



Door I, China Crisis, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3154858>

Prinses Marijkesluis

Duurzaamheidonderzoek materiaal(her)gebruik

Rijkswaterstaat

19 december 2017

Project Prinses Marijkesluis
Opdrachtgever Rijkswaterstaat

Document Duurzaamheidonderzoek materiaal(her)gebruik
Status Concept 01
Datum 19 december 2017
Referentie 104139/17-019.323

Projectcode 104139
Projectleider ir. R. Dijcker
Projectdirecteur ing. M. Kraneveld

Auteur(s) ing. B.J.G.. Hendrickx, ing. E. Schulte Fishedick MSc, ing. D. Everling,
mw. P.L. Hoogenvorst MSc
Gecontroleerd door ir. R. Dijcker
Goedgekeurd door ir. R. Dijcker

Paraaf



Adres Witteveen+Bos Raadgevende ingenieurs B.V.
Van Twickelostraat 2
Postbus 233
7400 AE Deventer
+31 (0)570 69 79 11
www.witteveenbos.com
KvK 38020751

Het kwaliteitsmanagementsysteem van Witteveen+Bos is gecertificeerd op basis van ISO 9001.

© Witteveen+Bos

Niets uit dit document mag worden veeelvoudigd en/of openbaar gemaakt in enige vorm zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Witteveen+Bos noch mag het zonder dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd, behoudens schriftelijk anders overeengekomen. Witteveen+Bos aanvaardt geen aansprakelijkheid voor enigerlei schade die voortvloeit uit of verband houdt met het wijzigen van de inhoud van het door Witteveen+Bos geleverde document.

INHOUDSOPGAVE

1	INLEIDING	6
1.1	Achtergrond	6
1.2	Hoogwaardig hergebruik	6
1.3	De doelstelling van het project	7
1.4	Onderzoekshypothesen	7
1.5	Uitgangspunten	7
1.6	Leeswijzer	8
2	METHODE	9
2.1	Diverse disciplines	9
2.2	Inventarisatie beschikbare informatie	9
2.3	Visuele inspectie en decompositie	10
2.4	Bepaling huidige staat en circulaire mogelijkheden	10
2.5	Uitwerking varianten	10
2.6	Indicatieve bepaling van de duurzaamheidwinst en kosten	11
3	INVENTARISATIE VAN CIRCULAIRE MOGELIJKHEDEN	12
3.1	Beschrijving van de sluis op hoofdlijnen	12
3.1.1	Historische informatie	12
3.2	Onderhouds- en renovatieopgave	13
3.3	Decompositie en conditiemeting op basis van NEN2767-1	13
3.3.1	Decompositie	13
3.3.2	Conditie	14
3.4	Inschatting mogelijkheden circulaire varianten	16
4	BESCHRIJVING VARIANTEN	18
4.1	De varianten in vogelvlucht	18
4.1.1	Circulaire varianten	19
4.1.2	Specials	20
4.2	Variant 0 - conventioneel onderhoud en renovatie	21

