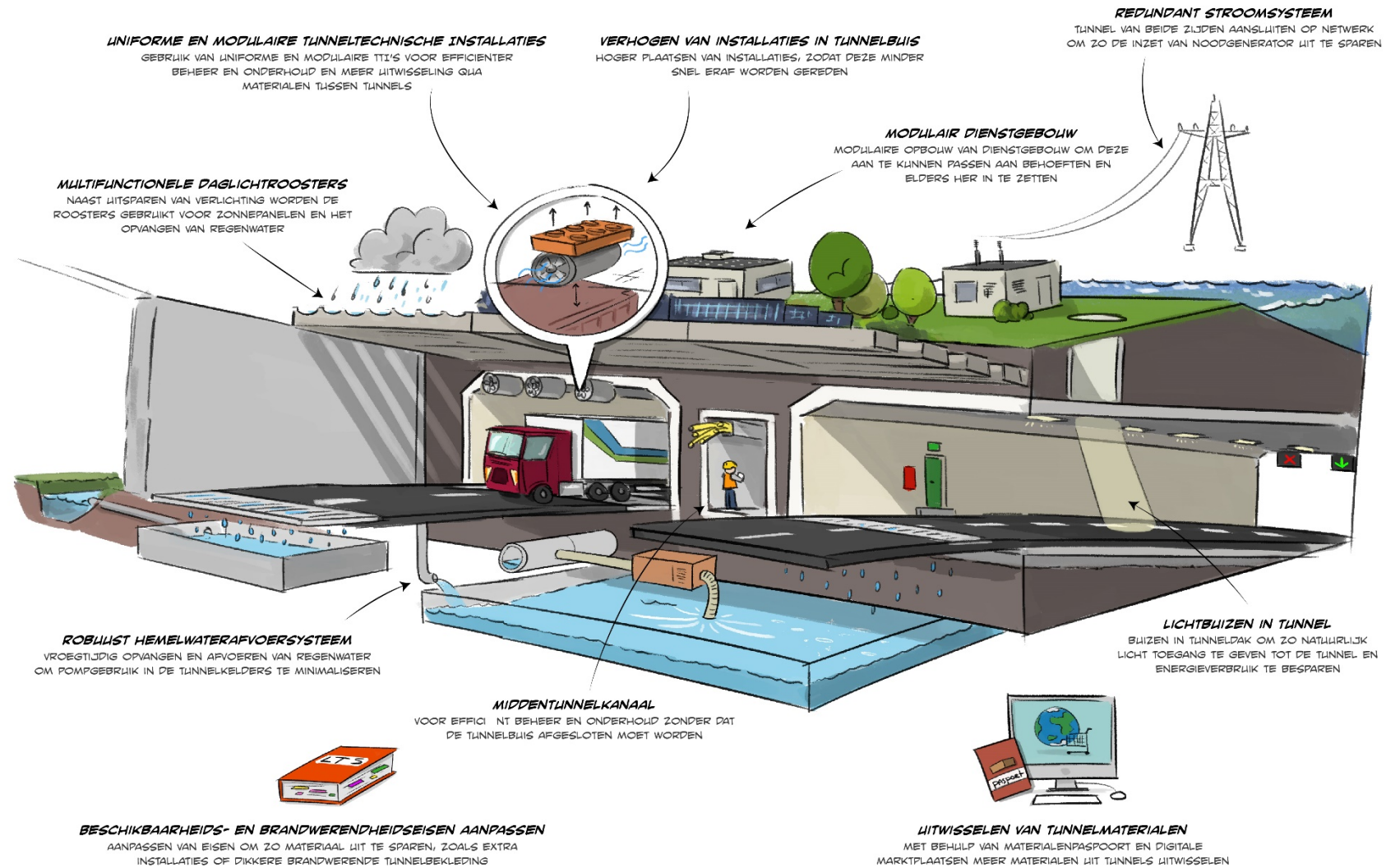
In het geval van de verkeersbuis gaat de decompositie nog verder. Voor de verkeersbuis onderscheiden we de tunnelconstructie, het wegsysteem in en buiten de tunnel en de installaties. Bij het identificeren van maatregelen en het vervolgens selecteren van de impactvolle maatregelen is bovenstaande decompositie gehanteerd. Bij het selecteren van de impactvolle maatregelen is tevens gekeken naar de impact van het betreffende component op de circulariteit van het gehele tunnelsysteem.

6.2 MAATREGELEN VOOR CIRCULAIRE TUNNELS

Aan de hand van een tweetal recente tunnelprojecten (Eerste Heinenoordtunnel van Rijkswaterstaat en Spaarndammertunnel van gemeente Amsterdam) en interviews met experts op het gebied van tunnels zijn 31 circulaire maatregelen geïdentificeerd. Per maatregel is gezien welk circulair ontwerpprincipe van toepassing is en bij welke component van het tunnelsysteem deze aansluit.

Bij het categoriseren van de maatregelen is gebruik gemaakt van de decompositie uit paragraaf 2.1. Hieruit zijn de onderdelen *tunnelconstructie*, *installaties* en *dienstgebouw* gebruikt. Aanvullend op de decompositie is een categorie “algemeen” toegepast; hierin zijn meer algemene maatregelen zijn opgenomen, maar ook maatregelen van de overige onderdelen van de decompositie waar maar 1 of 2 maatregelen voor waren geformuleerd. In navolgende figuur is een overzicht opgenomen.

CIRCULAIRE MAATREGELEN VOOR TUNNELRENOVATIES



Principe	Maatregel
Tunnelconstructie (renovatie)	
Voorkomen	1. Beschikbaarheidseis voor tunnels verlagen (bij onveilige situaties wordt de tunnel eerder afgesloten) om extra of minder duurzame materialen uit te sparen die bij hogere beschikbaarheidseisen wel nodig zijn. 2. Eis qua brandwerendheid omlaag (en daardoor de eis om assets te behouden bij brand) om zo extra of minder duurzame materialen uit te sparen.
Verlengen levensduur	3. Toepassen van extra wandbekleding om bij hoge temperaturen het afspatten van beton te voorkomen.
Ontwerp voor duurzaam materiaalgebruik	4. Zelfhelend beton met bacteriën in de tunnelconstructie om in de toekomst materiaal voor reparaties uit te sparen. 5. Door het toepassen van geopolymeren in het beton wordt gebruik gemaakt van secundaire bouwstoffen en daarnaast wordt de CO ₂ -stoot gereduceerd. 6. Multifunctioneel gebruik van daglichtroosters (water opvangen, plek voor zonnepanelen, uitsparen van verlichting, etc.) om zo materiaal uit te sparen. 7. Vroegtijdige opvang / afvoer van hemelwaterafvoer om gebruik van pompkelder en -installaties te reduceren.
Ontwerp voor minimaal grondstof- en energieverbruik in aanleg- en gebruiksfase	8. Toepassen van lichtbuizen in tunnelbuis in de vorm van 'dakramen' of glasvezel gebaseerde systemen om natuurlijk licht toe te laten en zo besparen op het energieverbruik van verlichting. 9. Tunnelwanden lichter van kleur maken om met minder verlichting goede waarneming in de tunnel mogelijk te maken
Installaties	
Verleng levensduur	10. Door meer en beter de conditie van installaties te meten kan beter onderhoud gepleegd worden en daardoor niet onnodig onderdelen worden vervangen.
Duurzaam gebruik van bestaande objecten en materialen	11. Hoogwaardig hergebruik van installaties door nieuwe bestemming te vinden in de vorm van reserve-installatie in andere tunnels of componenten van de installaties elders in te zetten.
Ontwerp voor meerdere levenscycli	12. Standaard 3B-blokken (software voor bewaking, bediening en besturing) die makkelijker tussen tunnels (of bruggen en sluisen) kunnen worden uitgewisseld 13. Standaard tunnelinstallaties (ventilaties, verlichting, communicatiesystemen, verkeersinstallaties, brandinstallaties, etc.) om uniformiteit te creëren qua installaties in tunnels en uitwisseling mogelijk te maken.
Ontwerp toekomstbestendig	14. Ventilaties voor de tunnel plaatsen om "eraf rijden" door vrachtwagens te voorkomen 15. Technisch voorschrijven van installaties om meer controle te hebben over de kwaliteit en levensduur van installaties. 16. Toekomstadaptief uitvragen van installaties in de vorm van modulariteit, demontabel of makkelijk vervangbaar.
	17. Installaties uitvragen als een dienst om zo focus te hebben op de functies die de installaties moeten verrichten in plaats van op de producten.

Principe	Maatregel
Ontwerp voor optimaal beheer en onderhoud	18. Ontwikkelen van installaties die eenvoudig uitneembaar en vervangbaar zijn om zo het vervangen te optimaliseren.
	19. Toepassen van geothermische energie in funderingspalen om brandblusleiding vorstvrij te houden bij lage temperaturen.
	20. Schaarste van kritieke materialen meenemen in ontwerp om risico op verlaagde leveringszekerheid in de toekomst bij beheer en onderhoud te voorkomen.
Ontwerp voor duurzaam materiaalgebruik	21. Installaties in de tunnel voeden vanuit twee segmenten van de netbeheerder om een noodgenerator (inclusief brandstof) uit te sparen.
Ontwerp voor minimaal grondstof- en energieverbruik in aanleg- en gebruiksfase	22. Toepassen van slim verlichtingssysteem om hoeveelheid licht van verlichting af te stemmen op basis van hoeveelheid buitenlicht en zo energieverbruik te reduceren.
Dienstgebouw	
Voorkomen	23. Tijdens renovatie kritisch stil staan bij benodigde grootte van het dienstgebouw om zo materialen uit te sparen.
Ontwerp voor meerdere levenscycli	24. Demontabel ontwerp van dienstgebouw (inclusief demontagehandleiding) om in de toekomst onderdelen hoogwaardig her te gebruiken op locatie of elders.
	25. Kritische componenten zo ontwerpen dat deze makkelijk en eenvoudig kunnen worden vervangen.
Ontwerp toekomstbestendig	26. Multifunctionele en aanpasbare inrichting van ruimtes mogelijk maken om in de toekomst andere invulling te geven aan de ruimtes.
Ontwerp voor duurzaam materiaalgebruik	27. Hergebruik van materialen bij realisatie van nieuw dienstgebouw om zo nieuw materiaal uit te sparen.
Algemeen	
Verlengen levensduur	28. In zelfherstellend asfalt zitten staalvezels die m.b.v. inductie worden verhit en door de verhitting worden micro-scheurtjes in het asfalt gedicht.
Duurzaam gebruik van bestaande objecten en materialen	29. Aansturen op gebruik van vrijkomende materialen die worden uitgewisseld tussen projecten via een digitale marktplaats .
Ontwerp voor meerdere levenscycli	30. Gebruik maken van materialenpaspoort in projecten om materialen waarde te geven en in de toekomst beter te kunnen hergebruiken.
Ontwerp voor optimaal beheer en onderhoud	31. Realiseren van middentunnelkanaal van waaruit eenvoudiger beheer en onderhoud kan worden gepleegd en waardoor minder stremmingen benodigd zijn.
Ontwerp voor minimaal grondstof- en energieverbruik in aanleg- en gebruiksfase	32. Tunnelstremming tot minimum beperken om omrijden te voorkomen en zo ook extra brandstofverbruik dat nodig is bij omrijden.
	33. Aanvoer van materialen over water om zo transportbewegingen uit te sparen en zo het brandstofverbruik in de uitvoeringsfase te reduceren.
	34. Lichtere kleur wegdek voor meer lichtreflectie om zo verlichting in de tunnel uit te sparen

6.3 IMPACT EN IMPLEMENTATIE VAN KANSRIJKE EN IMPACTVOLLE MAATREGELEN

Een aantal van de maatregelen in voorgaande paragrafen is geselecteerd voor verdere uitwerking. Voor het selecteren van die maatregelen is gekeken naar: overlap tussen de verschillende maatregelen of waar de maatregelen elkaar aanvullen vanuit het oogpunt van circulariteit. Daarnaast is ook de verwachte impact op het areaal van Rijkswaterstaat meegenomen. Maatregelen die projectspecifiek zijn en daardoor niet relevant zijn voor andere projecten zijn niet meegenomen. Bij deze selectie is ook gebruik gemaakt van de expertise van de geïnterviewde personen.

De volgende vier *maatregelen* zijn in het volgende hoofdstuk navolgend nader uitgewerkt. Daarin zijn circulaire maatregelen als voorgaand beschreven:

Tunnelconstructie:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pas multifunctionele daglichtroosters toe bij tunnelmonden. 2. Ontwerp robuust hemelwaterafvoersysteem in tunnels 3. Beschikbaarheids- en brandwerendheidseisen aanpassen om materiaalgebruik te besparen.
Installaties:	<ol style="list-style-type: none"> 4. Pas uniforme en modulaire tunneltechnische installaties (TTI's) toe en stimuleer hergebruik

KANS 1 - PAS MULTIFUNCTIONELE DAGLICHTROOSTERS TOE BIJ TUNNELMONDEN

BESCHRIJVING - Hoe ziet dat eruit?

Om de overgang van licht naar donker gelijkmatiger te laten voorlopen worden bij tunnelmonden daglichtroosters toegepast. Dit zijn open schermen die over de het wegdek hangen en zijn bedoeld om het daglicht diffuser te maken en op zo een geleidelijke overgang te creëren van daglicht naar kunstlicht. Het toepassen van daglichtroosters resulteert in minder armaturen en een lager energieverbruik doordat minder verlichting benodigd is voor de ingangsverlichting. Er zijn nog wel enkele armaturen nodig omdat bij bepaalde (weers)omstandigheden het noodzakelijk is alsnog kunstverlichting toe te passen.

Het is ook mogelijk om de daglichtroosters multifunctioneel te gebruiken. Een mogelijkheid is om transparante zonnepanelen te verwerken in de daglichtroosters; op deze manier wordt het daglicht wel nog diffuus gemaakt, maar kan tegelijkertijd energie worden opgewekt voor de installaties in de tunnel. Ook is het mogelijk om met behulp van solatubes, een combinatie van lenzen en glasvezelkabels, het zonlicht op te vangen en te transporteren naar de armaturen in de tunnel. Daarnaast kunnen de daglichtroosters ook worden gebruikt om hemelwater op te vangen dat anders de tunnelmond zou inlopen en weg zou moeten worden gepompt. Door de regen vroegtijdig op te vangen en af te voeren is minder pompcapaciteit nodig wat een materiaalbesparing met zich meebrengt. Tot slot kan worden gekozen om vegetatie toe te passen op de daglichtroosters. De vegetatie vermindert net als de roosters zelf de hoeveelheid licht, maar daarnaast kan de vegetatie ook worden gebruikt om fijnstof op te vangen.

⁵⁶ <https://www.cob.nl/document/contrastwaarnemingen-in-tunnels/>

TOELICHTING - Wat gaat nu niet goed/ wat kan beter?

Afbouw met tegenstraalverlichting is een 'makkelijker' alternatief

Bij tegenstraalverlichting wordt, in tegenstelling tot de (traditionele) symmetrische verlichting, het licht dat afkomstig is van de armaturen in de tunnel, gericht tegen de rijrichting van het verkeer. Hiermee wordt het contrast met voertuigen of objecten in

de tunnelmond vergroot, wat de zichtbaarheid vergroot⁵⁶. De gedachte leeft dat het verlengen van de tunnel en het toepassen van tegenstraalverlichting eenvoudiger te realiseren is dan daglichtroosters, mede omdat het doorrekenen van de daglichtroosters niet goed mogelijk zou zijn en moeilijk te realiseren door de aannemer.

Daglichtroosters niet standaard bij elke tunnel aanwezig

Daglichtroosters zijn niet een standaardonderdeel van tunnels. Op de lijst van tunnels die in de komende periode gerenoveerd moeten worden, staan ook tunnels waar geen daglichtroosters zijn toegepast. Het is afhankelijk van de situatie of het mogelijk is om alsnog daglichtroosters te realiseren. Indien de tunnelwanden en rookmuren voldoende lang doorlopen (100 meter of meer), dan bestaat vanuit constructief oogpunt de mogelijkheid om daglichtroosters toe te passen.

Mogelijke ijsvorming op daglichtroosters met kans op onveilige situaties

Door het open karakter van de daglichtrooster bestaat het risico dat ijsvorming plaatsvindt op de daglichtroosters. In het geval het ijs afbreekt en op het wegdek valt, kan dit voor gevaarlijke situaties zorgen⁵⁷. In de praktijk blijkt ijsvorming zelden een probleem te zijn. Anticiperend op deze problemen kan gekozen worden om ijsafdrijvende technieken toe te passen.

