

Circulair werken, wat kost dat eigenlijk?

Een eerste verkenning van maatschappelijke kosten en baten van circulair werken bij RWS

Eindrapportage

Auteur
Rebel
i.s.m. CE Delft

Datum
15.06.18

Status
Definitief

Klant
RWS

Inhoudsopgave

Management samenvatting voor het bestuur RWS	4
1 Circulair werken loont	6
1.1 Wat kost de circulaire ambitie?	6
1.2 Bevindingen en conclusies modelprojecten en praktijkcases	6
1.3 Bevindingen en conclusies interne processen	8
1.4 Adviezen op basis van bevindingen	9
1.5 Samenvatting analyse van modelprojecten	9
2 De circulaire ambitie van RWS	12
2.1 Context	12
2.2 Doel verkennend onderzoek	13
2.3 Aanpak van deze verkenning op hoofdlijnen	13
3 Wat verstaan we onder circulariteit?	14
3.1 Wat is circulariteit?	14
3.2 Hoe werkt circulariteit?	14
4 Aanpak verkenning kosten en baten	17
4.1 De MKBA-methode	17
4.2 Verkenning van kosten en baten	18
4.3 Vier modelprojecten als basis	19
4.4 Keuze van modelprojecten	19
4.5 De invloed van looptijd en disconteringsvoet in een MKBA	20
5 Vier modelprojecten	23
5.1 Modelproject – Snelweg	23
5.2 Modelproject – Brug	33
5.3 Modelproject – Viaduct	39
5.4 Modelproject – Dijkversterking / Vaargeulonderhoud	47
6 Praktijkcases	54
6.1 Casus – Materialenpaspoort (bij de Beatrixsluis)	55
6.2 Casus – InnovA58	58
6.3 Casus – Hergebruik Boogbrug Vianen	61
6.4 Casus – Dijkversterking Marken	69
7 Interne veranderingen RWS	74
7.1 Consequenties circulair werken voor de interne organisatie	74
7.2 Assetmanagement in het nulalternatief	74
7.3 Assetmanagement in het circulaire alternatief	76
7.4 Conclusies	78
BIJLAGE 1 Geraadpleegde experts	80
BIJLAGE 2 Berekeningen modelproject snelweg	81

Management samenvatting voor het bestuur RWS

In lijn met de Rijksbrede ambitie van de Circulaire Economie (in 2030 50% minder gebruik van primaire grondstoffen) zet RWS in op de circulaire werkwijze bij het uitvoeren van aanleg-, beheer- en onderhoudswerkzaamheden. RWS heeft deze ambitie en ook de tussendoelstelling overgenomen en vertaald in een impulsprogramma. Tot 2020 richt RWS zich op het vaststellen van ambities en doelen en op kennisontwikkeling, daarna volgt implementatie.

Eén van de kennisvragen betreft de mogelijke financiële en maatschappelijke consequenties van de beoogde transitie. De overgang naar een circulaire economie brengt mogelijk extra investeringen met zich mee, waardoor de kost voor de (maatschappelijke) baat uit gaat. In dit onderzoek hebben we de kosten en baten van een circulaire werkwijze voor RWS verkend aan de hand van vier voorbeeldprojecten en vier concrete cases.

De belangrijkste bevinding van deze eerste verkenning is dat minder grondstoffenverbruik binnen bereik ligt en dat de verwachte financiële kosten voor circulair werken gelijk of lager zijn dan de huidige kosten. Wanneer rekening wordt gehouden met maatschappelijke effecten op de langere termijn (kosten en baten), dan pakt dat saldo – naar verwachting – in veel gevallen gunstiger uit.

De bevindingen van deze verkenning zijn besproken en verdiept in een werksessie op 31 mei 2018 waaraan zowel medewerkers van RWS als vertegenwoordigers van de bouwsector hebben deelgenomen. Hoewel RWS al gedeeltelijk circulair werkt, komt een bredere aanpak niet vanzelfsprekend op gang. Op basis van de verkenning en de werksessie kan - in lijn met het impulsprogramma Circulaire Economie 2017-2020 - de circulaire werkwijze van RWS verder handen en voeten worden gegeven door:

Op strategisch niveau:

- Het werken volgens het principe van de circulaire economie als standaard te verheffen (= een transitie) en hergebruik van grondstoffen na te streven, tenzij uit de projectanalyse in specifieke gevallen blijkt dat maatschappelijke baten niet opwegen tegen de kosten.
- De transitie in denken en doen in overleg met de beleidskern, concreet te vertalen in onder meer het programma Vervangen en Renoveren (V&R). Daarvan gaat een krachtige signaalwerking uit naar alle (markt)partners, waardoor anticiperen en investeren door die markt eerder te verwachten is.
- Voortbordurend op de Marktvisie, een oplossing te vinden voor het dilemma *Innovatief ontwerpen/uitvoeren versus vervallen in markt-afhankelijkheid*, waarbij breder wordt gekeken dan alleen RWS als opdrachtgever;
- Daarvoor ook samenwerking te zoeken met andere partners, waaronder andere overheden (provincies én gemeenten).
- Een brede discussie te starten over de manier waarop economische afwegingen worden gemaakt, én de rol daarbinnen over de te hanteren discontovoet, gelet op de termijn waarnaar we kijken naar circulaire economie (*herbruikbaarheid van producten en grondstoffen en het Herstellend vermogen van natuurlijke hulpbronnen*).

Op operationeel niveau:

- Te komen tot een lijst van materialen en additieven die vooralsnog niet of moeilijk zijn her te gebruiken (volgens de principes van de circulaire economie) en deze materialen en additieven vervolgens ook niet meer toe te passen.

- Te komen tot standaardisatie van materialen/producten die op grote schaal door RWS worden ingezet zodat hergebruik en end-of-life-aanpak makkelijker wordt.
- Te komen tot heldere definities van circulariteit en de wijze waarop dit projectmatig wordt ingevuld zodat voor de markt helder is welke investeringen zij kunnen doen.
- Te komen tot een budget voor aanloopkosten voor circulair werken, zodat instrumenten kunnen worden ontwikkeld, pilots kunnen worden uitgevoerd maar ook risico's opgevangen.
- Het beschikbare evaluatie-instrumentarium verder te ontwikkelen zodat circulaire alternatieven voor projecten kunnen worden doorgerekend op hun impact, inclusief resultaten bij aangepaste discontovoeten. Zodat op bestuurlijk en tactisch niveau afwegingen kunnen worden gemaakt.

1 Circulair werken loont

1.1 Wat kost de circulaire ambitie?

Rijkswaterstaat heeft de ambitie om in 2030 50% minder primaire grondstoffen te verbruiken. Dit onderzoek betreft een verkenning van de kosten en baten die hiermee gemoeid zijn. Om hier inzicht in te krijgen zijn allereerst vier modelprojecten en vervolgens vier praktijkcases geanalyseerd. De selectie van projecten betreft een zo breed mogelijk beeld van de werkzaamheden van RWS. Desalniettemin gaat het hier om een beperkte studie van slechts een aantal cases.

We beginnen dit hoofdstuk met onze belangrijkste conclusies, gevolgd door een beknopte samenvatting van de modelprojecten. In de volgende hoofdstukken van dit rapport is achtereenvolgens een beschrijving van de context, onze aanpak, de modelprojecten, de praktijkcases en de gevolgen voor de interne processen van RWS te vinden.

1.2 Bevindingen en conclusies modelprojecten en praktijkcases

1. **Circulair werken loont.** Op basis van deze verkennende studie lijkt circulair werken als nieuwe strategie lonend voor RWS. Voor alle vier de modelprojecten is de verwachting dat de kosten opwegen tegen de baten. Sterker nog, wanneer we de pilotfase buiten beschouwing laten, kan op basis van alleen al de financiële effecten in alle gevallen na optimalisatie een positief resultaat worden bereikt. Oftewel, wanneer over een lange periode gekeken wordt, zijn de verwachte kosten voor circulair werken gelijk of zelfs lager dan de huidige kosten.
2. **Minder grondstofverbruik is binnen bereik.** Bij alle casussen wordt over de gehele levensduur bezien het grondstofverbruik flink verminderd. In deze studie is echter niet bekeken of de doelstelling van 50% hergebruik in 2030 haalbaar is. Wel valt op dat in alle gevallen forse vermindering van grondstofverbruik en/of vermindering van CO₂-uitstoot haalbaar is.
3. **RWS start niet bij nul.** Ook valt op dat de circulaire werkwijze in veel gevallen al aansluit bij de huidige werkwijze van RWS en in de GWW-sector in zijn algemeen. Zo worden in de GWW-sector al veel reststromen gerecycled en is er nauwelijks sprake van 'afval' in de traditionele zin van het woord. Wél geldt dat er in de meeste gevallen sprake is van 'downcycling'. Dat wil zeggen dat het gerecyclede materiaal steeds laagwaardiger wordt ingezet. Een ander voorbeeld waar circulair werken aansluit bij de huidige werkwijze van RWS is het toekomstbestendig of adaptief bouwen. Steeds vaker worden bij de aanleg van tunnels, viaducten en bruggen toekomstige ontwikkelingen meegenomen en wordt bijvoorbeeld rekening gehouden met uitbreiding van rijstroken, waardoor sloop wordt voorkomen en waarde behouden blijft.
4. Bij deze conclusies is wel een aantal belangrijke kanttekeningen te plaatsen:
 - a. **De circulaire alternatieven zijn na optimalisatie positief.** Bij de circulaire alternatieven wordt rekening gehouden met optimalisaties. Zo worden de toekomstige baten van het modulaire viaduct met name behaald, wanneer het modulaire systeem breed wordt toegepast. En is hoogwaardig gerecycled asfalt betaalbaar wanneer dit product op grote schaal wordt afgenomen, omdat dan de kosten van de investering kunnen worden terugverdiend op een relatief groot volume. Andersom geldt bijvoorbeeld voor de dijkversterking dat de baten (deels) samenhangen met vermeden transportkosten van klei. Dit impliceert dat wanneer in de traditionele situatie de klei dichtbij de dijkversterking wordt gewonnen de

transportkosten beperkt zijn, waardoor de besparing in het circulaire alternatief afneemt.

- b. **Circulaire pilots zijn mogelijk niet positief, maar wel nodig.** In bovenstaande conclusies is geen rekening gehouden met de kosten van pilots, maar wordt uitgegaan van een genormaliseerde situatie. Het is zeer goed mogelijk dat bij eerste pilots, door gebrek aan schaal of door extra onderzoeks- en monitoringskosten, de kosten toenemen waardoor het circulaire alternatief minder gunstig is dan de huidige situatie (het nulalternatief). Een voorbeeld hiervan is de kleirijperij. In de pilot zijn de kosten voor klei fors hoger dan de reguliere prijs voor klei.
 - c. **De gekozen circulaire projecten passen misschien wel te goed binnen de budgettaire kaders.** Bij de circulaire modelprojecten valt op dat deze goed passen binnen de huidige budgettaire en technische kaders. Uiteraard is dit enerzijds positief, maar anderzijds betekent het dat bij de selectie van projecten steeds gekozen is voor de op korte termijn kansrijke projecten. Voor de gekozen projecten geldt ook dat deze nog niet volledig circulair zijn, maar een stap in de goede richting. De echte hyper innovatieve projecten zoals een snelweg gemaakt van plastic¹, varkensmest² of (misschien minder extreem) lignine³ zijn niet onderzocht. Belangrijk voordeel van de huidige gekozen projecten is dat er al enigszins zicht is op kosten en baten, waardoor we deze studie konden uitvoeren.
5. **Onzekerheid over de toekomst heeft een belangrijk effect op de uitkomsten.** Bij de analyse van modelprojecten en praktijkcases kwamen twee aspecten naar voren:
- a. **De disconteringsvoet bepaalt de uitkomst.** De uitkomsten van projecten die gericht zijn op besparingen in de toekomst worden sterk bepaald door de disconteringsvoet. Waarde in financiële of maatschappelijk zin die zich voordoet over 100 jaar moet, bij gebruik van een disconteringsvoet van 4,5%, vermenigvuldigd worden met een factor 0,01, waardoor er van toekomstige baten vrijwel niets meer overblijft. Puur vanuit economisch perspectief doet dit recht aan de onzekerheid die gepaard gaat met deze baten. Een euro vandaag is immers meer waard dan een euro over 100 jaar. Tegelijkertijd wordt daarmee doorrekening van beleid dat gericht is op de generaties na ons per definitie onmogelijk gemaakt; het tijdsperspectief van de calculerende econoom is dan veel te beperkt. Bij projecten die gericht zijn op besparingen nu, is dit niet het geval, waardoor deze vanuit dit korte-termijn-perspectief direct al kansrijker zijn.
 - b. **De energietransitie bepaalt de uitkomst.** Een deel van de behaalde baten komt voort uit een besparing op energie als gevolg van minder delving van grondstoffen, minder productie van bouwstoffen en/of minder transport. Wanneer er in de toekomst sprake is van een transitie naar gebruik van duurzame energiebronnen, verdwijnt het effect door besparing op energieverbruik, waardoor de verhouding tussen kosten en baten verschuift.⁴

¹ <https://www.volkerwessels.com/nl/nieuws/detail/volkerwessels-lanceert-plastic-weg-concept>

² <https://www.autoblog.com/2016/07/08/asphalt-roads-pig-manure/>

³ <https://www.wur.nl/nl/artikel/Bioasfalt.htm>

⁴ Aan het gebruik van duurzame energiebronnen zijn mogelijk niet-circulaire effecten verbonden. Denk bijvoorbeeld aan het gebruik van grondstoffen voor batterijen om duurzame energie op te slaan. Of het grondstofverbruik bij de productie van zonnepanelen.

1.3 Bevindingen en conclusies interne processen

1. **Interne kosten circulair werken.** Om circulair werken mogelijk te maken wil RWS een aantal interne veranderingen doorvoeren. Op hoofdlijnen gaat het om kosten voor:
 - a. Het opnemen van circulariteit in het gehele assetmanagementsysteem van RWS
 - b. Het verzamelen en toegankelijk maken van circulaire data door middel van een instrument als het materialenpaspoort. Hieraan zijn eenmalige kosten verbonden voor de ontwikkeling van het IT-systeem (waarbij mogelijk kan worden aangesloten met AIR2020) en jaarlijkse kosten voor het onderhoud van dit systeem. Op basis van de huidige informatie is nog onduidelijk wat de kosten zullen zijn voor de ontwikkeling van een dergelijk systeem
 - c. Het ontwikkelen en verspreiden van kennis door onder andere de inzet van materialenmakelaars. Met name in de eerste jaren zal de inzet van deze makelaars nodig zijn, om circulariteit in projecten op de agenda te houden en te concretiseren.
 - d. Op basis van een eerste voorzichtige inschatting worden de interne kosten die nodig zijn om circulair werken mogelijk te maken ingeschat op € 1,5 tot € 2 miljoen per jaar voor de eerste jaren. Dit is exclusief de kosten met betrekking tot het materialenpaspoort.
2. **Circulair werken spreekt aan.** De meeste experts die bij dit onderzoek betrokken zijn, zijn enthousiast over de circulaire economie voor RWS. Hergebruik van materialen en het verlengen van de levensduur spreekt veel mensen aan en past goed bij de inzet op zuinig omgaan met het beschikbare belastinggeld. Tegelijkertijd lijkt het alsof deze drang tot hergebruik zich in sommige gevallen vooral bij de sloop voordoet. Bij de realisatie van projecten gaat de voorkeur toch nog vaak uit naar nieuw. Zo blijkt bijvoorbeeld bij de Vianenbrug dat er wel aanbod is (de oude Vianenbrug), maar dat er aan de vraagkant toch de voorkeur wordt gegeven aan een nieuwe brug. Ook bij het materialenpaspoort bij de Beatrixsluis komt naar voren dat de eisen ten aanzien van de levensduur hergebruik in de weg staan.
3. **Circulair werken past binnen assetmanagement.** De areaalinformatie die RWS nodig heeft om circulair te werken sluit, op hoofdlijnen, aan bij het prestatie management van RWS.
4. **De focus op bereikbaarheid, veiligheid en leefbaarheid staat circulariteit in de weg.** In praktijk blijkt het nog lastig om (pilot)projecten circulair uit te voeren. Zeker wanneer circulariteit de kern van de hoofdnetwerken raakt en de hoofddoelstellingen van RWS – veiligheid, bereikbaarheid en leefbaarheid – mogelijk in het gedrang komen. Zo zijn er verschillende circulaire oplossingen voor de toplaag van asfalt binnen handbereik, maar is het nog niet gelukt om een pilot te starten waarin deze getest kunnen worden, omdat men het risico op vertraging of verminderde beschikbaarheid van de weg niet wil nemen.
5. **De focus op minimaliseren van risico's staat innovatie in de weg.** De huidige cultuur van RWS is, door de focus op de hoofddoelstellingen, sterk gericht op bewezen technologieën en minimaliseren van risico's. Om circulair te werken is echter innovatie nodig en worden de risico's door het gebruik van onbewezen technologieën zeker in de pilotfase juist groter; dat stuut uitvoerende partijen tegen de borst.
6. **De focus op marktwerking staat innovatie in de weg.** Wanneer RWS gezamenlijk met een marktpartij circulaire oplossingen ontwikkelt, kan de situatie ontstaan dat deze partij in een voorkeurspositie belandt ten aanzien van toekomstige opdrachten. Hoewel hiervoor verschillende oplossingen mogelijk zijn, zorgt dit risico voor terughoudendheid bij RWS.

1.4 Adviezen op basis van bevindingen

1. **Voeg circulariteit toe aan de hoofddoelstellingen.** De afwegingen om circulaire economie verder te operationaliseren vinden plaats op bestuursniveau: daar worden trade offs afgewogen en keuzes gemaakt. Zo ook de trade off tussen behoud van grondstoffen én de eventueel te maken extra kosten. Als RWS de circulaire ambities wil behalen, moet circulariteit toegevoegd worden aan de hoofddoelstellingen en worden opgenomen in (onder andere) de SLA. Alleen dan zal in projecten de balans tussen de doelstellingen gezocht worden, waardoor ruimte ontstaat voor circulair werken.
2. **Maak een beslisboom voor circulair werken.** Het beeld van de verschillende projecten is divers. Na optimalisatie zijn de modelprojecten haalbaar, maar in praktijk zal voor ieder concreet project een afweging gemaakt moeten worden. Een standaard beslisboom of afwegingskader op basis waarvan projecten gescand kunnen worden op circulaire haalbaarheid, helpt bij het selecteren van kansrijke (pilot)projecten.
3. **Stimuleer innovatie met een fonds/reservering circulaire economie.** Innovatie gaat gepaard met risico's. De verwachting is dat deze risico's niet volledig door de markt zullen worden gedragen. En als ze wel bereid zijn dat te doen, wordt dit risico ingeprijsd en zullen de kosten van projecten waarin innovatie wordt toegepast waarschijnlijk te veel stijgen. Een mogelijke oplossing is een aparte risicoreservering voor circulaire werken. Deze risicoreservering wordt niet aan het projectbudget toegevoegd, maar dient als achtervang voor risico's die zich voordoen gedurende de looptijd van het project. Naarmate de tijd vordert, ontstaat meer inzicht in de kans dat het risico zich voordoet en kan de reservering voor een project worden vermindert, waarna er weer ruimte ontstaat voor nieuwe projecten.
4. **Stop "verzuiling" van duurzaamheid** en vermijd discussies binnen RWS of het departement over de beste focus. Adaptief werken, CO₂-besparing, circulair werken, DuboCalc, et cetera, zijn allemaal middelen met hetzelfde doel, namelijk het realiseren van duurzaam werken.

1.5 Samenvatting analyse van modelprojecten

Voor de vier modelprojecten vergeleken we de circulaire alternatieven met de huidige manier van werken:

- Circulair asfalt
- Adaptieve brug
- Modulair viaduct
- Dijkversterking door kleirijperij

In hoofdstuk 5 worden alle modelprojecten in detail beschreven. In deze paragraaf geven we de belangrijkste uitkomsten weer. Voor achtergrond en nuancerings verwijzen wij nadrukkelijk naar hoofdstuk 5.

1. Circulair asfalt

Voor circulair asfalt hebben we 3 opties bekeken

1. Verjonging van de toplaag, waardoor de vervanging van de toplaag wordt voorkomen.
2. Verjonging van de toplaag én hoogwaardige recycling, waardoor aanvullend secundaire in plaats van primaire grondstof wordt verbruikt.
3. Verjonging van de onder- en toplaag én hoogwaardige recycling, waardoor aanvullend ook de vervanging van de onderlaag wordt voorkomen.

In onderstaande tabel zijn de uitkomsten op hoofdlijnen weergegeven.

Circulair asfalt	Verschillen ten opzichte van nulalternatief (% van NCW 2%)	Aanvullende verschillen
Verjonging van de toplaag	73%	72% grondstofverbruik
Verjonging van de toplaag én hoogwaardige recycling	56-73%	20% grondstofverbruik
Verjonging van de onder- en toplaag én hoogwaardige recycling	53 – 59%	18% grondstofverbruik

2. *Adaptieve brug*

Met de adaptieve (betonnen) brug wordt rekening gehouden met de verwachting dat deze in de toekomst veel zwaarder belast gaat worden dan nu, met name door ontwikkelingen op het gebied van (semi)autonoom rijden door vrachtwagens. Door hier nu al rekening mee te houden, wordt vroegtijdige sloop van de brug voorkomen.

Omdat nog onbekend is wanneer de brug in het nulalternatief vervangen moet worden, hebben we twee mogelijkheden doorgerekend. In onderstaande tabel zijn de uitkomsten bij een levensduur (van de traditionele brug) van 30 jaar en van 50 jaar opgenomen.

	Verschillen ten opzichte van nulalternatief (% van NCW 2%)	Aanvullende verschillen
Nulalternatief 30 jaar levensduur brug	-49%	+PM overlast +PM hinder
Nulalternatief 50 jaar levensduur brug	-24%	+PM milieu +/-PM werk-gelegenheid

2. *Modulair viaduct*

We bekeken een modulair viaduct, waarbij de losse elementen aan het einde van de levensduur hergebruikt kunnen worden in een nieuw viaduct (of andere toepassing).

Op basis van de huidige beperkt beschikbare informatie kan een financieel resultaat alleen met veel voorzicht worden gepresenteerd. Het is duidelijk dat er additionele kosten gepaard gaan met het modulaire viaduct die (voor dit relatief kleine modelproject) leiden tot een verdubbeling van de initiële investeringskosten.

Hiertegenover staat dat alle elementen kunnen worden hergebruikt en zodoende geen productiekosten hoeven worden gemaakt – in het meest optimistische scenario voor 200 jaar. In onderstaande tabel tonen we de netto contante waarde van de twee alternatieven over een periode van 100 jaar en over een periode van 200 jaar. Bij een disconteringsvoet van 2% is het modulaire viaduct, onder de huidige aannames, nog steeds duurder het nulalternatief. Bij een disconteringsvoet van 1% wordt wel een positief resultaat verwacht.

	Verschillen ten opzichte van nulalternatief (% van NCW 2%)	Aanvullende verschillen
Over een periode van 100 jaar, met een disconteringsvoet van 2%	+ 22%	-PM transport/opslagkosten
Over een periode van 200 jaar, met een disconteringsvoet van 2%	+ 13%	-PM ontwikkelkosten +PM hinder
Over een periode van 100 jaar, met een disconteringsvoet van 1%	-5%	+PM grond-stoffen +/-PM CO ₂
Over een periode van 200 jaar, met een disconteringsvoet van 1%	-23%	+/-PM werk-gelegenheid -PM esthetiek

4. Dijkversterking door kleirijperij

In dit modelproject gaan we uit van een dijkversterking door gebaggerd slib ter plaatse te laten rijpen tot bruikbare dijkklei en vervolgens deze klei te hergebruiken. Hierdoor wordt het transport van zowel slib als klei verminderd en de grondstof lokaal hergebruikt.

De directe kosten van het circulaire alternatief zijn (in de pilotfase) flink hoger dan het nulalternatief. Bij succes kunnen echter bij langere uitvoering van het project aanzienlijke efficiency voordelen worden behaald: het slibdepot kan langer worden gebruikt en is er meer kennis over het rijpingsproces waardoor er minder kosten voor onderzoek en ontwikkeling nodig zijn. Mogelijk kan hierdoor op termijn het kostenverschil met het nulalternatief terug worden gebracht naar nul. Op basis van de huidige aannames is de kostprijs van klei bij 4 cycli gelijk aan de reguliere prijs van klei. Hierbij is echter nog geen rekening gehouden met de mogelijk negatieve effecten van de langere aanlegtijd.

	Verschillen ten opzichte van nulalternatief	Aanvullende verschillen
Kostprijs klei bij gebruik kleirijperij 1 cyclus	187%	- 34% CO ₂ uitstoot (kleirijpen t.o.v. regulier ontgraven)
Kostprijs klei bij gebruik kleirijperij 4 cycli	100%	- PM CO ₂ uitstoot (door vermeden slib) - PM negatieve effecten langere aanlegtijd (bij 4 cycli)

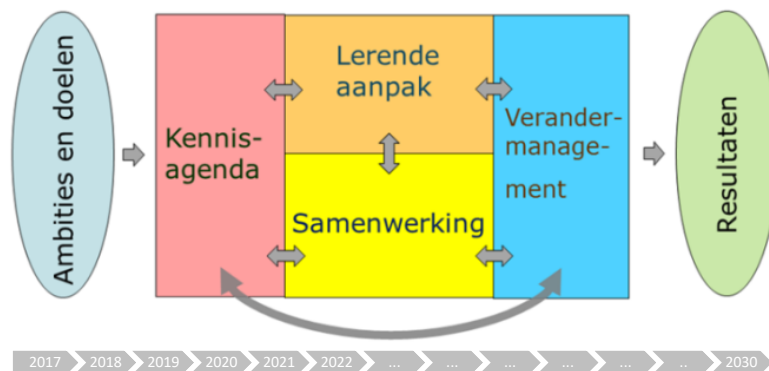
2 De circulaire ambitie van RWS

2.1 Context

Rijksbrede transitie naar een circulaire economie

Nederland maakt zich op voor de transitie naar een circulaire economie in 2050. Het vorige kabinet heeft de ambitie vastgelegd om samen met maatschappelijke partners in 2030 een tussendoelstelling te realiseren van 50% minder gebruik van primaire grondstoffen (mineraal, fossiel en metalen). In het Rijksbrede programma Nederland Circulair zijn vijf sectoren benoemd die prioriteit hebben omdat zij belangrijk zijn voor de Nederlandse economie en een grote milieudruk kennen. De bouwsector, met daarbinnen de GWW-sector, is één van deze vijf sectoren.

Rijkswaterstaat wil koploper zijn op het gebied van circulaire economie en heeft deze ambitie en de tussendoelstelling overgenomen en vertaald in een impulsprogramma (figuur 1). Dit impulsprogramma bestaat uit een aantal fases: de eerste fase van 2017 tot 2020 richt zich met name op het vaststellen van ambities en doelen en op kennisontwikkeling. Daarna volgt een lerende aanpak waarbij circulaire kennis wordt opgedaan in de praktijk en de samenwerking wordt gezocht met ketenpartners (betonakkoord, asfaltimpuls, etc.). Vervolgens moet worden opgeschaald en de verandering van lineair naar circulair worden doorgevoerd in de hele RWS-organisatie (verandermanagement).



Figuur 1. Impulsprogramma Circulaire Economie

Missie en visie RWS

RWS is de beheerder van onder andere 3.100 km rijkswegen, 7.000 km vaarwegen, 650 km aan waterkeringen). RWS beheert deze infrastructuur met als missie: *veiligheid, leefbaarheid en bereikbaarheid*. De transitie naar een circulaire economie zal geen afbreuk mogen doen aan deze drie pijlers. En bovendien moet het passen binnen een belangrijke randvoorwaarde: *betaalbaarheid*.

Vraagstelling

De circulaire economie gaat (in lijn met de principes van assetmanagement) uit van het principe van behoud en optimalisatie van waarde. Hierbij kan het gaan om de waarde van de grondstof, de waarde van de onderdelen (bij modulaire ontwerpen) of de waarde van het geheel.

Het meenemen van circulariteit in het assetmanagement heeft invloed op keuzes ten aanzien van investeringen en onderhoud. De circulaire economie biedt vanuit dit nieuwe perspectief kansen voor

RWS om de waarde van de assets te optimaliseren. Tegelijkertijd brengt de overgang naar een circulaire economie mogelijk ook investeringen met zich mee die zich pas later terugverdienen, of zelfs alleen op maatschappelijk niveau meerwaarde bieden.

Maar ook aan het voortzetten van de huidige lineaire economie en het gebruik van niet-circulaire materialen zijn risico's verbonden. Een goed voorbeeld hiervan is het gebruik van AEC-bodemassas als ophogingsmateriaal. Het gebruik van dit materiaal leidt bij aanvang tot een aanzienlijke kostenbesparing. Wanneer dit materiaal echter vrijkomt bij bijvoorbeeld renovatie, zullen de kosten van de reiniging van dit materiaal naar verwachting een veelvoud zijn van de oorspronkelijke besparing. Bovendien wordt dan nog geen rekening gehouden met het risico dat dit schadelijke materiaal vrij kan komen in de bodem (uitloging) als gevolg van onvolkomenheden in de civieltechnische toepassing (verpakking met onder andere folie) van dit materiaal.