4.3	Variant 1: hergebruik van vrijkomende materialen	21
4.4	Variant 2: levensduurverlenging	22
4.5	Specials en overige circulaire varianten	22
5	INDICATIEVE BEPALING VAN DUURZAAMHEIDWINST EN KOSTEN	23
5.1	Toelichting bepaling baten varianten	23
5.2	Variant 0: weergaven van kosten en uitgangspunten	25
5.3	Variant 1: hergebruik vrijkomende materialen	25
5.4	Variant 2: levensduurverlenging	28
	5.4.1 Bepaling winst levensduurverlenging in totaal	28
	5.4.2 Beschouwing type conservering volledige renovatie van deuren en taatsen	30
5.5	Specials: standaardisatiemogelijkheden en product as a service	31
	5.5.1 Installaties	32
	5.5.2 Ruimte reserveringen	33
5.6	Overige specials	33
	5.6.1 Vervangen onderwaterpomp	33
	5.6.2 Herstellen/herontwerpen HWA	34
	5.6.3 Niet vervangen van voegovergangen	34
	5.6.4 Materiaalkeuze kabeldraagconstructie en levensduuroptimalisatie	34
6	LEERERVARINGEN	36
6.1	Informatievergaring ten behoeve van de inventarisatie naar de mogelijkheden van	36
6.2	hergebruik	36
6.3	Waardebehoud door levensduurverlenging	37
6.4	Materiaalinzet afstemmen op (rest)levensduur gehele object	38
6.5	Bepaling van duurzaamheidwinst en kosten van varianten	38
6.6	Standaardisatie en product as a service	38
7	CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN	40
7.1	Conclusies	40
7.2	Hypothesen	40
	7.2.1 Visuele inspectie geeft snel inzicht in kansen	40
	7.2.2 Te vroeg sprake van vervanging van onderdelen omdat baten van	40
	7.2.3 levensduurverlenging onduidelijk zijn	40
	7.2.4 Raakvlak voorgeschreven levensduur onderdelen en restlevensduur gehele	41
	object	41
	7.2.5 biedt kansen voor circulariteit	41
	7.2.6 Standaardisatie biedt kansen voor sluizen binnen Multiwaterwerken	41
7.3	Aanbevelingen	41

Laatste pagina

42

Bijlage(n)

Aantal pagina's

I	Visuele Inspectie	28
II	Nadere specificatie Scope	5
III	Rekensheets bepaling kosten en CO2-reductie	3

1

INLEIDING

1.1 Achtergrond

De Prinses Marijkesluis heeft groot onderhoud nodig. Rijkswaterstaat is onlangs gestart met de planuitwerking voor de uitvoering van de onderhoud- en renovatiewerkzaamheden. Als onderdeel van deze voorbereiding wil Rijkswaterstaat graag inzicht of er mogelijkheden zijn voor het toepassen van circulaire principes binnen de gedefinieerde onderhoud- en renovatieopgave, en welke duurzaamheidswinst dit kan opleveren. Zijn er bijvoorbeeld vrijkomende materialen die hoogwaardig kunnen worden hergebruikt als product (1 op 1) in een andere sluis? Of kan met een circulaire aanpak, zoals bijvoorbeeld levensduurverlenging door renovatie of conservering van de onderdelen, een duurzaamheidswinst opleveren? En liggen er kansen voor circulaire toepassingen door standaardisatie of andere wijze van aanbesteden in kader van een programmatische aanpak van sluisen.

Rijkswaterstaat werkt binnen het programma MultiWaterWerk (MMW) aan standaardisatie van vervanging van sluisen, omdat voor 52 van de 137 sluisen die Rijkswaterstaat in beheer heeft een vervangingsopgave kent voor 2040 (zie tekstkader). Prinses Marijkesluis is de eerste sluis die daadwerkelijk wordt aangepakt. Dit duurzaamheidsonderzoek heeft dan ook een breder doel, namelijk om leerervaringen op te doen voor het toepassen van circulaire principes binnen het programma MMW.

MultiWaterWerk

Van de 137 sluisen die Rijkswaterstaat in beheer heeft, zijn er 52 vóór 2040 aan vervanging toe. Het programma MultiWaterWerk (MWW) gebruikt 'standaardisatie bij sluisen' deze vervangingsopgave zo efficiënt mogelijk aan te pakken. Belangrijke reden voor de start van MWW is dat sluisbeheerders in de loop der jaren te maken hebben gekregen met steeds meer verschillende oplossingen voor dezelfde problemen. De noodzakelijke specialistische, lokale kennis en unieke reserveonderdelen komen het beheer, de beheersbaarheid en de beschikbaarheid van de sluis niet ten goede. MWW streeft er daarom naar om een standaard basisontwerp van een waterkunstwerk te maken dat op meerdere locaties in Nederland kan worden ingepast. Dit levert lagere life cycle costs op en een betere voorspelbaarheid in bouwkosten en -tijd. Bovendien neemt de beschikbaarheid en betrouwbaarheid van sluisen toe. (bron: <https://www.magazinesrijkswaterstaat.nl/zakelijkeninnovatie/2015/01/mww>)