⁵⁷ <https://www.cob.nl/wat-doet-het-cob/groeiboek/maatregelencatalogus-voor-energiereductie-in-tunnels/verlichting/>

Levenscycluskosten lager dan aangenomen

Vanwege de complexe structuur die nodig is voor de daglichtroosters zijn de roosters een kostbare investering. Hier staat tegenover dat de daglichtroosters kunnen steunen op de doorlopende tunnelwanden van de toe- en uitritten wanneer deze aanwezig zijn. Tegenover de investeringskosten staat dat de onderhoudskosten nagenoeg nihil zijn (schoonmaken is niet nodig, tenzij er zonnepanelen worden toegepast) wat resulteert in lagere onderhoudskosten dan voorheen werd aangenomen.

IMPACT - *Wat is de impact van kans op kosten en milieu?*

Milieu

Wanneer meerdere functies worden verwerkt in de daglichtroosters (bijv. zonnepanelen en afvoeren van hemelwater) dan bespaart dit (indirect) op materiaalgebruik. Zo is er minder pompcapaciteit nodig wanneer regen vroegtijdig wordt opgevangen en afgevoerd in plaats van dat het in de kelder komt en weggepompt moet worden (zie verder betreffende maatregel). Daarnaast kan het toepassen van daglichtroosters resulteren in een besparing van 20% op het totale energieverbruik van de tunnel⁵⁸. Armaturen zijn weliswaar nog nodig, maar staan minder vaak aan, waardoor deze langer mee kunnen gaan.

Kosten

De kosten van het toepassen van daglichtroosters is sterk afhankelijk van de tunnel, en zodoende ook in welke mate de investeringskosten hoger liggen dan bijvoorbeeld het toepassen van tegenstraalverlichting. Hier staat tegenover dat wanneer functies gecombineerd worden dit resulteert in een besparing van materiaal.

⁵⁸ <https://www.cob.nl/wat-doet-het-cob/groeiboek/maatregelencatalogus-voor-energiereductie-in-tunnels/verlichting/>

IMPLEMENTATIE - *Wat is nodig om tot implementatie van de kans te komen?*

INNOVEREN / UNIFORMEREN / PRODUCEREN

Constructieve berekening uitvoeren voor toepassing van (multifunctionele) daglichtroosters

Tunnels waar geen daglichtroosters aanwezig zijn, moeten worden geïnventariseerd en per tunnel kan worden bepaald of het constructief mogelijk is om daglichtroosters toe te passen. Aansluitend moeten constructieve berekeningen worden gemaakt om te bepalen of multifunctioneel gebruik in de vorm van zonnepanelen en hemelwaterafvoer mogelijk is, ook bij de tunnels waar reeds daglichtroosters zijn.

Veiligheid bij multifunctioneel gebruik laten onderzoeken door technische specialisten

Naast de constructieve berekeningen moet ook worden onderzocht welke de veiligheidsrisico's zijn bij multifunctioneel gebruik van de roosters en welke maatregelen eventueel moeten worden getroffen. Hierbij valt te denken aan de mate van brandveiligheid wanneer een auto of vrachtwagen onder de zonnepanelen in de brand staat: hoe reageren de zonnepanelen en met welke gevolgen moet rekening worden gehouden. Ook de belasting van water en sneeuw en de gevolgen voor de constructie moeten worden onderzocht.

Voordelen van multifunctioneel gebruik van daglichtroosters inzichtelijk maken

Het is mogelijk om daglichtroosters multifunctioneel in te zetten, maar de impact die de verschillende functies (zonnepanelen, fijnstof afvangen, hemelwater opvangen en afvoeren) hebben op het totale project zijn niet inzichtelijk. Om in projecten voor te kunnen sorteren op de inzet van multifunctionele daglichtroosters, moeten de voordelen / effecten inzichtelijk worden gemaakt om als een serieus alternatief te worden gezien.

Uitvragen op MKI of energieverbruik tijdens gehele levensduur

Het toepassen van daglichtroosters kan een besparing met zich meebrengen in energieverbruik, tot wel 20%. Daarnaast zorgt het gebruik van daglichtroosters ervoor dat minder armaturen nodig zijn dan in het geval alleen met tunnelverlichting wordt gewerkt. Bij alleen tunnelverlichting zijn extra stroken armaturen nodig waarvan de lengte overeenkomstig is met de lengte van de daglichtroosters. Om het voordeel op energieverbruik en energiebesparing te realiseren, dient in de uitvraag aandacht te worden besteed aan CO₂-uitstoot of de MKI-waarde over de gehele levensduur van de tunnel. Hierbij dient dan ook de productie van daglichtroosters en de daarbij komende milieu-effecten mee te worden genomen om een vergelijking te kunnen maken tussen verschillende oplossingen.

LICHTBLIZEN IN TUNNEL
BLIZEN IN TUNNELDAK OM ZO NATUURLIJK
LICHT TOEGANG TE GEVEN TOT DE TUNNEL EN
ENERGIEVERBRUIK TE BESPAREN

KANS 2 - ONTWERP ROBUUST HEMELWATERAFVOERSYSTEEM IN TUNNELS

BESCHRIJVING - Hoe ziet dat eruit?

Hemelwaterafvoer in tunnels is gebaseerd op verouderde uitgangspunten

De hemelwaterafvoer van de meeste tunnels in ons land is ontworpen op basis van oude richtlijnen met betrekking tot hemelwaterafvoer die zijn gebaseerd op de curve van Braak uit 1933. Sinds 2001 zijn nieuwe richtlijnen van toepassing, maar de meeste tunnels hebben waterkelders die gebaseerd zijn op oude richtlijnen. Door de klimaatontwikkelingen zijn er steeds vaker extreme regenbuien, waartoe de benodigde (pomp)capaciteit van de waterkelders in het algemeen niet afdoende is en meer capaciteit nodig⁵⁹ is om neerslagpieken te verwerken en de beschikbaarheid van de tunnel te garanderen.

Hemelwater vroegtijdig afvangen: minder belasting pompen

Een tunnel is veelal het laagste punt in een gebied en zodoende is deze vrijwel altijd kwetsbaar voor hemelwateroverlast. Om de kans op eventuele wateroverlast te reduceren moet een robuust hemelwaterafvoersysteem voor de tunnel worden toegepast. Daarbij is het zaak de hoeveelheid neerslag die in de tunnel terecht komt te reduceren. Dit kan door het hemelwater dat op de taluds valt direct af te voeren, in de toeritten halverwege roosters te plaatsen waar het water kan worden opgevangen of meer verkanting aan de weg mee te geven, zodat het water naar de zijkant van de weg wordt afgevoerd. Het voordeel van een geringere belasting van de waterkelders is een langere levensduur van de pompen omdat deze minder vaak aan staan.

Kleinere pompen voor langere levensduur

Het hemelwater dat in de tunnel komt, wordt opgevangen bij de tunnelmonden waarna het in de waterkelders terecht komt. Vanuit daar wordt het naar het riool gepompt of afgevoerd naar het oppervlaktewater. Voor een hogere capaciteit zijn zwaardere pompen nodig. Het nadeel daarvan is dat deze zwaardere pompen zelden

de maximale capaciteit bereiken en juist daardoor sneller slijten⁶⁰. Voor een langere levensduur kan gewerkt worden met een serie van kleinere pompen die los van elkaar kunnen opereren bij kleinere hoeveelheden hemelwater, maar gezamenlijk in staat zijn de pieken hemelwater weg te pompen. Door de volbelasting van deze pompen bereiken ze een langere levensduur dan grotere pompen die niet vol belast worden.

Afvang hemelwater Renovatie Eerste Heine Noordtunnel

In het project "Renovatie Eerste Heine Noordtunnel" zijn verschillende maatregelen getroffen om de afvoer van hemelwater te verbeteren. Zo zijn halverwege de toeritten roosters geplaatst om het water in hellingkelders op te vangen. Op deze manier is de opvoerhoogte niet of beperkt aanwezig en kan het water eenvoudig in het oppervlaktewater worden geloosd. Andere oplossingen zijn het toepassen van verkanting en goten aan de zijkant om hemelwater op de verharding af te voeren en het gebruik van helofytenfilters om vervuild water op natuurlijke wijze te reinigen.

TOELICHTING - Wat gaat nu niet goed/ wat kan beter?

Weinig aandacht voor vroegtijdig opvangen en afvoeren van hemelwater

Er is in de ontwerpfase normaliter weinig aandacht voor het vroegtijdig opvangen en afvoeren van hemelwater. Het algemene uitgangspunt is dat hemelwater pas wordt opgevangen bij de tunnelmonden waarna wordt weggepompt. Ook hemelwater dat van de grastaluds naar de toeritten stroomt, stroomt in het algemeen over de toerit naar de tunnelmonden. Dit heeft als gevolg dat al het water dat op de toerit, maar ook deels daarnaast, wordt afgevoerd naar de kelders onder de tunnelmonden en vanuit daar wordt weggepompt.

⁵⁹

<https://arcadis.maps.arcgis.com/apps/MapJournal/index.html?appid=3c699c74ab2c49adbcf6dd9062cac7ff>

⁶⁰ <https://www.greeni.nl/webopac/MetaDataEditDownload.csp?file=2:138882:1>

Ruimtegebrek

De meeste tunnels hebben waterkelders gebaseerd op verouderde richtlijnen. Hierdoor is de ruimte in de waterkelders voor het toepassen van pompen beperkt. Om deze reden worden vaak zwaardere pompen ingezet, omdat deze in een korte periode veel water kunnen wegpompen én passen in de kelders.

Zwaardere pompen slijten sneller doordat maximale capaciteit niet vaak wordt bereid

Door de huidige extreme regenbuien krijgen tunnels te maken met grotere hoeveelheden neerslag in korte tijd. Om deze hoeveelheden hemelwater snel te kunnen wegpompen zijn zware pompen nodig die in staat zijn deze pieken qua neerslag te verwerken en de beschikbaarheid van de tunnel te garanderen. Het grote nadeel van deze zwaardere pompen is dat deze zelden de maximale capaciteit bereiken en juist daardoor sneller slijten⁶¹. Als gevolg hiervan moeten de pompen eerder worden vervangen.

IMPACT - *Wat is de impact van kans op kosten en milieu?*

Milieu

Het ontwikkelen van een toekomstbestendig systeem om hemelwater vroegtijdig af te vangen en af te voeren vraagt om extra materiaalgebruik, maar dit zorgt ervoor dat uiteindelijk minder energie nodig is om het hemelwater weg te pompen en dat de pompen in de tunnelkelders minder vaak vervangen hoeven te worden. Zeker als dit gecombineerd wordt met het gebruik van een serie kleinere pompen. Hoe dit voor wat betreft materiaalgebruik en milieu-impact (MKI-waarde) uitvalt, zal van geval tot geval nader onderzocht moeten worden.

⁶¹ <https://www.greeni.nl/webopac/MetaDataEditDownload.csp?file=2:138882:1>

Kosten

De impact op de kosten loopt parallel aan de impact op het milieu: er zijn hogere investeringskosten, maar deze investeringen zorgen ervoor dat er kan worden bespaard op de kosten van het energieverbruik en dat er ook minder vaak kosten gemaakt moeten worden voor het vervangen van pompen.

IMPLEMENTATIE - *Wat is nodig om tot implementatie van de kans te komen?*

INNOVEREN / UNIFORMEREN / PRODUCEREN

Bij start van ontwerpproces een sessie organiseren om kansen voor afwatering in kaart te brengen

Aan het begin van het ontwerpproces kan een kansensessie worden georganiseerd door het projectteam om kansen voor vroegtijdige afwatering in kaart te brengen. Per project kan worden onderzocht op welke wijze hemelwater vroegtijdig kan worden opgevangen en afgevoerd. Doel is daarbij de pompen in de kelders zo min mogelijk te belasten.

Lessons learned over hemelwaterafvoer

Projectteam moet lessons learned over afwatering meenemen uit andere projecten. Ontsluiten van kennis kan bijvoorbeeld via het COB.

Afweging van type pompen op basis van beschikbare ruimte, LCC en LCA

Kleinere pompen slijten minder snel waardoor deze minder vaak moeten worden vervangen, maar hebben wel meer ruimte nodig voor dezelfde capaciteit in vergelijking met zwaardere pompen. Per project kan een balans worden gevonden om toch de gewenste capaciteit te leveren, maar wel zo duurzaam mogelijk invulling te geven aan de pompen. Indien voldoende ruimte aanwezig is, kan voor de inzet van pompen een afweging worden gemaakt op basis van beschikbare ruimte, LCC en LCA.

KANS 3 – BESCHIKBAARHEIDS- EN BRANDWERENDHEIDSEISEN AANPASSEN

BESCHRIJVING - Hoe ziet dat eruit?

Tunnels worden gezien als belangrijke verkeeraders in het Nederlandse wegennet. Er worden dan ook hoge eisen gesteld aan de beschikbaarheid en brandwerendheid van tunnels. Deze eisen leiden tot materiaalintensieve oplossingen, zoals extra installaties, robuustere kabels en leidingen en wandbekleding van hoge kwaliteit. Door de eisen voor beschikbaarheid en brandwerendheid aan te passen, is minder materiaal nodig. Dit leidt dan wel tot concessies op het vlak van beschikbaarheid. Immers, de veiligheid staat niet in het geding: de tunnels moeten veilig zijn voor de weggebruikers en beheerders. Maar door een keuze te maken voor minder materiaalgebruik, kan dit betekenen dat een tunnel eerder wordt afgesloten om de veiligheid te garanderen en te borgen.

TOELICHTING - Wat gaat nu niet goed/ wat kan beter?

Nationale tunnelwetgeving strenger dan Europese richtlijnen

In Nederland is de Europese tunnelrichtlijn in 2006 omgezet in nationale tunnelwetgeving. Daarbij is de nationale wetgeving strenger ingevuld dan de richtlijn. Dit heeft als resultaat dat de Nederlandse tunnels aan hogere veiligheidseisen moeten voldoen dan tunnels elders in Europa en dat ook aanvullende maatregelen nodig zijn, zoals extra reflecterende wandbekleding (voor meer zicht), meer ventilatoren of hittewerende bekleding. Deze maatregelen zorgen ervoor dat meer materialen nodig zijn.



⁶² <https://www.ad.nl/utrecht/wekenlang-fileleed-bij-galecopperbrug-a12-heeft-transportsector-miljoenen-euro-s-gekost~a2e21ccf/>

Heersende perceptie dat maatschappij geen onveilige situaties in tunnels accepteert

In de tunnelwereld leeft het beeld dat de maatschappij geen onveilige situaties in tunnels accepteert. Dit staat in schril contrast met bijvoorbeeld 'overstromingen' waarbij wel een bepaalde kans op overstroming wordt geaccepteerd. Als gevolg van deze perceptie is het *not done* om de veiligheid in tunnels ter discussie te stellen, laat staan de kans op onveilige situaties te vergroten.

IMPACT - Wat is de impact van kans op kosten en milieu?

Milieu

Als de eisen qua veiligheid en beschikbaarheid worden aangepast, heeft dit significante effecten op het materiaalgebruik en energieverbruik. Door de aanpassing in de eisen is het ook mogelijk dat minder installaties benodigd zijn in de tunnel én dat minder installaties continu beschikbaar moeten zijn, wat ook zijn weerslag heeft op het energieverbruik.

Kosten

In eerste instantie loopt de besparing op de kosten parallel aan de impact op het milieu. Doordat minder materiaal nodig is en ook minder energie wordt verbruikt, wordt bespaard qua kosten. Hier staat tegenover dat er extra kosten kunnen komen doordat de maatregelen qua beschikbaarheid en veiligheid zijn afgezwakt. Zo kan bij schade optreden aan de tunnel doordat minder preventieve maatregelen zijn getroffen. Een verminderde beschikbaarheid kan aanzienlijke gevolgen hebben voor de economie, doordat verkeer moet omrijden. De reparatie van de Merwedeburg in 2016, welke voor enkele weken niet toegankelijk was voor vrachtverkeer, heeft de transportsector 2,5 à 3 miljoen euro gekost.⁶²

IMPLEMENTATIE - *Wat is nodig om tot implementatie van de kans te komen?*

INNOVEREN / UNIFORMEREN / PRODUCEREN

Langere hersteltermijn bij niet-veiligheidskritische installaties

Bij schade of niet-functioneren van niet-veiligheidskritische installaties kan een langere hersteltermijn worden vastgesteld waarbinnen de installatie gerepareerd of vervangen moet worden. In het geval van veiligheidskritische installaties is het evident dat de tunnel moet worden afgesloten, maar bij de overige installaties kan worden besloten om die bij de volgende nacht of volgende onderhoudsbeurt te repareren of vervangen. Dit kan worden bewerkstelligd via de LTS (landelijke tunnelstandaard). Voorraden van installaties kunnen dan beperkter ingericht worden.

Maatschappelijke discussie voeren over eisen aan beschikbaarheid, veiligheid en duurzaamheid

Om te toetsen wat de maatschappelijke perceptie is op de veiligheid en beschikbaarheid van tunnels kan een maatschappelijke discussie worden gevoerd tussen overheden, marktpartijen en de Nederlandse bevolking. In deze discussie moet naar voren komen welk belang wordt gehecht aan beschikbaarheid, veiligheid en duurzaamheid en hoe deze aspecten zich tot elkaar verhouden. Als de maatschappelijke perceptie meer verschuift richting duurzaamheid, biedt dit wellicht kansen om de eisen voor beschikbaarheid en veiligheid te herzien.