De consequenties voor RWS van een overgang naar een circulaire economie zijn nog niet belicht. Inzichten daarin zijn voor het RWS-bestuur en het ministerie belangrijk. Het gaat daarbij om de financiële en om de maatschappelijke consequenties. Op basis van beide inzichten kan RWS i.s.m. met beleidsdirectie nadere invulling geven aan SLA.

2.2 Doel verkennend onderzoek

Met dit onderzoek geven we een eerste inzicht in de financiële consequenties voor RWS (en I&W) van de transitie naar een circulaire economie. Hierbij richten we ons niet op de daadwerkelijke inschatting van het benodigde budget of de mogelijk opbrengst, maar wel op de achterliggende mechanismen, type van kosten en baten en grove verhouding tussen kosten en baten.

Dit onderzoek levert kennis en bouwstenen op die RWS kan gebruiken bij het concretiseren van de eerdergenoemde circulaire ambities en doelen én is onderdeel van de kennisagenda (figuur 1). Op basis van deze eerste indicatie van de kosten van verschillende circulaire maatregelen en de (milieu)baten kan de verdere ontwikkelrichting mede bepaald worden.

2.3 Aanpak van deze verkenning op hoofdlijnen

Onze aanpak is gericht op het opsporen en ordenen van categorieën van kosten en baten en achterliggende factoren die deze beïnvloeden. Hoewel dit onderzoek slechts een verkenning van kosten en baten is, en geen MKBA (conform de algemene leidraad), maken we wel zoveel mogelijk gebruik van de gangbare stappen in een MKBA. Deze stappen doorlopen we voor vier modelprojecten. Vervolgens toetsen we onze uitkomsten bij vier praktijkcases. Daarna gaan we na welke consequenties er zijn voor het interne proces van de RWS. Tot slot toetsen we onze bevindingen in een werksessie met betrokkenen. Een uitgebreide beschrijving van onze aanpak is te vinden in hoofdstuk 4.

Dit onderzoek is nadrukkelijk een eerste verkenning van maatschappelijke kosten en baten. Er zijn binnen Rijkswaterstaat en daarbuiten veel relevante onderzoeken gaande. Het is niet mogelijk om alle beschikbare informatie te verwerken in dit rapport.

3 Wat verstaan we onder circulariteit?

3.1 Wat is circulariteit?

RWS hanteert in de 'Beleidsverkenning Circulaire economie in de Bouw' de volgende definitie van circulariteit:

"De circulaire economie is een economisch en industrieel systeem dat de herbruikbaarheid van producten en grondstoffen en het Herstellend Vermogen van natuurlijke hulpbronnen als uitgangspunt neemt en waardevernietiging in het totale systeem minimaliseert en waardecreatie in iedere schakel van het systeem nastreeft."

Deze definitie is gelijk aan die van TNO (Kansen voor de circulaire economie in Nederland, 2013) en is gebaseerd op de definitie van de Ellen McArthur Foundation.

Hier is een aantal aanvullingen en kanttekeningen bij te plaatsen:

- De verwachting dat door toenemende schaarste van grondstoffen, secundaire grondstoffen financieel aantrekkelijker worden blijkt nog niet uit de praktijk. Zelfs de meeste schaarse grondstoffen worden nog steeds goedkoper.⁵
- Herbruikbaarheid van grondstoffen heeft ook betrekking op grondstoffen die nodig zijn voor energiewinning. Op dit moment zijn dat nog overwegend fossiele brandstoffen. Een circulaire economie is echter zoveel als mogelijk gebaseerd op hernieuwbare energie. Maar ook voor de opwekking van hernieuwbare energie zijn flinke hoeveelheden grondstoffen nodig. De huidige technologie vergt naar verwachting zo veel specifieke schaarse grondstoffen (vooral metalen) dat de noodzaak om minder schaarse alternatieven te ontwikkelen groot is.
- Voor Nederland geldt in zijn algemeenheid, maar zeker voor de GWW-sector, dat veel materialen al worden hergebruikt of gerecycled. Omdat er echter in veel van deze gevallen sprake is van een zekere vorm van 'down-cycling', is hier nog geen sprake van circulariteit. Zo wordt beton grotendeels hergebruikt als menggranulaat en wordt maar van een zeer klein deel nieuw beton gemaakt.
- Een 100% circulaire economie is niet haalbaar. Er zal, uitgaande van de huidige grondstoffen, producten en productieprocessen, altijd sprake zijn van een beperkte vorm van afval/verlies. Bovendien is nog steeds sprake van economische groei, waardoor de vraag naar grondstoffen groter is dan de hoeveelheid vrijkomende grondstoffen.
- Een veelgehoord aspect van de circulaire economie is dat het leidt tot meer banen. Het creëren van banen is echter geen doel van de circulaire economie. Het behoort daarmee niet tot de definitie van circulariteit, maar is het een mogelijk/gewenst effect.

3.2 Hoe werkt circulariteit?

De circulaire economie gaat uit van maximaal hergebruik van producten en grondstoffen. Over het algemeen geldt hierbij dat de meeste waarde (in financiële en milieutechnische zin) behaald wordt

⁵ M.L.C.M. Henckens, Managing raw materials scarcity: safeguarding the availability of geologically scarce mineral resources for future generations

wanneer het product of onderdelen daarvan zoveel mogelijk worden behouden. Dit uitgangspunt komt ook tot uiting in de verschillende niveaus van circulariteit.⁶

De verschillende niveaus van circulariteit:

1. Refuse: voorkomen van gebruik van grondstoffen
2. Reduce: verminderen van grondstoffen
3. Re-use: producthergebruik (tweedehands, delen van producten)
4. Repair: onderhoud en reparatie
5. Refurbish: product opknappen
6. Remanufacture: nieuwe producten maken van (onderdelen van) oude producten
7. Re-purpose: producthergebruik met ander doel
8. Recycle: verwerking en hergebruik materialen
9. Recover: energierugwinning uit materialen

De theorie gaat ervan uit dat niveau 1 te verkiezen is boven 2, etc. Op basis van dit uitgangspunt verwachten we dat voor RWS behoud van functionele waarde (door bijvoorbeeld het verlengen van de levensduur) te verkiezen is boven hergebruik van (modulaire) onderdelen. En dat hergebruik van modulaire onderdelen te verkiezen is boven hoogwaardig gebruik van grondstoffen.

In praktijk zal dit onderscheid niet altijd zo strikt te maken zijn en geldt bijvoorbeeld dat er al veel aan onderhoud (repair) gedaan wordt, waardoor op dat punt weinig winst te behalen is. Of dat in een bepaald geval de mogelijkheden voor het minder gebruiken van materiaal (reduce) zo klein zijn, dat beter gefocust kan worden op hoogwaardige recycling. Uiteindelijk moet altijd per project of object bekeken worden welke circulaire oplossing de meeste meerwaarde biedt.

Andere belangrijke kanttekening is dat in bovenstaande niveaus geen rekening is gehouden met het feit dat uiteindelijk na hergebruik/onderhoud en reparatie het materiaal (vrijwel altijd) hoogwaardig gerecycled moet worden. In die zin heeft hoogwaardige recycling status aparte binnen bovenstaand lijstje.

Een andere veelgebruikte categorisering is de indeling van ABN AMRO naar circulaire businessmodellen.⁷ ABN AMRO onderscheidt de volgende businessmodellen:

1. Creatie en gebruik van circulaire grondstoffen in het productieproces
2. Optimalisatie en benutting van restwaarde bij het einde van de levensduur
3. Verlengen van de levensduur door onderhoud en renovatie
4. Optimaliseren benutting door delen of beter gebruik van overcapaciteit
5. Optimaliseren levenscyclus, (her)gebruik en restwaarde door 'product-as-a-service'

Uiteraard geldt dat de meest circulaire snelweg de niet aangelegde snelweg is. In dat kader zou RWS zich vanuit circulair oogpunt ook moeten richten op een beheerste vraagontwikkeling, zonder dat economische groei wordt tegengegaan en met maximale benutting van de assets. Een mooie kans in dat kader is bijvoorbeeld truck platooning: het laten rijden van vrachtwagens in 'een treintje'. Dit leidt niet alleen tot minder energieverbruik, maar ook tot een betere benutting van de snelweg, waardoor wellicht het aanleggen van extra rijstroken kan worden voorkomen. Maar ook kan gedacht worden aan minder verkeer door rekeningrijden, digitale communicatie, carpoolen en deelauto's. Dergelijke beslissingen vallen echter buiten de scope van RWS. Voor deze verkenning richten we ons op het

⁶ J. Cramer, 2014

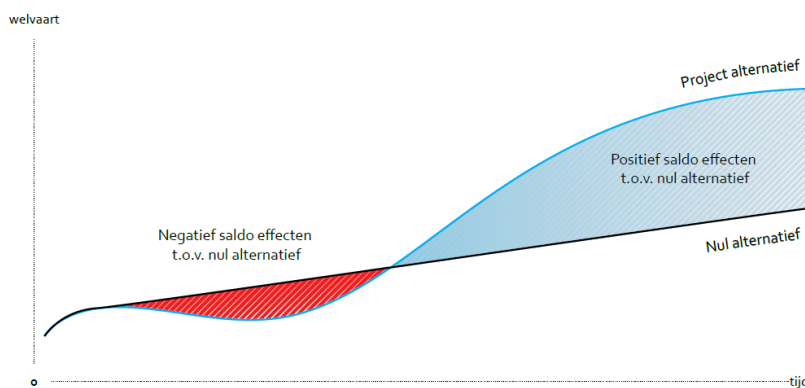
⁷ ABN AMRO, Alles van waarde, juli 2017

circulaire beheer en onderhoud van de assets. Wel is het voor de verdere ontwikkeling van circulaire ambities van belang dat ook op dit punt 'over de schutting heen gekeken wordt' en zoveel mogelijk getracht wordt om de beste integrale circulaire oplossing te zoeken.

4 Aanpak verkenning kosten en baten

4.1 De MKBA-methode

Een MKBA is een methode om te bepalen in hoeverre de baten (positieve effecten van een project in geld uitgedrukt) opwegen tegen de kosten van dat project.⁸ Dit resulteert in een bepaald rendement van de investering. Een MKBA wordt uitgevoerd vanuit het perspectief van de maatschappij als geheel. Om de baten te kunnen waarderen, moet het effect van een project in kaart worden gebracht. Hiertoe worden als het ware twee filmpjes met elkaar vergeleken: een filmpje van hoe de wereld eruitziet zonder uitvoering van het project (het nulalternatief) en een filmpje van hoe de wereld eruitziet met uitvoering van het project (het projectalternatief). In dit geval is het nulalternatief de situatie waarin RWS haar werkzaamheden op de huidige manier voortzet. Het projectalternatief beschrijft de situatie wanneer RWS de transitie doormaakt naar een circulaire manier van werken. Het effect dat circulair werken door RWS heeft op de maatschappij, is het verschil tussen de twee 'filmpjes'.



Figuur 2 De MKBA vormt een verschillenanalyse tussen twee alternatieven

In een kosten-batenanalyse worden alle effecten van een investeringsproject in kaart gebracht en voorzien van een financiële waardering. Op die manier bevordert een MKBA een integrale afweging van uiteenlopende aspecten. Met behulp van een MKBA kan een beeld worden gevormd over verschillende effecten, de verdeling van kosten en baten, alternatieven en onzekerheden rond het project.

Het doel van een MKBA is om zoveel mogelijk effecten te monetariseren en op te tellen. Dit is meestal niet voor alle effecten mogelijk. De MKBA-methode maakt deze effecten wel inzichtelijk, door ze te beschrijven onder de noemer immateriële effecten. Denk hier bijvoorbeeld aan de waardering van het gevoel van trots. Wanneer RWS koploper wordt op het gebied van circulaire economie, kan dit tot een gevoel van trots leiden bij onder anderen de medewerkers van RWS. Indien verwacht wordt dat dit effect zal optreden, wordt het in een MKBA wel genoemd, maar niet in monetaire termen uitgedrukt.

⁸ CPB en PBL. Algemene Leidraad voor maatschappelijke kosten- batenanalyse. Den Haag, 2013

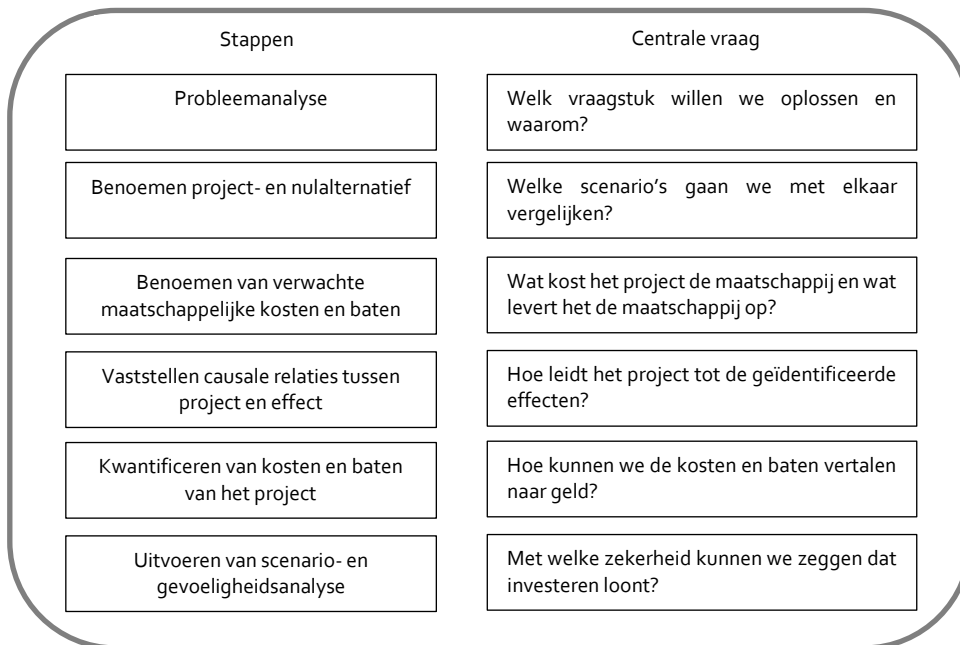
De MKBA-methode levert 'kennis voor beleid' op. Het is zeker geen beslisinstrument in die zin dat de MKBA-methode beleidsmakers voorrekenet wat ze moeten doen. Het levert beleidsmakers informatie die hen ondersteunt bij hun besluitvorming, of die het mogelijk maakt om het debat op basis van meer objectieve, feitelijke gronden te voeren.

De aanpak op basis van de maatschappelijke kosten-batenanalyse sluit goed aan bij de principes van assetmanagement binnen RWS:

1. Beschikbaarheid, leefbaarheid en veiligheid zijn maatschappelijke effecten die worden meegenomen in de MKBA (voertuigverliesuren, meer kans op schade bij overstromingen, etc.). Op die manier wordt juist in een MKBA gekeken naar de verhouding tussen kosten en maatschappelijke baten.
2. De MKBA neemt kosten en baten over een lange looptijd in beschouwing (indien van toepassing gedurende meerdere levenscycli). Hierbij wordt wel rekening gehouden met een discontovoet waardoor kosten en baten in de toekomst minder waard zijn dan kosten en baten op dit moment (zie ook paragraaf 4.5).

4.2 Verkenning van kosten en baten

Onze aanpak is gericht op het opsporen en ordenen van categorieën van kosten en baten en achterliggende factoren die deze beïnvloeden. Hoewel dit onderzoek slechts een verkenning van kosten en baten is, en geen MKBA (conform de algemene leidraad), maken we wel gebruik van de gangbare stappen in een MKBA. Voor dit onderzoek hanteren we zoveel mogelijk de volgende stappen:



Figuur 3 De stappen in een MKBA

We starten daarbij steeds met het perspectief van de (financiële) businesscase waarin we de categorieën inkomsten en uitgaven (over de gehele levensduur) van een circulaire optie in beeld brengen. Vervolgens voegen we hier de kosten en baten voor de maatschappij in brede zin aan toe.

Bij het vaststellen van de kosten en baten maken we gebruik van beschikbare literatuur, aanwezige kennis bij experts van RWS en de kennis en kunde van CE Delft. In de bijlage is een lijst met geraadpleegde experts opgenomen.

4.3 Vier modelprojecten als basis

Normaal gesproken kijkt een MKBA naar de verschillen voor de maatschappij tussen het voortzetten van huidig beleid ten opzichte van een concreet projectalternatief. Om dit voor circulair werken bij RWS in zijn geheel in kaart te brengen is a) heel arbeidsintensief en b) met veel onzekerheden omgeven. Om deze complexiteit beheersbaar te maken, definiëren we vier 'modelprojecten' waarvan we de kosten- en batenfactoren bepalen. Deze modelprojecten moeten gezamenlijk redelijk representatief zijn voor het werk van RWS.

Omdat de modelprojecten per definitie niet gelijk zijn aan de werkelijkheid, is een exacte bepaling van kosten en baten niet aan de orde. Het doel van dit deel van de opdracht is om beter begrip te krijgen van het type kosten en baten en een globale inschatting te maken van de hoogte ervan.

We analyseren vervolgens ook wat er intern bij RWS nodig is om de projecten te kunnen realiseren. Hierbij gaat het bijvoorbeeld om aanpassingen binnen de processen van RWS.

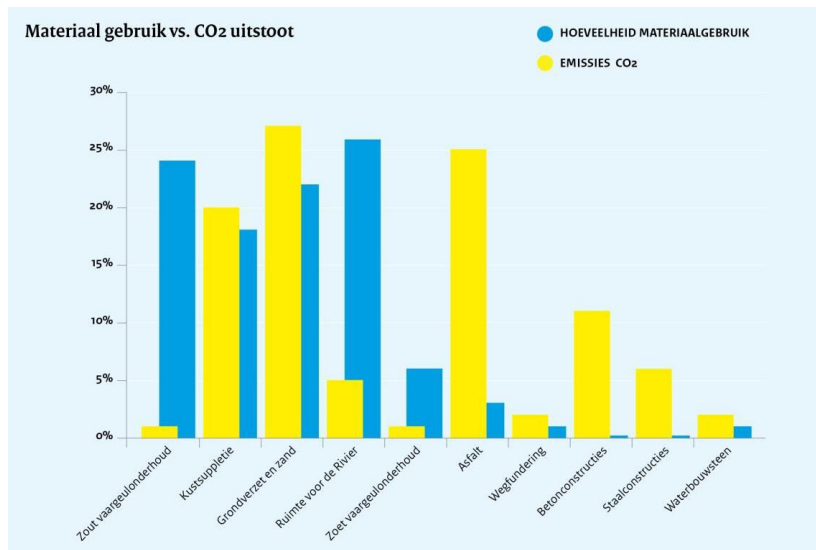
Tot slot toetsen we de uitkomsten bij vier praktijkcases.

4.4 Keuze van modelprojecten

Bij de keuze van modelprojecten gaan we ervan uit dat ze gezamenlijk redelijk representatief moeten zijn voor het werk van RWS en de circulaire mogelijkheden. We hebben daarbij de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Het type project komt vaak voor bij RWS;
- Het type project verbruikt veel grondstof of fossiele brandstof;
- De circulaire varianten van de projecten zijn onderscheidend van elkaar;
- De modelprojecten bevatten samen de belangrijkste grondstofstromen van RWS

In figuur 4 is voor de belangrijkste werkzaamheden van RWS het materiaalgebruik en de CO₂-uitstoot weergegeven.



Figuur 4 Materiaalgebruik versus CO₂-uitstoot⁹

Werkzaamheden waar veel grond en zand worden gebruikt, zorgen voor het grootste grondstoffenverbruik van RWS. Tegelijkertijd worden deze grondstoffen al grotendeels hergebruikt (of hebben die potentie) en zijn daarmee (gedeeltelijk) circulair. De grote milieubesparing bij deze werkzaamheden zit met name in beperking van CO₂-uitstoot. Om dat de verschillen tussen het circulaire alternatief en het nulalternatief naar verwachting klein zijn, is ervoor gekozen om (slechts) één zand-/grondproject (het dijkversterkingsproject) op te nemen als modelproject.

Op basis van deze overweging komen we tot de volgende modelprojecten:

1. Een snelweg, waarbij we in het projectalternatief uitgaan van hoogwaardige recycling van grondstoffen.
2. Een brug, waarbij we in het projectalternatief uitgaan van een toekomstbestendige adaptieve brug.
3. Een viaduct, waarbij we in het projectalternatief uitgaan van een modulair viaduct.
4. Een dijkversterking, waarbij we in het projectalternatief uitgaan van lokaal (her)gebruik van grondstoffen.

Op de volgende pagina's geven we per modelproject een korte beschrijving van het nulalternatief, het projectalternatief en de belangrijkste verschillen. Daarbij is zoveel mogelijk een zelfde kader gebruikt zonder dit heel dwingend toe te passen.

4.5 De invloed van looptijd en disconteringsvoet in een MKBA

Veel van de assets van RWS hebben een zeer lange levensduur (tot wel 100 jaar). Hoewel dit enerzijds behoorlijk duurzaam is, maakt dit dat het nadenken over circulariteit lastig is. Het is immers niet goed in te schatten welke mogelijkheden er over 100 jaar zijn om onderdelen van het werk te hergebruiken of grondstoffen hoogwaardig te recyclen. Zelfs wanneer daar een aanname over gedaan wordt, zorgt het gebruik van een disconteringsvoet in zowel een businesscase als een MKBA ervoor dat waarde die ontstaat aan het eind van de levensduur, in netto contante termen, dus in de waarde 'vandaag', erg klein is.

⁹ Programmaplan. Impulsprogramma Circulaire Economie 2017 – 2020, RWS

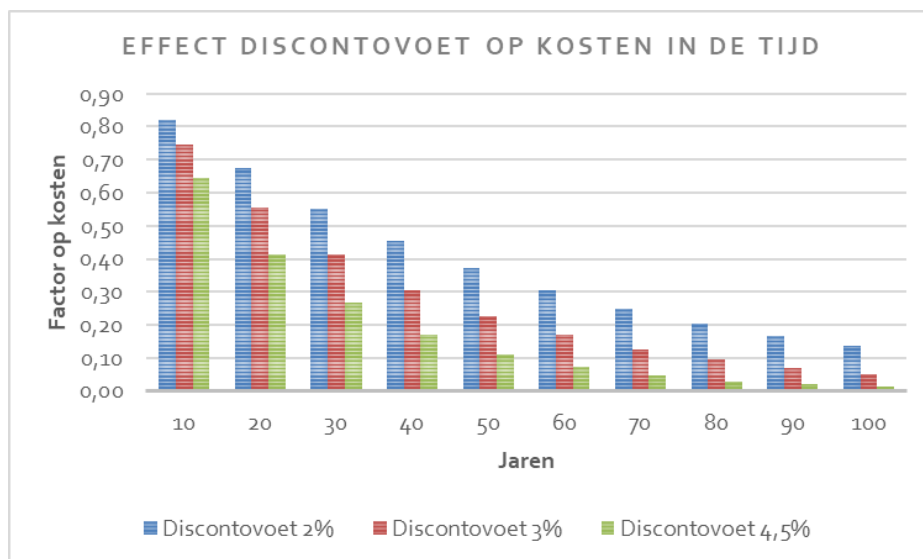
In reguliere MKBA's voor infrastructuurprojecten adviseert de Werkgroep Discontovoet een discontovoet van 4,5%¹⁰. Deze discontovoet wordt regulier toegepast op een analyseperiode van 20 à 30 jaar. Hoewel de projecten van RWS zeker kwalificeren als infrastructuurprojecten, is deze discontovoet minder geschikt om toe te passen op circulaire projecten die de focus hebben op grondstoffen en het milieu.

De werkgroep discontovoet beveelt aan om rekening te houden met een prijsstijging van 1% voor natuur en ecosystemendiensten op de reguliere discontovoet van 3%, waardoor de effectieve disconteringsvoet met 1% wordt verlaagd¹¹. Daarmee geldt nog steeds een effectieve disconteringsvoet van 2% voor niet-substutueerbare ecosystemendiensten. De discontovoet van 3% geldt voor natuur en ecosystemendiensten die niet schaarser worden (zoals hout of voedsel).

Onderstaande tabel laat zien met welke factor de waarde wordt verdisconteerd over verschillende periodes.

Disconteringsfactor	25 jaar	50 jaar	75 jaar	100 jaar
Disconteringsvoet 2%	0,61	0,37	0,23	0,14
Disconteringsvoet 3%	0,48	0,23	0,11	0,05
Disconteringsvoet 4,5%	0,33	0,11	0,04	0,01

Ter indicatie: een waarde van € 1.000.000 bedraagt bij een disconteringsvoet 3% na 100 jaar slechts ca. € 50.000. In onderstaande figuur is het effect van de discontovoet op de kosten over verloop van tijd visueel goed zichtbaar.



Figuur 5 Effect discontovoet op de kosten in de tijd

¹⁰Steunpunt Economische Expertise RWS (2016). Nieuwe regels rond disconteren.

<https://www.rwseconomie.nl/binaries/rwseconomie/documenten/rapporten/2016/juli/juli/qa-discontovoet-kopie/vraag-en-antwoord-see-versie-08052017.pdf>

¹¹ PBL (2017). Relatieve Prijsstijging voor Natuur en Ecosystemendiensten in de MKBA. Den Haag, September 2017.

<http://www.pbl.nl/publicaties/de-discontovoet-voor-natuur-de-relatieve-prijsstijging-voor-ecosysteemdiensten>

Rekening houdend met de adviezen van de Werkgroep Discontovoet en met oog op het doel van circulair werken (het beperken van de impact op ecosysteemdiensten), hanteren wij in deze verkenning een discontovoet van 2%.¹²

Werkgroep discontovoet over Natuur: *“Voor de verdiscontering van natuur (geoperationaliseerd als bijvoorbeeld ecosysteemdiensten, biodiversiteit en landschap) adviseert de werkgroep de standaarddiscontovoet, waarbij in principe rekening gehouden wordt met een prijsstijging voor natuur van 1 procent. De effectieve disconteringsvoet is dus 2 procent. Natuur dient echter te worden verdisconteerd met de standaardvoet en zonder prijsstijging indien kan worden aangetoond dat deze natuur substitueerbaar is.*

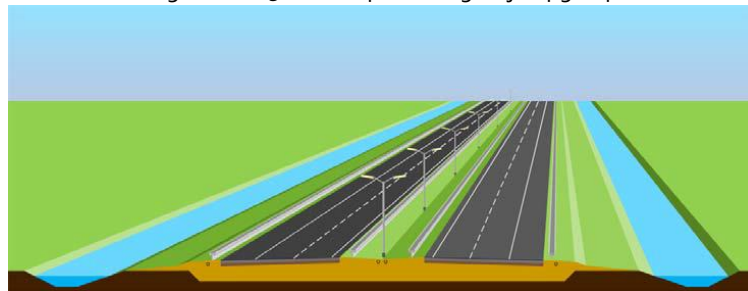
Onomkeerbaarheden kunnen weliswaar heel belangrijk zijn, maar zijn moeilijk in een algemene opslag of afslag op het disconto te vertalen. Onderdeel van prudentie bij de projectbeslissing is dat naast de netto contante waarde ook de waarde van uitstel- en faseringsopties in beschouwing worden genomen. Onomkeerbaarheden spelen op verschillende terreinen. Zo worden investeringen in infrastructuur gekenmerkt door onomkeerbare investeringskosten (sunk costs), kan bij natuurschade sprake zijn van blijvende, dus onomkeerbare effecten, en is ook het verwijderen van een bepaalde monumenten een onomkeerbare stap. Voor al deze vormen van onomkeerbaarheid adviseert de werkgroep extra prudentie in acht te nemen.”

¹² We hanteren in deze verkenning van kosten en baten de verlaagde discontovoet omdat grondstoffen de natuur worden onttrokken en zodoende een effect op de natuur en ecosystemen hebben. Per project zou de discontovoet op nieuw moeten worden vastgesteld, afhankelijk van de specifieke grondstoffen, de substitueerbaarheid ervan, en de mate waarin de ingreep onomkeerbaar is.

5 Vier modelprojecten

5.1 Modelproject – Snelweg

Rijkswaterstaat beheert ruim 3.000 km rijksweg, 7.700 km rijbanen en bijna 8.000 km aan geleiderails. Uit onderzoek van BAM blijkt dat nieuwbouw (en verbredingen) van snelwegen de komende jaren (sterk) afneemt en dat het verwachte onderhoud toeneemt. In 2016 werd 79% van het geproduceerde asfalt gebruikt voor onderhoud van bestaande wegen. In 2050 zal dit percentage zijn opgelopen naar gemiddeld 96%.¹³ We gaan in het modelproject *Snelweg* uit van de vervanging van asfalt en geleiderails van 1 kilometer snelweg voor één rijrichting. We gaan daarbij niet uit van nieuwbouw of verbreding. Verder laten we bebording en verlichting buiten beschouwing. Kunstwerken zijn niet opgenomen in dit modelproject, daar een viaduct en een brug als aparte modelprojecten worden onderzocht.



Figuur 6 Modelproject snelweg

5.1.1 Nulalternatief

In het nulalternatief wordt na 9 jaar de toplaag van de rechter- en middenrijstrook vervangen en na 13 jaar de top en onderlaag van alle drie de rijstroken. Nadat het oude materiaal gefreesd is, wordt een nieuwe laag ZOAB aangebracht. In het nulalternatief gaan we uit van dubbellaags ZOAB. Dubbellaags ZOAB wordt toegepast wanneer een extra geluidsreductie noodzakelijk is en is op circa 20% van het areaal van RWS aangebracht. Dubbellaags ZOAB is circa 70% duurder dan enkellaags ZOAB.

Het gefreesde asfalt wordt grotendeels gerecycled. Er is echter wel sprake van downcycling. Dat wil zeggen dat de gefreesde toplaag tot op heden nauwelijks wordt hergebruikt in een nieuwe toplaag. Dit komt omdat de bitumen verouderd is en bros wordt. Hierdoor wordt de binding met de steenslag minder en laat het uiteindelijk sneller los, waarna er putten ontstaan.

Hoewel er in uitzonderlijke gevallen al gerecycled materiaal wordt toegevoegd bij de productie van de toplaag, is dit op dit moment nog niet gebruikelijk. We gaan er daarom in het nulalternatief vanuit dat er geen gerecycled materiaal in de toplaag wordt verwerkt. Het gefreesde asfalt wordt gebruikt voor de onderlaag van steenslagasfaltbeton (STAB). In totaal bestaat deze onderlaag uit 50% gerecycled materiaal. Deze onderlaag gaat veel langer mee dan de toplaag en wordt na 26 jaar vervangen. Soms is al eerder onderhoud aan de onderlaag nodig. In die gevallen wordt plaatselijk asfalt dieper gefreesd en wordt het weggenomen asfalt vervangen door nieuw. Gegeven het beperkte grondstofverbruik als gevolg van onderhoud, wordt dit punt (het onderhoud aan de STAB) verder buiten beschouwing gelaten. Wanneer de onderlaag moet worden vervangen, wordt niet hetzelfde STAB gebruikt maar wordt een nieuwe laag aangebracht die dus deels bestaat uit een gerecycled toplaag.

¹³ M. Huurman, E. Demmink, (BAM Infra Asfalt) *De landing van de Nederlandse Asfaltmarkt?*

De fundering van de weg bestaat uit een zandpakket en menggranulaat. Het menggranulaat bestaat volledig uit gerecycled materiaal: betonpuin en metselpuin, waarbij het betonpuin een bindende werking heeft. Bij het vervangen van de fundering wordt naar verwachting 50% 'nieuw' menggranulaat gebruikt en wordt 50% hergebruikt. Het menggranulaat dat niet als menggranulaat wordt hergebruikt, wordt bijvoorbeeld elders gebruikt als ophoogmateriaal. Het zandbed wordt afgegraven en ter plaatse of elders grotendeels hergebruikt.

De levensduur van de fundering is circa 100 jaar. Het vervangen van de fundering komt daarom nauwelijks voor en wordt daarom buiten beschouwing gelaten.

Naast het asfalt, bekijken we ook de geleiderails. Iedere 35 jaar wordt de geleiderails vervangen. In het nulalternatief wordt de geleiderails vervangen door een nieuwe geleiderails. De oude geleiderails worden in dit geval verschroot en gerecycled waarbij het staal wordt gebruikt in nieuwe staalproducten maar niet per se voor de geleiderails.¹⁴

Areaalgegevens	
Aantal rijstroken per rijrichting	3
Breedte rijstrook	4 m
Breedte vluchtstrook	3,25 m
Lengte	1000 m
Asfaltgegevens	
Type asfalt	ZOAB dubbellaags
Dikte toplaag ZOAB	0,025 m
Dikte onderlaag ZOAB	0,045 m
Vervangingsfrequentie asfalt rechterrijstrook	9 jaar
Vervangingsfrequentie asfalt midden- en linkerrijstrook	13 jaar
Type STAB	50% partiële recycling
Dikte STAB	0,05 m
Vervangingsfrequentie STAB	26 jaar
Funderingsgegevens	
Vervangingsfrequentie menggranulaat	100 jaar
Vervangingsfrequentie zand	100 jaar
Geleiderails gegevens	
Type	F2M
Vervangingsfrequentie	35 jaar

Tabel 1 Kenmerken modelproject snelweg¹⁵

¹⁴ LCA resultaten van geleiderails. CE Delft, november 2014

¹⁵ Op basis van gesprek R. Hofman (RWS) en R. Goes (RWS)

5.1.2 Circulaire Projectalternatieven

In het projectalternatief van de vervanging van de snelweg wordt zoveel mogelijk circulair gewerkt. We analyseren drie circulaire alternatieven:

1. De eerste aanpak sluit aan bij Asphalt Impuls en gaat (onder andere) uit van het verlengen van de levensduur van het asfalt door het verjongen van de toplaag.
2. De tweede aanpak gaat uit van hoogwaardige recycling. Dat wil zeggen, hergebruik van het oude asfalt in de nieuwe toplaag.
3. De derde aanpak gaat, naast het verjongen van de toplaag, ook uit van het verjongen van de onderlaag.

Asfalt Impuls

RWS is initiatiefnemer van het programma Asphalt Impuls. Met het programma wordt een sector brede impuls gegeven aan innovatie in de asfaltproductie. De Asphalt Impuls moet in 2023 leiden tot een brede toepassing van technologie waarmee de gemiddelde levensduur van de asfaltwegen wordt verdubbeld, de CO₂-uitstoot gehalveerd en de kosten voor aanleg en onderhoud minimaal gelijk blijven.

Aanpak 1 – Verjonging

Het verjongen van asfalt houdt in dat door het toepassen van een verjongingsmiddel, de oude bitumen van de toplaag weer sterk en flexibel worden gemaakt.

Onderstaande figuur geeft het de huidige vervangingsfrequentie weer. Waarbij ieder grijs blokje de vervanging van een rijstrook betreft. Logischerwijs geldt dat wanneer een onderliggende laag vervangen moet worden, de laag erboven ook vervangen moet worden.

Jaren	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	
Toplaag rechts en midden																													
Toplaag links																													
Onderlaag rechts en midden																													
Onderlaag links																													
STAB rechts en midden																													
STAB links																													

In onderstaande figuur wordt d.m.v. de groene (tevens aangegeven met 'V') blokjes aangegeven op welke momenten het asfalt wordt verjongd.

Jaren	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	
Toplaag rechts en midden					V					V								V					V						
Toplaag links																													
Onderlaag rechts en midden																													
Onderlaag links																													
STAB rechts en midden																													
STAB links																													

Door tijdig het asfalt te verjongen wordt de vervangingsfrequentie van de asfaltenlagen veel beter op elkaar afgestemd waardoor een aanzienlijke besparing van grondstoffen kan worden gerealiseerd. Zo wordt in dit circulaire alternatief tweemaal de vervanging van de bovenlaag ZOAB van de linkerrijstrook voorkomen.

Aanpak 2 – hoogwaardige recycling

In aanvulling op de verjonging in de eerste aanpak, wordt in de tweede aanpak de toplaag van ZOAB gefreesd, naar de asfaltcentrale gebracht en voor (ruim) 90% hergebruikt in de nieuwe toplaag. Omdat het afval (de oude toplaag) weer als nieuwe grondstof gebruikt wordt, moet zorgvuldig worden gefreesd zodat er geen vermenging plaatsvindt met de kwalitatief slechtere onderlaag. Na het verwijderen van de oude toplaag, moet de bitumen worden verjongd zodat er weer binding met de steenslag plaatsvindt. Er zijn op dit moment verschillende technieken in ontwikkeling die hoogwaardig hergebruik van de toplaag mogelijk maken.

BAM is met Lezap al een eind op weg om dit type asfalt te realiseren, maar ook andere aannemers zijn bezig met de ontwikkeling van (hoogwaardig) gerecycled asfalt. Zo heeft Strukton ML-Trac, VolkerWessels het Hera systeem en Dura Vermeer Ecopave R. De levensduur van hoogwaardig gerecycled materiaal is nog niet exact bekend, maar is naar verwachting vergelijkbaar met de levensduur van het huidige ZOAB.

Het is niet (exact) duidelijk wat het effect van hoogwaardig hergebruik in hoge percentages is op de prijs van asfalt. Er zijn een aantal mogelijke prijsverlagende effecten:

1. Er wordt slechts 10% van de oorspronkelijke hoeveelheid primaire grondstoffen ingekocht. Daarnaast is de inkoopprijs/-waarde van het oude gefreesde asfalt (de nieuwe grondstof) verwaarloosbaar.
2. Het asfalt kan op lagere temperatuur worden aangebracht (minder energiekosten).

Daarnaast zijn er een aantal prijsverhogende effecten:

1. Het recyclingproces waarbij het oude asfalt wordt 'opgewerkt' tot nieuw asfalt. In het geval van Lezap wordt bijvoorbeeld de steenslag mechanisch gescheiden van de mastiek. Daarna moet het mastiek (op hoge temperatuur) worden opgewerkt tot herbruikbaar mastiek.
2. Er zijn (mogelijk) investeringen nodig in de asfaltcentrales om asfalt hoogwaardig te recyclen. Zo zijn in het geval van Lezap de asfaltcentrales op dit moment niet in staat om de oude mastiek op te warmen.

Het zorgvuldiger verwijderen van de toplaag heeft naar verwachting geen significant effect op doorlooptijd en kosten. Hier geldt dat het werk met hetzelfde materiaal en door dezelfde mensen wordt verricht, zij het met een iets andere werkinstructie.

In zowel het nul- als het projectalternatief wordt na 26 jaar de onderlaag (STAB) vervangen. Deze onderlaag wordt in het nulalternatief gemaakt uit de oude bovenlaag. Wanneer de oude bovenlaag (in het projectalternatief) volledig hoogwaardig wordt gerecycled, is deze niet meer beschikbaar voor de onderlaag. Aannee is dat de onderlaag op een vergelijkbare manier als de bovenlaag gerecycled kan worden.

Na circa 100 jaar moet mogelijk de fundering worden vervangen. De kwaliteit van menggranulaat loopt zeer beperkt terug door het vergruizen van het materiaal;¹⁶ het materiaal kan grotendeels worden hergebruikt. In dat geval zal wel opnieuw de kwaliteit van het menggranulaat moeten worden vastgesteld. De vraag is echter of hergebruik van menggranulaat als funderingsmateriaal zinvol is. Mogelijk is er voldoende betonpuin en metselpuin beschikbaar om als menggranulaat te gebruiken. Als het menggranulaat ter plaatse hergebruikt kan worden, kunnen wel transportkosten worden bespaard.

¹⁶ RHDHV, Onderzoek naar de risico's bij het toepassen van niet circulaire materialen (2016)

Aanpak 3 – verdere verlenging van de levensduur

In de derde variant wordt het verjongen van het asfalt verder doorgevoerd en wordt niet alleen de toplaag van linkerrijstrook maar de onderlaag van beide rijstroken verjongd.

In onderstaande figuur wordt de verjonging en vervanging in de derde variant schematisch weergegeven.

Jaren	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Toplaag rechts en midden					V				V										V				V					
Toplaag links																												
Onderlaag rechts en midden													V															
Onderlaag links													V															
STAB rechts en midden																												
STAB links																												

Zo wordt in dit circulaire alternatief tweemaal de vervanging van de bovenlaag ZOAB van de linkerrijstrook voorkomen. En eenmaal de vervanging van de onderlaag van beide rijstroken.

Geleiderails

Naast een circulaire aanpak van asfalt bekijken we ook de vervanging van de geleiderails. In de circulaire variant wordt de geleiderail na 35 jaar vervangen door een gerenoveerde geleiderail.¹⁷ Bij de gerenoveerde geleiderail wordt de oude geleiderail gedemonteerd, ontzinkt en opnieuw verzinkt. Uit onderzoek blijkt dat circa 67% van de onderdelen opnieuw kan worden gebruikt.¹⁸ De levensduur van deze gerenoveerde geleiderail is gelijk aan die van een nieuwe geleiderail. Naar verwachting zijn ook hier de kosten voor demontage en afvoer wat hoger dan bij reguliere sloop omdat dit zorgvuldiger moet gebeuren. De milieu-impact is echter veel lager omdat het energie-intensieve proces van omsmelten niet meer nodig is. Omdat een deel van de geleiderails (door schade) niet herbruikbaar is, gaan we er in het projectalternatief vanuit dat er steeds ook deels nieuw staal gebruikt wordt. Naast de gerenoveerde geleiderails is er inmiddels ook een biobased geleiderails. Deze is niet meegenomen in deze analyse.

5.1.3 Effecten

Circulair werken leidt tot de onderstaande verwachte effecten. We maken onderscheid tussen de drie verschillende varianten.

Effecten op de prijs – Verjonging (aanpak 1)

Door het asfalt te verjongen, wordt twee keer het vervangen van de toplaag van de rechterrijstrook voorkomen. Daartegenover staan extra kosten voor het verjongen van het asfalt. In totaal wordt een besparing van circa 25% verwacht over een periode van 26 jaar. (Zie bijlage 2 voor achterliggende berekeningen.)

Effecten op de prijs – Hoogwaardige recycling (aanpak 2)

1. De exacte kosten van hoogwaardig gerecycled asfalt zijn nog niet bekend, omdat het product nog niet verkrijgbaar is. Omdat de transport- en aanlegkosten van hoogwaardig

¹⁷ Het is eveneens goed denkbaar dat wanneer in de toekomst het verkeer op basis van 'Smart Mobility' rijdt, er geen geleiderails nodig is.

¹⁸ LCA resultaten van geleiderails. CE Delft, november 2014

gerecycled asfalt nagenoeg gelijk zijn aan die van niet-gerecycled asfalt, bekijken we alleen het verschil in de kostprijs van het product. Aanname daarbij is dat het ingeleverde freesmateriaal niks opbrengt en dat het afgenomen regeneraat niks kost. We zien de volgende kostprijsverhogende en –verlagende factoren:

- a. Minder inkoop van primaire grondstoffen doordat het freesmateriaal voor 90% wordt hergebruikt. De inkoop van grondstoffen bedraagt circa 85% van de prijs van de toplaag. 90% Minder inkoop van grondstof heeft daarmee een potentiële besparing van bijna 80% ($90\% \times 85\% = 78\%$) op de totale kostprijs van de toplaag. Belangrijke aanname hierbij is dat de besparing evenredig over het mastiek en de steenslag wordt behaald. Het fysieke aandeel mastiek (en specifiek bitumen) in asfalt is namelijk beperkt, terwijl het wel een flink deel van de kosten met zich meebrengt. Oftewel: als de besparing op grondstoffen voornamelijk steenslag is, en er nog steeds relatief dure mastiek moet worden toegevoegd, bedraagt de financiële besparing eerder ca. 40% op de totale kostprijs van het product.
Conclusie: >> 40% - 80% lagere kostprijs van het asfalt (excl. transport en aanleg).
- b. Hogere kosten voor mechanische scheiding van mastiek en steenslag. Gegeven het feit dat BAM de hoogwaardig gerecyclede steenslag al aanbiedt, nemen we aan dat de hogere kosten voor mechanische scheiding ongeveer gelijk zijn aan de kosten van de inkoop van steenslag (als primaire grondstof). De kosten van inkoop van steenslag bedragen zoals eerder vermeld 20% van de totale prijs.
Conclusie: >> 20% hogere kostprijs van het asfalt (excl. transport en aanleg)
- c. Hogere kosten door investering in asfaltcentrales. BAM verwacht dat deze investering ongeveer € 2 - € 4 miljoen zal bedragen. Als we aannemen dat er 10 asfaltcentrales moeten worden omgebouwd, is er een investering nodig van € 20 - € 40 miljoen. De behoefte aan asfalt voor deklagen bedraagt jaarlijks is 1,1 miljoen ton. Wanneer we aannemen dat in de toekomst 50% wordt vervangen met hoogwaardig gerecycled asfalt, is er een behoefte van 0,55 miljoen ton hoogwaardig gerecycled asfalt. Wanneer we vervolgens aannemen dat de investering in 10 jaar wordt afgeschreven, komen we op een totale kostenpost van € 20 tot € 40 miljoen / 5,5 miljoen ton = € 3,60 tot € 7,30 per ton. Bij een prijs van € 76 komt dit neer op een verhoging van ca. 5 tot 10%.
Conclusie: >> 5 – 10% hogere kostprijs van het asfalt (excl. transport en aanleg)
- d. Minder energiekosten door het aanbrengen van asfalt op lage temperatuur. Omdat de kosten voor reeds toegepast lage temperatuur-asfalt gelijk zijn aan regulier asfalt gaan we er voorzichtigheidshalve vanuit dat er geen besparing is als gevolg van lagere energiekosten door het lage temperatuur asfalt.
Conclusie: >> geen effect op de kostprijs van het asfalt (excl. transport en aanleg)

Op basis van bovenstaande redenering zou een besparing van 15% - 50% op de kostprijs van het asfalt (exclusief transport en aanleg) mogelijk zijn. Tegelijkertijd geeft BAM aan in te schatten dat de kosten voor LE2Ap ongeveer gelijk zullen zijn aan de huidige prijs van asfalt.

Alles overziende gaan we voor de besparing op de kosten van productie van hoogwaardig gerecycled asfalt uit van een bandbreedte van 0 – 50% besparing op de huidige kosten van het materiaal.

Daarnaast zullen er tijdelijke extra kosten voor monitoring van circulair asfalt. Zeker in de pilotfase zal het aangebrachte circulaire asfalt nauw gemonitord moeten worden. Zowel door de aannemer als door RWS. De kosten die hier mee gemoeid zijn zullen echter enkele tienduizenden euro's bedragen. Bovendien zijn deze van tijdelijke aard.

Effecten op de prijs – Verdere verjonging (aanpak 3)

Door het asfalt te verjongen, wordt twee keer het vervangen van de top laag van de rechterrijstrook voorkomen en één keer het vervangen van de onderlaag rijbaan breed. Omdat de vervanging in zijn geheel wordt voorkomen, worden hier zowel de materiaal kosten, als de overige directe en indirecte kosten bespaard. Daarnaast zijn er wel extra kosten voor het verjongen van het asfalt.

In totaal wordt een besparing van circa 35% verwacht over een periode van 26 jaar.

Effecten op het milieu- Verjonging (aanpak 1)

Bij het verjongen van asfalt is de belangrijkste milieubaat de besparing van het gebruik van asfalt. Hierbij gaat het dus zowel om minder gebruik van grondstoffen, maar ook om minder productie, transport en verwijdering van asfalt. Bij de verjonging van asfalt wordt over een periode van 26 jaar 35% minder asfalt gebruikt, waardoor de vermeden milieuschade automatisch ook 35% bedraagt. Vervolgens moet nog wel gecorrigeerd worden voor de milieu-impact van het gebruik van het verjongingsmiddel. We hebben niet kunnen achterhalen wat de milieu-impact van het verjongingsmiddel is.

Effecten op het milieu- Hoogwaardig hergebruikt asfalt (aanpak 2)

Het belangrijkste verwachte effect van hoogwaardig hergebruikt asfalt is het vermeden gebruik van primaire grondstoffen. Er is minder steenslag, vulstof, zand en bitumen nodig om het asfalt te produceren. Hoewel steen en zand nog ruim voorradig zijn op de wereld, is er mogelijk wel sprake van milieuschade bij het winnen van grondstoffen. Op de eerste plaats omdat mogelijk schade wordt toegebracht aan de natuur en daarnaast omdat fossiele energie wordt verbruikt bij de winning van de grondstoffen. Verder wordt transport van grondstoffen aanzienlijk verminderd wanneer asfalt regionaal wordt hergebruikt. De exacte omvang van deze maatschappelijke baat voor hoogwaardig gerecycled asfalt is moeilijk te achterhalen. BAM geeft zelf aan dat:

- De emissies tijdens de productie van asfalt (dus exclusief winning en transport van grondstoffen) worden gereduceerd met 51 – 85% (afhankelijk van het type emissie. CO₂, CxHy, Nox, etc).¹⁹
- De totale socio-economische impact in totaal met 33% afneemt (op de onderdelen klimaatverandering, energiegebruik, gezondheidsschade).²⁰

Tegelijkertijd laat onderzoek van Heijmans zien dat bij een andere techniek (lage temperatuur met 60% recycling op basis van bijmengen) de totale CO₂-besparingen (van cradle to gate) ca. 40% bedraagt.²¹

Effecten op het milieu – Verdere verjonging (aanpak 3)

De verwachte effecten bij de derde variant zijn qua opbouw gelijk aan de tweede variant. Alleen wordt nog meer asfalt bespaard. Ook hier wordt verjongingsmiddel gebruikt.

Effecten op bereikbaarheid (aanpak 1, 2 en 3)

Het verjongen van asfalt heeft mogelijk een positief effect op de bereikbaarheid omdat het aanbrengen van verjongingsmiddel korter is dan het vervangen van een top laag. Hoe groot dit effect is, is onbekend.

¹⁹ BAM, *Layman Report*. Van de website www.bamle2ap.nl

²⁰ BAM, *Layman Report*. Van de website www.bamle2ap.nl

²¹ Heijmans, *Reductie CO₂ uitstoot productie van asfalt*

Geleiderail

De kosten voor een gerenoveerde vangrail bedragen 75 – 80% van de oorspronkelijke prijs.²²

De klimaatimpact (carbon footprint) van een gerenoveerde vangrail is circa 20% van de impact van de standaard vangrail²³.

5.1.4 Overzicht effecten

In onderstaande tabel worden de kosten en baten van de verschillende circulaire alternatieven afgezet tegen het nulalternatief.

Kosten per rijrichting, per 1000 m (€ NCW 2%, prijspeil 2017)	Nulalternatief	Circulair – verjongen	Circulair – hoogwaardig recycling	Circulair-verjongen onderlaag
Kosten verjonging toplaag	Nvt	€ 42.000	€ 42.000	€ 42.000
Kosten verjonging onderlaag	Nvt	Nvt	Nvt	€11.000
Kosten vervangen toplaag (rechts en midden)	€ 237.000	Nvt	Nvt	Nvt
Kosten vervangen toplaag	Nvt	Nvt	Nvt	€170.000
Kosten vervangen top en onderlaag	€ 313.000	€ 295.000	€ 204.000 – € 295.000	Nvt
Kosten vervangen, top-, onder-, STAB laag	€ 389.000	€ 374.000	€ 302.000 – € 374.000	€ 302.000 – € 374.000
Totaal vervanging asfalt	€ 940.000	€ 711.000	€ 549.000 – € 711.000	€ 526.000 – € 597.000
Kosten (in percentages)	100%	76%	58% - 76 %	56% -64 %
Kosten geleiderails	100%	75 - 80%	75 - 80%	75 - 80%
Grondstofverbruik asfalt ²⁴	100%	72%	20%	18%
Grondstofverbruik verjongingsmiddel	0%	+ PM	+ PM	+PM
Klimaatimpact geleiderails ²⁵	100%	20%	20%	20%

Tabel 2 Overzicht financiële en maatschappelijke effecten circulaire snelweg

5.1.5 Algemene conclusie

Op basis van deze eerste verkennende analyse lijken de verschillende circulaire varianten financieel aantrekkelijker dan het nulalternatief. Bovendien worden in de circulaire alternatieven aanzienlijke besparingen op grondstoffen gerealiseerd. Deze uitkomsten zijn gebaseerd op de situatie nadat de techniek bewezen is door middel van pilots. De extra kosten van deze (noodzakelijke) pilots zijn niet in bovenstaande berekening meegenomen. In praktijk blijkt echter dat het daadwerkelijk uitvoeren

²² <https://www.rvo.nl/actueel/praktijkverhalen/een-tweede-leven-voor-verzinkte-geleiderail>

²³ CE Delft, LCA-resultaten van geleiderails, 2014

²⁴ Hierbij is geen rekening gehouden met discontering van de waarde van grondstoffen.

²⁵ Hierbij is geen rekening gehouden met discontering van de waarde van grondstoffen.

van een pilot voor een circulaire snelweg niet eenvoudig te realiseren is. Met name sterke sturing op beschikbaarheid en tijdige oplevering staan innovatie (en daarmee het accepteren van de kans op mogelijke verslechtering van de beschikbaarheid) in de weg.

5.1.6 Observaties en implicaties

Voor de modelprojecten zijn niet systematisch de randvoorwaarden of implicaties voor de interne organisatie in kaart gebracht. In deze paragraaf benoemen we wel opvallende observaties en implicaties van circulair werken.

- Eventuele aanpassingen in eisen aan asfalt die nodig zijn om hoogwaardig gerecycled asfalt of verjonging van asfalt toe te staan, zijn betrekkelijk eenvoudig door te voeren. Er is geen landelijke of Europese wetgeving, waardoor RWS vrij gemakkelijk de eisen zelf kan aanpassen. Op dit punt worden dus geen substantiële kosten verwacht.
- Er wordt binnen RWS bij vrijwel alle projecten zeer sterk gestuurd op beschikbaarheid en tijdige oplevering. Hierdoor is er in praktijk nauwelijks de mogelijkheid om te innoveren. Bij veel voorbeeldprojecten zie je dan ook dat gekozen wordt voor innovaties die geen risico vormen voor het behalen van de hoofddoelstelling: een bereikbaar Nederland. Denk bijvoorbeeld aan biobased straatmeubilair op verzorgingsplaatsen, 100% recyclebare bureaustoelen of lantarenpalen op zonne-energie.
- Daarnaast is RWS terughoudend in het gezamenlijk innoveren met de markt omdat zij niet in een afhankelijkheidsrelatie wil komen met één bepaalde aanbieder van een innovatieve oplossing.

De drie besproken aanpakken voor circulair asfalt zijn hiervoor op projectniveau beschreven. In alle drie de gevallen zijn er ook effecten op 'systeemniveau'. Hiermee bedoelen we dat wanneer RWS op grote schaal circulaire snelwegen aanlegt, er consequenties zijn voor de totale asfaltmarkt.

- Bij de eerste aanpak gaan we uit van een vergelijkbare levensduur van het asfalt. Het verschil ten opzichte van het nulalternatief bestaat met name uit het feit dat er nauwelijks meer primaire grondstoffen worden gebruikt, maar voornamelijk gefreesd oud asfalt. Om asfalt hoogwaardig te kunnen hergebruiken zijn investeringen in de asfaltcentrales nodig. Het ligt voor de hand dat deze investeringen worden toegerekend aan de kostprijs van gerecycled asfalt en dat dit niet tot een prijsverhoging van het reguliere asfalt leidt. Afhankelijk van de omvang van de vraag naar gerecycled asfalt zullen meer of minder asfaltcentrales deze investering doen. Wanneer niet alle centrales geschikt zijn om asfalt hoogwaardig te recyclen, nemen gemiddeld genomen de transportkosten van gerecycled asfalt toe. Daarnaast geldt dat er op dit moment nog steeds sprake is van een toename van het aantal rijstroken, waardoor er simpelweg onvoldoende aanbod is om volledig in de vraag te voorzien. Bovendien moet ook rekening gehouden worden met een zekere mismatch van gevraagde kwaliteit frees en aangeboden kwaliteit frees. Hierdoor kan deze aanpak (inzet gerecycled materiaal) nooit worden toegepast voor de gehele vraag naar asfalt.
- Bij de tweede (en derde) aanpak, een langere levensduur door verjonging, zijn er forse consequenties voor de asfaltmarkt. Wanneer RWS (en ook provincies en gemeenten) overstappen op het verlengen van de levensduur van asfalt, neemt de vraag naar asfalt met zo'n 80 % af, met forse gevolgen voor de markt. Op termijn kan dit leiden tot sluiting van asfaltcentrales, waardoor de transportkosten toenemen. Of tot een prijsverhoging van (alle

soorten) asfalt omdat de vaste lasten van de asfaltcentrales verdeeld moeten worden over een kleinere omvang aan asfalt.

5.2 Modelproject – Brug

5.2.1 Aanleiding

De levensduur van een brug wordt sterk beïnvloed door (overmatige) belasting. Minimaal een derde van de slijtage van kunstwerken wordt veroorzaakt door goederenvervoer – in toenemende mate: De druk op het netwerk door goederenvervoer is flink toegenomen. Zo is het gemiddelde gewicht van vrachtwagens in de laatste decennia continue gestegen – een trend, die voorlopig aanhoudt. Het is ook makkelijker geworden om een ontheffing voor exceptioneel transport aan te vragen, een bijkomend effect van veel aandacht voor het 'minder hinder' beleid. Daarnaast neemt het vervoer met 'high productivity vehicles' toe, waarmee meer vervoerd kan worden met minder voertuigen. Deze ontwikkeling bespaart verkeer en emissies maar verhoogt tegelijkertijd de belasting op de kunstwerken.