KANS 4 - PAS UNIFORME EN MODULAIRE TUNNELTECHNISCHE INSTALLATIES (TTI) TOE EN STIMULEER HERGEBRUIK

BESCHRIJVING - Hoe ziet dat eruit?

Tunnels bevatten de nodige tunneltechnische installaties (TTI), variërend van ventilatie en verlichting tot pompen en brandblusinstallaties. Momenteel ontwikkelt Rijkswaterstaat '3B-bouwblokken', een standaard systeem waarmee een groot deel van de bewakings-, bedienings- en besturingssystemen van RWS-kunstwerken (naast tunnels ook beweegbare bruggen en sluizen) gemaakt kunnen worden. Het idee van het standaardiseren van de installaties is dat deze eenvoudig kunnen worden ingepast in tunnels en dat tevens uitwisseling mogelijk is met andere tunnels of sluizen en bruggen.

Het 3B-systeem wordt ontwikkeld ten behoeve van kostenefficiëntie en efficiënt beheer en onderhoud. Dit systeem bestaat uit elektrische en werktuigbouwkundige systemen die nodig zijn in tunnels. Bij de ontwikkeling van het 3B-Bouwblok wordt reeds aandacht geschonken aan energiebesparing, zoals energiezuinige installaties en natuurlijke ventilatie.

Naast het 3B-systeem moeten ook de fysieke installaties zelf meer uniform en modulair worden ontworpen. Door uniforme installaties na te streven kan meer worden gestuurd op het verminderen van materiaalgebruik in de technische eisen die aan de installaties worden gesteld. Het verhogen van de modulariteit van de tunneltechnische installaties zorgt ervoor dat deze snel en eenvoudig kunnen worden vervangen, zodat de eventuele stremming van de tunnel minimaal is. De modulariteit heeft betrekking op systeem (bijv. camerasysteem (hardware en software)), modules (bijv. (fysieke) camera) en component (bijv. bedrading in de camera). Aanvullend kan er met betrekking tot circulariteit worden gekeken naar:

- toepassing van gerecycled materiaal;
- reparatie in plaats van vervanging van kapotte onderdelen;
- toepassing van systemen en producten die goed recyclebaar zijn (makkelijk te scheiden materialen);
- toepassen van producten met 'militaire' specificaties (om een langere (functionele) levensduur te hebben).

Een mogelijkheid is om de installaties niet als product in te kopen, maar als dienst uit te vragen bij een leverancier. De leverancier blijft de eigenaar, waardoor er een (extra) prikkel ontstaat om de systemen zo te maken dat ze langer meegaan, minder energie gebruiken en/of beter her te gebruiken zijn. Een andere mogelijkheid is om hergebruik te stimuleren door het inkopen via Excess Materials Exchange (EME) aan te moedigen en eisen op te stellen aan vrijkomende installaties en de afvoer hiervan.

TOELICHTING - Wat gaat nu niet goed/ wat kan beter?

Snelle veroudering en hoge eisen aan installaties

De installaties in tunnels verouderen zeer snel (5-15 jaar). Oorzaken voor een snelle afschrijving en volledige vervanging zijn:

- snelle ontwikkeling qua automatisering. Hierdoor is soms na 3 jaar (of sneller) een nieuw systeem beschikbaar dat significante voordelen heeft in relatie tot snelheid, betrouwbaarheid of energiezuinigheid;
- veranderde normen en wetgeving, zoals (cyber)security- en veiligheidseisen;
- zeer hoger beschikbaarheids- en betrouwbaarheidseis van 99,99%;
- het testen van een (deels) hergebruikt systeem is (door bovenstaande zaken) veel moeilijker en duurder, mede ingegeven door hoge eis aan beschikbaarheid en betrouwbaarheid.

Grote variatie in installaties waarbij deze verschillende kwaliteiten hebben

Op dit moment worden installaties in tunnels veelal functioneel uitgevraagd. Dit geeft aannemers de vrijheid om met eigen installaties te komen om zo invulling te geven aan de functionele eisen. Dit heeft als resultaat dat er geen uniformiteit is in de installaties die in de Nederlandse tunnels zijn toegepast. Hierdoor is er onvoldoende beeld wat de gemiddelde kwaliteit en levensduur is van de tunnelinstallaties. In Nederland moeten de installaties gemiddeld om de 5 jaar worden vervangen, terwijl in een land als Noorwegen, waar de TTI's technisch worden voorgeschreven, de gemiddelde levensduur 25 jaar is. Door de installaties meer robuust te maken, hebben de installaties een hogere kwaliteit en is er minder variatie in de levensduur.

Vervangen van installaties is goedkoper en sneller

Kapotte onderdelen en systemen worden weinig tot niet gerepareerd, vanwege de hoge kosten en grote omloopsnelheid. Vervangen is goedkoper en sneller. Zo worden soms complete UPS-systemen (Uninterrupted Power Supply) vervangen waarvan alleen de batterij het niet meer doet, terwijl kasten, AC/DC-omzetters en schakelaars nog functioneren. Voor snel herstel is bovendien vervanging noodzakelijk en is repareren niet snel genoeg.

Mate van hergebruik van vrijkomende installaties is onduidelijk

Er is door Rijkswaterstaat weinig zicht op het vervolgtraject van installaties die nu vrijkomen uit tunnels, dit beperkt adequate sturing. Dit komt in de eerste plaats doordat Rijkswaterstaat vaak door een contractuele eis “vrijkomend materiaal vervalt aan de aannemer” niet meer ‘eigenaar’ is van de installaties wanneer deze uit de tunnel worden verwijderd. Ten tweede is het voor marktpartijen (nog) onvoldoende interessant om installaties hoogwaardig her te gebruiken. Onderdelen waar geen functie meer voor is, worden in principe gerecycled. Eenvoudige producten zoals kabels worden goed gerecycled, maar de terugwinning van grondstoffen uit complexere producten met lastig scheidbare materialen gaat slecht.

IMPACT - Wat is de impact van kans op kosten en milieu?

Milieu

Snelle vervanging van installaties kan gunstig zijn voor het energieverbruik. De milieu-impact van de productie en installatie van nieuwe installaties wordt al snel terugverdiend met het uitgespaarde elektriciteitsverbruik, maar dit kan wel leiden tot hoger materiaalgebruik als materialen niet worden gerecycled. In een integrale milieuafweging (LCA) kan dit afgewogen worden.

Kosten

Het idee achter standaardiseren van de installaties is dat dit op termijn een kostenbesparing met zich brengt door schaalvergroting. Dit effect wordt versterkt wanneer de gemiddelde levensduur van de gestandaardiseerde installaties langer wordt dan die van de huidige installaties. Er kunnen daarnaast aanzienlijk kosten worden bespaard door eenvoudiger onderhoud, gemakkelijk upgraden van kapotte of

verouderde onderdelen (en dus langer gebruik van het systeem) en kleinere voorraden aan reserveonderdelen. Hierdoor worden over de levensduur ook minder materialen gebruikt. Voor de langere termijn kan het standaardiseren van installaties ervoor zorgen dat er minder radicale innovatie is en met name incrementele innovatie. Grote verbeteringen, ook qua kosten, blijven dan achterwege.

IMPLEMENTATIE - Wat is nodig om tot implementatie van de kans te komen?

INNOVEREN / UNIFORMEREN / PRODUCEREN

Onderzoek naar juiste contractvoorwaarden om reparatie volwaardig alternatief te maken

Om reparatie en gebruik van gereviseerde installaties een volwaardig alternatief te maken ten opzichte van het vervangen door nieuwe installaties is onderzoek nodig naar de juiste contractvoorwaarden in prestatiecontracten. Voor opdrachtnemers moet repareren en reviseren ook een financieel aantrekkelijke optie worden om hergebruik te stimuleren.

Onderzoek doen naar veel voorkomende schadekenmerken

Veel voorkomende schadekenmerken kunnen geanalyseerd worden, zodat bijvoorbeeld geplande, preventieve reparaties kunnen worden gepleegd. Om dit preventief onderhoud mogelijk te maken is meer onderzoek nodig naar de verschillende schadekenmerken en de oorzaken hiervan.

Maatschappelijke discussie bij tunnelrenovaties sturen op duurzaamheid

Als grootste opdrachtgever in de Nederlandse infrastructuur heeft Rijkswaterstaat de mogelijkheid om de maatschappelijke discussie over tunnelrenovaties te sturen op duurzaamheid en/of circulariteit. Op deze manier kan draagvlak binnen de sector worden gecreëerd voor het toepassen van standaard TTI's in combinaties met de voordelen die het qua duurzaamheid en circulariteit met zich meebrengt. Het draagvlak is essentieel om gedragen eisen en specificaties op te stellen en uiteindelijk ook de standaard installaties te realiseren.

Vaststellen van eisen en functionele specificaties van standaard TTI's

Rijkswaterstaat gaat in overleg met de marktpartijen bepalen wat de eisen en functionele specificaties zijn van deze standaard installaties. De marktpartijen hebben de *state-of-the-art* kennis omtrent installaties, terwijl Rijkswaterstaat duidelijk moet hebben hoe de organisaties de installaties wil inzetten en aan welke eisen en specificaties deze moet voldoen.

Testen van standaard TTI's in teststraat en pilotproject

De ontwikkelde standaard TTI's moeten worden getest, voordat deze daadwerkelijk kunnen worden uitgevraagd. Dit moet in eerste instantie gebeuren in een teststraat, zodat de installaties kunnen worden getest, zonder dat hiervoor tunnels moeten worden afgesloten. Als deze test naar tevredenheid zijn, kan een pilotproject worden gekozen waar de standaard TTI's worden toegepast. Belangrijk hierbij is om de prestaties te monitoren, zodat een weloverwogen beslissing kan worden gemaakt om deze installaties standaard uit te vragen.

Technisch voorschrijven van installaties door Rijkswaterstaat

Om de uniformiteit en kwaliteit van de TTI's te borgen, gaat Rijkswaterstaat besluiten om installaties technisch voor te schrijven. In vergelijking met de huidige situatie heeft de aannemer minder ontwerpvrijheid, voor Rijkswaterstaat levert dit evenwel het voordeel op dat de kwaliteit van de installaties betrouwbaarder is en dat reparatie of vervanging van installaties eenvoudiger is doordat geput kan worden uit een voorraad van gestandaardiseerde installaties die beschikbaar is voor alle tunnels (en bruggen en sluizen) in Nederland.

Op centrale locaties standaard TTI's beschikbaar stellen voor veiligheidskritische installaties

Door op centrale locaties standaard TTI's beschikbaar te stellen voor veiligheidskritische installaties, kunnen deze snel worden vervangen waardoor de hinder voor het wegverkeer minimaal is. Vervolgens kan na vervanging worden gekeken wat niet functioneert aan de installaties om deze (indien mogelijk) te repareren en beschikbaar te stellen voor vervanging.

Stimuleren van gebruik van Excess Materials Exchange (EME)

Rijkswaterstaat stimuleert in projecten het gebruik van Excess Materials Exchange (EME) of een variant hierop. Dit kan zowel bij de installaties die uit de tunnel worden gehaald als bij het toepassen van 'nieuwe' installaties. In het eerste geval kunnen installaties een tweede leven krijgen, terwijl bij de tweede variant er wordt gekeken of binnen het betreffende tunnelprojecten producten of materialen hergebruikt kunnen worden.

Inzicht krijg in leveringszekerheid van schaarse materialen

Veel materialen in installaties zijn schaarse materialen. Kijkend naar de toekomst om de werking van de installaties te garanderen is het belangrijk inzicht te krijgen in de leveringszekerheid van schaarse materialen. Op termijn kan in het ontwerpen van installaties ook worden gestuurd op de inzet van schaarse materialen.

UNIFORME EN MODULAIRE TUNNELTECHNISCHE INSTALLATIES
 GEBRUIK VAN UNIFORME EN MODULAIRE TTI'S VOOR EFFICIENTER
 BEHEER EN ONDERHOUD EN MEER UITWISSELING QUA
 MATERIALEN TUSSEN TUNNELS

7 CIRCULAIRE KRW-MAATREGELEN

7.1 OVERHEERSENDE OBJECTTYPOLOGIEËN

De Kaderrichtlijn Water (KRW) is opgesteld om de waterkwaliteit in Europa te verbeteren. De richtlijn is sinds 2000 van kracht. In deze richtlijn staan afspraken die ervoor moeten zorgen dat uiterlijk in 2027 het water in alle Europese landen voldoende schoon en gezond is. De maatregelen worden in 3 tranches uitgevoerd: de eerste tranche (2010-2015) van maatregelen is inmiddels afgerond. De overige maatregelen vallen onder de tweede (2016-2021) en derde tranche (2022-2027). Het gaat daarbij om tussen de 80 en de 120 maatregelen verspreid over Waal, Lek, Rijn en IJssel.

Voor KRW-maatregelen ligt de focus op drie sub-objectgroepen:

Geulen en strangen

Projecten gekenmerkt door groot grondverzet, onderverdeeld in vier categorieën:

- Toepasbare vrijkomende grond.
- Niet-toepasbare vrijkomende grond.
- Aanvoer en aanbrenge van grond, bijvoorbeeld klei als onderdeel van een dijklichaam.
- Kwel-/piping-beperkende maatregelen (geul nabij primaire kering – altijd in combinatie met HWBP-project).

Oeveroptimalisaties

Projecten gekenmerkt door het verbeteren van de leefomgeving voor fauna door het reduceren van scheepvaartinvloed op de oever (paai zones voor vis) en het optimaliseren van de substraatlaag.

- Plaatsen vooroeverbescherming (geen constructieve functie ten aanzien van de oever).
- Natuurvriendelijke oevers.

Vispassages

Projecten kenmerken zich door grondverzet en constructies om de trappen te realiseren (schanskorven, betonplaten, legioblokken, etc.).

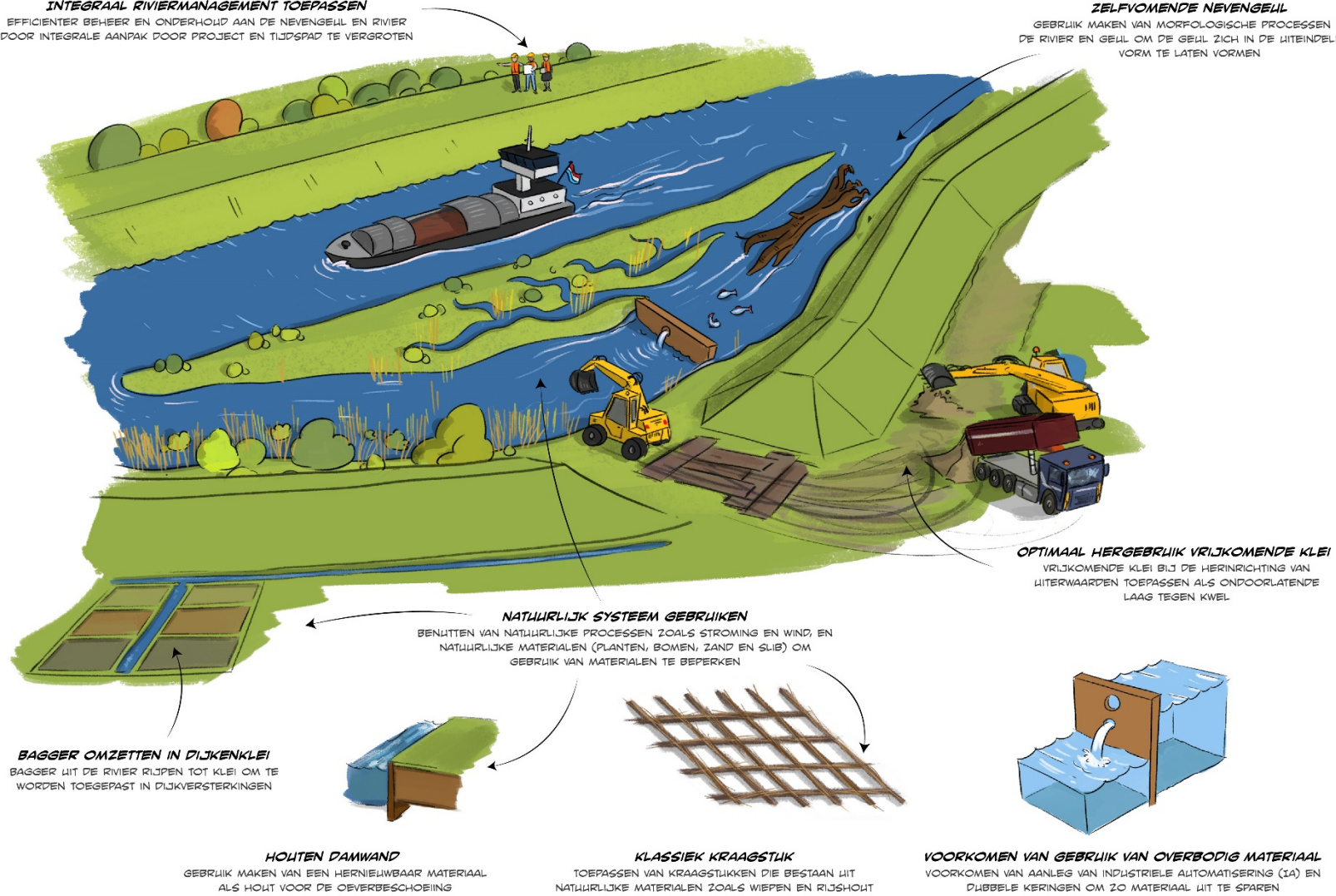
7.2 CIRCULAIR KRW-MAATREGELEN

Voor het inventariseren van circulaire KRW-maatregelen is gebruik gemaakt van een verzameling interne factsheets van Rijkswaterstaat omtrent KRW-ingrepen en een brainstorm met technisch managers van Rijkswaterstaat. Per maatregel is gezien welk circulair ontwerp-principe van toepassing is.