Naast deze ontwikkelingen zijn er steeds meer innovaties op het gebied van autonoom rijden die invloed hebben op de belasting van het wegennet met zijn kunstwerken. Met betrekking tot goederenvervoer gaat dat bijvoorbeeld over (semi-)autonoom rijden dat het voor vrachtwagens mogelijk maakt op kortere afstanden van elkaar te rijden ('adaptive cruise control') tot aan de eerste pilots met 'truck platooning'. Deze ontwikkelingen zorgen ervoor dat de belasting van kunstwerken toenemen, vooral op het kernnet van RWS.²⁶

We definiëren het modelproject brug dan ook in deze context met de volgende uitgangspunten. Op het kernnetwerk moet een nieuwe brug komen over een kanaal als uitbreiding van het kernnet. De verwachting is dat deze nieuwe brug over een aantal jaren (ca. 10) veel zwaarder belast gaat worden dan nu door de ontwikkelingen in het verzwaren van goederenvervoer als ook vooral ontwikkelingen op het gebied van (semi)autonoom rijden voor vrachtwagens die tot een toename van de frequentie van het zware transport lijdt. We gaan uit van een toename van de belasting met 20%.²⁷

²⁶ Er zijn ook (technische en niet-technische) ontwikkelingen die de toenemende belasting tegenwerken. Zo wordt nagedacht over het verlagen van het maximale voertuiggewicht op de 18,75m vrachtwagens (van huidig 50ton naar de in buurlanden gebruikelijke 44 of 40ton) en wordt gewerkt aan het verbeteren van handhaving op overbelading, bijvoorbeeld met 'on-board-weighting'. Ten behoeve van dit onderzoek en dit modelproject focussen we desalniettemin op een toename van de belasting.

²⁷ Dit is een aanname ten behoeve van deze verkenning die gebaseerd is op grove inschattingen van experts binnen RWS. RWS voert meerdere onderzoeken uit naar de effecten van autonoom rijden op het netwerk en de kunstwerken. Echter zijn de uitkomsten van deze onderzoeken ten tijde van deze verkenning nog niet bekend en werken we in deze verkenning daarom met deze aanname. Het zou bijvoorbeeld ook mogelijk zijn om autonoom rijden in te zetten om bruggen te ontlasten door automatisch de afstanden te vergroten bij hoge drukte. Al deze opties en effecten zijn nog niet voldoende in kaart op het moment van dit onderzoek. We rekenen daarom met deze versimpelde aanname.



Figuur 8. modelproject brug, berekeningen standaard brug gebaseerd op brug over Merwedekanaal

5.2.2 Nulalternatief

In het nulalternatief wordt de brug precies ontworpen voor 2x2 rijstroken voor de huidige verkeersbelasting op basis van de rekennormen voor belasting volgens de Richtlijnen Ontwerp Kunstwerken (hierna: ROK) van RWS. Er wordt dus geen extra rekening gehouden met de toekomstige toename van belasting zoals geschetst in de inleiding.

Hoofdelementen:

- een nieuwe brug met 2 x 2 rijstroken (geen vluchtstroken)
- zonder bewegend deel.

Ontwerp:

- Betonnen liggers (met daarin wapeningsstaal) op 2 landhoofden (beton met staal) over een kanaal
- Asphalt op rijstroken

Afmeting:

- Hoofdoverspanning 100m (tussen landhoofd en pijler)
- 9,5m hoogte (minimaal rijnvaarhoogte)
- 20 m breedte
 - o Rijstroken²⁸: 3,50 meter breed = 4*3,50 m = 14 m
 - o Plus marges voor barrières en geleiderails = 6 m

²⁸ <https://www.wegenwiki.nl/Rijstrook>

De focus van de vergelijking ligt op de hoofdelementen van de brug. In de vergelijking beschouwen we andere elementen (verkeerskundige draagconstructies, geleiderails, barrières, verlichting) als gelijk in de twee alternatieven.

De technische levensduur is conform de ontwerprichtlijnen circa 100 jaar. De belastingtoename van 20% zorgt er echter uiteindelijk voor dat de levensduur korter is dan 100 jaar. Anders dan bij stalen bruggen is de vermoeiing van een betonnen brug niet goed te monitoren en bestaat het risico van een spontane niet-beschikbaarheid van de brug. Daarom gaan we ten behoeve van deze verkenning uit van 2 verschillende scenario's voor het nulalternatief: de levensduur bedraagt (1) 30 jaar of (2) 50 jaar in plaats van 100 jaar.

Na afloop van de levensduur moet de brug worden vervangen. De oude brug moet worden gesloopt en een nieuwe brug komt ervoor in de plaats – voor deze exercitie gaan we ervan uit dat dezelfde brug nog een keer wordt gebouwd. De oude brug wordt snel gesloopt zonder rekening te houden met grootschalig hergebruik: beton wordt voor een klein deel verwerkt in de productie van nieuw beton, de rest wordt verwerkt tot menggranulaat. Afhankelijk van de aanname rondom de levensduur wordt de brug in de periode van 100 jaar 1 of 3 keer vervangen.

	Vervanging 1	Vervanging 2	Vervanging 3
Levensduur 30 jaar	Jaar 30	Jaar 60	Jaar 90
Levensduur 50 jaar	Jaar 50	Nvt	Nvt

Tabel 3 Aannames vervangingsritme standaard brug

5.2.3 Circulair Projectalternatief

De nieuwe brug onderscheidt zich in het projectalternatief door een over-dimensionering. In het ontwerp en de bouw wordt rekening gehouden met een toekomstige zwaardere belasting van de brug (+20%). Dit vergt een zwaardere dimensionering van de liggers, landhoofden en de brugpijler. Verder is er geen verschil tussen de twee alternatieven.

De aanname is dat met de over-dimensionering de toenemende belasting niet voor overmatige slijtage zorgt en de technische levensduur van 100 jaar kan worden gehaald met reguliere B&O-activiteiten. Binnen de periode van 100 jaar moet de brug dus geen keer worden vervangen.

Ten behoeve van het modelproject gaan we ervan uit dat zowel in het nulalternatief als ook het projectalternatief zo veel mogelijk gerecycled staal wordt gebruikt en er geen verschil tussen de alternatieven op dit punt bestaat. In de toekomst zou staal nog duurzamer kunnen worden geproduceerd; zie hiervoor de volgende tekstbox.

Duurzame productie staal

Naast het recyclen van staal aan het eind van de levensduur en het gebruik van nieuw staal met veel recycelaat daarin, bestaat de optie om staal af te nemen van een efficiëntere fabriek. Zo experimenteert Tatasteel in Nederland met het Hisarna-proces dat geen kolen nodig heeft voor het produceren van staal en daarmee veel energie- en CO₂-efficiënter is. Om het pilotproject op te schalen naar een volledige productieplant zijn wel grotere en langjarige contracten vereist met grote afnemers (bijvoorbeeld RWS, de NS, automobiellindustrie in Duitsland, etc.).

Bron: <https://www.tatasteel.nl/nl/innovatie/Hisarna>

5.2.4 Effecten

Het grootste positieve verschil tussen het nulalternatief (de standaard brug) en het circulaire projectalternatief (de adaptieve brug) is de levensduur en de daarmee gepaard gaande nodige vervanging: in het nulalternatief moet de brug in een periode van 100 jaar één of zelfs drie keer worden vervangen (afhankelijk van de aanname) – in het projectalternatief geen keer. Dat scheelt in kosten, grondstoffenverbruik en milieu-impact.

Aan de kostenkant is er sprake van een toename in de voorbereidingskosten van ca. 10% en een toename van bouwkosten van de landhoofden, steunpunten en het rijdek (zie volgende tabel voor meer detail). De B&O-kosten blijven gelijk.

De huidige ontwerpstandaard voorziet niet in een over-dimensionering voor kunstwerken die hoger belast worden door autonoom rijden. Als 'adaptieve bruggen' daadwerkelijk worden ingevoerd moet de ROK mogelijk worden aangepast (afhankelijk van het verschil in de huidige dimensionering en de toekomstige dimensionering), wat een eenmalige kostenpost in de transitiefase zou zijn. Hieronder gaan we in meer detail in op de belangrijkste financiële en niet-financiële effecten.

Financiële effecten

De raming op hoofdlijnen van de kosten voor het nulalternatief is gebaseerd op het standaard kostenmodel van de kostenpool bij RWS. De tekening van de brug over het Merwedekanaal diende als voorbeeld. De verschillen in kosten zijn bepaald door de aanname van een 20% hogere verkeersbelasting. De verkeersbelasting maakt ca. 50-60% van de totale belasting van een brug uit. Gebaseerd op een grove schatting van experts binnen RWS leidt de hogere verkeersbelasting tot hogere liggers (ca. 10-20%) die ca. 10% zwaarder zijn. Hiervoor moet de fundering met ca. 5% toenemen. In de volgende tabel tonen we de twee ramingen en het verschil op hoofdlijnen.

		Nulalternatief			Circulair alternatief	
		Directe kosten standaard betonnen brug	Vershil kosten met adaptieve brug	Directe kosten adaptieve brug		
<i>In € 1.000, prijspeil 2018</i>						
Bouw: landhoofden		285	+ ca. 5%	299		
Bouw: tussensteunpunten		180	+ ca. 5%	189		
Bouw: rijdekken		1.040	+ ca. 10%	1.144		
Bouw: afbouw		220		220		
SUBTOTAAL		1.725		1.852		
Nader te detailleren	10%	173		185		
DIRECTE KOSTEN		1.898		2.037		
Indirecte kosten	38%	721		774		
Bouwkosten		2.619		2.812		
Interne kosten RWS (voorbereiding)	12%	314	+ ca. 10%	371		
Inkoop / externe kosten Engineering	8%	209		225		
Engineering		524		596		

Overige bijkomende kosten	10%	262		281
Risicoreservering	20%	681		738
INVESTERINGSKOSTEN		4.085	+ ca. 8%	4.427

Tabel 4 Initiële investeringskosten standaard brug en adaptieve brug, prijspeil 2018

De bouwkosten voor het projectalternatief worden één keer gemaakt. De bouwkosten voor de standaard brug in het nulalternatief twee tot en met vier keer in de periode van 100 jaar. In het nulalternatief komen er nog kosten bij voor de sloop van de te vervangen bruggen in die periode. Deze zijn op hoofdlijnen geraamd op ca. € 400.000 per keer.

Niet-financiële effecten

Naast de directe effecten uit meerkosten aan de voorkant en besparingen van sloop en vervanging tijdens de periode van 100 jaar zijn er ook indirecte effecten. Gezien de beperkte beschikbaarheid van informatie en de beperkte tijd voor deze studie noemen we een aantal indirecte effecten kwalitatief:

- Grondstoffen
 - o Door de over-dimensionering zijn ca. 5-10% extra grondstoffen nodig.
 - o Tegelijkertijd worden grondstoffen bespaard door het voorkomen van de vervanging: ca. 100-300% minder, afhankelijk van levensduur.
- Milieu
 - o Gepaard met het voorkomen van de vervanging en bijhorend grondstoffenverbruik gaat het voorkomen van CO₂- en andere uitstoot en mogelijk geluidsoverlast.
- Hinder
 - o Het voorkomen van vervanging voorkomt ook hinder voor de weggebruiker.
- Werkgelegenheid
 - o Het reduceren van vervangingen zal mogelijk een negatief effect hebben op de werkgelegenheid omdat er minder opdrachten zijn. Hoe groot dit effect is en hoe andere ontwikkelingen in de circulaire economie weer voor extra banen zorgen is in het kader van dit onderzoek niet te beoordelen.

5.2.5 Resultaten

De netto contante waarde van de investeringskosten in het nulalternatief over een periode van 100 jaar is € 8,7 miljoen, rekening houdend met een levensduur van de traditionele brug van 30 jaar. In dit bedrag zitten de kosten voor de eerste aanleg en dan de vervangingskosten (slopen en nieuwbouwen) in jaar 30, jaar 60 en jaar 90. De netto contante waarde voor de aanname dat de levensduur 50 jaar bedraagt is € 5,8 miljoen, rekening houdend met een vervanging in de periode van 100 jaar.

De netto contante waarde van de kosten voor het projectalternatief is € 4,4 miljoen over dezelfde periode. De kosten voor het projectalternatief over dezelfde periode zijn daarmee € 1,3-4,3 miljoen lager. De kosten voor B&O zijn ongeveer gelijk en leveren geen verschil op.

<i>alle getallen in NCW periode: 100 jaar</i>	Kosten Nul-alternatief	Kosten Project-alternatief	Verschil Projectalternatief - Nulalternatief	Aanvullende verschillen
Nulalternatief 30 jaar levensduur brug	€ 8,7 miljoen	€ 4,4 miljoen	- € 4,3 miljoen	+PM overlast +PM hinder

Nulalternatief 50 jaar levensduur brug	€ 5,8 miljoen	€ 4,4 miljoen	- € 1,3 miljoen	+PM milieu +/-PM werkgelegenheid
--	---------------	---------------	-----------------	--

Tabel 5 Resultaat financiële effecten standaard brug en adaptieve brug, discontovoet 2%

Naast deze financiële baat zijn er nog niet-financiële baten en eventueel negatieve effecten. In het projectalternatief worden aanzienlijk minder grondstoffen verbruikt omdat de brug niet moet worden vervangen in plaats van één of zelfs drie keer. Dit zorgt ook voor minder overlast, hinder en milieuschade. Mogelijk is er wel een negatief effect op werkgelegenheid omdat minder vervangingsprojecten moeten worden gerealiseerd.

5.2.6 Algemene conclusie

De baten van het projectalternatief overstijgen de kosten ruim. De initiële investeringskosten zijn weliswaar hoger (met ca. 8%), maar de over-gedimensioneerde brug vergt geen vervanging in de periode van 100 jaar, terwijl de traditionele brug minimaal één keer moet worden vervangen. Dit bespaart kosten, grondstoffenverbruik en milieu-impact.

Deze analyse is gebaseerd op een veeltal aannames. Rijkswaterstaat en andere organisaties zijn met onderzoeken bezig over de ontwikkeling van autonoom rijden, de impact daarvan op het wegennet en bijhorende kunstwerken, en de implicaties die dit heeft. In de gesprekken ten behoeve van dit onderzoek werd geconcludeerd dat het effect van autonoom rijden voor vrachtverkeer veel sterker zal optreden op het kernnet dan daarbuiten. De slijtage en daarmee de impact op de levensduur van de bruggen zal daarom op het kernnet groter zijn dan op minder gefrequenteerde wegen. De boven getoonde resultaten zijn dan ook in (veel) mindere mate van toepassing op bruggen buiten het kernnet – hier zou het resultaat zelfs negatief kunnen uitvallen omdat een over-dimensionering niet terugverdiend wordt als er geen vervanging kan worden bespaard.

5.2.7 Observaties en implicaties

- De huidige ROK voorziet geen overdimensionering. Voor een structurele oplossing zou het ontwerpvoorschrift moeten worden aangepast, specifiek de rekennorm voor belasting. Hierbij zou het raadzaam zijn, onderscheid te maken tussen kunstwerken op het kernnet en het niet-kernnet.
- Het aanpassen van de ROK kost tijd – ook omdat nog veel onderzoek in uitvoering is en ook de ontwikkelingen niet stilstaan. Daarom zou het interessant kunnen zijn om wel alvast met een (aantal) pilot(s) te starten op het kernnet. Dit kan mogelijk worden gerealiseerd door een addendum toe te voegen aan de aanbestedingen voor bepaalde kunstwerken op het kernnet, vergelijkbaar met de aanvullingen op de algemene regels die worden meegegeven voor kunstwerken in Groningen vanwege het risico op aardbevingen.
- Dit modelproject focust op een mogelijke overdimensionering als oplossing voor de toename van belasting door autonoom rijden van vrachtwagens. Het effect van (meer) autonoom rijden op het netwerk van RWS wordt op dit moment onderzocht en zou tot andere conclusies kunnen leiden. Zo zou autonoom rijden ook voor *minder* belasting kunnen zorgen op bruggen, bijvoorbeeld in de vorm van 'smart platooning' dat rekening houdt met de staat van kunstwerken en/of de capaciteit van de weg en zo de overbelasting voorkomt.

5.3 Modelproject – Viaduct

5.3.1 Aanleiding

Onderzoek naar desloopporzaken van viaducten en bruggen van RWS toont dat bijna 90% van deze kunstwerken voor het einde van hun technische levensduur worden gesloopt.²⁹ De gemiddelde *verwachte* levensduur ligt rond de 80 jaar; maar de gemiddelde *gerealiseerde* levensduur blijkt substantieel lager te liggen: in de dataset van het onderzoek gemiddeld 46 jaar. Volgens de studie zijn de redenen voor functionele sloop te vinden in (1) spoorwegaanleg die een verlenging van de bestaande kunstwerken vereist en (2) in verbeteropgaven van de doorstroming van het wegennet. Bij laatstgenoemde valt bijvoorbeeld te denken aan het aanleggen van extra rijstroken die typisch veroorzaakt wordt door een toename in verkeersdruk of -belasting. Nieuwe wet- en regelgeving die leidt tot nieuwe normen (bijvoorbeeld voor vaarwegbreedte) kan ook een reden zijn voor een uitbreiding.

Niet altijd kan een bestaand viaduct zo maar worden uitgebreid en in dat geval moet deze vervangen worden. Dit is ook de situatie in ons modelproject. In eerste instantie komt er een nieuw viaduct. In het nulalternatief is dat een standaard viaduct, in het projectalternatief een modulair viaduct. Beide viaducten zijn ontworpen en geconstrueerd voor een levensduur van 100 jaar. Echter, na 40 jaar moet het viaduct vervroegd worden vervangen – in het nulalternatief op de traditionele manier (slopen en nieuwbouwen). In het projectalternatief kan het modulaire viaduct volledig gedemonteerd worden en elders hergebruikt en is de aanname dat een ander modulair viaduct ervoor in plaats komt. Beide alternatieven lichten we hieronder nader toe.



Figuur 9. Modelproject viaduct

²⁹ IV-Infra bv (2016). RWS Grote Projecten en Onderhoud. Sloopporzaken bruggen en viaducten in en over rijkswegen. Sloopporzaken 2.0. November 2016

5.3.2 Nulalternatief

Ten behoeve van deze studie gaan we uit van een klein viaduct met een lengte van 20 meter en een breedte van 7,5m. Deze aannames zijn gemaakt om het standaard viaduct goed te kunnen vergelijken met het modulaire viaduct – voor laatstgenoemde zijn er alleen ramingen beschikbaar voor een kleine (pilot) brug.

Het nieuwe viaduct in het nulalternatief wordt ontworpen volgens de huidige standaard, is 7,5m breed en heeft geen tussensteunpunt.

Hoofdelementen:

- een nieuw viaduct
- met 2 x 1 rijstroken (zonder vluchtstroken)

Ontwerp:

- betonnen liggers
- 2 hooggelegen landhoofden zonder aanbrug
- geen tussensteunpunt

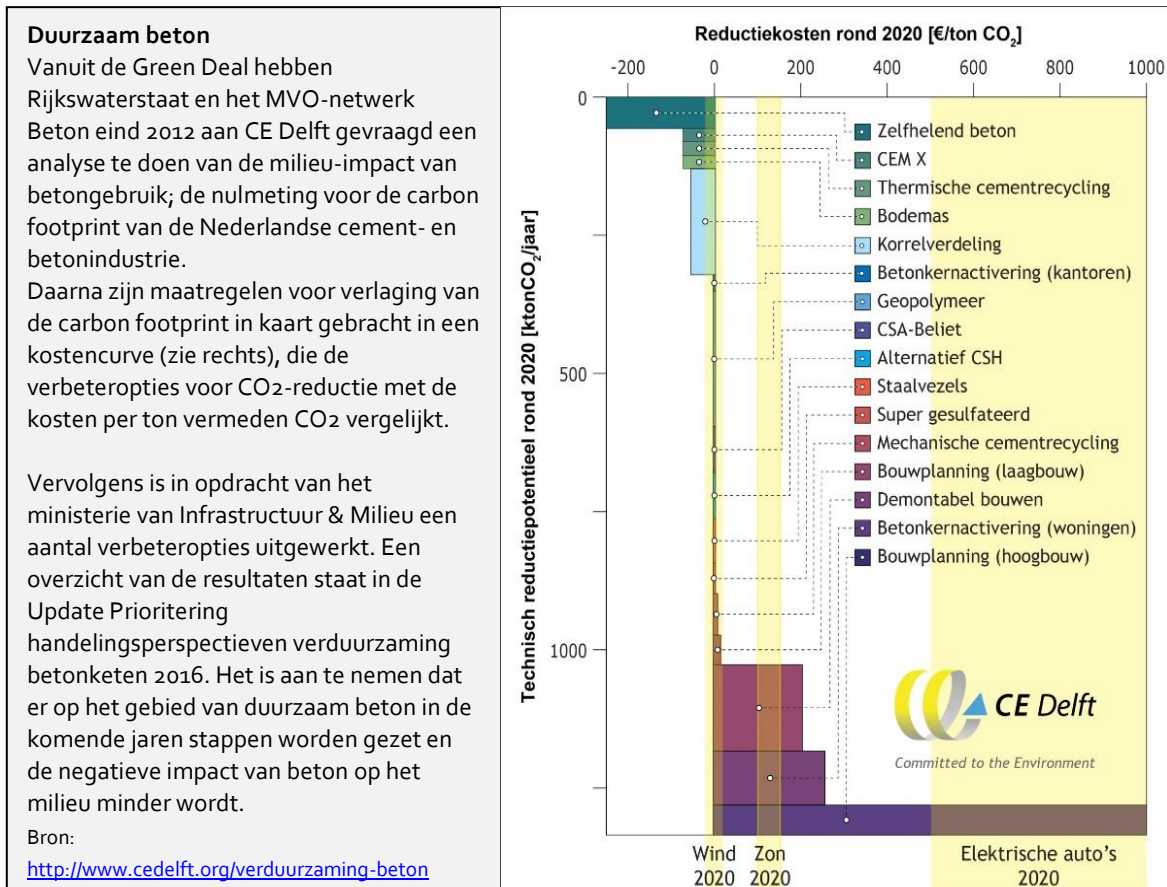
Afmeting:

- Lengte: 20m
 - o Breedte: 7,5 m, gebaseerd op GOW Type II met 7,5m verhardingsbreedte

De focus van de vergelijking ligt op de hoofdelementen van de viaducten. In de vergelijking beschouwen we andere elementen zoals verkeerskundige draagconstructies, geleiderails, barrières, verlichting en de asfaltlaag als gelijk in de twee alternatieven om tot een zuivere vergelijking van de hoofdelementen te komen.

De technische levensduur is conform de ontwerprichtlijnen 100 jaar. Echter, zoals in de aanleiding geschetst moet de brug eerder worden vervangen, in jaar 40. Over een periode van 100 jaar moet het viaduct dus 2 keer worden vervangen, in jaar 40 en in jaar 80. In het nulalternatief wordt het viaduct volledig gesloopt en op een locatie in de buurt komt er een nieuw viaduct voor in de plaats. Er vindt maar beperkt hergebruik plaats van het gesloopte viaduct. Het beton wordt bijna volledig verwerkt tot menggranulaat, het staal wordt (laagwaardig) hergebruikt.

Het viaduct bestaat zowel in het nulalternatief als ook in het projectalternatief voor een groot deel uit beton. In de productie van beton kunnen nog grote stappen worden gezet richting verduurzaming. Zie de tekstbox hieronder.



5.3.3 Circulair Projectalternatief

Voor het nieuwe viaduct wordt in het ontwerp zo veel mogelijk gestuurd op het standaardiseren van onderdelen voor het nieuwe viaduct en op het makkelijk demonteren daarvan: het viaduct wordt een 'modulair viaduct'³⁰. Het viaduct bestaat uit losse pre-fab elementen die makkelijk demonteerbaar zijn en, los van elkaar, elders weer kunnen worden ingezet (zie ook de tekstbox):

- De basisbowlengte van de blokjes is ca. 2,5m*1,25m voor het brugdek.
- De dikte is 1m. Omdat de blokjes op alle plekken in het viaduct en in andere viaducten inzetbaar moeten zijn, is deze dikte geschikt voor viaducten tussen de 15m en 25m voor alle plekken op het viaduct – ongeacht de belasting. Dat betekent dat de blokjes een zekere overdimensionering hebben.
- De elementen zijn ontworpen met een technische levensduur van 200 jaar.
- Het uitgangspunt is dat er geen afval is en het viaduct ongeschonden uit elkaar gehaald kan worden:
 - o Alle elementen van het viaduct kunnen worden hergebruikt of kunnen zodanig worden afgebroken dat ze terug gegeven kunnen worden aan de natuur.
 - o Ook de funderingspalen kunnen volledig worden verwijderd en er wordt voor gezorgd dat er geen gat terug blijft in de grond.

³⁰ <http://vastgoedberichten.nl/2017/09/07/nederland-krijgt-in-2018-eerste-circulaire-viaduct/>

- Het viaduct heeft geen esthetische elementen conform het principe "als het geen functie heeft, hoeft het niet gemaakt te worden". Zo zijn er bijvoorbeeld geen randelementen.

Het eerste modulaire viaduct van Nederland

We noemen in dit onderzoek een aantal ontwerpelementen van het modulaire viaduct dat voortkomt uit een samenwerking van Van Hattum en Blankevoort, VolkerInfra, RWS, Spanbeton/VBI, SGS Intron en SBRCURnet.

Op het moment van deze studie zijn de documenten niet beschikbaar voor het onderzoeksteam en kunnen daarom ook geen details worden genoemd.

Verder is het modulaire viaduct nog in ontwikkeling: het 'modulaire viaduct 1.0' wordt in de komende jaren functioneel gebouwd en getest: Eerst op een locatie buiten het wegennet op een bouwterrein in Kampen. Het viaduct wordt daar gebruikt door bouwverkeer en constant met sensoren gemonitord.

Het plan is om het viaduct daarna weer volledig te demonteren en op een geschikte tweede locatie weer op te bouwen om het als volwaardig kunstwerk in het RWS-netwerk in gebruik te nemen en verder te testen. De geleerde lessen uit deze pilot worden tegelijkertijd verwerkt in een volgende versie, het 'modulaire viaduct 2.0'.

Ook in het projectalternatief moet het modulaire viaduct worden vervangen. Echter wordt het viaduct niet gesloopt. Het wordt volledig gedemonteerd en elders weer opgebouwd. Op de oude locatie komt een nieuw viaduct in plaats dat uit elementen bestaat die elders vrij zijn gekomen. De aanname is dus dat geen nieuwe grondstoffen worden gebruikt om het vervangende viaduct te bouwen.

De aanname ten behoeve van deze studie is dat we deze vergelijking op een fictief moment in de toekomst plaatsen wanneer modulair ontwerpen en bouwen al is bewezen en op vele projecten wordt toegepast. Mogelijke kinderziektes zijn verholpen en er is een 'markt' voor de pre-fab elementen zodat hergebruik op andere locaties goed te realiseren is.

5.3.4 Effecten

Het belangrijkste verschil tussen het nulalternatief (het standaard viaduct) en het circulaire projectalternatief (het modulaire viaduct) is het volledige hergebruik van alle elementen van het modulaire viaduct ten opzichte van de sloop en minimale hergebruik van het standaard viaduct. Dat bespaard grondstoffen en milieu-impact.

De ontwerp- en investeringskosten van het modulaire viaduct zijn wel hoger, , zoals getoond in de tabel hieronder.

Financiële effecten

		Nulalternatief	Circulair alternatief	
		Directe kosten standaard viaduct	Vershil kosten met modulair viaduct	Directe kosten modulair viaduct
<i>In € 1.000, prijspeil 2018</i>				
Bouw: landhoofden		245		245

Bouw: rijdekken		58	+ ca. 350	408
Bouw: afbouw		44		44
SUBTOTAAL		347		697
Nader te detailleren	10%	35		70
DIRECTE KOSTEN		382		767
Indirecte kosten	38%	145		291
Bouwkosten		527 Manuren 40% Materiaal 53% Materieel 7%		1.058
Interne kosten RWS (voorbereiding)	12%	63	+ ca. 10%	140
Inkoop / externe kosten Engineering	8%	42	- ca. 3%	82
Engineering		105		222
Overige bijkomende kosten	10%	53		106
Risicoreservering	20%	137		277
INVESTERINGSKOSTEN		822	+ ca. 102%	1.663

Tabel 6 Initiële investeringskosten standaard en circulair viaduct, prijspeil 2018³¹

Het overzicht van de initiële investeringskosten is gebaseerd op de raming van het pilotproject dat nog moet worden uitgevoerd – er is dus sprake van een grote onzekerheid rond deze ramingen. Er is wel rekening mee gehouden om hier alleen de kosten te tonen die structureel worden verwacht – kosten die alleen toe te rekenen zijn aan de eerste (paar) pilotprojecten zijn niet meegenomen.

Rekening houdend met deze kanttekeningen is voorzichtig te concluderen dat de *initiële* investeringskosten van het modulaire viaduct ca. 2 keer zo hoog zijn dan de investeringskosten van een vergelijkbaar standaard viaduct – nog *geen* rekening houdend met de levensduur. De additionele initiële investeringskosten zitten vooral in het modulaire ontwerp en de constructie van het rijdek – in boeven getoonde voorbeeldberekening die gebaseerd is op het pilotproject is deze kostenpost 6 keer zo duur dan in de niet-modulaire variant. Dat komt omdat de modulaire blokken hoogwaardige standaardblokken zijn met een levensduur van minimaal 200 jaar, met nauwkeurige maatvoering en afwerking. De montage vraagt meer tijd en materieel dan bij een standaard viaduct, lossen elementen moeten aan elkaar worden gespannen in plaats van het verbinden van een aantal lange liggers. Daarnaast moeten de blokken ook op locatie nagespannen worden in zowel lengte- als dwarsrichting. Deze stap is bij een standaardviaduct niet nodig. Verder is er sprake van een toename in de opslag voor de voorbereidingskosten en een afname van de opslag van de engineeringkosten.

Daartegenover staat dat alle elementen van het circulaire viaduct meervoudig kunnen worden hergebruikt en zodoende de initiële productiekosten eenmalig optreden. In het nulalternatief moeten bij elke vervanging de volledige productiekosten op nieuw worden meegenomen.

³¹ De kostenraming voor het nulalternatief is berekend met het viaducten-model van de kostenpool van RWS. De kostenraming van het projectalternatief is gebaseerd op het ontwerp en de kostenraming van het modulaire viaduct van het consortium rond van Hattum en Blankevoort (zie tekstbox). De details van het ontwerp en de raming zijn op het moment van dit onderzoek nog vertrouwelijk en niet gedeeld met het onderzoeksteam.

Het uitgangspunt van het modulaire viaduct is dat de B&O-kosten gelijk zijn met de huidige B&O-kosten van een standaard viaduct. Deze worden daarom niet apart opgevoerd.

De sloopkosten van het kleine standaard viaduct zijn ongeveer € 50.000. De aanname is dat het standaard viaduct twee keer moet worden vervangen in een periode van 100 jaar – en deze sloopkosten dus twee keer moeten worden gemaakt. Over een periode van 200 jaar (de ontwerplevensduur van de elementen van het circulaire viaduct) is dat 4 keer. Het modulaire viaduct wordt niet gesloopt maar gedemonteerd zodat het op een andere locatie op nieuw kan worden opgebouwd. De huidige stand van informatie is dat het demonteren ongeveer even duur is als het monteren van het viaduct. Details van de kosten zijn het onderzoeksteam niet bekend. Daarom nemen we voor de berekening van de financiële effecten over de hele levensduur (zie volgend hoofdstuk) de sloop- c.q. de demontagekosten niet mee om geen appels met peren te vergelijken.

Andere financiële effecten die deze een-op-een vergelijking overstijgen zijn:

- Ontwikkelkosten:
 - o Zoals eerder aangegeven is de voorbeeldberekening gebaseerd op de fictieve toekomstige situatie dat het werken met modulaire viaducten al gestandaardiseerd is en regelmatig wordt toegepast. Tot dat het echter zo ver is moet nog veel worden geïnvesteerd in ontwikkeling, testen, onderzoeken en monitoren.
 - o Daarnaast moeten ontwerpstandaarden worden aangepast – een eenmalige transitiekostenpost.
- Transport- en opslagkosten
 - o Om de baten van het modulaire werken daadwerkelijk te realiseren moeten er voldoende projecten zijn waarop deze systematiek wordt toegepast – er moet voldoende vraag en aanbod zijn voor de losse elementen.
 - o De losse elementen moeten kunnen worden opgeslagen tot hun volgende toepassing. Hieraan zijn opslagkosten verbonden.
 - o Afhankelijk van de herkomst-, de opslag- en de hergebruikslocatie zijn eventueel hogere transportkosten gemoeid dan bij een volledige nieuwbouw.

Niet-financiële effecten

Naast de financiële effecten zijn er een aantal niet-financiële effecten te benoemen. Op hoofdlijnen:

- Grondstoffen
 - o Alle elementen van het modulaire viaduct kunnen worden hergebruikt (of kunnen terug gegeven worden aan de natuur). Voor dit modelproject betekent dit dat in een periode van 100 jaar de grondstoffen van 2 vervangingsviaducten kunnen worden bespaard. De elementen hebben zelfs een levensduur van 200 jaar – de baten zijn over een langere periode nog hoger.
- Milieu
 - o Gepaard met de besparing op het gebruik van grondstoffen gaat het voorkomen van schade aan het milieu in de vorm van uitstoot en luchtkwaliteit. Hoe groot dit effect is, is afhankelijk van de exacte samenstelling van de modulaire elementen en de daarmee gepaarde CO₂-uitstoot (o.a. door energieverbruik) en de levensduur die je beschouwd. Dit zou in het pilotproject nader moeten worden onderzocht.
- Hinder
 - o Het merendeel van de elementen van het modulaire viaduct zijn pre-fab. Dit is bij een standaard viaduct niet in deze mate het geval. Het werken met pre-fab zorgt

ervoor dat er minder tijd op de bouwplaats en op de weg wordt gewerkt en minder bouw hinder wordt veroorzaakt.

- Esthetiek
 - o Het modulaire viaduct voorziet niet in esthetiek elementen zoals randelementen met het idee om alleen grondstoffen te gebruiken voor onderdelen die ook daadwerkelijk een functie hebben. Dit gaat ten koste van de esthetiek. Pre-fab elementen zijn bedoelt voor een gestandaardiseerde inzet en zullen niet geschikt zijn om 'landmark'-projecten te realiseren.

5.3.5 Resultaten

Op basis van de beperkt beschikbare informatie en het pilot-stadium van het circulaire viaduct kan een financieel resultaat alleen met veel voorzicht worden gepresenteerd. Het is duidelijk dat er additionele kosten gepaard gaan met het modulaire viaduct die vooral in het rijdek zitten en – voor dit relatief kleine modelproject – leiden tot een verdubbeling van de initiële investeringskosten.

Hiertegenover staat dat alle elementen kunnen worden hergebruikt en zodoende geen productiekosten moeten worden gemaakt – in het meest optimistische scenario voor 200 jaar. Dit is ook positief voor het milieu: er worden veel minder grondstoffen gebruikt en er is minder impact op luchtkwaliteit en het milieu. In de volgende twee tabellen tonen we de netto contante waarde van de investerings- en vervangingskosten van de twee alternatieven over een periode van 100 jaar en over een periode van 200 jaar.

<i>alle getallen in NCW met 2% discountvoet</i>	Kosten Nulalternatief	Kosten Projectalternatief	Verschil Projectalternatief - Nulalternatief	Aanvullende verschillen
Periode: 100 jaar	€ 1,4 miljoen	€ 1,7 miljoen	€ 0,3 miljoen (+22%)	-PM transport-/opslagkosten -PM ontwikkelkosten +PM hinder +PM grondstoffen +/-PM CO ₂ +/-PM werkgelegenheid -PM esthetiek
Periode: 200 jaar	€ 1,5 miljoen	€ 1,7 miljoen	€ 0,2 miljoen (+13%)	

Tabel 7. Investeringskosten viaduct over een periode van 100 en 200 jaar, discountvoet 2%

Met een discountvoet van 2% is het verschil tussen het project- en het nulalternatief ca. € 300.000 voor een periode van 100 jaar. Het circulaire viaduct is dus financieel 22% duurder als we alleen naar de investeringskosten (ontwerp, engineering, constructie) kijken. Bij een periode van 200 jaar, waarin de viaducten in totaal 4 keer moeten worden vervangen, is het verschil nog maar 13%. Zoals in het hoofdstuk hiervoor toegelicht, is in deze vergelijking nog geen rekening gehouden met kosten voor sloop/demontage en ook niet met kosten voor transport en opslag. Aan de andere kant zijn ook de milieubaten nog niet gekwantificeerd en gemonetariseerd – naar verwachting een aanzienlijke batenpost omdat het materiaal voor 4 viaducten kan worden bespaard.

Dezelfde analyse hebben we ook gedaan met een discountvoet van 1%, die voor een zeer lange termijn eventueel nog beter geschikt is. Met deze discountvoet kan geconcludeerd worden dat het circulaire viaduct juist goedkoper uitpakt: 5% minder kosten over een periode van 100 jaar ten opzichte van het standaard viaduct, en 23% minder kosten over een periode van 200 jaar.

<i>alle getallen in NCW met 1% discontovoet</i>	Kosten Nulalternatief	Kosten Projectalternatief	Vershil Projectalternatief - Nulalternatief	Aanvullende verschillen
Periode: 100 jaar	€ 1,7 miljoen	€ 1,7 miljoen	- € 0,1 miljoen (- 5%)	+PM hinder +PM grondstoffen
Periode: 200 jaar	€ 2,2 miljoen	€ 1,7 miljoen	- € 0,5 miljoen (- 23%)	+/-PM CO ₂ +/-PM werkgelegenheid -PM esthetiek

Tabel 8 Investeringskosten viaduct over een periode van 100 en 200 jaar, discontovoet 1%

5.3.6 Algemene conclusie

De circulaire variant van het viaduct – het modulaire viaduct – is volop in ontwikkeling. Een eerste verkenning van de kosten en baten van een fictief modelproject laat zien dat de initiële investeringskosten hoger zijn maar er vele baten mee samen gaan die vooral zitten in het hergebruiken van alle elementen en het voorkomen van grondstofverbruik en de daarmee gepaarde milieueffecten. Worden de vervangingskosten meegenomen in de afweging wordt het verschil vele malen kleiner en kan zelfs omkeren: met een lage discontovoet van 1% is het modulaire viaduct met betrekking tot de investerings- en vervangingskosten goedkoper dan het standaard viaduct.

Al met al is het in dit vroege ontwikkelstadium van het modulaire viaduct nog bijna onmogelijk om een duidelijke uitspraak te doen over de exacte verhouding van kosten en baten. Nader onderzoek is nodig om zowel de kosten als ook de niet-financiële effecten nader te bepalen, te kwantificeren, en te moneteriseren.

5.3.7 Observaties en implicaties

- Zonder markt geen baat: Voldoende vraag en aanbod is nodig om dit systeem succesvol te laten functioneren. Dit vergt een grote verandering in het ontwerpen, aanbesteden en uitvoeren van projecten binnen RWS en ook van andere GWW-partijen: hoe meer spelers meedoen hoe effectiever het systeem werkt.
- Effect op de arbeidsmarkt: er zal een verschuiving van werkgelegenheid gepaard gaan met de ontwikkelingen rondom het modulaire bouwen: minder werk gaat zitten in de productie van nieuwe (beton)elementen en meer werk in het demonteren, transporteren, opslaan en weer gereed maken voor hergebruik van de elementen. Het bouwen/monteren van het modulaire viaduct gaat waarschijnlijk met de tijd sneller dan het bouwen van een standaard viaduct. Het totale effect op de arbeidsmarkt is dus nog niet te bepalen.
- Meten is weten: het pilotproject biedt een kans om grote stappen te maken met het circulaire viaduct – niet alleen technisch maar ook met betrekking tot de kosten en baten. Vele effecten (zowel kosten als ook baten) kunnen nu nog niet goed worden ingeschat. Een goede onderzoeksagenda voor de pilotfase is dan ook aan te raden.

5.4 Modelproject – Dijkversterking / Vaargeulonderhoud

Aanleiding

Grond- en zandverzet zorgen gezamenlijk voor meer dan 90% van het materiaalgebruik en voor meer dan 50% van de CO₂-uitstoot van RWS. In het kader van dit onderzoek is daarom gezocht naar een modelproject waar met name grond en/ of zand als grondstof wordt verbruikt.

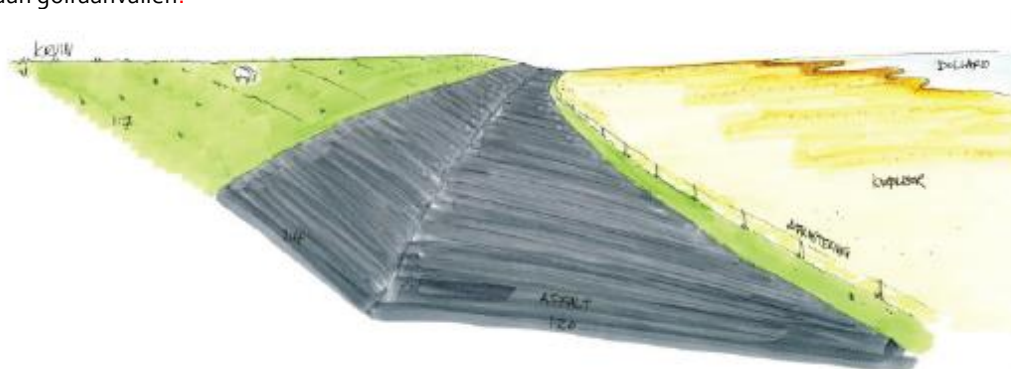
Hoewel Rijkswaterstaat 330 km dijken beheert en het programma Ruimte voor de Rivier heeft uitgevoerd, zijn de meeste dijken eigendom van de waterschappen en andere overheden. RWS is echter wel vaak betrokken bij dijkversterkingsprojecten (hoogwaterbeschermingsprogramma) omdat een bijdrage wordt geleverd in de bekostiging van deze projecten en/ of omdat kennis en expertise wordt geleverd. Daarnaast beheert Rijkswaterstaat ruim 7.000 km vaarwegen en is verantwoordelijk voor het baggeren van deze vaarwegen.

Bij het gebruik van grond en zand worden deze grondstoffen vaak zonder toevoegingen toegepast. Mits zorgvuldig toegepast en verwijderd, zijn deze grondstoffen hierdoor in principe goed her te gebruiken en in zichzelf al circulair. Tegelijkertijd is het goed om na te gaan of hier optimalisaties mogelijk zijn waarmee de milieu-impact (bijvoorbeeld tijdens het transport of het winproces) verkleind kan worden.

Het uitgangspunt van dit modelproject is een dijkversterking waarbij gebaggerd slib ter plaatse gerijpt wordt tot bruikbare dijkklei en waarbij deze klei vervolgens hergebruikt wordt. Hierdoor wordt het transport van slib enerzijds en klei anderzijds verminderd en de grondstof lokaal hergebruikt. Bij het uitwerken van dit modelproject is gebruik gemaakt van de gegevens van het kleirijperij project dat in het kader van het Eems-Dollard 2050-programma wordt uitgevoerd. Het modelproject neemt echter niet alle projectspecifieke gegevens over, waardoor de uitkomsten van deze verkenning niet één-op-één van toepassing zijn op dit het project bij de Eems-Dollard.

5.4.1 Nulalternatief

In het nulalternatief gaan we uit van een dijkversterkingsproject van 1 km waarbij de dijk moet worden versterkt en verhoogd met maximaal 1,1 meter. We gaan uit van een deels groene dijk, waarbij de onderkant aan de buitenzijde wordt versterkt met asfaltbeton. Dit is de zone die onderhevig is aan golfaanvallen.



Figuur 7 traditionele dijkversterking

In het nulalternatief wordt de dijk verhoogd en versterkt met erosiebestendigheidsklasse 2 – klei. Bij de versterking van dijken wordt gebruik gemaakt van verschillende soorten klei. Klei wordt op diverse

locaties in Nederland gewonnen. 50% van de klei wordt gewonnen op locaties waar grondwerk in uitvoering is voor andere doeleinden. De overige 50% wordt gewonnen in projecten speciaal gericht op het winnen van klei. Binnen deze projecten wordt 20% binnendijs en 30% in uiterwaarden gewonnen.

Klei afkomstig uit de uiterwaarden van de grote Nederlandse rivieren wordt als een zichzelf vernieuwende grondstof aangemerkt. De sedimentatie (neerslag) van nieuwe kleideeltjes is gemiddeld 1 cm per jaar. Door de constante aanvoer hiervan blijft de voorraad klei oneindig beschikbaar. Daar komt nog bij dat, over een groot aantal jaren gezien, minder klei wordt gewonnen dan de rivieren in de uiterwaarden afzetten.³² Voor dit modelproject gaan we ervan uit dat de klei over een afstand van 300 kilometer moet worden getransporteerd.³³

Naast de verhoging van de dijk vinden ook continue baggerwerkzaamheden plaats om de vaargeul tussen de zeehaven en de Eems-Dollard op diepte te houden. In het nulalternatief is dit werk niet verbonden met de dijkversterking. De baggerspecie (het vrijgekomen slib) wordt verondersteld schoon tot licht verontreinigd te zijn en wordt doorgaans in zee gestort.

5.4.2 Circulair Projectalternatief

In het projectalternatief gaan we uit van een dijkversterking door gebaggerd slib ter plaatse te laten rijpen en te gebruiken om de dijk te verhogen. Omdat de klei mogelijk een lagere kwaliteit heeft qua erosiebestendigheid, zal een brede dijk worden aangelegd met een flauw buitentalud. Bij deze dijk is door het flauwe buitentalud geen versterking van het buitentalud met asfaltbeton aan de orde. Uit de kruinhoogteberekeningen blijkt dat de bestaande kruin over maximaal 0,7 m moet worden verhoogd. De breedte van de dijk is door het flauwe talud 31 meter en neemt daardoor aan de zeezijde 10 meter extra ruimte in beslag.³⁴



Figuur 8 Brede groene dijk

Omdat de fysische kwaliteit van slib onvoldoende is om dit slib direct te gebruiken als klei voor dijken, moet deze eerst worden gerijpt. Slib rijpt tot klei door processen als ontwatering, droging door zon en wind, ontziltting en oxidatie.³⁵ Het rijpen van het slib gebeurt uiteraard zo dicht mogelijk bij de plek

³² Van der Meulen et al, *Sediment management and the renewability of floodplain clay for structural ceramics* (2009)

³³ Van Oord, *Ketenanalyse "kleirijperij" dijkenklei maken uit baggerslib versus reguliere kleiwinning* (2017)

³⁴ WUR en Deltares, *Nadere verkenning Groene Dollard Dijk* (2014)

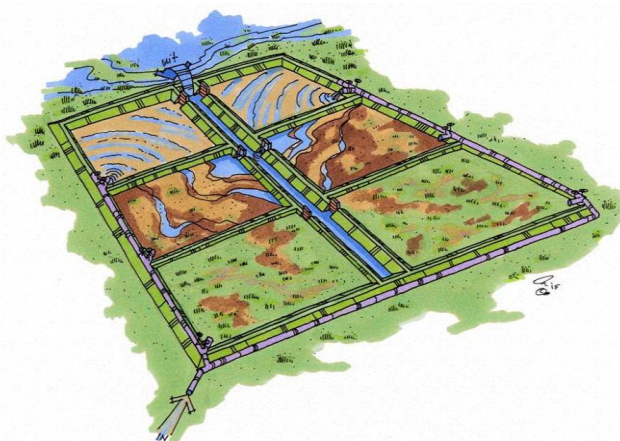
³⁵ <https://www.ecoshape.org/nl/projecten/kleirijperij/>

waar de dijk verhoogd moet worden. Tegelijkertijd moeten de kosten die nodig zijn om de kleirijperij te realiseren worden geminimaliseerd.

We sluiten bij dit modelproject aan bij de situatie in de omgeving van de Eems-Dollard en gaan uit van een (relatief dure) locatie binnendijks op 10 kilometer afstand van de dijkversterking en een (relatief goedkope) locatie buitendijks grenzend aan de dijkversterkingslocatie. Achterliggende gedachte hierbij is dat op deze manier een realistisch gemiddelde voor de kosten van gebruik van de grond meegenomen wordt.

Voordat gestart kan worden met het rijpen van de klei, moeten de slibdepots worden aangelegd. In figuur 2 wordt de opzet van een kleirijperij / slibdepot visueel weergegeven.³⁶

Het laten rijpen van de klei tot erosieklasse 2 duurt naar verwachting 3 jaar. Daarbij geldt dat van 1,5 m slib, circa 1 meter klei overblijft (factor 0,67). Vervolgens is van deze klei circa 1/3 geschikt als dijkklei. De overige klei kan worden gebruikt als grondverbeteraar of bij de ophoging van terreinen.



Figuur 9 Opzet kleirijperij

We komen voor het projectalternatief tot de volgende uitgangspunten³⁷:

Basisgegevens	Aantal	eenheid
Gebaggerd slib per jaar	300.000	m ³
Slib > klei	0.35	factor
Hoeveel gerijpte klei	105.000	m ³
Aandeel erosiebestendigheidsklasse 2	0.67	factor
Gerealiseerde dijkklei (klasse 2 uit depot)	70.000	m ³
Gerealiseerde klei (uit andere bron)	35.000	M ³
Opbrengst overige klei	5	€ / m ³
klei voor dijkverhoging normale dijk	74.000	m ³
klei voor dijkverhoging brede dijk	105.000	m ³
Totale investering kleirijperij project	7	€ mio
Investering slibdepot	3,8	€ mio

Tabel 9 Basisgegevens kleirijperij

5.4.3 Effecten

In onderstaand overzicht geven we de verwachte effecten weer op basis van de huidige informatie die afgeleid is uit de casus Eems-Dollard. Vervolgens gaan we na wat de mogelijke gevolgen zijn van

³⁶ <http://www.ee-eemdelta.nl/nieuws/nieuws/pilot-kleirijperij-wordt-schakel-in-slibreductie-eems-dollard>

³⁷ Op basis van gesprekken met dhr. W.H.H. Sterk, dhr. J. van der Meer en dhr. M. Haaksma (RWS)

opscaling van het project door langer gebruik van het bestaande slibdepot en minder opstart-/innovatiekosten.

Effecten op de kosten

De reguliere prijs voor klei t.b.v. een dijkversterking bedraagt € 15 per m³. Hieronder geven we de belangrijkste verschillen in kosten weer:

1. De aanleg van de twee slibdepots vergt een investering van circa € 2,6 miljoen. Dit betekent € 37 per m³ klasse 2 klei. Wanneer rekening gehouden wordt met een opbrengst van € 105.000 (5 € / m³ * 35.000 m³) voor de overige klasse klei, komt dit op € 36 per m³ klasse 2 klei. In de Eems Dollard worden de slibdepots vooralsnog voor 1 cyclus gebruikt.
 - Aanvullende kosten door kleirijpen bij 1 cyclus : € 2.600.000 - € 105.000 = € 2.495.000. Oftewel: een kostprijs van 36 € / m³) .
2. Huurkosten grond: Er is ongeveer 25 ha grond nodig voor de kleirijperij die voor een periode van 3 jaar moet worden gehuurd. Omdat een deel van de grond een goede economische huurwaarde heeft, ligt de huurprijs per ha / jr vrij hoog op gemiddeld € 13.000 ha /jr..
 - Aanvullende kosten huur grond = € 975.000
Oftewel: een prijsverhoging van 14 € / m³ klei
3. Kosten van ontgraven klei uit de kleirijperij en transport naar dijkversterking. In de situatie rond de het Eems-Dollard vindt door de ligging van de te verhogen dijk in beide gevallen voor de laatste kilometers transport over land plaats. De kosten bedragen circa 5€ / m³ .
 - Aanvullende kosten transport klei € 350.000
Oftewel: een prijsverhoging van 5 € / m³
4. Omdat de klei niet meer vervoerd hoeft te worden, worden transportkosten bespaard. Deze bedragen ongeveer 10 € / m³
 - Vermeden kosten transport klei € 10 x 70.000 = 700.000
Oftewel: een prijsverlaging van 10 € / m³
5. Omdat het slib in de dijk gebruikt wordt, in plaats van gestort op zee, moet er aanvullend onderzoek gedaan worden naar de kwaliteit ervan. Hierbij gaat het om de mate van vervuiling, maar ook is meer informatie nodig over de fysische kwaliteit van het slib.
 - De aanvullende onderzoekskosten bedragen circa € 20.000 en zijn op het totaal verwaarloosbaar.
6. Er vindt geen transport van slib plaats naar de stortplaats op zee. De prijs van het transport per kuub baggerspecie bedraagt € 5 per m³
 - Bespaarde kosten 70.000 m³ x 5 € / m³ = € 350.000
 - Oftewel: een prijsverlaging van 5 € / m³
7. Bespaarde kosten aanleg: De WUR en Deltares hebben onderzoek gedaan naar de verschillen in kosten en baten tussen een brede groene dijk en een traditionele dijk aan de Eems Dollard. Hieruit blijkt dat de meerkosten voor afdekklei van de Groene Dollard Dijk (zo'n € 13,7 miljoen extra) worden overtroffen door besparingen door het vervallen van asfaltbekleding en van één overgangsconstructie (zo'n € 16,5 miljoen minder) en de geringere vraag naar zand in de kern (zo'n € 4,8 miljoen minder). Voor de totale dijk leidt dit,

inclusief een aantal kleinere verschillen, tot een besparing van € 7,9 miljoen voor de gehele dijk met een lengte van 11 kilometer.³⁸ In dit modelproject gaan we uit van 1 kilometer dijk, wat neer komt op een besparing van ca € 690.000 op de aanlegkosten van de brede dijk.

- Lagere kosten aanleg groene brede dijk € 690.000
Oftewel een prijsverlaging van 10 € / m³

De totale kosten komen daarmee op € 2.790.000, en een prijs voor de klei van 40 € / m³. Ten opzichte van de reguliere prijs van 15 € / m³ leidt dit tot een prijsverhoging van 25 € / m³. Omdat geldt dat groene brede dijk ook aangelegd kan worden zonder gebruik te maken van de gerijpte klei worden de lagere kosten voor de brede dijk niet meegenomen, anders zou de kostprijs van de klei op 30 € / m³ komen en de prijsverhoging € 15 ten opzichte van reguliere klei.

	Totale kosten	Kosten per m ³ klei (op basis van 70.000m ³ klei)
1. Aanleg slibdepots	€ 2.495.000	€ 36
2. Huurkosten grond	€ 975.000	€ 14
3. Ontgraving en transport	€ 350.000	€ 5
4. Vermeden transportkosten klei	-/- €700.000	-/- € 10
5. Onderzoekskosten slib	€ 20.000	0
6. Vermeden Transportkosten slib	-/- €350.000	-/- € 5
Totaal	€ 2.790.000	€ 40
7. Lagere kosten dijk	-/- € 690.000	-/- € 10
Totaal	€ 2.100.000	€ 30

Tabel 10 kosten Kleirijperij (totaal en per m³)

Daartegenover staat dat in de Eems Dollard de slibdepots voornamelijk voor 1 cyclus worden gebruikt. Wanneer het slibdepot langer wordt gebruikt, nemen de kosten per m³ klei af. In onderstaande figuur wordt toegelicht dat bij 2,75 cycli van kleirijpen de prijs nagenoeg gelijk is aan de (huidige) regulier prijs van klei. Hierbij is echter nog geen rekening gehouden met bijvoorbeeld de negatieve consequenties van de lange doorlooptijd van de dijkversterking. Wanneer de klei in drie cycli beschikbaar komt, betekent dit immers een totale bouwperiode van 9 jaar.

Prijs per m ³	Nulalternatief prijs klei €/ m ³	Circulair alternatief (1 cyclus) prijs klei €/ m ³	Geoptimaliseerd alternatief (2,75 cycli = break-even) prijs klei €/ m ³
Directe kosten klei	€ 15	Nvt	
Aanleg slibdepots	Nvt	€ 37	€ 11
Huurkosten grond	Nvt	€ 14	€ 14
Ontgraving en transport	Nvt	€ 5	€ 5

³⁸ WUR en Deltares, *Nadere verkenning Groene Dollard Dijk* (2014)

Transportkosten klei	€ 10		
Transportkosten slib	€ 5		
Totaal	€ 30	€ 56	€ 30
	100%	187%	100%

Tabel 11 Kosten klei in geoptimaliseerde situatie

Effecten op het milieu

Van Oord heeft een ketenanalyse uitgevoerd naar de kleirijperij in de Eems Dollard en daarbij de effecten in beeld gebracht t.a.v. de CO₂-emissie. Hierbij is gekeken naar de ketenstappen vanaf het ontgraven van de klei, respectievelijk het bouwen van de baggerdepots, tot en met het aanleveren van de klei bij de te verhogen dijk.

De verwachte CO₂-uitstoot van het kleirijperij-project bedraagt 423 ton CO₂ emissie, ten opzichte van 1237 ton CO₂-emissie in het nulalternatief.³⁹ Een besparing van circa 66%. Deze besparing ontstaat grotendeels door vermeden transportkosten van de klei per schip. In het de Eems Dollard casus wordt deze vanuit midden Nederland getransporteerd naar oost Groningen over een afstand van bijna 300 km. Naarmate de transportafstand in het nulalternatief kleiner wordt, heeft dit logischerwijs impact op de CO₂-reductie. Ter indicatie: wanneer de afstand 150 km bedraagt, neemt de CO₂ besparing af tot 50%.

De overige stappen worden verondersteld gelijk te zijn of een zeer beperkt effect op de CO₂-uitstoot te hebben. Uitzondering hierop zijn de emissies die meer of minder vrijkomen door een andere omgang met baggerslib. Van Oord geeft aan dat in het geval van kleirijperij oxidatie en bijbehorende emissies mogelijk sneller plaatsvindt dan bij storten in zee. Dit effect is echter niet gekwantificeerd.