CIRCULAIRE MAATREGELEN VOOR KADERRICHTLIJN WATER (KRW)

INTEGRAAL RIVIERMANAGEMENT TOEPASSEN
EFFICIENTER BEHEER EN ONDERHOUD AAN DE NEVENGEUL EN RIVIER
DOOR INTEGRALE AANPAK DOOR PROJECT EN TIJDSPAD TE VERGROTEN

ZELFVOMENDE NEVENGEUL
GEBRUIK MAKEN VAN MORFOLOGISCHE PROCESSEN IN
DE RIVIER EN GEUL OM DE GEUL ZICH IN DE LITEINDELIJKE
VORM TE LATEN VORMEN



Principe	Maatregel
Voorkomen	1. Voorkomen van aanleg van industriële automatisering (IA) om extra materialen (kabels, leidingen, installaties) uit te sparen.
	2. Voorkomen van dubbele keringen om zo (overbodig) materiaal uit te sparen.
Duurzaam gebruik van bestaande objecten en materialen	3. Gebruik van restmateriaal (klei, grind of steen uit andere projecten) bij de aanleg van strangen of geulen. ⁶³
	4. Hergebruik van grond binnen hetzelfde gebied om aanvoer van buitenaf te reduceren.
	5. Marktplaats voor stortsteen om hergebruik van stortsteen te stimuleren.
	6. Plankprofielen van gerecycled grondstoffen om gebruik van nieuwe, primaire grondstoffen te reduceren.
	7. Gebruik van natuurlijke materialen bij toepassen van zink- en kraagstukken
Gebruik van natuurlijke processen	8. Oeverbevestiging door middel van begroeiing waardoor de wortels zorgen voor een goede vastlegging van de oevers.
	9. Zelfvormende nevengeul aan de hand van morfologische processen.
	10. Eroderende oevers die ontstaan na ontstening van oevers
	11. Aanleggen van natuurvriendelijke oevers waarbij er een natuurlijke overgang is van nat naar droog en het ontwerp zoveel mogelijk wordt afgestemd op de omgeving.
	12. Ontwerpen van vispassages op basis van stroming om de bedding in de passage intact te houden en baggeren te minimaliseren.
Ontwerp voor optimaal beheer en onderhoud	13. Betrekken van beheerders in ontwerpproces om beheer en onderhoud mee te nemen in het ontwerpproces.
	14. Monitoring van ontwerp om effecten van ontwerp voor beheer en onderhoud inzichtelijk te krijgen
Ontwerp voor duurzaam materiaalgebruik	15. Rijs- of wilgenhout als golfbreker gebruiken om niet-natuurlijke materialen uit te sparen.
	16. Toepassing van rivierhout uit beheer en onderhoud als beschutte plaats voor jonge en juveniele vis.
	17. Focus op raakvlakmanagement om maatregelen te optimaliseren die buiten de reguliere scope vallen.

⁶³ Gesloten grondbalans is een voorwaarde bij KRW-projecten

7.3 IMPACT EN IMPLEMENTATIE VAN KANSRIJKE EN IMPACTVOLLE MAATREGELEN

Een aantal maatregelen is geselecteerd voor verdere uitwerking. Voor het selecteren van die maatregelen is gekeken naar: overlap tussen de verschillende maatregelen of waar de maatregelen elkaar aanvullen vanuit het oogpunt van circulariteit. Daarnaast is ook de verwachte impact op het areaal van Rijkswaterstaat meegenomen. Bij deze selectie is ook gebruik gemaakt van de expertise van de geïnterviewde personen.

De volgende drie *maatregelen* zijn in het volgende hoofdstuk navolgend nader uitgewerkt. Daarin zijn circulaire maatregelen als voorgaand beschreven opgenomen:

1. Optimaal hergebruik van vrijkomende klei bij herinrichting van uiterwaarden
2. Maak gebruik van het natuurlijke systeem om materiaalgebruik te reduceren
3. Efficiënt beheer en onderhoud door Integraal Riviermanagement

KANS 1 – OPTIMAAL HERGEBRUIK VAN VRIJKOMENDE KLEI BIJ HERINRICHTING VAN UITERWAARDEN

BESCHRIJVING - Hoe ziet dat eruit?

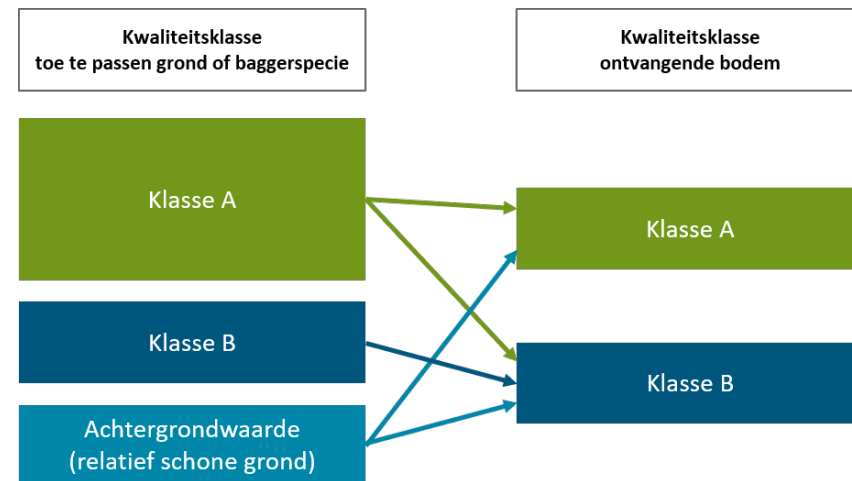
Bij de herinrichting van uiterwaarden komt onder meer klei vrij door het uitgraven van de geulen en strangen. De klei die vrijkomt bij de graafwerkzaamheden kan worden gebruikt om de gebieden achter de dijk te beschermen tegen bijvoorbeeld kwelproblemen. Door het aanbrengen van een voldoende dikke kleilaag wordt de grond zo ondoorlatend gemaakt en kan het grondwater niet aan het oppervlakte treden. Door het gebruik van vrijkomende klei uit de rivier is het daarnaast niet noodzakelijk om klei van buitenaf aan te voeren en toe te passen. Op deze manier wordt invulling gegeven aan een gesloten grondbalans binnen het betreffende KRW-project. Als de eisen voor de toepassing van klei worden verruimd, biedt dit ook meer mogelijkheden om gewonnen bagger te rijpen tot klei en toe te passen als dijkklei. Tot slot kan worden geoptimaliseerd met de dikte van de kleilaag: door te berekenen welke dikte noodzakelijk is om een ondoorlatende laag te creëren kan worden bespaard op de hoeveelheid klei.



TOELICHTING - Wat gaat nu niet goed/ wat kan beter?

'Strikte' handhaving van Besluit Bodemkwaliteit door ILT

De Inspectie Leefomgeving en Transport (ILT) hanteert in veel gevallen een 'strikte' handhaving van het Besluit Bodemkwaliteit. Hierin staat dat alleen gronden van dezelfde klasse op elkaar mogen worden aangebracht. Dit betekent dat het niet mogelijk is om klei van kwaliteit B op grond van kwaliteit A te plaatsen, zelfs als beide type grond voorheen op elkaar lagen. In een dergelijke situatie moet dan van buitenaf klei van kwaliteit A worden aangevoerd, en moet de klei met kwaliteit B worden afgevoerd. In Figuur 14 is schematisch weergegeven hoe om te gaan met verschillende klassen grond en bodem.



Toelichting: grond van klasse B mag enkel worden toegepast op bodem met klasse B. Grond van klasse A of met een achtergrondwaarde (relatief schone grond) mag worden toegepast op zowel bodem met klasse A als klasse B.

Figuur 14: Kwaliteitsklasse toe te passen grond of baggerspecie in relatie tot kwaliteitsklasse ontvangende waterbodem (Bron: Bodem +: Handreiking Besluit Bodemkwaliteit, 2011)

Overdimensionering van laagdikte van klei: minimaal 1 meter dik

Voor het toepassen van een ondoorlatende laag wordt een minimale laagdikte van 1,0 meter gehanteerd.⁶⁴ Deze bepaling is gebaseerd op het toetsen van ‘natuurlijke’ kleilagen op de mate van ondoorlatendheid. Door een dikte van 1,0 meter aan te houden, kan met grote zekerheid worden gezegd dat de kleilaag ondoorlatend is. Bij de herinrichting is er echter sprake van een ‘kunstmatige’ kleilaag: dit biedt kansen om door middel van berekeningen aan te tonen dat een dunnere kleilaag dezelfde mate van ondoorlatendheid heeft. Desondanks geldt ook bij aangelegde kleilaag dat deze minimaal 1,0 meter dik is.

Gebruik van erosieklasse 3 voor ondoorlatende laag niet toegestaan

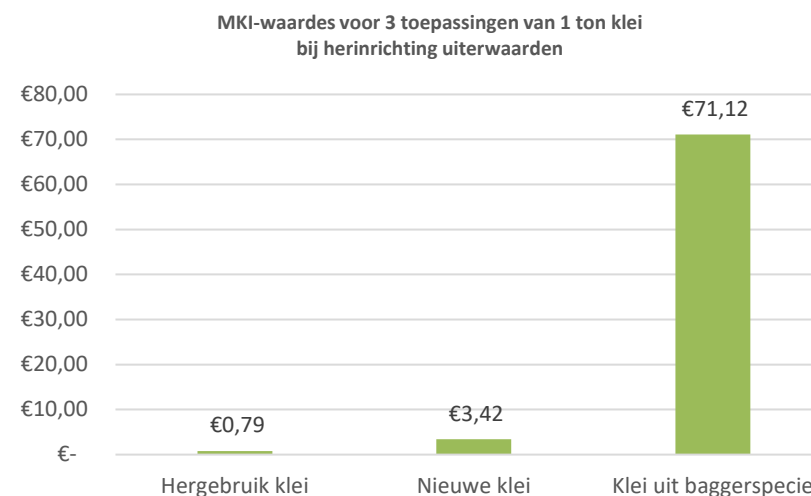
De kwaliteit van dijkklei wordt medebepaald op de mate van erosiebestendigheid. Erosieklasse 1 betreft klei die sterk erosiebestendig is, terwijl bij klasse 3 de klei weinig erosiebestendig is. Voor dijkklei wordt erosieklasse 1 voorgeschreven; voor het binnentalud is het ook mogelijk om erosieklasse 2 toe te passen. Klei van erosieklasse 3 is echter in geen van de gevallen toepasbaar.⁶⁴ De klei die wordt gewonnen bij de herinrichting is in veel gevallen van erosieklasse 3. Hierdoor kan deze klei in veel gevallen niet worden toegepast als dijkklei.

IMPACT – Wat is de impact van kans op kosten en milieu?

Milieu

Het verruimen van de eisen die worden gesteld aan het toepassen van klei bij de herinrichting van uiterwaarden heeft een significante impact op het milieu. De MKI-waardes in Figuur 15 laten zien dat hergebruik van klei uit de uiterwaarden een significant lagere milieu-impact heeft dan klei die nieuw moet worden aangevoerd. Indien het mogelijk is dat klei van kwaliteit B kan worden toegepast op grond met kwaliteit A, dan resulteert dit in een beperking van het aantal transportbewegingen en daardoor in een lagere MKI-waarde. Het derde alternatief, het rijpen van klei uit baggerspecie, brengt een aanzienlijke milieu-impact met zich mee, maar hier staat tegenover dat vanuit een afvalstof (baggerspecie) een nieuwe bouwstof (klei) wordt gecreëerd.

⁶⁴ Technisch rapport klei voor dijken (Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, 1996)



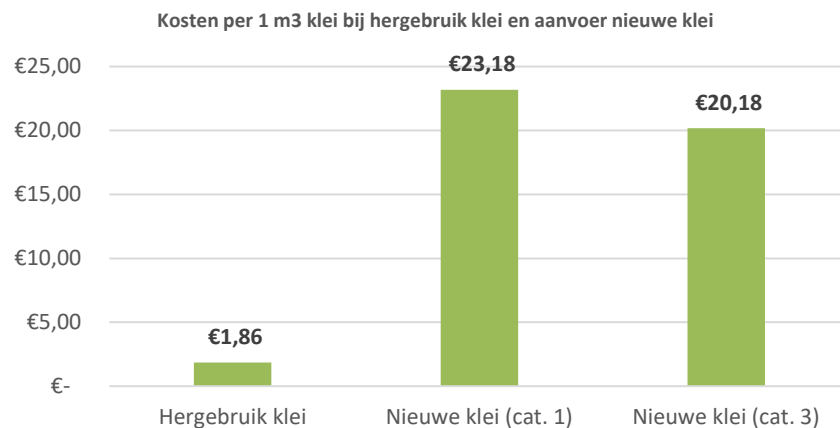
Figuur 15: Milieu-impact (MKI) voor 3 toepassingen van klei bij de herinrichting van uiterwaarden⁶⁵

Naast het (her)gebruiken van vrijkomende klei, zorgt het optimaliseren van de laagdikte ervoor dat minder klei benodigd is. Waar nu wordt gerekend met een minimale dikte van 1,0 meter kan op basis van berekeningen ook worden volstaan met een dikte van 0,5 meter. Dit resulteert in een besparing van 50%, zowel op de hoeveelheid klei die benodigd is als op de MKI-waarde, onafhankelijk welke alternatief wordt gekozen. Een laatste optimalisatie is om klei van erosieklasse 3 toe te passen voor de kleilaag. Hierdoor kan klei van deze klasse worden hergebruikt en wordt hoogwaardige klei uitgespaard die weer kan worden toegepast bij andere dijkversterkingsprojecten.

⁶⁵ Berekeningen zijn gemaakt op basis van informatie versterkt door Rijkswaterstaat en uit DuboCalc

Kosten

Door klei te hergebruiken zijn er zowel besparingen doordat er minder handelingen moeten worden verricht als dat er geen nieuwe klei moet worden aangekocht. In Figuur 16 zijn indicatieve kosten weergegeven voor het hergebruik van klei, het toepassen van klei van erosieklasse 1 en klei van erosieklasse 3. Bij het aanvoeren van nieuwe klei is ook rekening gehouden met het afvoeren van de niet geschikte klei.



Figuur 16: Kosten voor het toepassen van 1 m³ klei bij de herinrichting van uiterwaarden⁶⁵

IMPLEMENTATIE - Wat is nodig om tot implementatie van de kans te komen?

INNOVEREN / UNIFORMEREN / PRODUCEREN

Aanpassen van toepassingsvoorwaarden voor gebiedseigen grond

Om het toepassen van gebiedseigen grond te vergroten is een aanpassing van de toepassingsvoorwaarden in het generieke kader van het Besluit Bodemkwaliteit wenselijk. Op dit moment is het al mogelijk om de normstelling van het gebiedsspecifieke kader aan te laten passen door de lokale waterkwaliteitsbeheerder, maar een aanpassing van het generieke kader zorgt voor verandering van de standaard.

Toelaten van dunnere kleilaag op basis van berekeningen

Bij een 'kunstmatige' kleilaag kan in theorie de ondoorlatendheid van de kleilaag ook worden berekend waardoor het niet meer noodzakelijk is een laagdikte van 1,0 meter te hanteren, maar dat kan worden volstaan met een laagdikte van bijvoorbeeld 0,5 meter. Hiervoor dient wel een aanpassing te worden doorgevoerd in de regelgeving die nu is gebaseerd op het *Technisch rapport klei voor dijken*.

Aanpassen van eisen omtrent de toegepaste erosieklasse bij dijkklei

Voor het toepassen van dijkklei geldt nu de norm dat de klei moet voldoen aan erosieklasse 1 of voor toepassing op het buitentalud aan erosieklasse. Indien de eisen worden aangepast waardoor ook klei van erosieklasse 3 kan worden toegepast voor de kleilaag om kwel tegen te gaan, dan kan de hoogwaardige klei worden toegepast voor het versterken van de dijken.