Het vermeden transport van slib in het circulaire alternatief van de baggerlocatie naar de stortplaats op zee, wordt in het onderzoek van Van Oord buiten beschouwing gelaten. Wanneer we ervan uit gaan dat dit transport circa 100 km betreft (50 km retour), leidt dit tot een additionele besparing van 450.000 tot 650.000 kg CO₂ equivalenten⁴⁰. Door deze besparing worden de eerdergenoemde milieubaten grofweg verdubbeld.

Daarnaast worden in het rapport van de WUR en Deltares nog de baten als gevolg van de landschappelijke kwaliteit van de groene, brede dijk benoemd. Het flauwe, grotendeels met gras bekleed talud past goed de omgeving en heeft een positief effect op de beleving en daarmee op de recreatieve waarde. In het nulalternatief verdwijnt het huidige groene beeld omdat de dijk dan zal worden bekleed met asfalt of stenen, wat juist minder goed in het landschap past.

Een ander belangrijk verschil is dat in het nulalternatief klei wordt gewonnen rondom de rivieren. Bij de huidige wijze van kleiwinning is echter nog maar nauwelijks sprake van een negatief effect. Dit komt omdat, in tegenstelling tot vroeger, kleiwinning vrijwel altijd gecombineerd wordt met onder andere natuurontwikkeling.⁴¹ Bovendien geldt bij klei, anders dan bij bijvoorbeeld zand en grind, dat alleen de bovenlaag benut wordt waardoor er geen diepe putten ontstaan die hersteld of gecompenseerd moeten worden. Op dit punt wordt daarom geen (positief) effect verwacht in het projectalternatief.

³⁹ Ketenanalyse Kleirijperij, Van Oord 2017

⁴⁰ Indicatieve berekening door CE Delft

⁴¹ De meerwaarde van kleiwinning langs de grote rivieren, KNB, K3Delta en RVO

Tot slot bestaat de mogelijkheid dat de kennis en expertise die hier ontwikkeld wordt, internationaal kan worden uitgerold. Dat kan leiden tot extra opdrachten voor Nederlandse bedrijven.

5.4.4 Resultaten

Prijs per m ³	Nulalternatief	Circulair alternatief (1 cyclus)	Geoptimaliseerd alternatief (4 cycli = break-even)
Directe kosten klei	€ 15	Nvt	
Aanleg slibdepots	Nvt	37 € / m ³	11 € / m ³
Huurkosten grond	Nvt	14 € / m ³	14 € / m ³
Ontgraving en transport	Nvt	5 € / m ³	5 € / m ³
Transportkosten klei	€ 10		
Transportkosten slib	€ 5		
Totaal	30 € / m³	56 € / m³	30 € / m³
	100%	187%	100%
<i>CO₂ uitstoot klei vs kleirijperij</i>	100%	34%	nntb
<i>Vermeden CO₂ uitstoot slibtransport</i>	nntb	450.00-650.000 Co ₂ eq.	nntb

Tabel 12 Resultaat financiële en maatschappelijke effecten kleirijperij

5.4.5 Algemene conclusie

Overall genomen geldt voor dit modelproject dat:

- De directe kosten van het circulaire alternatief in de pilotfase hoger liggen dan het nulalternatief. Bij succes kunnen echter bij langere uitvoering van het project aanzienlijke efficiencyvoordelen worden behaald: het slibdepot kan langer worden gebruikt en is er meer kennis over het rijpingsproces waardoor er minder kosten voor onderzoek en ontwikkeling nodig zijn. Mogelijk kan hierdoor op termijn het kostenverschil met het nulalternatief terug worden gebracht naar nul. Hierbij is echter nog geen rekening gehouden met de mogelijk negatieve effecten op van de langere aanlegtijd.
- Tegelijkertijd worden positieve milieueffecten behaald. Het gaat dan om 66% vermindering van de Co₂-uitstoot door minder transport van klei. Daarnaast treedt een vermindering van Co₂-uitstoot op door vermeden transport van slib.

5.4.6 Observaties en implicaties

- Met name op de plaatsen waar veel slib aanwezig is, zijn er kansen voor het laten rijpen van slib tot klei. Omdat de winst behaald wordt door vermeden transport, is het laten rijpen van klei alleen zinvol wanneer de klei direct lokaal kan worden hergebruikt. Niet op alle plaatsen waar gebaggerd wordt, is het mogelijk om klei te laten rijpen. Daarnaast moet er, op basis van de huidige aannames, fysieke ruimte zijn om een brede groene dijk aan te leggen.

6 Praktijkcases

Naast de vier hiervoor beschreven modelprojecten hebben wij ook vier praktijkcases geanalyseerd op kosten en batenfactoren. Bij de analyse van deze praktijkcases hebben wij vooral gezocht naar aanvullende inzichten t.a.v. kosten en baten ten opzichte van de modelprojecten.

We bekeken de volgende praktijkcases:

- Het materialenpaspoort bij de Beatrixsluis
- De Innova58
- De boogbrug Vianen
- De dijkversterking Marken

6.1 Casus – Materialenpaspoort (bij de Beatrixsluis)

6.1.1 Aanleiding

De aannemerscombinatie Sas van Vreeswijk werkt op dit moment aan de uitbreiding en renovatie van de Prinses Beatrixsluis. Dit bestaat uit de realisatie van een derde sluis en het onderhoud van de gehele sluis (inclusief renovatie kolk 1 en 2) voor de komende 30 jaar. Dit is een zogenaamd DBFM-contract (Design, Build, Finance and Maintain) met een looptijd van 30 jaar. RWS heeft ervoor gekozen om bij dit project een pilot materialenpaspoort uit te voeren.

Het idee achter het materialenpaspoort is dat in de toekomst met gedetailleerde informatie over de bij RWS vrijkomende objecten, onderdelen en grondstoffen, onzekerheid over de kwaliteit en samenstelling wordt weggenomen. Hierdoor wordt meer (of beter) hergebruik mogelijk gemaakt en waarde gecreëerd. Dit kan van financiële waarde zijn doordat een voorheen als waardeloos beschouwd onderdeel / grondstof opnieuw wordt ingezet, maar ook maatschappelijke waarde omdat bijvoorbeeld schadelijk transport of grondstofwinning wordt voorkomen.

Het materialenpaspoort sluit goed aan bij het prestatie management van RWS. Met prestatie management wil RWS de kwaliteit van haar netwerken meetbaar en stuurbaar maken. Een van de onderdelen van prestatie management betreft het inzicht in de toestand van het areaal. Op die manier hebben beiden initiatieven betrekking op het gedetailleerd in kaart brengen van de gegevens van een object.

De pilot bij de Beatrixsluis richt zich op dit moment op de vraag: welke informatie zou interessant zijn voor het materialenpaspoort? En: Welke informatie is op dit moment al aanwezig (bijvoorbeeld in het 3d BIM (Bouw Informatie Model) of elders in de keten)?

De praktijkcasus materialenpaspoort wijkt af van de andere praktijkcasussen. Daar waar de andere praktijkcasussen een circulaire aanpak t.a.v. de assets van RWS betreffen, gaat het bij het materialenpaspoort over een (voor RWS) randvoorwaardelijke tool om circulair werken mogelijk te maken. Dit betekent ook dat er wel kosten verbonden zijn aan het opzetten van het materialenpaspoort, maar geen directe baten. De baten komen tot uiting bij de uitvoering van projecten. We beperken ons daarom tot het beschrijven van het materialenpaspoort en de verwachte kosten.

6.1.2 Materialenpaspoort

Voor woningen en gebouwen is de ontwikkeling van een materialenpaspoort al langer aan de gang. In de GWW-sector staat het materialenpaspoort nog in de kinderschoenen. Met het materialenpaspoort wordt inzicht gegeven in de fysieke eigenschappen van een grondstof, object of onderdeel van een asset. Het is de bedoeling dat deze informatie de onzekerheid (deels) wegneemt over de kwaliteit, resterende levensduur en/of hergebruikmogelijkheden in de toekomst.

Het is nog niet duidelijk welke informatie in het materialenpaspoort moet komen te staan. RWS werkt op dit moment aan een verdere uitwerking hiervan. Uit een eerste onderzoek van Witteveen+Bos blijkt dat de informatiebehoefte afhangt van de voorziene optie tot hergebruik. Concreet wordt verwacht dat wanneer een product of onderdeel deels of in zijn geheel wordt hergebruikt, er meer informatie nodig is dan wanneer de grondstof wordt hergebruikt.

Het beoogd effect van het materialenpaspoort is uiteraard dat bij een volgende renovatie van de sluis, onderdelen of grondstoffen kunnen worden hergebruikt. Uit navraag bij Sas van Vreewijk (de aannemerscombinatie) blijkt dat zij, op basis van de beschikbare onderdelen uit de huidige sluis, mogelijkheden zien voor hergebruik. Het is nog onduidelijk wat de omvang van het hergebruik in waarde of aantal tonnen grondstof is. Wel is duidelijk dat er meer nodig is dan alleen meer informatie over de aanwezige grondstoffen en onderdelen.

Uit het onderzoek van Witteveen+Bos komen ook een aantal knelpunten naar voren:

1. Op dit moment is de contractueel voorgeschreven levensduur (veelal) van onderdelen, langer dan de gemiddelde restlevensduur van de her te gebruiken oude onderdelen. Hierdoor wordt de aannemer verplicht om nieuwe onderdelen te gebruiken bij renovatie of nieuwbouw.
2. In veel huidige contracten zijn aannemers verantwoordelijk voor beschikbaarheid van assets. Het risico op verminderde beschikbaarheid (en daarmee boetes voor de aannemer) bij hergebruik van materialen is te groot waardoor vrijwel altijd nieuwe materialen worden ingezet.
3. Hergebruik is soms niet mogelijk omdat unieke onderdelen worden ontworpen. Door het ontwerp van onderdelen te standaardiseren kan hergebruik worden vergroot.
4. Normen en regelgeving werken beperkend. Zelfs wanneer een herbruikbaar onderdeel aantoonbaar even 'sterk/goed' is als een gecertificeerd nieuw identiek onderdeel, dan mag dit niet gebruikt worden omdat certificaten ontbreken en certificering niet mogelijk is.

6.1.3 Conclusies

De aannemerscombinatie bevestigt de potentie van een materialenpaspoort. Wel geldt dat er naast het materialenpaspoort ook aan andere randvoorwaarden moet worden voldaan om hergebruik mogelijk te maken. Het gaat dan bijvoorbeeld om eisen ten aanzien van de levensduur en het risico op verminderde beschikbaarheid als gevolg van tweedehands materialen. De kosten voor het opstellen van een materialenpaspoort voor de Beatrixsluis kunnen op dit moment nog niet worden ingeschat. Wel is de verwachting dat naarmate er een breder ontwikkeld landelijk systeem beschikbaar is en wordt toegepast, de kosten voor het materialenpaspoort zullen afnemen. Immers, ergens in de keten is de benodigde data eenvoudig beschikbaar.

Omdat deze pilot zich met name richt op de ontwikkeling van het materialenpaspoort voor dit specifieke project, is er op basis van deze case (nog) geen inschatting te maken van de kosten die gemaakt moeten worden om BIM / AIR (Areaal Informatie RWS) aan te passen.

6.1.4 Observaties en implicaties

Op dit moment zijn de kosten voor het ontwikkelen van een materialenpaspoort nog niet af te zetten tegen de potentiële baten. Het is voor de verdere ontwikkeling van het materialenpaspoort zeker nuttig om dit wel te doen. Een materialenpaspoort voor alle objecten van RWS, plus de aanpassingen in het AIR-systeem zijn mogelijk een forse kostenpost. Enerzijds lijkt het het meest interessant om het materialenpaspoort in te zetten op die projecten waar de kosten voor het opstellen van een materialenpaspoort beperkt zijn en/ of waar de verwachte meerwaarde het grootst. Dit kan het geval zijn bij nieuw te realiseren infrastructuur waar bijvoorbeeld al veel data wordt vastgelegd in 3d BIM, of bij inspecties van kunstwerken waar al een vergaande informatiebehoefte of verplichting is. Op basis van het eerste onderzoek van Witteveen+Bos lijkt de meerwaarde het grootst bij assets waarbij het

voorzien hergebruik de onderdelen betreft (en niet de grondstof) en de kwaliteit niet eenvoudig te bepalen is. Anderzijds is het wellicht juist nodig om een systeemsprong te maken en het materialenpaspoort breed uit te rollen waardoor de inspanning per stap in de keten beperkt kan is en kosten kunnen worden bespaard.

6.2 Casus – InnovA58

6.2.1 Aanleiding

Op de A58, tussen de knooppunten Sint-Annabosch en Galder en tussen Eindhoven en Tilburg staan steeds vaker files. Dit zorgt voor grote economische schade. Daarom wordt een aanpassing van de infrastructuur in de vorm van verbreding van bepaalde delen van de A58 noodzakelijk geacht. Het doel is een betere doorstroming en toekomstbestendigheid van de A58.

Een van de doelstellingen van het project InnovA58 is het realiseren van een slimme en duurzame snelweg; verbreding met een belangrijke rol voor innovatie en circulariteit.

In het project wordt een volledig circulair ontwerp uitgewerkt. Daarnaast wordt een stappenplan voor de verdere ontwikkeling van het circulair ontwerpen van wegprojecten geformuleerd, gericht op het halen van de Rijksdoelstellingen voor de circulaire economie. Het project bevindt zich in de voorbereidingsfase. Momenteel wordt gewerkt aan het Ontwerp Tracé Besluit. Dit moet in september 2018 gereed zijn. Een onherroepelijk Tracé Besluit wordt dan een jaar later verwacht. De aanbesteding start dan halverwege 2019 met als doel om eind 2019 een aannemer te hebben gecontracteerd. Parallel werkt RWS aan de vormgeving van het realisatiecontract en de inkoopstrategie. Dat is van groot belang voor de daadwerkelijke implementatie van de mogelijke circulaire toepassingen. Immers, het realiseren van circulaire toepassingen start bij het vragen daarnaar door opdrachtgevers. Omdat dit project zich nog in de voorbereidingsfase bevindt, is er nog maar in zeer beperkte mate zicht op de kosten van aanleg, beheer en onderhoud van de nieuwe snelweg en de eventuele circulaire toepassingen die worden ingezet.

6.2.2 Nulalternatief

In het nulalternatief, zou het Tracé Besluit worden genomen op basis van een traditioneel ontwerp van de verbreding van de snelweg. In de aanbesteding is duurzaamheid een onderdeel van de gunning, maar de ruimte voor innovatie wordt beperkt door het in het Tracé Besluit vastgelegde referentieontwerp.

6.2.3 Het circulaire projectalternatief (de huidige aanpak voor de InnovA58)

Witteveen+Bos werkt voor het ontwerp van de Innova58 zowel aan een regulier referentieontwerp als aan een circulair ontwerp. Het circulair ontwerp is op dit moment nog niet gereed. Het uitgangspunt voor het circulair ontwerp in dit geval is dat in het OTB (Ontwerp Tracé Besluit) maximale ruimte gecreëerd wordt om (circulaire) innovaties (breed) toe te kunnen passen. Daarom worden de ruimtelijke contouren ook wat ruimer genomen dan in een traditioneel ontwerp, zodat de mogelijkheden voor circulaire ontwerpen niet onnodig beperkt worden. Zo is het bijvoorbeeld goed denkbaar dat een circulair modulair viaduct meer fysieke ruimte inneemt omdat delen van het viaduct zwaarder worden uitgevoerd. Of dat het totale circulaire ontwerp van het viaduct net wat anders is, omdat gewerkt moet worden met gestandaardiseerde modules.

Het traject om de precieze ontwerpruimte te bepalen loopt nu. Daartoe worden het referentieontwerp en het circulair ontwerp over elkaar gelegd om te kijken of circulaire innovaties ook binnen de ruimtelijke contouren gerealiseerd kunnen worden. Over het algemeen is de verwachting dat er veel mogelijk is, omdat de ruimtelijke impact van circulaire innovaties meevalt. Tegelijkertijd is de verwachting dat sommige circulaire oplossingen aanpassing vragen van de ontwerpruimte. Zo zal

het hiervoor beschreven circulaire viaduct er mogelijk iets anders uit zien en wellicht ook iets anders geïmplementeerd zijn over de weg, dan een regulier viaduct.

Op basis van deze vergelijking wordt bepaald welke ontwerpruimte straks, in de aanbesteding, meegegeven wordt. Vervolgens moet nagedacht worden over hoe de circulaire ambities vertaald moeten worden in eisen en/ of wensen in de aanbesteding.

Het is dus nog niet duidelijk welke circulaire innovaties wel en welke circulaire innovaties niet worden meegenomen in de aanbesteding van de snelweg. Bovendien zal tijdens de aanbesteding pas blijken of alle circulaire wensen ingevuld kunnen worden.

Op dit moment worden de volgende innovaties verwacht.

1. Innovaties die zich richten op het toepassen van meer hergebruikt materiaal zoals bijvoorbeeld gerecyclede lage temperatuurasfalt dat zorgt voor aanzienlijke CO₂-reductie.
2. Innovaties die zich richten op anders ontworpen modulaire kunstwerken (eenvoudiger in aparte onderdelen weer uit elkaar te halen). Het is de verwachting dat dergelijke innovaties in ieder geval in deze eerste pilot duurder zijn dan reguliere ontwerpen (hogere ontwerp en materiaalkosten). Immers, soms is de techniek er nog niet, nog niet uitontwikkeld of niet breed toegepast.
3. Verlichting en verzorgingsplaatsen kunnen als dienst worden uitgevraagd. RWS betaalt dan voor het gebruik van de dienst, wat ervoor zorgt dat het eigendom en de verantwoordelijkheid voor hoe met de materialen om te gaan bij de aanbieder blijft. Om er voor te zorgen dat door het uitvragen van deze dienst ook circulaire doelen worden behaald, moeten ook specifieke circulaire eisen (en wensen) worden gesteld. RWS denkt op dit moment nog na of deze diensten opgenomen moeten worden in het geïntegreerde contract, of apart moeten worden aanbesteed.
4. Het opzetten van een grondstofcorridor. Bij het slopen van kunstwerken wordt expliciet gekeken welke waarde er nog in zit en wat hergebruikt kan worden. Het idee is om het materiaal dat vrijkomt tijdens de bouw, lokaal op te slaan en weer zoveel mogelijk opnieuw te gebruiken. Dit zal transportkosten beperken en ook kosten in de aanschaf van nieuwe grondstoffen. Tegelijkertijd zal dit ruimte vragen waaraan ook weer kosten zijn verbonden. Dit initiatief staat aan de beginfase en moet nog helemaal worden uitgewerkt. De markt is op andere terreinen al gewend om met een dergelijke gedachte om te gaan en de verbinding te leggen voor nieuwe toepassingen. Bij Ruimte voor de Rivier bijvoorbeeld, waar het opnieuw inzetten van het gewonnen materiaal een belangrijke randvoorwaarde is.
5. Tot slot wordt er nagedacht over de mogelijkheden om, door middel van bijvoorbeeld een materialenpaspoort, in kaart te brengen en bij te houden welke materialen worden gebruikt.

6.2.4 Conclusies

De InnovA58 bevindt zich nog in de voorbereidingsfase. Er is daarom nog weinig zicht op kosten- en batenfactoren van de circulaire innovaties in de praktijk. Wel geeft deze casus inzicht in het (interne) voorbereidingsproces. Een belangrijke stap in de voorbereiding is dat in het Ontwerp Tracé Besluit letterlijk ruimte wordt gecreëerd om te voorkomen dat bepaalde circulaire oplossingen worden uitgesloten. Een concrete inschatting van deze extra ontwerpkosten is niet gemaakt, maar deze zijn in ieder geval hoger dan in de traditionele situatie. Daarnaast wordt extra tijd (en daarmee kosten) besteed aan het vormgeven van de wijze van circulair inkopen. Men zoekt nog naar de manier waarop de circulaire ambities opgenomen moeten worden in de aanbesteding.

6.2.5 Observaties en implicaties

Op basis van deze casus kunnen de volgende aanbevelingen gedaan worden:

- Benut de bij de InnovA58 (door RWS) ontwikkelde kennis over circulair ontwerpen – zowel qua inhoud als proces van het ontwerp – in de ontwerpfase van volgende projecten. In het ontwerpproces dient al rekening gehouden te worden met het reserveren van ruimte voor mogelijke circulaire toepassingen. Dit vergt een aanpassing van het traditionele ontwerpproces. De kennis die over het circulaire ontwerpproces is ontwikkeld, is vastgelegd in een handleiding en daarmee beschikbaar voor volgende projecten⁴².
- Experimenteer met circulair inkopen. Hoewel circulair inkopen steeds meer in de belangstelling staat, is er nog relatief weinig concrete ervaring mee. Hoe de markt voldoende uit te dagen om de gewenste circulaire diensten c.q. toepassingen ook daadwerkelijk te leveren is een gezamenlijk zoekproces tussen overheid en markt. Creëer daarom voldoende ruimte om te experimenteren en te leren van verschillende manieren van (circulair) uitvragen. Begin klein; in dit project wil RWS experimenteren met het circulair uitvragen van twee diensten met relatief beperkte budgetten.

⁴² Circulair ontwerpen in het MIRT-proces, Handelingsperspectieven voor beleidsmakers, adviseurs, ontwerpers en beheerders, RWS en Witteveen+ Bos, 2018.

6.3 Casus – Hergebruik Boogbrug Vianen

In deze casus voeren we, op hoofdlijnen, een verschillenanalyse uit van 2 fictieve situaties: we bepalen eerst hoe de boogbrug Vianen normaliter zou worden gesloopt (gebaseerd op traditionele sloop en recycling van een in onbruik geraakte brug) – het nulalternatief. Dan bepalen we het projectalternatief – hiervoor gaan we uit van het grootschalige hergebruik van de brug. We beginnen met een korte toelichting van de aanleiding.⁴³

6.3.1 Aanleiding

De boogbrug bij Vianen over de Lek is in 1936 gebouwd als onderdeel van de Rijksweg A2. De brug bestond oorspronkelijk uit twee rijbanen voor autoverkeer. In de jaren '60 zijn er buiten de bogen rijstroken voor langzaam verkeer aangebracht, zodat er binnen de bogen uitgebreid kon worden naar 2x2 rijstroken. De brug is in 2004 afgesloten voor alle verkeer nadat direct naast de boogbrug in 1999 de eerste en in 2004 de tweede Jan Blankenbrug geopend zijn. In het contract van de eerste Jan Blankenbrug stond opgenomen dat de boogbrug gesloopt zou mogen worden. Vanwege acties vanuit bewoners om de brug te behouden kon de sloop niet ingezet worden. Er is een rechtszaak geweest over het toekennen van een speciale (monumentale) status van de brug om de sloop te verhinderen. Dit is uitgelopen in een hoger beroep. Het Hoger Gerechtshof oordeelde in 2015 dat de boogbrug geen Rijksmonument is, waardoor de brug in theorie gesloopt mag worden.⁴⁴

In 2016 heeft Rijkswaterstaat een projectteam belast met de sloop van de boogbrug. Tijdens een visuele inspectie van de brug zijn geen grote gebreken of schade aan de (draagconstructie van de) brug aangetroffen. Daarom heeft het projectteam eerst zelf een onderzoek gedaan naar de haalbaarheid van hergebruik van de complete brug. Hier kwam uit dat er geen vraag was naar de brug, mede omdat het hoofdstuk van de brug moeilijk te transporteren is (via water). De brug ligt namelijk ingesloten tussen twee vaste bruggen en is zo hoog dat deze hier niet onderdoor kon. Het projectteam heeft zich toen gericht op hergebruik van grondstoffen. Toch bleven er geluiden klinken dat hergebruik van de complete brug mogelijk was. Dit was aanleiding voor het onderzoek dat door Witteveen+Bos is uitgevoerd⁴⁵.

De conclusie uit dit onderzoek is dat hergebruik van de complete brug de meest optimale oplossing is in het kader van CO² besparing. Omdat ten tijde van het schrijven van het onderzoek geen match te maken was met een afnemer heeft Witteveen+Bos als advies gegeven om hergebruik van het fietspad i.s.m. ProRail uit te werken. Het projectteam heeft daarom niet meer verder gekeken naar hergebruik van de complete brug.

6.3.2 Nulalternatief

Het nulalternatief gaat uit van conventionele sloop en recycling. Hierbij worden de verschillende onderdelen van de brug (o.a. stalen hoofdoverspanning, wegdek, rijvloer, pijlers, fietsbruggen, geleiderail en verlichting) gedemonteerd en in kleine transporteerbare onderdelen opgedeeld. De kleine onderdelen en materialen (met name staal en beton en in mindere mate asfalt, basalt en rubber) worden – zoals gebruikelijk in een slooproces – afgevoerd richting verwerkers:

- Het staal wordt gebruikt als toevoeging aan nieuw staal in het reguliere productieproces van staal.

⁴³ Interview Jaap Hoefman, Rijkswaterstaat, 20-03-2018.

⁴⁴ Interview Jaap Hoefman, Rijkswaterstaat, 20-03-2018.

⁴⁵ Teeuw, C.F., Dijkster, R. (2017), Duurzaamheidsonderzoek hergebruik boogbrug Vianen, Witteveen+Bos voor Rijkswaterstaat.

- Het beton wordt afgevoerd naar een bouwplaats waar het gebroken wordt tot betonpuin, wat voor een (klein) gedeelte wordt verwerkt in de productie van nieuw beton en wat deels afgevoerd wordt als menggranulaat – de rest is afval.

De route van gesloopte materialen

Bij de bouw van een nieuwe brug wordt de sloop van een eventuele oude brug vaak meegecontracteerd. In de meeste gevallen is er geen direct hergebruik van materialen uit de oude brug in de nieuwe brug mogelijk omdat de nieuwe brug al functioneel moet zijn voordat de oude gesloopt kan worden om doorstroming te garanderen. De boogbrug Vianen is dus een speciale situatie omdat de nieuwe brug al lang functioneel is gemaakt en alleen de sloop (of hergebruik) nog uitgevoerd dient te worden. Aanbesteding voor sloop van een kunstwerk houdt ook afvoer van het materiaal in, zodat de desbetreffende aannemende partij verantwoordelijk is voor het afval en de route van de gesloopte materialen (deels) uit het blikveld van RWS verdwijnt. Voor de materialen staal en beton zijn de volgende routes waarschijnlijk, gebaseerd op de aanname dat de aannemende partij vanuit kostenoverwegingen de transportkosten zo laag mogelijk houdt:

- Staal: de dichtstbijzijnde staalverwerker in Nederland is Tata Steel in IJmuiden. Samen met ijzererts zal het schroot van de boogbrug hier opgewerkt kunnen worden tot nieuw staal². Veel staal wordt ook naar omliggende landen geëxporteerd (bijvoorbeeld Duitsland) om daar opgewerkt te worden.
- Beton: betonpuin wordt naar de dichtstbijzijnde beschikbare bouwplaats afgevoerd. Hiervan zijn er waarschijnlijk veel beschikbaar en het hangt van de gecontracteerde aannemer af waar het terecht komt.

Hergebruik van gesloopte materialen

Voor de stromen staal en beton zijn de volgende hergebruik percentages aannemelijk:

- Staal: schroot kan niet volledig worden omgevormd tot nieuw staal. Bij de productie van staal is ca. 33% van de productie een bijproduct (toeslag in de cement- en betonindustrie bijvoorbeeld) en 3% is geclassificeerd als afval⁴⁶. Dit betekent dat 64% van het staal wordt hergebruikt als hoogwaardig staal middels een versmeltingsproces.
- Beton: betonpuin kent twee kwaliteiten die van invloed zijn op de hergebruikmogelijkheden. De kwaliteit wordt bepaald door de vervuiling van het beton met andere stromen. Menggranulaat is de laagwaardige toepassing en wordt niet toegestaan als toeslagmateriaal bij kunstwerken met een ontwerplevensduur van meer dan 25 jaar. Betongranulaat is zuiverder en kan met de huidige rekenregels tot maximaal 30% worden toegevoegd aan de productie van nieuw beton. Het document "verduurzaming beton" dat op dit moment bij RWS ontwikkeld wordt, schrijft voor dat minimaal 5% van het betonmengsel uit secundair materiaal moet bestaan. Met de huidige breektechnieken wordt van (sloop)beton ongeveer 30% teruggewonnen als betongranulaat. Dit betongranulaat wordt hergebruikt in hoogwaardig beton en ca. 60% wordt gebruikt bij weg funderingen.