KANS 2 - MAAK GEBRUIK VAN HET NATUURLIJK SYSTEEM OM MATERIAALGEBRUIK TE REDUCEREN

BESCHRIJVING - Hoe ziet dat eruit?

Bij het ontwikkelen van KRW-maatregelen worden oplossingen aangedragen die conform de *Building-with-Nature*-filosofie zijn ontworpen. Het uitgangspunt van *Building with Nature* is het benutten van natuurlijke processen, zoals stroming en wind en natuurlijke materialen zoals planten, bomen, zand en slib. Deze aanpak zorgt er voor dat geen of in beperkte mate materialen benodigd zijn om invulling te geven aan de KRW-doelen.

Voorbeelden waarbij het natuurlijke systeem is gebruikt om invulling te geven aan het KRW-beleid, zijn het gebruiken van rijshout of wilgen als golfbreker (voorbeeld: wilgenbos in project Noorderwaard), erosie de ruimte geven om oevers terug te laten keren in natuurlijke staat (voorbeeld: nevengeul van de Hurwenense Kil), het afzinken van complete bomen (voorbeeld: nevengeul bij Aersoltweerde) of het toepassen van klassieke zinkstukken (bestaande uit wiepen en rijshout) in plaats van moderne zinkstukken. Ook het slim gebruiken van zand en slib dat bijvoorbeeld vrijkomt bij dijkversterkingsprojecten is een vorm van *Building with Nature*. Voorbeeldprojecten hiervan zijn de Marker Wadden en Trintelzand.

TOELICHTING - Wat gaat nu niet goed/ wat kan beter?

Effectiviteit van oplossingen onvoldoende inzichtelijk

Bij veel van de maatregelen die conform de *Building-with-Nature*-filosofie zijn ontworpen en toegepast, is het onduidelijk wat de effectiviteit is. Dit komt mede doordat deze filosofie nog niet voor een langere periode op grote schaal wordt toegepast waardoor het ontbreekt aan vergelijkingsmateriaal. Daarnaast zijn de oplossingen locatiespecifiek wat betekent dat de effecten op de ene locatie niet direct hetzelfde zullen zijn als op de andere locatie.

Geen inzicht in benodigde beheer en onderhoud

Naast het feit dat de effectiviteit niet altijd duidelijk is, is het ook niet altijd duidelijk wat er qua beheer en onderhoud benodigd is. Voor de beheerorganisatie is het daardoor lastig in te schatten hoe vaak een *Building-with-Nature*-oplossing geïnspecteerd moet worden, wanneer onderhoud moet worden gepleegd, wat voor onderhoud dit is en welke kosten dit met zich meebrengt.

Focus lag op functioneel ontwerpen van de rivier

De ecologische kwaliteit van het water was langere tijd onvoldoende relevant. De focus lag lange tijd meer op de functionaliteit van de rivier: de scheepvaart moest functioneren, er moest een goede doorstroming zijn en de omliggende omgeving moest beschermd zijn tegen het water. Pas sinds 2000 is de Kaderrichtlijn Water van kracht waardoor de waterkwaliteit ook (weer) belangrijk is geworden. Tot die tijd werd er met name gekeken hoe invulling kon worden gegeven aan de eerdergenoemde uitgangspunten.

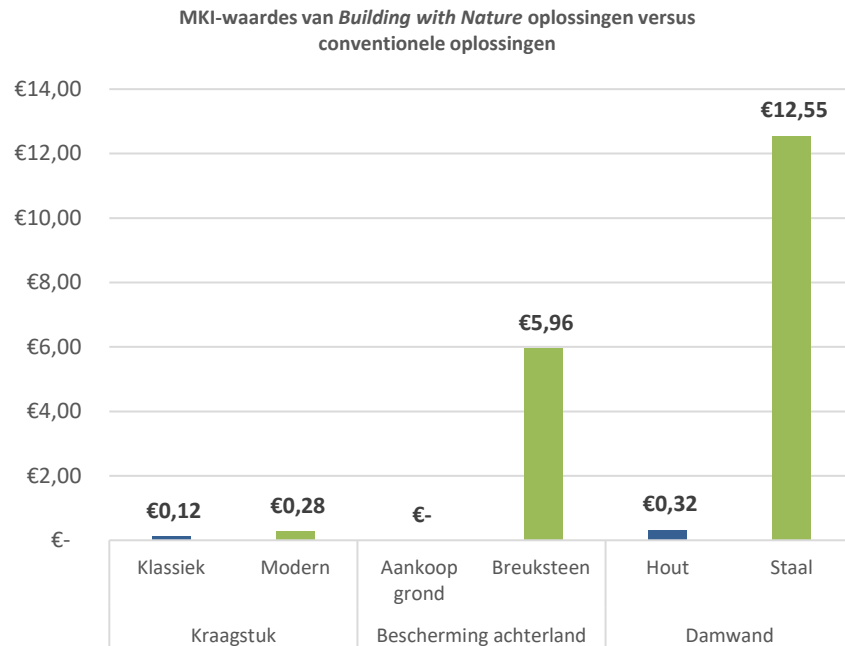
Exotische diersoorten verdringen inlandse soorten

Mede door het ontbreken van een focus op de ecologische kwaliteit van het water hebben exotische diersoorten de tijd en ruimte gehad om inlandse soorten te verdringen. Door de waterkwaliteit te verbeteren is de gedachte dat de oorspronkelijke plant- en diersoorten weer de omgeving krijgen waar deze in kunnen floreren.

IMPACT - Wat is de impact van kans op kosten en milieu?

Milieu

Deze maatregel is positief voor het milieu, doordat de inzet van materialen wordt beperkt. Er wordt juist gebruik gemaakt van het natuurlijke systeem wat betekent dat óf gebruik wordt gemaakt van natuurlijke processen of materialen zoals planten, bomen, zand en slib. In Figuur 17 zijn de MKI-waardes van 3 KRW-maatregelen weergegeven waarbij de Building with Nature-oplossing is weergegeven en de conventionele oplossing. Voor de bescherming van het achterland is uitgegaan dat de hoeveelheid (landbouw)grond die aangekocht moet worden evenredig is aan de taludbekleding met breuksteen.



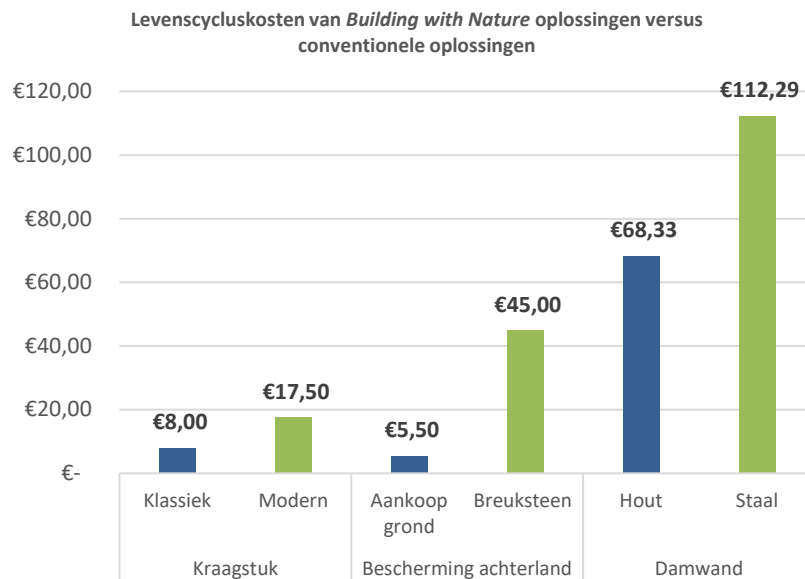
Figuur 17: MKI-waardes van *Building with Nature*-oplossingen (blauw) versus conventionele oplossingen (groen).⁶⁶

⁶⁶ Berekeningen zijn gemaakt op basis van informatie versterkt door Rijkswaterstaat en uit DuboCalc

Kosten

Het effect op de kosten is niet eenduidig. Het gebruik van natuurlijke materialen of het systeem betekent dat er geen materiaalkosten hoeven te worden gerekend, maar mogelijk zijn de kosten van de benodigde werkzaamheden wel hoger in vergelijking met conventionele oplossingen. Voor de 3 KRW-maatregelen waar in het bovenstaande stuk de MKI-waardes zijn gepresenteerd blijkt dat over de gehele levenscyclus de kosten van BnW-maatregelen lager zijn dan die van conventionele oplossingen (zie Figuur 18). Voor het kraagstuk zijn bijvoorbeeld de aanschafkosten van het moderne kraagstuk lager, maar tegelijkertijd moeten er ook kosten voor het verwijderen worden gerekend. In het geval van de bescherming van het achterland dient 'enkel' grond te worden aangekocht, terwijl de houten damwand tussentijds wel vervangen moet worden, maar dat de levenscycluskosten toch lager zijn in vergelijking met de stalen variant.





Figuur 18: Levenscycluskosten van *Building with Nature*-oplossingen (blauw) versus conventionele oplossingen (groen).⁶⁶

IMPLEMENTATIE - Wat is nodig om tot implementatie van de kans te komen?

INNOVEREN / UNIFORMEREN / PRODUCEREN

Consequenties voor beheer en onderhoud meenemen bij afweging

Bij het overwegen om de *Building with Nature*-aanpak toe te passen moet door Rijkswaterstaat goed worden stil gestaan bij de consequenties voor beheer en onderhoud. Bij deze afweging dient de beheerafdeling ook betrokken te zijn om duidelijk in beeld te brengen wat de verwachte consequenties zijn voor het beheer en onderhoud. Binnen het Uiterwaardenbeheer wordt op dit moment hier invulling

aangegeven door de veiligheid van het riviergebied te garanderen, maar tegelijkertijd oog te hebben voor de KRW-doelen.

Pilotprojecten aanwijzen om ervaring op te doen

Door het uitvoeren van pilotprojecten op basis van de filosofie van *Building with Nature* kunnen de verschillende diensten van Rijkswaterdienst ervaring opdoen en meer inzicht krijgen in de mogelijkheden van deze aanpak, maar ook in de consequenties. Op deze manier kan voor de toekomst op basis van ervaringen worden bepaald of het gebruik van het natuurlijke systeem een kansrijke maatregel is. Op dit moment is er een onderzoeksproject vanuit onder andere Rijkswaterstaat om te kijken op welke manier circulariteit kan worden ingebed in het beheer van de uiterwaarden. Ook is er een proefproject bij de bypass bij Kampen waarbij hout dat vrijkomt uit beheerprojecten eerst wordt gewaterd om meer resistent te worden waarna het wordt toegepast als remming- en geleidewerk.

Monitoring van prestaties van oplossingen

Voor toekomstige projecten waarbij het gebruik van het natuurlijke systeem wordt overwogen, is het belangrijk om inzicht te hebben in de effecten van deze aanpak. Daarom moeten projecten die worden uitgevoerd conform deze filosofie worden gemonitord. Hierbij valt te denken aan het benodigde beheer en onderhoud, maar ook aan de waterkwaliteit, de biodiversiteit in het water, etc.

Lessons learned van *Building with Nature* borgen binnen SSRS

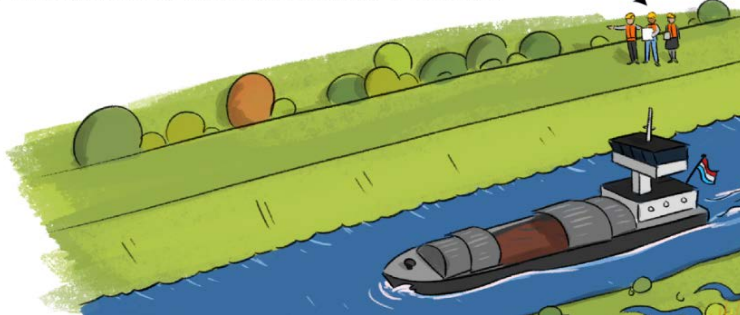
Om de toepassing van *Building with Nature* te vergroten, dient de lessons learned te worden geborgd binnen het programma Self Sustaining Rivier Systeem (SSRS). Op deze manier kan kennis worden geborgd én ontsloten, zodat de ontwerpfilosofie *Building with Nature* breed kan worden toegepast en dat ook de effecten van deze filosofie inzichtelijk worden voor een groter publiek.

KANS 3 - EFFICIËNT BEHEER EN ONDERHOUD DOOR INTEGRAAL RIVIERMANAGEMENT (IRM)

BESCHRIJVING - Hoe ziet dat eruit?

KRW-maatregelen staan niet op zichzelf. Op het moment dat een nevengeul wordt aangelegd of andere maatregelen worden uitgevoerd om de waterkwaliteit te verbeteren, heeft dit effect op de rest van het riviersysteem, ook voor het beheer en onderhoud van de verschillende elementen. Door een integrale aanpak te hanteren, kan worden gekeken hoe verschillende maatregelen met elkaar samenhangen en wat de impact is op verschillende functionaliteiten van de rivier en hoe het benodigde beheer en onderhoud zo efficiënt mogelijk kan worden ingericht. Een voorbeeld is dat vanuit de KRW voor extra aanzanding kan worden gezorgd bij plekken waar een trend is qua bodemdaling.

INTEGRAAL RIVIERMANAGEMENT TOEPASSEN
EFFICIENTER BEHEER EN ONDERHOUD AAN DE NEVENGEUL EN RIVIER
DOOR INTEGRALE AANPAK DOOR PROJECT EN TIJDSPAD TE VERGROTEN



Belangrijk bij deze maatregel is daarom om niet alleen de ontwerpers samen naar het riviersysteem te laten kijken, maar om ook de beheerders bij het ontwerpproces te betrekken. Op deze manier kan vroegtijdig worden bepaald wat de consequenties zijn voor het beheer en onderhoud voor het gehele riviersysteem en hoe dit kan worden geoptimaliseerd, zonder dat effecten worden gemitigeerd. De circulaire drijfveer voor een integrale aanpak is dat minder ingrepen noodzakelijk zijn en dat daardoor ook minder inzet van materiaal en materieel noodzakelijk is in vergelijking met de huidige situatie.

TOELICHTING - Wat gaat nu niet goed/ wat kan beter?

Mitigerende maatregelen op lokaal niveau

Het Rivierkundig Beoordelingskader (RBK) is leidend bij het beoordelen van voorgenomen ingrepen en het toekennen van vergunningen. In het geval van ongewenste effecten voor bijvoorbeeld de scheepvaart of de waterkwaliteit moeten conform het RBK mitigerende maatregelen worden getroffen om het effect te verhelpen. Deze maatregelen worden getroffen op lokaal niveau waardoor in veel gevallen het effect doorschuift naar een andere plek in het riviersysteem.

Scope van KRW-maatregelen is alleen gefocust op geul

Bij het toepassen van KRW-maatregelen is de focus alleen op de (neven)geul en niet op de rest van het riviersysteem. Hierdoor is onvoldoende inzichtelijk wat de effecten zijn voor de rest van het riviersysteem en welke maatregelen hiervoor moeten worden getroffen om het effect teniet te doen.

Natuurbeheer nieuw voor beheerafdeling

Natuurbeheer is nieuw voor de beheerafdeling van Rijkswaterstaat, waardoor het onduidelijk is wat benodigd is qua beheer en onderhoud bij KRW-maatregelen om het gewenste effect te behouden. Vanuit de ontwerp kant wordt de beheerafdeling ook onvoldoende meegenomen in het ontwerp en de beoogde effecten met betrekking tot KRW. Op dit moment vindt er aan het eind van de ontwerp fase een overdracht plaats, waarna het betreffende gebied de verantwoordelijkheid is van de beheerafdeling.

IMPACT - Wat is de impact van kans op kosten en milieu?

Milieu

Het toepassen van IRM zorgt ervoor dat er effectiever kan worden ontworpen en dat het beheer en onderhoud ook effectiever wordt ingericht waardoor minder ingrepen noodzakelijk zijn. Door minder ingrepen qua beheer en onderhoud is er ook minder materiaal en materieel benodigd.

Kosten

De gedachte is door het toepassen van een integrale benadering dat de totale kosten omlaaggaan. Wel kan het zijn dat bepaalde stakeholders meer of minder kosten maken ten opzichte van de huidige situatie. Bij het bepalen van een dergelijke kostenverdeling moet zodoende worden gekeken naar een eerlijke verdeling waarbij alle partijen er uiteindelijk van profiteren.

ontwikkelen. Daarbij kijkt het programma niet alleen naar technische haalbaarheid (technological readiness level), maar misschien nog wel meer naar sociale haalbaarheid (stakeholder readiness level) van oplossingen.

IMPLEMENTATIE - *Wat is nodig om tot implementatie van de kans te komen?*

INNOVEREN / UNIFORMEREN / PRODUCEREN

Scope van projecten vergroten

Verschillende projecten in het riviergebied moeten gebundeld worden aangevlogen om zo de scope te vergroten en invulling te geven aan IRM. Rijkswaterstaat heeft hierin een leidende rol om de verschillende partijen die betrokken zijn in het riviergebied samen te brengen en te wijzen op de positieve effecten van de maatregel.

Rivierkunding Beoordelingskader: integrale benadering, tenzij ...

Het RBK moet worden aangepast naar de integrale benadering die het IRM voorstaat. In het RBK moet de nadruk komen te liggen op het integraal oplossen van effecten, tenzij dit onvoldoende mogelijk blijkt te zijn. Op deze manier zijn de verschillende partijen genoodzaakt om samen te werken en te zoeken naar een integrale, gemeenschappelijke oplossing in plaats van het oplossen van een subprobleem.

Onderdeel worden van leerprogramma Self Supporting Rivier Systeem

Vanuit Rijkswaterstaat is het leerprogramma Self Support Rivier Systeem (SSRS) opgestart dat als doel heeft om toe te werken naar een rivierengebied waarin de rivier zichzelf zo veel mogelijk op natuurlijke wijze beheert en onderhoudt. Dit vraagt om een andere manier van denken en doen. Het toepassen van IRM sluit aan bij deze principes en om de bekendheid van IRM te vergroten moet worden gekeken op welke manier IRM onderdeel kan worden van het programma SSRS. SSRS kan IRM helpen haar doelstellingen te verwezenlijken door bouwstenen te ontdekken, testen en

8 CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

8.1 CONCLUSIES

Kansrijke maatregelen voor circulaire objecten, actie nodig voor implementatie

Uit dit onderzoek komen maatregelen voor circulaire objecten naar voren die nog geen gangbare praktijk zijn. In dit rapport zijn per object circulaire maatregelen en implementatiestappen gegeven.

Het milieuvoordeel van maatregelen varieert in omvang

Gezocht is naar circulaire maatregelen die de komende jaren, vanwege de opgaven bij de verschillende objecttypen, vaak toepasbaar zijn. Op basis van expert judgement zijn vervolgens impactvolle maatregelen geselecteerd en is het milieu- en kostenvoordeel kwalitatief beoordeeld. Daar waar kwalitatief geen duidelijke conclusie getrokken kon worden, zijn vergelijkende LCA- en LCC-berekeningen uitgevoerd. De bevindingen zijn bij de maatregelen gegeven. In dit onderzoek is niet de impact van maatregelen onderling vergeleken en ook niet op areaalniveau (impact van opschaling).

Het milieuvoordeel van maatregelen varieert ook in termijn en kans

Niet alleen varieert de impact van circulaire maatregelen in omvang, maar ook in de termijn en de kans waarop die impact optreedt. Een grote kans waarvan het voordeel op de korte termijn optreedt, achten wij daarbij als meest voordelig. De volgende categorieën kunnen onderscheiden worden:

Milieuvoordeel maatregelen	Grotere kans optreden	Kleinere kans optreden
Korte termijn	Maatregelen die bij uitvoering direct milieuvoordeel met zich meebrengen. Bijvoorbeeld: <ul style="list-style-type: none"> ▪ behouden en versterken van een bestaand object in plaats van nieuwbouw ▪ besparen op materialen door een langere uithardingstijd van betonnen liggers. 	
Lange termijn	Maatregelen gericht op het selecteren van materialen die hoogwaardig recyclebaar zijn en op het zodanig aanbrengen dat ze terug neembaar zijn. De milieuvoordelen doen zich op de lange termijn voor met een grote kans op daadwerkelijk optreden.	Maatregelen die op korte termijn een 'investering' van materialen vragen, die op lange termijn moet resulteren in milieuvoordeel. Gezien de lange termijn is het optreden van milieuvoordeel echter onzeker. Bijvoorbeeld standaardiseren en demontabel realiseren van een object waardoor hergebruik op termijn wordt vereenvoudigd.

De toepasbaarheid van circulaire maatregelen is vaak contextafhankelijk

De circulaire maatregelen die in dit rapport zijn gegeven, zijn niet in iedere situatie toepasbaar of impactvol. De toepasbaarheid van circulaire maatregelen is vaak afhankelijk van de context (object en omgeving) waarin ze worden toegepast. Dat geldt zowel voor de huidige als de toekomstige situatie. In navolgend kader enkele voorbeelden.

Circulaire maatregelen zijn vaak contextafhankelijk. Enkele voorbeelden:

Huidige situatie

Object: bijvoorbeeld hergebruik van een object(deel) elders is afhankelijk van de technische staat ervan.

Omgeving: bijvoorbeeld een groene kolk is alleen toepasbaar bij voldoende ruimte.

Toekomstige situatie

Object: versterkingsmaatregelen van een object moeten altijd gezien worden in relatie tot de beoogde resterende gebruiksduur.

Omgeving: een aanpasbaar object is eerder zinvol in een omgeving waar toekomstige veranderingen aan de orde zijn, zoals een verkeersknooppunt.

Circulaire maatregelen kunnen strijdig zijn op principes

Soms zijn circulaire maatregelen op verschillende principes tegenstrijdig. Een voorbeeld: maatregelen die zijn gericht op materiaalbesparing en daardoor leiden tot een slankere constructie kunnen een negatief effect hebben op de levensduur van een object door een minder robuuste uitvoering, waardoor intensiever beheer en onderhoud(smaatregelen) nodig is en/of er minder mogelijkheden zijn voor levensduurverlenging.

Actie nodig voor implementatie van circulaire maatregelen

Uit dit onderzoek komen circulaire maatregelen naar voren die nog geen gangbare praktijk zijn. Voor de implementatie van maatregelen is actie nodig, dat gaat niet vanzelf. In dit rapport zijn per object circulaire maatregelen en implementatiestappen gegeven.

Implementatie is naast technisch-inhoudelijk vraagstuk ook een sturingsopgave

De acties gericht op implementatie zijn deels 'technisch' van aard: onderzoek en ontwikkeling (*innoveren*) en opname in richtlijnen en kaders (*uniformeren*). De sturingsvraag (*produceren*) is echter zeker zo belangrijk: sturing en prikkels in projecten om circulair werken te bevorderen. Ook moeten de juiste informatie en hulpmiddelen aanwezig zijn om circulair te kunnen werken, zoals inzicht in de technische staat van constructies voor een langere levensduur en hergebruik.

8.2 AANBEVELINGEN VOOR IMPLEMENTATIE

Producers: toepassen circulaire maatregelen in projecten

Stimuleer de toepassing van circulaire maatregelen in projecten in uitvraag

Een deel van de circulaire maatregelen kan direct worden toegepast. Daar moet dan wel op gestuurd worden of moet dit mogelijk gemaakt worden. In dit onderzoek zijn daartoe uitwerkingen gegeven, zoals: voldoende gewicht in een gunning toekennen aan een MKI-waarde, ruimtereservering voor toekomstige aanpassing van een viaduct, tijd geven om te zoeken naar een bestemming van een vrijkomend object, in MER- en Tracestudies vragen om een nieuw wegontwerp dat zoveel mogelijk geoptimaliseerd wordt ten opzichte van de bestaande objecten in het tracé.

Betrek de huidige en toekomstige situatie bij het selecteren van maatregelen

De toepasbaarheid en impact van circulaire maatregelen is afhankelijk van de huidige en toekomstige context van een object. Stel dan ook altijd een toekomstvisie op voor het object (functie, levensduur en omgeving) om daarmee de juiste maatregelen te selecteren en betrek ook altijd de huidige staat en omgeving. Zeker bij circulaire maatregelen die strijdig zijn op verschillende circulaire principes, is het verstandig het milieuvoordeel over een langere periode te beschouwen (naast productie en aanleg ook het gebruik, einde levensduur en tweede en volgende levensduren).

Begin 'zo snel mogelijk' met het selecteren van materialen die hoogwaardig recyclebaar zijn

In opdracht van RWS wordt gewerkt aan een beoordelingskader bouwmaterialen. Met dit kader kan worden vastgesteld in welke mate circulaire risico's aanwezig zijn. Als een bouw materiaal beoordeeld is op haar circulaire risico, kunnen randvoorwaarden gesteld worden aan de selectie en toepassing ervan in een werk. Aanbevolen wordt de implementatie zo snel mogelijk uit te voeren en daarmee de laatste stap in de sluiting van ketens (recycling) te borgen.

Voer nader onderzoek uit naar prioritering van circulaire maatregelen

Het milieuvoordeel van circulaire maatregelen varieert in omvang (opschaling), termijn en kans van optreden. Voer nader onderzoek uit naar hoe maatregelen op basis hiervan te prioriteren.

Innoveren en uniformeren circulaire maatregelen

Niet alle circulaire maatregelen zijn direct toepasbaar, verschillende onderzoeken en ontwikkelingen zijn daarvoor nodig.

Voer de volgende onderzoeken en ontwikkelingen uit:

Bruggen/viaducten

- Overleg met transportsector over betere spreiding zwaar verkeer over bruggen/viaducten.
- In OBR bruggen/viaducten herberekening als standaard maatregel opnemen.
- Onderzoek hoe meer uniformiteit in constructieve herberekeningen bruggen/viaducten te krijgen.
- Onderzoek welke normen/eisen een belemmering zijn voor behoud van constructies bij aanpassing.
- Onderzoek de mogelijkheid van projectonafhankelijke opslag van object(delen) en 'marktplaats'.
- Bepaal (en leg vast in basisspecificaties) van standaardafmetingen voor (delen) van bruggen/viaducten, met aanvullende eisen voor onder meer demonteerbaarheid en transporteerbaarheid.
- Ontwikkel een effectieve sturing met MKI op minder cement en toepassing van hergebruikt cement.
- Overleg met leveranciers (van prefab betonnen liggers) en bouwbedrijven over prikkel voor lager cementgehalte.

Dijken en oeverbescherming

- Richt een landelijk platform op dat alle grondprojecten in de tijd uit zet voor de komende 5 tot 10 jaar voor betere uitwisseling van grondstromen. Dit geldt ook voor andere objecttypen met grotere grondstromen.
- Stimuleer de ontwikkeling van innovatieve dijkversterkende technieken die gunstig zijn voor circulair werken.
- Investeer in sensoren en monitoringssystemen voor dijken.

Sluizen

- Verbeter de kennisverspreiding over en kosten- en risico-inschattingen van kathodische bescherming.
- Bepaal landelijke standaard types (groottes) voor remmingwerken en aandrijfsystemen en leg deze vast in/vanuit Multiwaterwerken.
- Bereken de milieuwinst van reserve-deuren ten opzichte van de verliezen op overgedimensioneerde constructies en andere aanpassingen als gevolg van standaardisatie.
- Onderzoek de mogelijkheden binnen de uitwerking van het 3B-Bouwblok om installaties circulair in te kopen.

Wegstelsystemen

- Neem circulariteit op in de opdracht of geef circulariteit een plek in het afwegingskader van alternatieven
- Geef MKI-berekeningen een prominente plek in aanbestedingen om de milieu-impact over de gehele levensduur te reduceren met als doel optimaal materiaalgebruik.
- Blijf innovaties vanuit de markt stimuleren, maar faciliteer ook het testen en toepassen van innovaties. Dit geldt zowel voor asfaltmengsels als voor wegmeubilair.
- Innoveer ook met enige regelmaat de wet- en regelgeving om de toepassing van innovaties mogelijk te maken.
- Betrek wegbeheerders bij ontwikkeling van circulaire ontwerpen om meer inzicht te krijgen in de effecten op het beheer en onderhoud van het wegstelsysteem.

Tunnelrenovatie

- Maak de tunneltechnische installaties (TTI's) uniform en modulair om meer optimalisatie te krijgen in het gebruiken en beheren van installaties.
- Maak bij het aanschaffen van installaties een keuze op basis van levenscycluskosten én levenscyclusanalyse.
- Deel *lessons learned* tussen tunnelrenovatieprojecten om van projecten te leren en verder te verduurzamen.
- Pas de wet- en regelgeving omtrent brandwerendheid en beschikbaarheid aan om materiaalgebruik te besparen.

KRW-maatregelen

- Kritisch reflecteren op de wet- en regelgeving in KRW-projecten om circulaire oplossingen mogelijk te maken.
- Hanteer een integraal perspectief, zowel qua projectgrootte als qua tijd, om te komen tot meer efficiëntere en effectievere oplossingen.
- Betrek beheer en onderhoud bij het toepassen van KRW-maatregelen om in de toekomst de effectiviteit van de maatregelen te borgen.

Voer nader onderzoek uit naar implementatie van het principe ‘denken in meerdere levenscycli’

Op veel van de circulaire principes is door de experts de nodige input gegeven. Het betreft dan veelal een optimalisatie van min of meer bekende paden. Het principe ‘denken in meerdere levenscycli’ leidt evenwel tot minder respons en complexe afwegingen: er is weinig ervaring mee en lastig te vertalen naar een praktische handvatten.

Geef meer handvatten voor praktijk hoe om te gaan met ‘schaarse materialen’.

In de praktijk beschikt men nog weinig handvatten om betekenis te geven ‘schaarse materialen’. Met name rondom elektrisch afval, het zogenaamde e-waste, is nog onduidelijk hoe om te gaan met de schaarse materialen die in deze installaties zitten en welke waarde deze materialen vertegenwoordigen. Bij V&R-projecten, maar ook bij nieuwbouwprojecten, is het aan te bevelen als project stil te staan bij de toepassing van deze materialen en wat te doen bij einde levenscyclus.

A1 SAMENVATTING ONDERZOEK CIRCULAIRE ECONOMIE 2017

In 2017 zijn de volgende onderzoeken door Rijkswaterstaat uitgevoerd in relatie tot circulaire economie:

1. Circulair Ontwerpen in het MIRT-proces. Handelingsperspectieven voor beleidsmakers, adviseurs, ontwerpers en beheerders (Witteveen+Bos)
2. De bijdrage van ecosysteemdiensten aan de circulaire economie. Vervanging en besparing van primaire grondstoffen (RHDHV, november 2017)
3. Duurzaamheidonderzoek hergebruik boogbrug Vianen
4. Infovragen Materialenpaspoort: casus Prinses Beatrixsluis (Witteveen+Bos, januari 2018)
5. Verkenning naar de betekenis van circulaire economie voor de grondketen (Tauw, Maart, 2018)
6. Circulair sturen op hoogwaardig hergebruik van toegepaste en toe te passen materialen (RHDHV, maart 2018)
7. Perspectief op schaarste. Inzicht in materiaal schaarste in areaal Rijkswaterstaat (LBP Sight, februari 2018)
8. Van grondstoffenarchitectuur tot materialenpaspoort. Op weg naar circulariteit in het assetmanagementproces bij RWS. (Stantec, november 2017).

Deze bronnen zijn onderzocht op de mogelijke betekenis voor onderhavige onderzoek. Eventuele vervolgonderzoeken zijn op aangegeven van RWS verder niet verkend.