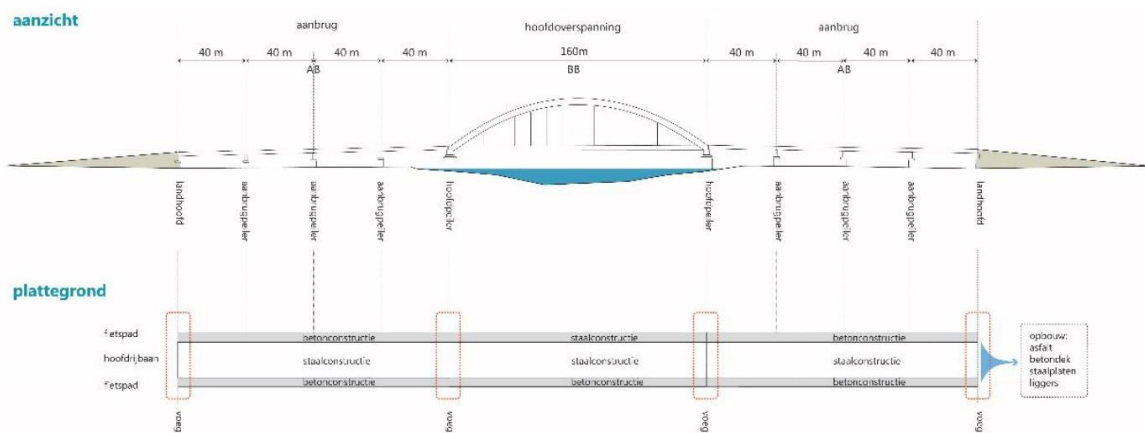
6.3.3 Circulair Projectalternatief

In het projectalternatief gaan we uit van hergebruik van de brug. Hiervoor lichten we eerst toe welke mogelijkheden voor hergebruik zijn onderzocht en hoe we hier in deze casus mee omgaan.

Alternatieven voor hergebruik

⁴⁶ World Steel Association (2016), World Steel in Figures.

In het onderzoek van Witteveen+Bos² zijn drie scenario's voor hergebruik uitgewerkt: (1) hergebruik van de gehele boogbrug, (2) hergebruik van de stalen fietsbrug en (3) hergebruik van een gedeelte van de betonnen fietsaanbrug plus van losse materialen als constructiemateriaal in gebouwen. De eerste twee scenario's zijn als serieuze opties door Rijkswaterstaat onderzocht. Dergelijke vormen van hergebruik zijn goed te faciliteren middels een zogenaamde 'bruggenbank' (zie korte toelichting in tekstbox hieronder)⁴⁷. Uit een herberekening en inspectie blijkt dat de technische staat van de brug goed genoeg voor hergebruik is. Het is wel zo dat dit pas met zekerheid gezegd kan worden zodra de verflaag van de brug verwijderd is. Dan pas openbaart schade door corrosie zich volledig.



Figuur 10 Schematische weergave hoofdonderdelen boogbrug Vianen

Aanname ten behoeve van deze casus

In deze verkenning gaan we vervolgens uit van hergebruik van de volledige boogbrug omdat dit hergebruik op het hoogste niveau betekent. Na instandhouding van de functie op dezelfde locatie levert dit scenario de grootste delta op voor financiële opbrengsten en CO₂-besparing. In dit scenario worden de grootste hoeveelheden staal en beton hergebruikt, waardoor kosten bespaard worden voor de aankoop van primaire materialen en grondstoffen en waardoor CO₂-uitstoot bespaard wordt in de productie van deze primaire materialen en grondstoffen.

Bruggenbank

Het principe achter een bruggenbank is dat het een middel (een online platform bijvoorbeeld) is om vraag en aanbod bij van bruggen elkaar te brengen. Dit betekent dat enerzijds wordt bijgehouden welke bruggen binnen nu en een aantal jaar buiten functie raken op hun huidige locatie en anderzijds een overzicht van bouwlocaties voor nieuwe bruggen wordt bijgehouden. In 1985 richtte het adviesbureau Royal Haskoning DHV de eerste versie van de bruggenbank op. Belangrijkste motivatie voor opdrachtgevers (vaak gemeenten en provincies) om te kiezen voor een gebruikte brug was destijds vooral het aspect kosten. De marktplaats voor oude bruggen raakte de laatste jaren in onbruik omdat de vraag bij gemeenten naar tweedehands bruggen daalde vanwege strengere wetgeving omtrent belasting van bruggen. Eind 2017 nam aannemer Oosterhof Holman uit Grijpskerk initiatief om de bruggenbank nieuw leven in te blazen. Aanleiding voor dit recente initiatief is de circulaire gedachte. Naast dit private initiatief kan er ook een meerwaarde zijn voor de grote GWW-partners (Rijkswaterstaat, provinciën en gemeenten) om zelf een portal op te zetten. Een optie voor de bruggenbank is om naast hergebruik van volledige bruggen, gebruik en hergebruik van onderdelen (constructie, aankleding, industriële elementen) mee te nemen.

⁴⁷ <http://www.lc.nl/friesland/Noordelijke-aannemers-blazen-Bruggenbank-nieuw-leven-in-22742205.html>

Onderdeel	Materiaal	Hoeveelheid (ton)
Hoofdoverspanning (Boogbrug)		
Boog (exclusief fietspaden)	Staal	3.001
Fietspaden	Staal	
Dek	Beton	1.213
Aanbruggen		
Aanbruggen	Staal	4.101
Dek	Beton	5.800
Pijlers		
Pijlers (6 stuks, inclusief poer en werkvloer)	Beton	14.410.000
Totaal staal		
		7.102
Totaal beton (excl. pijlers⁴⁸)		
		7.013

Tabel 13 Grondstoffen boogbrug Vianen

6.3.4 Effecten

Onderstaand geven we kwalitatief de verwachte effecten weer op basis van de huidige informatie die beschikbaar is uit de casus boogbrug Vianen. We beschrijven de directe effecten, de indirecte effecten en externe effecten van het hergebruik van de boogbrug versus het slopen van de brug.

Directe effecten

Hergebruik van de boogbrug is niet per definitie goedkoper dan het nulalternatief. Hergebruik levert lagere materiaalkosten op (vrijwel geen gebruik van primaire grondstoffen), maar hogere risicoreserveringen en aanvullende transport- en opslagkosten. Voor RWS intern zou de circulaire optie rondom hergebruik van de boogbrug Vianen kosteloos kunnen gebeuren aangezien het een transactie is tussen twee regio's: de toeleverende RWS-regio en de ontvangende RWS-regio.

Onderdeel	Effect			Detail
	Geen	Ja	Nntb	
Bouwkosten				
Sloop boogbrug Vianen		+		Het projectalternatief bespaart hier kosten aangezien er geen sloopkosten mee gemoeid gaan. Het gaat hier specifiek om opdelen van de brug in kleine transporteerbare onderdelen die gemakkelijker te transporteren aangezien de brug bij hergebruik ook gedemonteerd zal moeten worden. <ul style="list-style-type: none"> Bespaarde kosten voor de sloop zijn sterk afhankelijk van de locatie (impact van een stremming) en hoeveelheden te verwerken materiaal inclusief restwaarde van dit materiaal.
Opslagkosten		--		Het projectalternatief heeft aanvullende opslagkosten. Er is een locatie nodig voor het geval de nieuwe locatie niet direct gereed is voor ontvangst van de brug(onderdelen). Streven is echter wel om de brug niet op te slaan, maar naar een werf te brengen waar de brug opgeknapt of gerepareerd kan

⁴⁸ Pijlers niet in scope hergebruik aangezien de pijlers niet verplaatst kunnen worden naar een andere locatie.

			worden en vervolgens direct naar de nieuwe locatie vervoerd kan worden. <ul style="list-style-type: none"> • Aanvullende kosten voor opslag: afhankelijk van de locatie en de afmetingen die opgeslagen moeten worden.
Gereed maken voor hergebruik			Vooraf zijn er inspecties op handafstand uitgevoerd om de staat van de brug te beoordelen. Ondanks deze inspecties kan de werkelijke schade door bijvoorbeeld corrosie pas worden waargenomen als de brug ontdaan is van zijn verflaag (stralen). Om deze schades te repareren dient er een risicoreservering opgenomen te worden. In het ergste geval blijkt in de werf dat de brug niet kan worden toegepast. In het nulalternatief (sloop en een nieuwe brug aanleggen) kan het echter ook zijn dat er een ontwerpfout in de brug zit zodat het project ook vele maanden vertraging oploopt. <ul style="list-style-type: none"> • Aanvullende kosten risicoreservering voor eventuele reparaties Lekbrug o.b.v. inspecties: € 500.000 • Aanvullende kosten risicoreservering voor het eventueel niet kunnen toepassen van de brug: o.a. afhankelijk van de maatschappelijke impact wat betreft bereikbaarheid van de locatie.
Transportkosten		-	De transportkosten bij het projectalternatief zijn hoger dan bij conventionele sloop. Dit heeft te maken met de grote elementen die over een grotere afstand getransporteerd moeten worden, waardoor het transport complexer wordt. Aangezien vervoer van de Lekbrug over het water niet mogelijk is omdat deze ingesloten ligt tussen twee vaste bruggen, zal de Lekbrug over de A2 getransporteerd moeten worden. De brug moet in deze optie via een geïmproviseerde haven aan wal gebracht worden en omhoog gebracht worden over de A2 en aan de andere kant via een geïmproviseerde haven weer op pontons geplaatst moeten worden. Hiervoor moeten o.a. speciale opritten worden geplaatst en daarna weer worden verwijderd. <ul style="list-style-type: none"> • Aanvullende kosten zijn afhankelijk van de locatie. Bij de Lekbrug waren er drie varianten mogelijk met alle drie andere kosten. Ordergrootte paar miljoen en verschil tussen varianten in tonnen. Dit zat hem met name in het grondverzet voor de werkwegen.
Nieuwbouw: hoofden/pijlers	o		Pijlers zullen ook in de hergebruik situatie nieuw gebouwd moeten worden, omdat de pijlers niet één op één verplaatst kunnen worden naar een andere locatie. <ul style="list-style-type: none"> • Hergebruik heeft dus geen effect op dit aspect.
Nieuwbouw: overspanning		++	Behoud van waarde van onderdelen door hoogwaardig hergebruik:

				<ul style="list-style-type: none"> Bespaarde kosten voor primaire grondstoffen – staal: 3001 ton * 1250⁴⁹ €/ton = € 3,8 miljoen. Hier moet bij worden opgemerkt dat een moderne stalen brug lichter uitgevoerd kan worden, waardoor de besparing weer iets af kan nemen. Het gaat ook om de plaatsing van de brug. Eventuele extra kosten of besparingen hiervan zijn nog nader te bepalen.
Nieuwbouw: rijdekken	o			<p>Voor de rijdekken zal het hergebruik minder direct zijn. In het geval van de Lekbrug zouden de rijdekken vervangen moeten worden omdat ze het einde van de levensduur was bereikt. Hergebruik van rijdekken kan eventueel als eis in de aanbesteding worden meegenomen, maar het moet wel uitvoerbaar zijn voor de aannemende partij. Wanneer de transportafstanden voor de aannemer bij hergebruik van beton uit (bijvoorbeeld) de pijlers van de oude brug middels zijn locaties of onderaannemers te hoge logistieke kosten met zich meebrengt, zal hij voor een goedkoper alternatief gaan zonder hoogwaardig hergebruik.</p> <ul style="list-style-type: none"> Dit betekent netto geen effect op de kosten.
Nieuwbouw: afbouw (asfaltlaag, geleiderails, barriers)		+		<p>Voor de asfaltlaag geldt hetzelfde als voor de rijdekken hierboven, maar onderdelen als geleiderails of armaturen zijn heel goed her te gebruiken en zodoende wordt waarde behouden en kosten bespaard.</p> <ul style="list-style-type: none"> Bespaarde kosten voor primaire kosten nieuwbouw, afhankelijk van locatie specificaties.
(Aanvullend) Beheer en onderhoud brug per jaar		-		<p>In zowel het nulalternatief als het projectalternatief zullen kosten voor beheer en onderhoud van de brug opgenomen moeten worden.</p> <ul style="list-style-type: none"> Aanvullende kosten onderhoudbrug: nader te bepalen.
Engineering				
Interne kosten RWS (voorbereiding)		-		<p>Aanvullende kosten onderzoek hergebruik mogelijkheden en afstemming vrijkomende 'afvalstromen' en aankomende bouwprojecten voor bruggen.</p> <ul style="list-style-type: none"> Aanvullende kosten voor onderzoek naar mogelijkheden voor hergebruik/ inspectie van de staat van de brug. Hiertegenover staat dat er kosten bespaard worden voor het ontwerpen van een nieuwe brug. Aanvullende kosten/eventuele besparingen zijn nader te bepalen. Aanvullende kosten afstemming vraag en aanbod: nader te bepalen.
Inkoop / externe kosten engineering			o	<p>In principe zijn er geen inkoopkosten bij een tweedehands brug. Echter, er is nog geen markt</p> <ul style="list-style-type: none"> Effect op inkoop is nog nader te bepalen. Effect op externe kosten engineering: meer engineeringsinspanningen benodigd vanwege

⁴⁹ Prijs plaatstaal (waaruit de boogbrug is opgebouwd) 1250 €/ton (bron: www.staalprijzen.nl)

				aanvraag van vergunningen, het goed inschatten van de staat van de brug en het doorrekenen van de oude constructie middels nieuwe methodieken.
Overige bijkomende kosten				
Verkeersmaatregelen	o			<ul style="list-style-type: none"> Niet anders dan bij normale bouw/sloop
Vergunningen	o			<ul style="list-style-type: none"> In eerste instantie moeten vergunningen aangepast worden bij hergebruik (eenmalig), maar daarna zijn de kosten hetzelfde.

Tabel 14 Kwalitatieve score verschillen boogbrug Vianen

Indirecte effecten

Een indirect effect van hergebruik van een brug ten opzichte van nieuwbouw is een verschuiving van de markt van productie (van nieuw staal en beton) naar hergebruik. Hieronder vallen activiteiten als aanvullende onderzoeken en inspecties, aanvullend transport en reparatie- of opknopwerkzaamheden.

Externe effecten

Witteveen+Bos heeft een analyse uitgevoerd naar het hergebruik van de boogbrug, waarbij de effecten t.a.v. CO₂-emissies in kaart zijn gebracht. Hieruit blijkt dat bij hergebruik van de totale brug 9.569.040 kg CO₂-uitstoot bespaard wordt. Deze besparing ontstaat grotendeels door vermeden CO₂-uitstoot bij de productie en transport van primaire materialen (staal en beton). Ter vergelijking: dit is genoeg CO₂-besparing om met de gehele brug 22.578 km af te leggen met een binnenvaartschip (de halve wereld om). Hierbij dient wel de kanttekening geplaatst te worden dat bruggen tegenwoordig lichter uitgevoerd kunnen worden, waardoor in de praktijk de CO₂ besparing lager uit zal komen.

6.3.5 Conclusies

In deze casus boogbrug Vianen is hergebruik van een in onbruik geraakte stalen boogbrug onderzocht. Het meest optimale scenario vanuit het perspectief van behoud van grondstoffen en CO₂-besparing bleek hergebruik van de volledige boogbrug op een andere locatie.

Hergebruik van een brug als onderzocht in deze casus blijkt niet per definitie goedkoper. Dit heeft met name te maken met de volgende kosten en baten:

- *Baten:* door hergebruik wordt voor ca. € 4 miljoen primaire grondstoffen (met name staal) en 9570 ton CO₂ bespaard over het gehele project heen. Tevens wordt er bespaard op sloopkosten.
- *Kosten:* door hergebruik ontstaan er additionele transport- en opslagkosten, risicoreserveringen voor bijvoorbeeld reparaties, kosten voor additionele afstemming binnen RWS intern en kosten voor het samenbrengen van vraag en aanbod (zowel fysiek middels een bruggenbank als ook in de tijd).

6.3.6 Observaties en implicaties

Om hergebruik/circulair slopen van bruggen binnen RWS mogelijk geven experts de volgende mogelijke aanpassingen aan:

- *Structurele aanpassingen:*
Mogelijkheden voor hergebruik dienen al eerder in de processen van RWS meegenomen te worden. Het gaat met name om een cultuurverandering. Bij een brug staat veiligheid op één, maar duurzaamheid wordt steeds belangrijker. Bij aanvang van projecten dient direct gekeken te worden waar hergebruik mogelijk is. Daarnaast is een actievere houding van

RWS omtrent hergebruik benodigd. Als grootinkoper/-verbruiker heeft RWS heeft als organisatie een beter overzicht van vraag en aanbod dan de markt. Vaak is de fasering van bouw en verwijdering van objecten al meerdere jaren van tevoren bekend. RWS biedt nu vaak de ruimte voor hergebruik aan de markt, terwijl marktpartijen niet weten wat er beschikbaar komt. RWS kan projecten actiever op elkaar afstemmen (niet alleen binnen de eigen organisatie, maar ook in samenwerking met provincies en gemeenten) qua planningen en risico's zodat bruggen niet opgeslagen dienen te worden en de logistieke handelingen tot een minimum kunnen worden beperkt.

- *Eenmalige aanpassingen:*
 - Aanpassen van standaarden rondom sloop: hergebruik dient de standaard te worden en de noodzaak tot slopen moet door projectteams aangetoond worden middels een afkeurrapport in plaats van het omgekeerde (zoals op dit moment gebeurt).
 - Het loskoppelen van hergebruik-/sloopcontracten en nieuwbouwcontracten in aanbestedingen. Deze worden nu vrijwel altijd gekoppeld. Bij de Boogbrug Vianen is een uitzondering ontstaan, waardoor de mogelijkheid voor hergebruik zich aandiende. Hiermee gepaard gaan de budgetten voor sloop, want ook deze zitten van als kostenpost in een nieuw project verwerkt. Deze dienen losgekoppeld te worden om hergebruik te vergemakkelijken.
 - Aanpassen vergunbaarheid bestaande bruggen: de eisen aan nieuwe bruggen zijn hoog. Zodra een tweedehands brug op een nieuwe locatie wordt ingezet gelden de eisen die worden gesteld aan nieuwe bruggen. De betrouwbaarheid van een nieuwe brug zou geëvenaard moeten kunnen worden met een hergebruik brug. Dit zou middels een pilotproject getest kunnen worden. Een toegewijde afnemer van de tweedehands brug is essentieel om zo'n pilotproject te laten slagen.
 - Investeren in een overzicht van bruggen en componenten die buiten functie raken en bouwplannen voor nieuwe kunstwerken. Hiervoor dienen publieke en private GWW-partners zich te verenigen, zodat projecten op elkaar afgestemd kunnen worden, liefst ook zodat logistieke bewegingen geoptimaliseerd kunnen worden.
 - In uitvraag transparantie in de keten meenemen, zodat duidelijk wordt wat een aannemer met de 'gesloopte' materialen doet, of deze hergebruikt worden en zo ja, op welk niveau (direct hergebruik, hergebruik met waardevermindering, recycling).

De volgende leerpunten zijn ook toepasbaar op andere type kunstwerken:

- Opties rondom hergebruik van kunstwerken dienen zo vroeg mogelijk meegenomen te worden. Dit valt onder de verantwoordelijkheid van een portfolio manager in de verkenningfase, die het overzicht heeft over wat er de komende tijd wordt aangepakt. De opties tot hergebruik worden zodoende al verkend voordat het naar de projectteams gaat.
- Werken met afkeurrapporten om sloop van een kunstwerk aan te tonen in plaats van hergebruik mogelijkheden aan te tonen vanuit publieke zijde. Ook vanuit de markt is de vraag naar hergebruik van (onderdelen van) kunstwerken te stimuleren: er is een proactieve houding van technische adviseurs zelf nodig.
- Start met pilotprojecten. Pilotprojecten kunnen zorgen voor het wegnemen van scepsis.
- Het type materialen bepaalt deels de haalbaarheid van hergebruik, indien er laagwaardiger hergebruikt gaat worden op materiaalniveau. In andere typen kunstwerken zijn de meest gebruikte materialen anders dan bij de boogbrug Vianen. Viaducten bestaan bijvoorbeeld met name uit beton, wat een lagere restwaarde oplevert.

6.4 Casus – Dijkversterking Marken

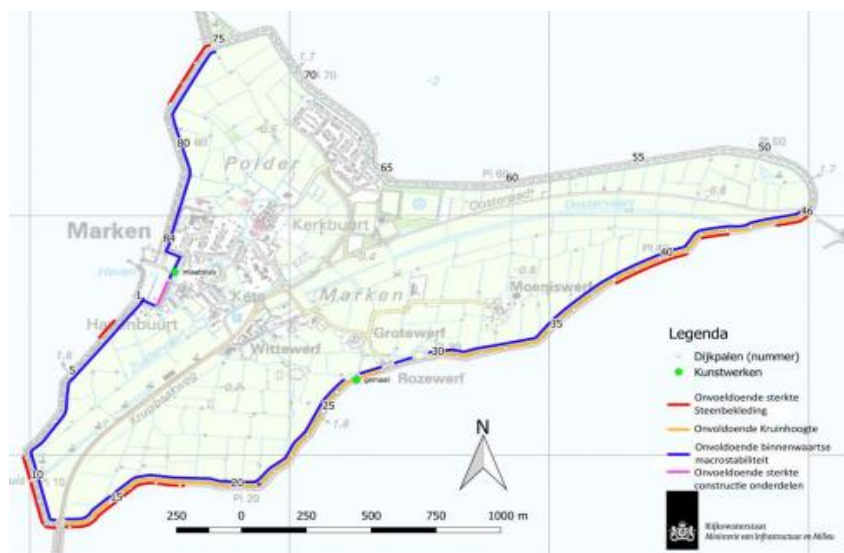
6.4.1 Aanleiding

De dijk van het voormalige eiland Marken voldoet niet meer aan de huidige veiligheidsnormen. In een artikel van het vakblad Land+Water vat de voormalige omgevingsmanager van Rijkswaterstaat voor dit project het probleem samen:

“Groten delen van de dijk op Marken hebben stabiliteitsproblemen; de kering is op een aantal plaatsen te laag en de kwaliteit van de steenbekleding is onvoldoende.”⁵⁰

Naast de opgave van het realiseren van een toekomstbestendige dijkversterkingsoplossing die ervoor moet zorgen dat Marken minimaal de komende 50 jaar veilig is, spelen in Marken nog andere doelen een belangrijke rol: ruimtelijke kwaliteit en de inpassing in het karakteristieke en cultuurhistorische beeld van het eiland zijn voor de bewoners van het eiland cruciaal. Want ook al telt Marken maar 1.797 inwoners, per jaar bezoeken zo'n 500.000 toeristen het eiland.⁵¹ Rijkswaterstaat vat de deze uitdagingen als volgt samen:

“Rijkswaterstaat heeft in de verkenningfase onderzocht welke oplossingsmogelijkheden en plannen geschikt en betaalbaar zijn om Marken te beschermen. Het verbeteren van de dijk rond Marken vraagt om een zorgvuldige afweging van aspecten zoals de hoogte en breedte van de dijk, de stabiliteit, het inpassen van speciale locaties en de impact op de omgeving. Uiteindelijk is het doel om een dijk te maken die de vereiste veiligheid biedt, die past bij het cultuurhistorische karakter, het landschap en de natuur van Marken, en die op voldoende steun van betrokkenen kan rekenen.”⁵²



Figuur 11 Scope Dijkversterking Marken⁵³

⁵⁰ A. Strens, W. Halter, R.J. Jonker, A. Hekman (2017). Duurzame dijkversterking Marken krijgt vorm. Land+Water nr. 10. Oktober 2017

⁵¹ Ibid.

⁵² Rijkswaterstaat (2018). Factsheet Dijkversterking Marken – Bescherming en veiligheid in de toekomst. Januari 2018

⁵³ SWECO (2017). Planuitwerking Dijkversterking Marken. Sessie Duurzaamheid. Powerpoint presentatie. 11. Oktober 2017

6.4.2 Nulalternatief

In de MIRT-verkenning⁵⁴ zijn een aantal alternatieven uitgewerkt en vergeleken. Onderscheidende factoren tussen deze alternatieven waren onder andere het toegelaten overslaggebied, de termijn van de implementatie en vooral ook de richting van de versterking – naar binnen, naar buiten of vierkant. Marken is in de loop der eeuwen na elke zware storm en bij elke dijkversterking een stuk kleiner geworden. Om te voorkomen dat deze dijkversterking het voormalige eiland weer zou laten krimpen is door de bewoners een duidelijke voorkeur aangegeven voor een buitenwaartse versterking. De buitenwaartse variant werd in juni 2016 dan ook als voorkeursalternatief vastgesteld. De dijkversterking kent op hoofdlijnen de volgende kenmerken:

- De dijk rond het hele eiland (5,5km) wordt naar buiten verplaatst.
- De dijk wordt steviger: hij wordt hoger en breder dan de huidige dijk (details nntb in de planuitwerkingsfase).
- De steenbekleding wordt vervangen.

Ook de ruimtelijke inpassing is een belangrijk uitgangspunt. De ruimtelijke en historische bijzonderheden en wensen maken de dijkversterking in Marken sowieso tot een 'niet-standaard' project. Het simpele verbreden en ophogen van de dijk heeft geen voorkeur – de buitenwaartse oplossing is daarom ook niet onderscheidend tussen de alternatieven.

Desalniettemin valt ook nog onderscheid te maken in een circulaire uitvoering en een meer traditionele uitvoering op het gebied van duurzaamheid en circulariteit. In het nulalternatief⁵⁵ wordt geen extra aandacht besteed aan circulariteit. Alleen waar het ook uit economische overwegingen voordelig is wordt een duurzame/ circulaire oplossing gekozen.

6.4.3 Circulair Projectalternatief

Circulariteit in het bijzonder en ook duurzaamheid in het algemeen zijn door de projectgroep als ambitie benoemd. Tegelijkertijd wordt de invulling hiervan op dit project beperkt door een aantal andere factoren:

- Duurzaam $\leftarrow \rightarrow$ ruimtegebruik
De meest circulaire oplossing zou zo min mogelijk grondverzet inhouden, zo min mogelijk nieuwe grondstoffen en hergebruik van alles op een zo hoog mogelijk niveau met volledig functiebehoud. Een verbreding van de dijk op de huidige locatie was waarschijnlijk op het gebied van circulariteit de meest optimale variant geweest. Maar dat was ten koste gegaan van ruimte op het eiland – hiervoor was geen draagvlak.
- Duurzaam $\leftarrow \rightarrow$ uitstraling
De inpassing in de ruimtelijke omgeving, het passen van de oplossing in de karakter en historie van het eiland en de algehele uitstraling zijn ook zeer bepalende factoren in dit project. Daardoor zijn ontwerpkeuzes beperkt en vallen mogelijk circulaire oplossingen af.
- Duurzaam $\leftarrow \rightarrow$ kosten
Ook kosten spelen een rol. Het volledig hergebruiken van de zware zetstenen uit basalt in dezelfde functie op de nieuwe dijk is geen oplossing die snel en gunstig te realiseren valt gezien de huidige wetgeving rondom arbeidsomstandigheden. Het zou de inzet van

⁵⁴ Samenvatting MIRT-Verkenning Dijkversterking Marken, definitief

⁵⁵ Het nulalternatief en circulaire alternatief zijn voor deze case studie gedefinieerd om verschillen in kaart te brengen tussen een 'standaard' aanpak en een circulaire aanpak. Het zijn geen varianten die in het project gehanteerd of gecommuniceerd worden.

vakmensen en veel tijd kosten om dit te realiseren. Daarom wordt deze optie als economisch niet haalbaar geacht.

- Duurzaam $\leftarrow \rightarrow$ kwaliteitsnormen
Sommige circulaire oplossingen kunnen ook onmogelijk blijken om kwaliteitsredenen. Het hergebruik van de volledige grond en klei van de oude dijk is nog te onderzoeken. Als de kwaliteit van de grond en klei tegenvalt en niet aan de huidige kwaliteitsnormen voldoet mag het niet worden hergebruikt.

Het project bevindt zich op dit moment in de planuitwerkingsfase. Er wordt onderzocht of maatregelen op een duurzamere, circulaire manier kunnen worden uitgevoerd. Dit is een verschil met het nulalternatief waarin geen extra tijd en inzet wordt besteed om dit uit te zoeken. Afhankelijk van de uitkomsten van deze studies worden mogelijk circulaire keuzes gemaakt in het ontwerp:

- Hergebruik grond van de bestaande dijk. Het hergebruik van klei wordt onderzocht: bij voorkeur als klei-afdichting, dan als teeltlaag en, als de kwaliteit niet voldoende is, als opvulling. Dit hergebruik zal ook uit economische oogpunten aantrekkelijk zijn en daarom niet onderscheidend zijn tussen het nulalternatief en het circulaire alternatief.
- Het meubilair en de bestrating op en om de dijk wordt mogelijk (deels) hergebruikt.
- De huidige zetsteen (basalt) wordt mogelijk hergebruikt als stortsteen.
- Er komen mogelijk eisen voor lagere CO₂-uitstoot in de productie van de nieuwe zetsteen.

De effecten van zowel de onderzoeken als ook de mogelijke circulaire oplossingen zijn beschreven in het volgende hoofdstuk.

6.4.4 Effecten

We onderscheiden 2 type effecten:

1. Effecten die zich voordoen door aanvullende activiteiten in de planuitwerkingsfase, zoals aanvullende onderzoeken in het kader van circulariteit (bijv. onderzoek hergebruik stortsteen en meubilair);
2. Effecten die zich mogelijk voordoen als gevolg van deze activiteiten in de planuitwerkingsfase en afhankelijk zijn van de uitkomsten van de aanvullende onderzoeken in het kader van circulariteit. Bijvoorbeeld: als het aanvullende onderzoek toont dat basalt kan worden hergebruikt als stortsteen, treden effecten op (besparing van grondstoffen, minder uitstoot). Als het onderzoek toont dat het niet kan/ mag, treden de effecten niet op. Deze effecten zijn in de tabel dan ook aangegeven als 'nog nader te bepalen' omdat de onderzoeken nog niet zijn afgerond en nog geen besluiten over het ontwerp zijn genomen.

Onderdeel	Effect ⁵⁶			Detail
	Geen	Ja	Nntb	
Vorbereiding				
Onderzoeken		x		Vergeleken met het nulalternatief waarin geen extra aandacht wordt besteed aan circulaire oplossingen wordt in het circulaire alternatief tijdens de planuitwerking tijd gestoken in het onderzoeken hiervan. Hiervoor is <u>additionele expertise</u> nodig in de vorm van experturen.

⁵⁶ Deze effectenanalyse op hoofdlijnen is opgesteld op basis van gesprekken met André Sluiter (projectmanager RWS) en Fokke van Zeijl (technisch expert RWS)

			<ul style="list-style-type: none"> - De onderzoeken in de planuitwerkingsfase kosten maximaal € 60.000, waarvan ca. € 50.000 aanvullend is voor het 'circulaire' onderzoek op meubilair, zetsteen en stortsteen. Ca. € 10.000 worden besteed aan het onderzoek naar de kwaliteit van klei dat ook in het nulalternatief moet worden uitgevoerd. <p>De 'circulaire' onderzoeken worden parallel uitgevoerd met andere nodige onderzoeken in de planuitwerkingsfase. Er is geen sprake van een vertragend effect.</p>
Aanbesteding		x	<p>Het projectteam beoogt het aspect duurzaamheid in de aanbesteding een plek te geven. Hier hoort ook circulariteit bij. In de planuitwerkingsfase wordt <u>extra tijd</u> besteed aan het bepalen en formuleren van eisen en wensen ten behoeve van de aanbestedingsdocumenten. EMVI-criteria (zoals punten voor korte transportafstanden, veel hergebruik) moeten worden bedacht en eisteksten moeten worden opgesteld.</p> <ul style="list-style-type: none"> - De inspanning hiervoor wordt geschat op maximaal 150 manuren of ca. € 15.000. - Als aannemers moeten aantonen op welk niveau zij staan van de CO₂-ladder zou het mogelijk extra inspanning kosten.
Realisatie - materiaal			
Zand	x		<p>Het is op dit moment nog niet bekend waar het zand vandaan wordt gehaald. Het is gebruikelijk dit in de realisatiefase over te laten aan de opdrachtnemer. Voor de aannemer is het economisch aantrekkelijk om zand en mogelijk aanvullend grond van een locatie zo dicht mogelijk bij het eiland vandaan te halen. Dit is dus geen onderscheidend punt tussen een 'standaard' variant of het nulalternatief en de 'circulaire' variant of het projectalternatief.</p>
Grond	x		<p>In de planvorming is bepaald dat de dijkversterking zoveel mogelijk met grond wordt gerealiseerd. Grond zal deels uit de oude dijk komen en deels uit ontgraving. Dit zal in beide alternatieven gelijk zijn.</p>
Klei	x		<p>De oude dijk bestaat grotendeels uit klei. Het hergebruiken van deze klei is niet alleen uit milieu-overwegingen aantrekkelijk maar zal ook tot kostenbesparingen leiden. Daarom gaan we ervan uit dat de klei ook in het nulalternatief zo veel mogelijk hergebruikt gaat worden. In een MKBA zal dit daarom geen verschil zijn tussen het nul- en circulaire alternatief.</p>
Stortsteen		x	<p>Normaal gesproken zal stortsteen door de aannemer worden aangevoerd (herkomst vaak: Noorwegen, Duitsland, België). De ambitie is om in de aanbesteding op te nemen dat de huidige zetsteen van de oude dijk (basalt en basalt) in ieder geval als funderingslaag wordt gebruikt, zie hieronder. Dit bespaart transportkosten en CO₂-uitstoot.</p> <p>Uitgaande van een huidige dijk lengte van ca. 4.000 m met basaltsteen zijn er 10.000 ton stortsteen beschikbaar. Dit komt</p>

				neer op een besparing van ca. €600.000 ⁵⁷ en een CO ₂ -besparing van ca. 500.000 kg ⁵⁸ .
Zetsteen		x	x	Het hergebruiken van de basaltstenen in hun huidige functie als zetstenen is maar zeer beperkt mogelijk. De stenen zijn zeer zwaar en mogen vanuit huidige regels rondom arbeidsomstandigheden niet meer op grote staal worden geplaatst (uitzondering: restauratiewerk op een aantal plekken). De ambitie is om het basalt wel her te gebruiken – weliswaar in een lagere functie, als stortsteen van de nieuwe dijk. In het nulalternatief zou het steen worden afgevoerd. De nieuwe zetstenen worden nog bepaald. Er zijn alternatieven uit beton of gebakken stenen. Waarschijnlijk wordt in de aanbesteding rekening gehouden met punten voor lage CO ₂ -uitstoot. ⁵⁹
Meubilair			x	Het wordt onderzocht of huidig meubilair kan worden hergebruikt. Een andere factor die de keuze voor hergebruik beïnvloedt is de uitstraling van het meubilair en het effect op de ruimtelijke kwaliteit.
Beheer en Onderhoud				
Beheer- en onderhoudskosten	x			Bij de aangegeven maatregelen (zetsteen, stortsteen, grond etc.) zal de invloed op het B&O zeer gering zijn.

Tabel 15 Kwalitatieve score effecten Dijkversterking Marken

6.4.5 Conclusies

De kosten en baten van het project Dijkversterking Marken zijn afhankelijk van de uitkomsten van een aantal onderzoeken die op dit moment nog worden uitgevoerd. Het maken van de onderzoekskosten zelf telt sowieso al mee als financiële kostenpost omdat deze studies normaalgesproken niet standaard worden uitgevoerd. Mogelijke baten zitten in het besparen van transportkosten- en uitstoot voor stenen en het meubilair. Het hergebruiken van de grond en klei van de dijk is weliswaar ook circulair – maar telt in deze (theoretische) studie niet mee als een extra baat omdat het zowel in het nul- als ook in het projectalternatief wordt overwogen.

6.4.6 Observaties en implicaties

De ambities voor dit project op het gebied van circulariteit zijn maar een sub-ambitie dat ingepast moet worden met vele andere ambities, waaronder ook de inpassing in het landschap, uitstraling en esthetiek en boven alles de veiligheid. Dit zal op de meeste projecten zo zijn en is een grote 'natuurlijke' limiterende factor in het circulaire werken.

⁵⁷ Gebaseerd op internet-research voor breuksteen uit basalt: ca. 1.500 euro / 25 ton (incl. levering binnen NL).

⁵⁸ Schatting. CO₂-footprint stortsteen: 50,4 kg CO₂-equivalent/ ton breuksteen gebaseerd op TNO-rapport 2016 R11155. CO₂-footprint breuksteen.

⁵⁹ Rijkswaterstaat heeft een innovatieprogramma voor duurzaam zetsteen. Het is geen standaardprogramma. Dit is daarom aanvullend.

7 Interne veranderingen RWS

7.1 Consequenties circulair werken voor de interne organisatie

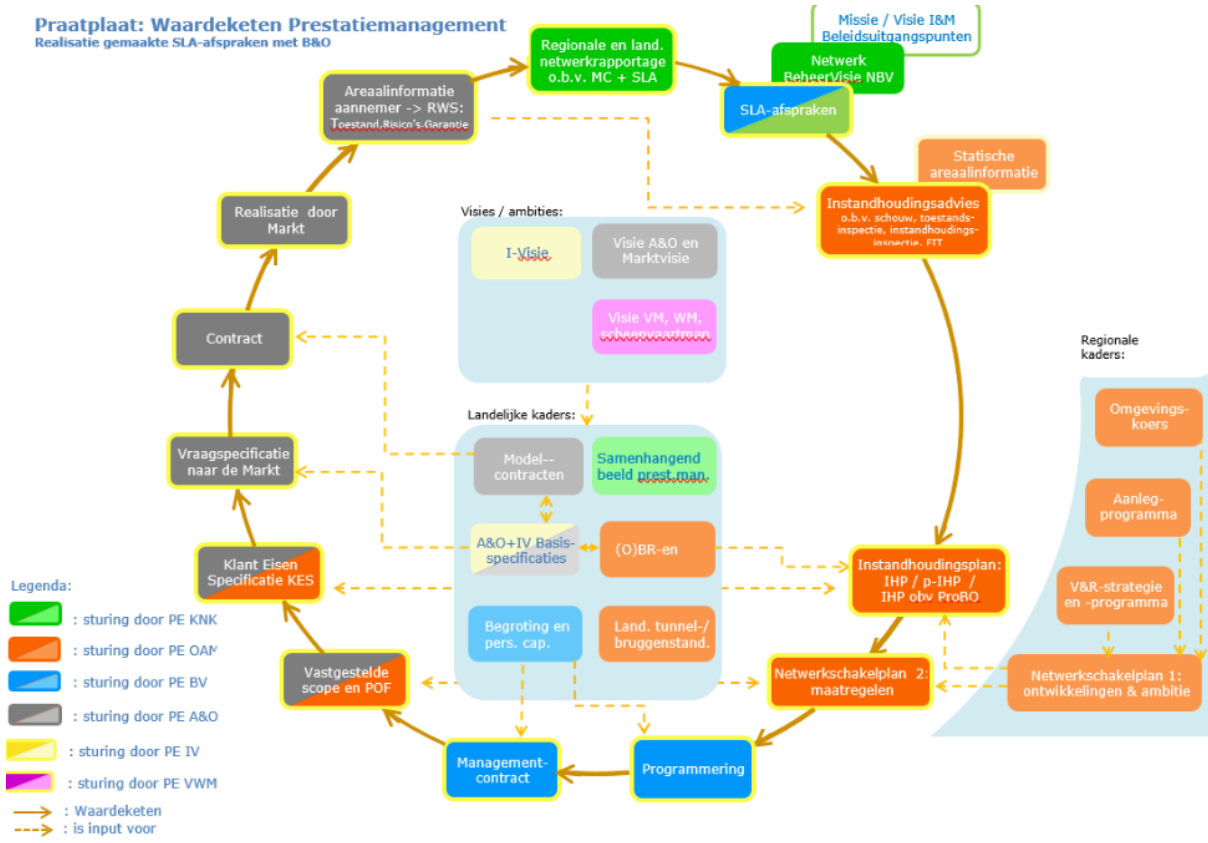
Naast impact op de uitvoering van projecten, heeft de circulaire economie ook effect op het interne (assetmanagement-) proces van RWS. Circulair werken zal immers niet uit zich zelf tot stand komen. Zo zal, naast de doelen beschikbaarheid, leefbaarheid, veiligheid en betaalbaarheid, ook op circulariteit gestuurd moeten worden. Maar zal er ook kennis en informatie op het gebied van de circulaire economie nodig zijn en is er een interne cultuuromslag nodig. Daar waar we in de voorgaande hoofdstukken in zijn gegaan op de circulaire projecten, gaan we in dit hoofdstuk in op de interne consequenties voor (het assetmanagementproces van) RWS. We richten ons daarbij vooral op de directe kosten van deze maatregelen. De mogelijke baten zijn lastig of niet te identificeren en kwantificeren. Dit komt omdat de maatregelen betrekking hebben op het hele takenpakket van RWS. De beoogde effecten doen zich voor op alle projecten in aanleg, beheer en onderhoud. In die zin kunnen de aanpassingen in het assetmanagement als randvoorwaardelijk worden gezien en zijn zij nodig om de potentiële maatschappelijke baten van circulair werken te realiseren. Net als bij de projecten gaan we na welke er verschillen er op treden tussen de huidige manier van werken (het nulalternatief) en circulair werken (het projectalternatief).

7.2 Assetmanagement in het nulalternatief ⁶⁰

Voor het uitvoeren van haar beheer- en onderhoudstaken en over verkeer- en watermanagement maakt RWS prestatieafspraken met het ministerie die zijn vastgelegd in een Service Level Agreement (SLA). Centraal hierin staan de prestatieafspraken over de drie hoofdnetwerken (hoofdwegennet, hoofdvaarwegennet en hoofdwatersysteem) waarvoor RWS verantwoordelijk is.

Het management van de te leveren output en outcome (de prestatieafspraken) regelt RWS door middel van prestatie management. Onderstaande figuur weerspiegelt de samenhang van producten die het assetmanagement handvaten geven om aan de afgesproken prestaties te kunnen voldoen.

⁶⁰ Van grondstoffenarchitectuur tot materialenpaspoort. Op weg naar circulariteit in het assetmanagementproces bij RWS, november 2017



Figuur 12 Waardeketen Prestatiemanagement

Product	Productomschrijving
Netwerkbeheervisie	De koers voor de lange termijn
Omgevingskoers	Ambities, accenten en RWS keuzes maakt voor het OAM. Deel A: Het hoe wat en waarom van de Omgevingskoers . Deel B: Uitwerking per regio-onderdeel.
Netwerkschakelplan deel 1	Een uitwerking van de omgevingskoers en netwerkbeheervisie naar de netwerkschakels naar ontwikkelingen, functie – en prestatie eisen en ambities.
Netwerkschakelplan deel 2	Kan worden gebruikt als basis voor de KES-eisen, als (deel-)specificatie in OG-ON trajecten en bij contacten met stakeholders.
Instandhoudingsplan	Plan voor een aantal objectcategorieën om (onderhouds)maatregelen, onderling te kunnen vergelijken.
Regionale Programmering	Het besluit en de onderbouwing voor beheers- en onderhoudsmaatregelen op regionaal niveau in afweging met vervanging-, renovatie- en aanlegmaatregelen.
Landelijke programmering	De Service Level Agreements van RWS met I&W, doorvertaald een totaal programma van alle regio's en uitvoeringsdiensten inclusief Landelijk Taken.
Managementcontract	Afspraken op het gebied van de meerjarige productieopgave en financiën, de te realiseren maatregelen voor procesverbeteringen en andere organisatie gerelateerde aspecten
Project Opdracht Formulering (POF)	De opdrachtbrief van de regio aan PPO/GPO voor het voorbereiden van de contracten en het begeleiden van de uitvoering.
Klant Eisen Specificaties (KES) (extern / intern)	Alle input en informatie (behoeften, randvoorwaarden en eisen) rondom de interne en externe klanteisen ten behoeve van de ontwikkeling van het project.
SSK-raming	Raming van investerings- én/of levensduurkosten (onderhoudskosten) van projecten.
Basisspecificaties	Kennisdocumenten die bedoeld zijn als hulpmiddel bij het opstellen van Systemespecificaties van een gangbaar, niet projectspecifiek, objecttype.
Kaders en richtlijnen	Vormen de randvoorwaarden voor het contract en de uitvoering.
Contract (realisatie project)	Overeenkomst voor het uitvoeren van de beheers- en onderhoudsmaatregelen

Tabel 16 Begrippen waardeketen Prestatiemanagement

7.3 Assetmanagement in het circulaire alternatief

Als RWS circulair gaat werken zijn er ook aanpassingen nodig in het interne (assetmanagement) proces. Op basis van een aantal gesprekken met medewerkers van RWS, onderscheiden we maatregelen op onderstaande 4 gebieden:

1. *Circulaire doelstellingen opnemen in waardeketen prestatie management.*

De basis van het assetmanagementproces is het service level agreement (SLA) oftewel de afspraken met het ministerie van I&M. In de SLA worden de drie onderdelen van assetmanagement (kosten, prestaties, risico's) nader gemonitord met behulp van prestatie indicatoren (PIN's). Als het ministerie van IenM en RWS daadwerkelijk circulair willen werken, moet circulariteit, net als beschikbaarheid en veiligheid opgenomen worden in de SLA.

Vervolgens moet het halen van de circulaire doelstellingen worden gefaciliteerd in de rest van de waardeketen. Dit betekent bijvoorbeeld dat bij de vaststellen van de budgetten ook rekening gehouden moet worden met mogelijk extra kosten voor de invulling van de circulaire doelen. Zo zullen wellicht de kengetallen in de objectbeheerregimes (OBR) (eenmalig) moeten worden aangepast/ aangevuld op basis van circulaire doelstellingen. Maar ook de vraagspecificatie en de gunningscriteria in de aanbesteding zullen moeten worden aangepast.

Om de circulaire ambities te vertalen naar de hele assetmanagementcirkel is naar verwachting circa 5 fte nodig voor periode van 2 – 4 jaar. Daarnaast zullen uiteraard ook verschillende medewerkers van RWS projectmatig bij deze ontwikkeling betrokken zijn. Deze laatste kosten nemen we op dit moment niet in de inschatting mee.

- 5 X 100.000 (salaris + werkgeverslasten + werkplek) = € 500.000 per jaar.

2. *Verzamelen en vastleggen van circulaire data*

Bij het verzamelen en vastleggen van circulaire data gaat het om het vastleggen van circulaire informatie over het areaal van RWS. Het vastleggen van deze data bestaat grofweg uit een materialenpaspoort van de afzonderlijke objecten en het opnemen van deze gegevens in het BIM-/ AIR-systeem van RWS. Het exacte detailniveau van de informatiebehoefte is nog onderwerp van nader onderzoek, maar het doel is om:

- Hergebruik van grondstoffen, producten van objecten te stimuleren door onzekerheid over de kwaliteit te verminderen.
- Hergebruik van grondstoffen, producten van objecten te stimuleren door vraag en aanbod van grondstoffen aan elkaar te koppelen. Hierbij gaat het om grondstofstromen op projectoverstijgend niveau binnen RWS, maar mogelijk ook daarbuiten.
- Informatie te vergaren over de mate waarin RWS grondstoffen, (onderdelen van) producten en objecten circulair toepast.

Om de circulaire data vast te leggen zijn de volgende inspanningen noodzakelijk:

- a. De marktpartijen zullen extra informatie moeten aanleveren. In een eerste verkenning van Witteveen+Bos wordt vastgesteld dat detailinformatie over grondstoffen en producten al in de keten aanwezig is, maar nog niet wordt aangeleverd. Daarnaast wordt op dit moment onderzocht welke aanpassingen nodig zijn in het BIM-systeem om aan te sluiten bij systemen zoals Madaster.

Gegeven de pilotfase van deze ontwikkeling is nog niet bekend welke kosten hier aan verbonden zijn. De verwachting is dat bij grootschalige uitrol de kosten beperkt zullen zijn omdat de informatie wel al (ergens in de keten) beschikbaar is, en de kans groot is dat de huidige wijze van vastleggen van data leidend wordt in de wijze waarop het materialenpaspoort voor RWS wordt vormgegeven.

- De kosten hiervan zijn nog onbekend
- b. RWS werkt op dit moment aan BIM /AIR2020. BIM staat voor Bouwwerk Informatie Management en AIR voor Areaal Informatie Rijkswaterstaat. In BIM/ AIR2020 wordt actuele areaal informatie opgeslagen en beschikbaar gemaakt om toe te passen. Uitgangspunt is dat het bestaande BIM-/ AIR-systeem wordt aangevuld met circulaire informatie en dat er geen nieuw parallel systeem wordt ontwikkeld. De huidige kosten van AIR2020 bedragen circa € 40 miljoen dit betreft het hele programma inclusief bijvoorbeeld het trainen van medewerkers in het gebruik. Grove inschatting is dat circa € 13 miljoen van dit bedrag bestemd is voor de ontwikkeling van ICT. Omdat nog niet duidelijk is wat exact de extra data is vanuit het materialenpaspoort en wat de informatiebehoefte is in het kader van circulair werken, is niet goed in te schatten wat de extra kosten zijn om het systeem aan te laten sluiten bij de circulaire ontwikkeling. Wel kunnen de benodigde aanpassingen aanzienlijk zijn en tot een behoorlijke kostenstijging leiden, omdat de circulaire informatiebehoefte tot nu toe nog niet is meegenomen in de aanpak. Denk hierbij bijvoorbeeld aan het opnemen van certificaten van oorsprong van grondstoffen, waarbij het niet alleen gaat om het opslaan van de certificaten maar om het opslaan van de in het certificaat aanwezige data. Wel gaat het hier vooral om eenmalige transitiekosten. Wanneer het systeem geschikt is gemaakt om de betreffende data op te slaan, zijn de kosten daarna aanzienlijk lager.
- De kosten hiervan zijn nog onbekend
- c. Wanneer RWS het materialenpaspoort breed wil toepassen zullen ook de bestaande objecten in kaart moeten worden gebracht. Omdat de kosten hiervan aanzienlijk zijn, zal ook hier gezocht worden naar aansluiting bij bestaande processen. Een mogelijkheid is bijvoorbeeld om bij de inspectie van bestaande objecten, ook het materialenpaspoort (deels) in te vullen.
- De kosten hiervan zijn nog onbekend
3. *Van circulaire data naar circulaire informatie*

Het vastleggen van data is een eerste stap. Een tweede stap is het 'omzetten' van data naar beslisinformatie. Hierbij gaat het dan bijvoorbeeld om het inzichtelijk maken van vraag en aanbod van verschillende soorten grondstoffen in een komende periode. Maar ook kan het gaan om invulling van de KPI's, bijvoorbeeld de mate waarin RWS erin slaagt om secundaire (gerecyclede) grondstoffen toe te passen en.

Een eerste grove inschatting is dat ca. 2 fte structureel nodig zijn om dergelijke analyses te maken

- Verwachte kosten 2 X 100.000 (salaris + werkgeverslasten + werkplek) = € 200.000 per jaar.

4. Circulaire kennisdeling en -ontwikkeling

Naast de beschikbaarheid van data moeten ook de medewerkers van RWS kennis ontwikkelen op het gebied van circulaire economie. Daarbij gaat het in meer algemene zin om het 'tussen de oren krijgen' van de circulaire doelstelling en het bewerkstelligen van een cultuuromslag, maar ook om het toepassen en verspreiden van specifieke circulaire kennis. Denk bijvoorbeeld aan delen van kennis ten aanzien van aangepaste standaarden en normen voor circulair asfalt of modulaire viaducten.

Naast een brede kennisontwikkeling bij medewerkers van RWS, wordt nu gedacht aan het inzetten van zogenaamde materialenmakelaars. Deze materialenmakelaars worden ingezet om de vraag naar grondstoffen in een specifiek project te koppelen aan het aanbod van deze grondstof elders binnen of buiten RWS. Ook kunnen deze makelaars een rol vervullen bij de planning van projecten. Zo is het bijvoorbeeld denkbaar dat projecten vanuit het perspectief van grondstoffen beter op elkaar aan kunnen worden gesloten waardoor de vrijkomende materialen van het ene project, met behoud van zo veel mogelijk waarde ingezet kunnen worden bij het andere project. Ook kunnen deze materialenmakelaars breder worden ingezet bij het realiseren van de eerder genoemde cultuuromslag. Bijvoorbeeld door het geven van workshops en kennissessies en het communiceren van informatie rondom circulair werken. De term materialenmakelaar dekt dan wellicht niet meer de lading, wellicht is circulair experts een betere benaming.

Een mogelijk interessante vergelijking op dit punt is de PPS-kennispool van RWS, die het doel had om kennis t.a.v. PPS-projecten te verspreiden. In totaal waren circa 20 fte's gedurende een periode van 5 jaar werkzaam vanuit de PPS-kennispool.

- Een eerste voorzichtige inschatting is dat, naast de bij punt 1 en 3 benoemde fte's, in totaal ca 6 circulaire experts/ materialenmakelaars (fte) nodig zijn, die RWS breed kunnen worden ingezet. 6 X 100.000 (salaris + werkgeverslasten + werkplek) = € 600.000 per jaar. Daarnaast zal een jaarlijks budget nodig zijn voor communicatie en ondersteuning bij trainingen. Een eerste voorzichtige schatting is dat het totale budget daarmee op € 1.000.000 komt.

7.4 Conclusies

Hoewel er nog geen duidelijk programma circulaire economie is, is op basis van enkele interviews met medewerkers van RWS wel een eerste beeld te schetsen van de interne kosten(factoren) die gemeoid zijn met de transitie naar circulair werken. In de volgende tabel staan de op dit moment verwachte kostenposten weergegeven:

Kostenfactor		Inschatting omvang	Frequentie
Verwerken circulariteit in assetmanagement		€ 500.000	Per jaar, voor een periode van 2 tot 5 jaar
Verzamelen en vastleggen circulaire data	Ontwerp en realisatie IT systeem	PM, nog onbekend	Eenmalige kosten

	Verzamelen data bij nieuwe projecten	PM, nog onbekend	Structurele kosten
	Verzamelen circulaire data bestaande projecten	Pm, nog onbekend	Jaarlijkse kosten gedurende een periode van 5 tot 10 jaar
Omzetten data naar circulaire informatie		€ 200.000	Per jaar, structureel
Ontwikkeling en delen van circulaire kennis		€ 1.000.000	Per jaar, gedurende een periode van 5 tot 10 jaar.

Tabel 17 Kostenfactoren intern RWS voor transitie naar circulair werken

BIJLAGE 1 Geraadpleegde experts ⁶¹

Werkgroep

- Evert Schut
- Bon Uijting

Overkoepelend

- Joep van der Meer
- Ralph Goes
- Machiel Crielaard
- Barbara van Offenbeek
- Jeroen Nagel
- Hella Manintveld
- Geert Bergsma (CE Delft)
- Marijn Bijleveld (CE Delft)

Bruggen:

- Dick Schaafsma
- Caroline den Besten
- Loes Arts
- Jaap van der Heide
- Baptiste Korff
- Mirjam Nelisse (TNO)

Viaduct:

- Gijsbert Verdonk
- Sander Kuipers
- Thies van der Wal (VBI)
- Kees Quartal (Spanbeton)
- Ernst Molen (Besix)

Dijkversterking Kleirijperij

- Wim Sterk
- Marcel Haaksma
- Martin Schepers (Waterschap Rivierenland)

Snelweg

- Rob Hofman
- Rob Treiture
- Rien Huurman (BAM)
- Ronald van Hulst (BAM)

Casus: Dijkversterking Marken

- André Sluiter
- Fokke van Zeijl

Casus: Sloop boogbrug Vianen

- Jaap Hoefman

Casus: BIM-Model Beatrixsluis

- Koen Verdonk (Heijmans)

Casus: Innova58

- Wim Leendertse
- Stan Kerkhofs
- Otto Schepers (Witteveen+Bos)

⁶¹ Experts zijn medewerkers RWS, tenzij expliciet anders is vermeld.

BIJLAGE 2 Berekeningen modelproject snelweg

SCENARIO 2 - HOOGWAARDIGE RECYCLING

Kosten	€	6,80																													
Verjoning rijstrook rechts	€	132.000	€ / m'																												
Top + onderlaag rijstrook baanbreed	€	253.000	€ / m'																												
Indirecte kostenfactor		2	factor																												
Hoeeelheden																															
Hoeeelheid jaar 13		0,22	ton / m'																												
Hoeeelheid jaar 26		1	ton / m'																												
Totaal per strekkende meter		1,220	ton / m'																												
Totaal per strekkende meter		1,220	ton																												
Hoeeelheid t.o.v. referentie		-80%	%																												
Totaal		54.400	#	jr. 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26		
Verjoning toplaag rechts kosten	€	54.400	#				13.600					13.600								13.600					13.600						
Top + onder kosten	€	264.000	#													264.000															
Top + onder+ stab kosten	€	506.000	#																												
Totaal		824.400					13.600					13.600				264.000									13.600				506.000		
Verjoning toplaag rechts kosten	NCW	42.263					12.564					11.380									9.522					8.797					
Top + onder kosten	NCW	204.081														204.081															
Top + onder+ stab kosten	NCW	302.375																													
Totaal - hoogwaardig recycling	NCW	548.719					12.564					11.380				204.081					9.522				8.797			302.375			

SCENARIO 3 - VERJONGING ONDERLAAG

Kosten	€	6,80	€ / m'																												
Verjoning rijstrook rechts	€	110.000	€ / m'																												
Toplaag baanbreed	€	7.000	€ / m'																												
Verjoning onderlaag baanbreed	€	253.000	€ / m'																												
Top + onder + stab baanbreed	€	253.000	€ / m'																												
Indirecte kostenfactor		2	factor																												
Hoeeelheden																															
Hoeeelheid jaar 13		0,08	ton / m'																												
Hoeeelheid jaar 26		1,08	ton / m'																												
Totaal per strekkende meter		1,080	ton																												
Hoeeelheid t.o.v. referentie		-82%	%																												
Totaal		54.400	#	jr. 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26		
Verjoning toplaag rechts kosten	€	54.400	#				13.600					13.600									13.600					13.600					
Toplaag baanbreed kosten	€	220.000	#													220.000															
Verjoning onderlaag baanbreed	€	14.000	#													14.000															
Top + onder+ stab kosten	€	506.000	#																												
Totaal	€	794.400					13.600					13.600				234.000					13.600				13.600				506.000		
Verjoning toplaag rechts kosten	NCW	42.263					12.564					11.380									9.522					8.797					
Toplaag baanbreed kosten	NCW	170.067														170.067															
Verjoning onderlaag baanbreed	NCW	10.822														10.822															
Top + onder+ stab kosten	NCW	302.375																													
Totaal - Verjoning onderlaag	NCW	525.528					12.564					11.380				180.890					9.522				8.797			302.375			