A2 BEGELEIDING EN EXPERTS

Begeleidingsgroep

- Machiel Crielaard (RWS WV)
- Jeroen Nagel (RWS WV)
- Barbara van Offenbeek (RWS WV)

Experts

Bruggen en viaducten

Naam (organisatie)	Werkessie	Interview	Slotbijeenkomst	Feedback concept-eindrapport
Rijkswaterstaat				
Barbara van Offenbeek	X		X	X
Jeroen Nagel	X			
Sonja Fennis	X			X
Pieter Johannes Steenbergen	X		X	
Dick Schaafsma	X		X	
Hans Nugteren	X		X	
Tom Coenen	X		X	
Frank van Dooren		X		
Nienke Venema			X	
Tom Coenen				X
Arjan Schaareman				X
Copernicus Instituut				
Arjen Ros			X	
Royal HaskoningDHV				
Jos Reinders	X		X	
Ernst Klamer	X		X	
Rob Vergoossen	X		X	
Niels Willemsen	X			
Jan Bart Jutte	X		X	
Bas Mentink	X			
Wim Timmerman	X			

Dijken en oevers

Naam (organisatie)	Werkessie	Interview	Slotbijeenkomst	Feedback concept-eindrapport
Rijkswaterstaat				
Kees Huizinga	X			
Richard Pool	X			
Wim Sterk	X			X
Alex Roos	X			
Defne Osmanoglou	X		X	
Jeroen Nagel	X		X	X
Machiel Crielaard	X			
Rinse Joustra			X	
Regina Havinga			X	
Renger van de Kamp				X
Hans Pieter de Boer				X
Royal HaskoningDHV				
Peter van der Scheer	X		X	
Lucie Terwel	X		X	
Leslie Mooyaart			X	
Jan Bart Jutte	X			
Bas Mentink	X			
Wim Timmerman	X		X	

Sluizen

Naam (organisatie)	Werkessie	Interview	Slotbijeenkomst	Feedback concept-eindrapport
Rijkswaterstaat				
Peter Jansen		X		
Evert Jan Houwing		X		
Wouter de Man	X			
Erwin Pechtold	X			
Gerrit Wolsink	X			
Machiel Crielaard	X		X	X
Marloes Baijens	X		X	X
Alice Rixel			X	
Mariette Snijders			X	
Berber de Liefde		X		
Ibrahim Eroglu		X		
Royal HaskoningDHV				
Philip de Ruiter	X		X	
Ronald Hergarden	X		X	
Bas Mentink	X		X	
Jan Bart Jutte	X			

Wegstelsel

Naam (organisatie)	Interview	Slotbijeenkomst	Feedback concept-eindrapport
Rijkswaterstaat			
Rob Hofman	X		X
Henk Senhorst	X		
Wim van Grinsven	X		
Chris van Schalm	X		
Anneke van Leeuwen		X	X
Rob Valk			X
Jeroen Nagel		X	X
Machiel Crielaard			X
Externe partijen			
Gerbert van Bochove (Heijmans)	X		
Maarten Schöffner (Witteveen + Bos)	X		
Laurens Smal (Dura Vermeer)	X		
Roger de Gelder (Coldmix)	X		
Royal HaskoningDHV			
Dennis van Kan	X		
Simon Bos	X		
Jan Bart Jutte			
Michiel Wolbers		X	

Tunnelrenovatie

Naam (organisatie)	Interview	Slotbijeenkomst	Feedback concept-eindrapport
Rijkswaterstaat			
Johan Naber	X	X	X
Ton de Korte			X
Hilde Koopmans			X
Stefan van der Voorn			X
Jeroen Nagel		X	X
Machiel Crielaard			X
Royal HaskoningDHV			
Jos Schild	X		
Frederik Wagenaar	X		
Jan Bart Jutte			
Michiel Wolbers		X	

KRW-maatregelen

Naam (organisatie)	Interview	Slotbijeenkomst	Feedback concept-eindrapport
Rijkswaterstaat			
Erik Bijlsma	X	X	X
Bert Pijpers	X	X	X
Jos Wiegers	X		X
Joyce Zuijdam			X
Jeroen Nagel			
Machiel Crielaard		X	X
Royal HaskoningDHV			
Fred Haarman	X		
Sophie de Reus	X		
Jan Bart Jutte			
Michiel Wolbers		X	

A3 OVERHEERSENDE OBJECTTYPOLOGIEËN

1. BRUGGEN EN VIADUCTEN

Toelichting totstandkoming objecttypen

Voor de door RWS aangegeven objectengroep bruggen en viaducten zijn de gegevens uit de Objectbeeregime (OBR) kunstwerken als vertrekpunt genomen (NIS, januari 2016). Uit deze gegevens blijkt dat de meest voorkomende kunstwerken in beheer bij RWS viaducten zijn (2880). Binnen de groep (betonnen) viaducten (en vaste bruggen beton) is circa de helft (40%) van het type (gewapende) plaat en circa de andere helft (45%) voorgespannen prefab ligger en verder nog een groep (tot 15%) in-situ voorgespannen plaat/koker/ligger. Bruggenexpert Rob Vergoossen (RHDHV) geeft op basis van zijn ervaring aan dat diverse viaducten die in de komende jaren worden geamoveerd vanwege functiewijziging prefab liggers hebben. Prefab liggers lenen zich derhalve goed voor het onderzoeken van circulaire mogelijkheden, mede doordat liggers transporteerbaar zijn. Als casusobject kiezen we voor Viaduct Hengelderweg onder de A13 tussen Zevenaer en Didam.

Uit de analyse komt verder naar voren dat de tweede categorie veelvoorkomende kunstwerken (546) betonnen onderdoorgangen betreft. Omdat een onderdoorgang veelal een fietspad/voetpad/tertiaire weg overspant, is functiewijziging van de onderdoorgaande weg veelal niet de aanleiding voor vervanging maar gaat het om interventies als onderhoud en/of vervanging omdat de technische levensduur is gehaald. Als casusobject kiezen we voor 30H-158-01 Hofweg in de A4 (Hoftunnel).

De derde typologie is niet gekozen vanwege de grote aantallen beheerobjecten maar vanwege de aard van het object. Gekozen is voor stalen bruggen met val, omdat deze objecten zich goed lenen voor circulariteit, mede omdat een val potentie heeft voor hergebruik. Object 25D-001-01/02 "Schinkelbrug" is gekozen als casusobject. De keuze is bewust gevallen op een kleinere brug om de impact te vergroten, aangezien de inzichten hieruit voortkomend ook bruikbaar zijn voor (beweegbare) stalen bruggen in beheer bij provincies en gemeenten (dit in tegenstelling tot unieke objecten zoals bijvoorbeeld de Suurhoffbrug).

Toelichting keuze casusprojecten

Afgaand op de stichtingsjaren is te zien dat de gewapende kunstwerken iets (gemiddeld tot ca. 10 jaar) ouder zijn dan voorgespannen kunstwerken. De leeftijd zegt in de praktijk eigenlijk niets over de aanleiding tot vervanging, zoals al bleek wordt vaak gekozen voor vervanging van een kunstwerk doordat de functie wijzigt. Veelal is dit omdat de breedte van de rijweg (voor viaducten in de snelweg) of de lengte van de overspanning (voor viaducten over de rijksweg) ontoereikend is. Een zeer beperkt aantal (1 tot 5 per jaar) wordt vervangen vanwege de staat van het object.

Een nieuwe tendens is dat er wordt gekeken naar onderhoud/renovatiekosten ten opzichte van vervangingswaarde. Indien de geprognostiseerde kosten van renovatie en onderhoud in de buurt komen van vervanging (met nauwelijks onderhoud) zal tot een advies van vervanging overgegaan worden.

Objectengroep	Typologie	Casus
Bruggen en viaducten	1. Viaducten met prefab liggers	Viaduct Hengelderweg A12
	2. Betonnen onderdoorgangen	30H-158-01 Hofweg in de A4.
	3. Stalen bruggen met val	25D-001-01/02 "Schinkelbrug"

2. DIJKEN EN OEVERBESCHOEIING

Toelichting totstandkoming objecttypen

Uit de opdracht volgt dat het Hoog Water Beschermingsprogramma (HWBP) vertrekpunt is voor de keuze van de juiste typologie. Het leeuwendeel van de projecten in het HWBP betreft assets in beheer bij de Waterschappen. RWS beheert voornamelijk dammen. Het HWBP is decentraal georganiseerd bij waterschappen, waardoor overheersende typologieën op landelijk niveau lastig te bepalen is. Op basis van expert judgement zijn de typologieën tot stand gekomen.

De eerste typologie betreft zee- en meerdijken met een golfbelasting > 2 meter. Deze typologie is interessant voor circulaire toepassingen gezien de aard van het object. De dijkbekleding bestaat meestal uit harde materialen, dit in tegenstelling tot de bekleding bij rivierdijken. Diverse zee- en meerdijken staan op de planning van het HWBP. Gekozen is de Houtribdijk als casus te nemen.

De tweede typologie is de rivierdijk. Het HWBP bestaat voor het grootste deel uit projecten met rivierdijken doordat een groot deel van de dijken niet voldoen aan de huidige veiligheidsnormen. De typologie is daarnaast ook interessant vanuit circulair oogpunt gezien. Bij aanleg en renovatie van dijken komt traditioneel veel grond te pas. Doordat zeker één op drie van de projecten te maken heeft met bebouwing binnen het ruimtebeslag, ontstaan innovatieve ontwikkelingen die het mogelijk maken het ruimtebeslag in te beperken. Voor de casus wordt een tracé gekozen in het dijkversterkingsproject Gorinchem-Waardenburg.

Voor oeverbescherming is gekozen voor verticale oeverbescherming, de derde typologie. Dit betreft met name harde materialen. Vanuit circulair oogpunt zijn de ontwerp en onderhoudsafwegingen in de keuze van (her)gebruik van materialen interessant. Als casusproject wordt gewerkt met het project Hoofdvaarweg Lemmer-Delfzijl.

Toelichting keuze casusprojecten

Voor de selectie zijn dezelfde criteria toegepast als bij de andere objectengroepen: welke objecten komen in de nabije toekomst in aanmerking voor renovatie of onderhoud en kunnen als sprekend voorbeeld dienen. Hierbij is ook gekozen voor projecten die al (deels) in uitvoering zijn, zodat er voldoende informatie beschikbaar is. Aanvullend hierop was de wens oevers expliciet mee te nemen.

Objectengroep	Typologie	Casus
Dijken en oevers	1. (Zee)dijk met een golfbelasting > 2 meter.	Versterking Houtribdijk
	2. Rivierdijk	Dijkversterking Gorinchem-Waardenburg
	3. Verticale oeverbescherming	Hoofdvaarweg Lemmer-Delfzijl

Toepassing van de casus en vervolgstappen

De diverse casussen zijn vertrekpunt geweest in de expertsessie. Vervolgens hebben we alle 8 de CE-ontwerpprincipes doorlopen, om kansen te identificeren en te benoemen welke knelpunten er zijn die de realisatie van de kansen vermoeilijken of blokkeren. Het idee was dat de casussen helpen om gestructureerd, aan de hand van de decompositie van de objecten de mogelijke CE-kansen vast te stellen. De praktijk was dat de experts vanuit eigen ervaring en met de bij hen bekende objectkennis invulling gaven aan de kansen. Voor de onderzoekers hebben de casussen geholpen bij de voorbereidingen van de expertsessies en het duiden van de maatregelen. Van de decompositie of casus is inhoudelijk geen gebruik gemaakt met de expertsessies. Bij het uitwerken van de maatregelen is gebruik gemaakt van een andere casus dan de vooraf in beeld gebrachte casus. Uit de 2^e expertsessie in november kwamen verschillende innovatieve dijkversterkingstechnieken naar voren. Om een goede LCA en LCC te kunnen maken, is de casus van dijkversterking in Gameren gebruikt omdat deze casus bruikbare kengetallen en informatie bood. Een tweede casus die om dezelfde redenen is gebruikt is het project de Brede Groene (Dollard) Dijk.

3. SLUIZEN

Toelichting totstandkoming objecttypen

Bij de keuze van objecttyperingen voor sluisen is het document *Multi Waterwerk Groepering van sluisen in het areaal* (van d.d. 02-03-2017) als vertrekpunt genomen. Alle sluisen in het areaal zijn gegroepeerd (cluster) op basis van overeenkomende kenmerken. Hierdoor is de reikwijdte van de circulaire mogelijkheden toepasbaar op een groot aantal sluisen. Bij de selectie van de drietal clusters die wij gebruiken om circulaire toepassingen uit te werken is gelet op het aantal sluisen in de groep en het aantal sluisen dat is aangemerkt als Onderdeel VnR (2030).

Objectengroep	Typologie	Casus
Sluisen	1. Enkelzijdig en enkel kerend met puntdeuren	25A-001-04 Kleine sluis van IJmuiden
	2. Tweezijdig en enkel kerend van zoet en zout met roldeuren	40C-004-02 Sluis Weurt oost (oude sluis)
	3. Tweezijdig en dubbel kerend van zoet en zout water met vierkantkerende puntdeuren	14E-001-01: Stevinssluisen

Cluster 1 bestaat uit 27 sluisen, waarvan er 2 in aanmerking komen voor grondige renovatie of vervanging. De sluisen van deze typologie hebben als overeenkomst dat het enkelzijdig kerend en enkel kerende sluisen zijn met een kolkbreedte tussen de 10 en 20 meter, puntdeuren (voornamelijk elektro, hydr.) en rinketschuiven (voornamelijk elektro, hydr.). Als casusobject is gekozen voor 25A-001-04 Kleine sluis van IJmuiden.

De tweede typologie bestaat uit sluisen die tweezijdig kerend en enkel kerend zijn van zoet en zout water en een kolkbreedte groter dan 20 meter, roldeuren (voornamelijk elektro. mech.) en omloopriolen (voornamelijk elektro. mech.). In totaal bestaat cluster 3 uit 14 sluisen, waarvan er 6 in aanmerking komen voor grondige renovatie of vervanging. De casus is 40C-004-02 Sluis Weurt oost (oude sluis).

De derde typologie is cluster 7. Het betreft tweezijdig kerend en dubbel kerende sluisen van zout en zoet water met een kolkbreedte tussen de 10 en 20 meter, vierkantkerende puntdeuren (voornamelijk elektro. Hydr), vloeddeuren, rinketschuiven en omloopriolen (voornamelijk elektro. hydr.) De gekozen casus is 14E-001-01: Stevinssluisen. Cluster 7 bestaat uit een 25 sluisen, waarvan er 8 in aanmerking komen voor grondige renovatie of vervanging.

Toelichting keuze casusprojecten

Bij de selectie van casusobjecten voor sluisen is het eerste toegepast criterium dat de (onderhouds)werkzaamheden nog moeten worden uitgevoerd. Ten tweede hebben we gekeken naar de aard van de sluis. De Prins Willem Alexander sluis (cluster 3) viel bijvoorbeeld af omdat het een speciale sluis betreft, dit vanwege de bijzondere sluisdeuren met hydrovoet. De twee criteria gecombineerd heeft tot gevolg dat in clusters 3 en 7 de sluisen af zijn gevallen die aangemerkt zijn als Onderdeel VnR (2030). De geselecteerde casus-sluisen lenen zich het best om als voorbeeld te dienen. Een derde aspect dat is meegewogen in de uiteindelijke keuze is dat wij bij RHDHV van de geselecteerde sluisen door eerdere betrokkenheid technische informatie beschikbaar hebben en derhalve onze inspanning eerder kunnen richten op de circulaire toepassingen.

A4 LCC BEREKENINGEN

Bijlage A4 is vanwege de omvang als separate bijlage opgeleverd

A5 LCA BEREKENINGEN

Bijlage A5 is vanwege de omvang als separate bijlage opgeleverd

A6 FAALFACTOREN VOOR CIRCULAIR WERKEN

Van faal- naar succesfactor

Tijdens de werksessies in fase 1 zijn maatregelen voor circulaire objecten geïnventariseerd. Steeds is de deelnemers gevraagd aan te geven welke faalfactoren zich daarbij (kunnen) voordoen. Ofwel: welke knelpunten, dilemma's en/of bijvoorbeeld kennishiaten vormen een belemmering voor implementatie.

Meerdere faalfactoren zijn specifiek voor bepaalde maatregelen en zijn vermeld in de verschillende hoofdstukken. Regelmatig ook komen dezelfde faalfactoren terug. Deze faalfactoren zijn in dit hoofdstuk gebundeld en beschreven. Het 'oplossen' van een faalfactoren is een belangrijke stap in de route naar circulair werken en daarmee een succesfactor. Navolgend zijn faalfactoren opgenomen, bijbehorende voorbeelden uit de werksessies en lopende acties bij RWS om te werken aan die faalfactoren.

Een overzicht van genoemde faalfactoren

In navolgende tabel is een overzicht gegeven van genoemde faalfactoren, gerelateerd aan het circulaire principe waar het mee samenhangt.

Principe	Faalfactor
<i>Deze factor heeft relatie met alle principes</i>	<ul style="list-style-type: none"> Onvoldoende urgentie, sturing en prikkels voor 'circulariteit' in werkprocessen
Verlengen levensduur bestaande object	<ul style="list-style-type: none"> Onvoldoende zicht op technische staat (niet zichtbare) constructies.
Hergebruik (delen) bestaand object	<ul style="list-style-type: none"> Onvoldoende zicht op technische staat (niet zichtbare) constructies
	<ul style="list-style-type: none"> Geen projectongebonden opslag
	<ul style="list-style-type: none"> Geen zicht op mogelijke herbestemmingslocatie
Object voor meerdere levenscycli	<ul style="list-style-type: none"> Geen dossiervorming
	<ul style="list-style-type: none"> Geen projectoverstijgende visie op standaardisatie
Toekomstbestendig	<ul style="list-style-type: none"> Geen toekomstvisie op functie object en omgeving
	<ul style="list-style-type: none"> Te beperkte vertegenwoordiging bij EU-normcommissies
Optimaal beheer en onderhoud	<ul style="list-style-type: none"> Onvoldoende sturing op LCC
Duurzame materialen	<ul style="list-style-type: none"> Geen beoordelingskader circulaire materialen
	<ul style="list-style-type: none"> Beperkte ondersteunen marktintroductie circulaire innovaties
	<ul style="list-style-type: none"> Geen zicht op praktische betekenis 'schaarse materialen'
Minimaal gebruik grondstoffen	<ul style="list-style-type: none"> Onvoldoende sturende prikkels

Uit de genoemde faalfactoren mag blijken dat dit niet alleen technisch georiënteerde faalfactoren zijn. De volgende type faalfactoren zouden onderscheiden kunnen worden:

Urgentie

De urgentie van circulair werken moet voor alle betrokken helder zijn: er moet expliciet om gevraagd worden en op gestuurd worden. Genoemde faalfactoren:

- Onvoldoende urgentie, sturing en prikkels voor 'circulariteit' in werkprocessen;
- Onvoldoende sturing op LCC;
- Geen projectoverstijgende visie op standaardisatie;
- Geen toekomstvisie op functie object en omgeving.

Juiste randvoorwaarden

Als de urgentie gevoeld wordt, moet het vervolgens ook mogelijk zijn voor betrokkenen om invulling te geven aan circulair werken. Genoemde faalfactoren:

Informatie / kennis

Daartoe zijn de hulpmiddelen, informatie en kennis onontbeerlijk. Genoemde faalfactoren:

- Onvoldoende zicht op technische staat (niet zichtbare) constructies;
- Geen dossiervorming;
- Geen zicht op praktische betekenis 'schaarse materialen';
- Geen beoordelingskader circulaire materialen.

Organisatie / gelegenheid

Ook moet het mogelijk zijn om circulair werken daadwerkelijk toe te kunnen passen, waartoe middelen (tijd, geld) en faciliteiten aanwezig zijn. Genoemde faalfactoren:

- Geen projectongebonden opslag;
- Te beperkte vertegenwoordiging bij EU-normcommissies.

Voorbeelden uit werksessies

Navolgend is een overzicht opgenomen van de voorbeelden die in de werksessies naar voren kwamen bij de verschillende faalfactoren.

Principe	<i>Deze factor heeft relatie met alle principes</i>
Faalfactor	Onvoldoende sturing en prikkels voor 'circulariteit' in werkprocessen
Voorbeelden werksessies	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Circulariteit geen onderdeel afweging vormgeving / veiligheid. ▪ Vasthouden aan cultuurhistorisch perspectief. ▪ Modulariteit of standaardisatie ontbreekt in de ontwerpeisen (lopende eisen altijd mee te nemen). ▪ Referentieontwerp is niet circulair. ▪ Laagwaardige toepassing van vrijgekomen materialen (e.g. in plassen gestort, vrijkomen van CO₂ bij veengronden, etc.). ▪ Incentive voor aannemer is primair binnen de tijd en lage kosten project realiseren, incentive voor circulariteit is niet primair. ▪ Er wordt gestuurd op beschikbaarheid en hinder, niet op circulariteit.
Principe	Verlengen levensduur van bestaande objecten
Faalfactor	Onvoldoende zicht op technische staat van (niet zichtbare) constructies
Voorbeelden werksessies	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Veiligheid van de constructie bij hergebruik niet aan te tonen, bijvoorbeeld het effect van vermoeiing (bij staal) is niet bekend. ▪ Onvoldoende documentatie voor handen van ontwerp, onderhoudsgeschiedenis, materiaal, belasting, etc. ▪ Ondergrondse delen zijn moeilijk te monitoren. ▪ Kritieke extreme gebeurtenissen zijn niet te monitoren. ▪ Modellen en berekeningen kunnen niet aantonen dat de dijken extreme situaties kunnen houden waardoor eerder wordt gekozen voor versterking in plaats van verlenging levensduur.
Principe	Hergebruik van bestaande objecten, materialen en natuurlijke processen
Faalfactor	Geen projectongebonden opslagplaats objecten / elementen / materialen
Voorbeelden werksessies	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Hergebruik van objecten / elementen in een werk maar zeker in andere werken vraagt om afstemming in tijd, plaats en kwaliteit tussen aanbod en vraag. Dit gaat veelal gepaard met de behoefte aan tijdelijke – projectongebonden - opslagfaciliteiten. ▪ Het beheren van opslagplaatsen is geen kerntaak van RWS. ▪ Tijdelijke opslag binnen en buiten het werk wordt beperkt gefaciliteerd.
Faalfactor	Onvoldoende zicht op technische staat (niet zichtbare) constructies
Voorbeelden werksessies	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Zie hiervoor bij 'Verlengen levensduur bestaande objecten'.
Faalfactor	Te weinig uniformering, ieder object uniek
Voorbeelden werksessies	<ul style="list-style-type: none"> ▪ "Ieder object is uniek!"

Principe	Objecten voor meerdere levenscycli
Faalfactor	Geen dossiervorming ontwerp, aanleg, onderhoud, beheer en gebruik objecten
Voorbeelden werksessies	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Onvoldoende documentatie voor handen van ontwerp, onderhoudsgeschiedenis, materiaal, belasting, etc.
Faalfactor	Geen projectoverstijgende objectgerichte visie op standaardisatie / demonteerbaarheid
Voorbeelden werksessies	<ul style="list-style-type: none"> ▪ “Als we objecten / delen van objecten willen hergebruiken dan moeten we naar standaardisatie van de geometrie. Dat bepaal je niet binnen één project.” ▪ “Ieder object is uniek!”
Principe	Toekomstbestendige objecten
Faalfactor	Geen toekomstvisie op functie object en omgeving
Voorbeelden werksessies	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Het is niet gebruikelijk om een toekomstvisie te ontwikkelen voor objecten. Een dergelijke visie geeft richting aan de huidige opgave: wat zijn toekomstige ontwikkelingen, wat is de (dynamiek in de) functie van het systeem / object, hoe de huidige situatie benutten, wat gebeurt er in de omgeving, etc. Oplossingsrichtingen die hierbij horen zijn bijvoorbeeld: robuustheid (overdimensioneren), adaptief vermogen (aanpasbaar aan veranderende omstandigheden) en een volledig ‘uitgeput’ ontwerp (bij korte gebruiksduur). ▪ Middelen worden niet verstrekt die nodig zijn om 50 jaar vooruit te kijken en daarop in te spelen met ontwerp (levensduur, robuustheid, flexibiliteit, ..). ▪ Middelen om risico's af te dekken voor beheer- en onderhoud ontbreken ▪ Er wordt onvoldoende rekening gehouden met toekomstige functiewijzigingen ▪ Te veel efficiëntie gaat ten koste van robuustheid ▪ Er wordt onvoldoende beschouwd of de huidige functie overeenkomst met de beoogde functie (ontwerpen met wat je hebt) ▪ Locatiespecifiek ontwerp: integraal object (langdurig functie stabiliteit) versus demontabel (onvoorzien/korte functiebehoud) ▪ In het huidige werkproces is benutten van bestaande situatie niet meegenomen in het functionele ontwerp: werkwijze, tijd wordt niet genomen om toepassing te onderzoeken.
Faalfactor	Te beperkte vertegenwoordiging bij EU-normcommissies
Voorbeelden werksessies	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Normen niet altijd in lijn met NL praktijk door te weinig invloed in normcie's. ▪ Bij wijziging aan kunstwerken volgt dat het kunstwerk aan nieuwste normen moet voldoen waardoor hergebruik / instandhouding moeilijker wordt. ▪ Normen wijzigen te veel waardoor ontwerp niet langer voldoet en meer materiaal gebruikt moet worden.
Principe	Optimaal beheer en onderhoud objecten
Faalfactor	Onvoldoende sturing op LCC
Voorbeelden werksessies	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Op T=0 kunnen de kosten van circulaire oplossingen significant hoger zijn, deze worden dan niet aangeboden door de markt. In contracten ook niet uitgevraagd. ▪ Onderhoudsfase wordt onvoldoende meegenomen in het ontwerp. Het integraal beoordelen van het optimum van maatregelen voor alle fasen is nodig. ▪ Assetmanagers worden onvoldoende betrokken bij het ontwerp waardoor implicaties op onderhoud onvoldoende worden meegenomen. ▪ Circulariteit is geen onderdeel in life cycle management en de beheer en onderhoudsstrategie op object- en systeemniveau.

Principe	Duurzame materialen gebruiken
Faalfactor	Geen beoordelingskader voor ('toelating') circulaire materialen
Voorbeelden werksessies	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kaders voor toetsing CE ontbreken. ▪ Wat vinden we echt niet wenselijk? ▪ Wat vindt RWS van composieten?
Faalfactor	Beperkte ondersteuning marktintroductie circulaire innovaties
Voorbeelden werksessies	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Marktintroductie van innovaties (materialen, installaties, verdienmodellen) is complex. ▪ Aantoonbaarheid voldoen aan normen lastig uitvoerbaar. ▪ Op lab schaal getest maar niet op grote schaal: garanties, kosten, gedrag op lange termijn ▪ Milieu-impact (LCA), tweede leven onbekend ▪ Niet alles is meetbaar / te monitoren wat leidt tot andere keuzes ▪ Bereidheid risico te nemen en ervan te leren neemt af na optreden van risico's. ▪ Kansen en risico's voor het inkopen van kortcyclische producten als dienst zijn onbekend.
Faalfactor	Geen zicht op praktische betekenis 'schaarse materialen'
Voorbeelden werksessies	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Niet het beeld dat RWS schaarse materialen gebruikt. ▪ Geen beeld welke schaarse materialen we nu gebruiken. ▪ Geen zicht op wat de alternatieven zouden zijn voor schaarse materialen.
Principe	Minimaal gebruik grondstoffen in aanleg en onderhoud
Faalfactor	Onvoldoende prikkels voor 'circulariteit' in werkprocessen
Voorbeelden werksessies	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Circulariteit geen onderdeel afweging vormgeving / veiligheid ▪ Modulariteit of standaardisatie ontbreekt in de ontwerpeisen (lopende eisen altijd mee te nemen). ▪ Referentieontwerp is niet circulair. ▪ Laagwaardige toepassing van vrijgekomen materialen (e.g. in plassen gestort, vrijkomen van CO₂ bij veengronden, etc.). ▪ Incentive voor aannemer is primair binnen de tijd en lage kosten project realiseren, incentive voor circulariteit is niet primair. ▪ Er wordt gestuurd op beschikbaarheid en hinder, niet op circulariteit.

Faalfactoren en lopende actie bij RWS

Voor meerdere van voorgaand genoemde faalfactoren heeft de begeleidingsgroep van RWS aangegeven dat er reeds de nodige acties gaande zijn om daaraan te werken. Deze acties zijn door de begeleidingsgroep aangereikt en in navolgend overzicht opgenomen.

Principe	Faalfactor	Lopende actie RWS
Deze faalfactor heeft relatie met alle principes	Onvoldoende urgentie, sturing en prikkels voor 'circulariteit' in werkprocessen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verduurzaming MIRT, richtinggevende opdrachtformulering. Zodra circulair in opdrachtbrief aanleg staat, is er een duidelijke prikkel. ▪ Verdiepende Handreiking circulaire economie, RWS. ▪ Value Engineering; methode waarop integrale afweging georganiseerd kan worden. Onderzoeken werkmethode behulpzaam voor circulariteit. ▪ Prestatie-indicator (PIN) voor circulariteit in RWS-werkproces voor aanpassingen RWS-netwerken (beheer en onderhoud). ▪ Opnemen in producten voor productie, Basis KES. ▪ Aanpak circulaire economie in projecten, in ontwikkeling. ▪ Zie ook LCC.
Verlengen levensduur bestaande object	Onvoldoende zicht op technische staat van (niet zichtbare) constructies	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kennis nieuwe instandhoudingstechnieken: non-destructieve inspectiemethoden. SGS Intron, nu vervolg voor combinatie met inspectiemethoden RWS. ▪ Verfijning meet-modellen constructie dijken, kunstwerken etc. voor betere voorspelling gedrag. Bezwijkproef Eemdijk, RWS-NN projectoverstijgende verkenning sterkte grasmat van dijk.
	Te beperkte vertegenwoordiging bij EU-normcommissies	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vertegenwoordiging in TC350 voor LCA/Milieudata ▪ ROK wordt vanuit RWS geschreven, 5-30% toeslagmateriaal in beton
Hergebruik (delen) bestaand object	Onvoldoende zicht op technische staat (niet zichtbare) constructies	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Zie 'Verlengen levensduur bestaand object'
	Geen projectoverstijgende opslag	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Onderzoek vanuit RWS Circulair.
Optimaal beheer en onderhoud	Onvoldoende sturing op LCC	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Begrip Restwaarde in LCC, nog geen duidelijke actie. ▪ In alle projecten sturing op LCC is doelstelling RWS⁶⁷, maar daar moeten de circulaire drivers ook in zitten. (GPO, ICO heeft LCC-expertise en een kader LCC). Life Cycle Management nodig. ▪ Onderzoek integratie DuboCalc (MKI) en Icalc (LCC)
Object voor meerdere levenscycli	Geen dossiervorming	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Materialenpaspoort, mogelijke rol Madaster voor infra. ▪ Programma van informatie-eisen

⁶⁷ **Kader LCC:** Bestuur RWS heeft in december 2014 het vernieuwde Kader LCC vastgesteld. Met dit kader heeft Rijkswaterstaat zichzelf verplicht om in haar rol van assetmanager de Life Cycle Cost op uniforme wijze inzichtelijk te maken. Daarnaast wil de opdrachtgever van RWS, het Ministerie van IenW, de LCC ook gebruiken voor het maken van afwegingen bij investerings-beslissingen. Naast inzichtelijk maken dus ook sturen op LCC.'

http://corporate.intranet.rws.nl/Kennis_en_Expertise/Kennisvelden/Assetmanagement/Kennisveld_Life_Cycle_Management/Life_Cycle_Cost_LCC_en_Management/

Principe	Faactor	Lopende actie RWS
	Geen projectoverstijgende visie op standaardisatie	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aareaal informatie Rijkswaterstaat, een systeem voor opslag en ontsluiten data. ▪ Sluizen: Multi Waterwerken ▪ Viaducten: leeromgeving circulaire viaducten, circulair viaduct (VHB en Spanbeton)
Toekomstbestendig	Geen toekomstvisie op functie object en omgeving	<ul style="list-style-type: none"> ▪ (Roadmaps objecten, idee teamsessie RWS) ▪ Netwerkschakelplannen, het object in de functie in het netwerk beschouwd. Om ook makkelijker vooruit te kijken. ▪ Standaardisatie strategie in ontwikkeling voor sluizen (Multi waterwerken). ▪ Verdiepende handreiking CE MIRT, helpt projecten afwegingen te maken in werkwijze en aanpak. ▪ Netwerkbeheersvisie, op een hoog abstractieniveau. ▪ OBR's beschrijving hoe het nu gaat in objectgroepen, vanuit beheerperspectief gehele objectgroep.
	Te beperkte vertegenwoordiging bij EU-normcommissies	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Zie 'Verlengen levensduur bestaand object'
Duurzame materialen	Geen toetsingskader circulaire materialen	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dashboard ontwikkeld met indicatoren innovaties, Onderzoek NIBE ▪ Beoordelingskader circulaire innovaties. ▪ Toetsingskader Circulaire Risico's, RHDHV ▪ Composiet discussie met branche, RWS/GPO
	Beperkte ondersteunen marktintroductie circulaire innovaties	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Circulair Wegmeubilair. ▪ Verkenning aanpak Houtketen.
	Geen zicht op praktische betekenis 'schaarse materialen'	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Overleg met ProRail
Minimaal materiaalgebruik	Onvoldoende prikkels in aanbesteding	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Zie 'Onvoldoende sturing op prikkels en/of voor 'circulariteit' in werkprocessen'

Aanvullende acties / witte vlekken

Aan veel van de gesignaleerde faalfactoren wordt reeds aandacht besteed. Op basis van de aangereikte acties, lijkt de aandacht voor de volgende faalfactoren nog minder:

- Geen zicht op praktische betekenis 'schaarse materialen'.
- Te beperkte vertegenwoordiging bij EU-normcommissies.

A7 LIJST MET AFKORTINGEN

3B	Bediening, Besturing en Bewaking
B&O	Beheer en onderhoud
BVP	Best Value Procurement
BwN	Building with Nature
CE	Circulaire Economie
CE-markering	Conformité Européenne-markering
COB	Centrum Ondergronds Bouwen
EAB	Emulsieasfaltbeton
EMVI	Economisch Meest Voordelige Inschrijving
FSC	Forest Stewardship Council
HWBP	Hoogwaterbeschermingsprogramma
IRM	Integraal Riviermanagement
ITC	Innovatie TestCentrum
KRW	Kaderrichtlijn Water
LCA	Levenscyclusanalyse
LCC	Life Cycle Costs (Ned: levenscycluskosten)
LTA	Lage temperatuur asfalt
LTS	Landelijke Tunnelstandaard
LVO	Levensduurverlengend onderhoud
MER	Milieueffectrapport

MIRT	Meerjarenprogramma Infrastructuur, Ruimte en Transport
MKI	Milieu Kosten Indicator
OBR	Objectbeheerregime
PEFC	Programme for Endorsement of Forest Certification
POV	Projectoverstijgende Verkenningen
PR	Partiële Recycling (in asfalt)
RBK	Rivierkundig Beoordelingskader
RHDHV	Royal HaskoningDHV
RWS	Rijkswaterstaat
RWS GPO	Rijkswaterstaat – Grote Projecten en Onderhoud
RWS PPO	Rijkswaterstaat – Programma's, Projecten en Onderhoud
RWS WVL	Rijkswaterstaat – Water, Verkeer en Leefomgeving
SLA	Service Level Agreement
SSRS	Self Sustaining Rivier Systeem
STAB	Steenlagasfaltbeton
TTI	Tunneltechnische installatie
V&R	Vervanging & Renovatie
WBI	Wettelijk Beoordelingsinstrumentarium
ZOAB	Zeer Open Asfaltbeton
ZOEAB	Zeer Open Emulsie Asfaltbeton