1.2 Hoogwaardig hergebruik

Bij een traditionele renovatie van de sluis zal naar verwachting vrijkomende materialen hergebruikt worden als secundaire grondstoffen (bijvoorbeeld puingranulaat), waarmee deze uit de productenketen verdwijnen. Bij hergebruik als product treedt in principe geen waardeverlies op, en wordt tegelijkertijd voorkomen dat nieuwe (primaire) grondstoffen moeten gewonnen worden om nieuwe producten te maken. De centrale vraag in dit project is op welke wijze het onderhoud uitgevoerd kan worden, zodat bouwelementen of materiaal van de sluis elders hergebruikt kunnen worden, om zo een bijdrage te leveren aan de ambitie en doelstellingen uit het Rijksbrede Programma Circulaire Economie (zie tekstkader). Dit onderzoek maakt onderdeel uit van reeks onderzoeken, producten en diensten die door Rijkswaterstaat worden ontwikkeld in kader van het Impulsprogramma Circulaire Economie (2017-2020).

Rijksbrede Programma Circulaire Economie & Rijkswaterstaat

In september 2016 heeft het Rijk in een beleidsbrief het Rijksbrede programma Circulaire Economie gelanceerd. De ambitie van het kabinet is om samen met maatschappelijke partners in 2030 een (tussen)doelstelling te realiseren van 50 % minder gebruik van primaire grondstoffen (mineraal, fossiel en metalen) en om in 2050 100 % hernieuwbare (gerecycleerde en biobased) materialen toe te passen. Rijkswaterstaat heeft zelf de doelstelling om in 2030 50 % minder grondstoffen te verbruiken en circulair te werken. Dit betekent dat in 2030 alle processen en werkwijzen zo zijn ingericht dat optimaal circulair wordt gewerkt.

1.3 De doelstelling van het project

Het doel van het onderzoek is het uitvoeren van een kwalitatieve verkenning naar mogelijke varianten voor hoogwaardig(er)e materiaal(her)gebruik binnen de onderhoud- en renovatieopgaven van de Prinses Marijkesluis, en een globale beoordeling van de duurzaamheidwinst hiervan.

De uitkomsten van dit onderzoek kunnen gebruikt worden als:

- input voor de scope van het onderhoud, en aanbesteding hiervan;
- lessen trekken uit deze leerervaring voor een bredere toepassing binnen het programma MultiWaterWerk, en het Rijksbrede Programma Circulaire Economie.

1.4 Onderzoekshypothesen

Aan het onderzoek en de daarbij gehanteerde onderzoeksmethoden liggen een aantal aannames ten grondslag. Deze zijn vertaald naar enkele concrete onderzoekshypothesen¹:

- 1 de visuele inspectie met in het achterhoofd de principes van circulaire economie, in combinatie met eerdere inspectierapporten, leidt tot snel inzicht in circulaire kansen;
- 2 bij renovatie- en onderhoudsopgaven aan assets wordt soms te vroeg overgegaan op het vervangen van onderdelen, omdat de baten van levensduurverlenging niet duidelijk zijn gekwantificeerd;
- 3 het afstemmen van (standaard) levensduureisen van onderdelen op de restlevensduur van de gehele asset biedt kansen voor circulair beheer en onderhoud;
- 4 standaardisatie van de renovatieopgave van sluizen binnen MultiWaterWerk levert kansen op voor circulaire economie.

1.5 Uitgangspunten

Het onderzoek bestaat uit een kwalitatieve verkenning van kansen voor toepassen van principes van circulaire economie, waarbij indien mogelijk getracht is om een kwantitatieve onderbouwing te geven met behulp van kentallen en expert judgement. Voor het onderzoek zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- de onderzoeksresultaten van een onderzoek naar de technische staat en kansen voor verduurzaming vanuit energie-oogpunt van de sluis, die in een parallel traject worden uitgevoerd, zijn niet beschikbaar voor onderhavig onderzoek;
- het onderzoek is uitgevoerd op basis van door Rijkswaterstaat ter beschikking gestelde informatie. Indien er geen concrete informatie beschikbaar was over de toegepaste materialen, is op basis van expert judgement een inschatting gemaakt van deze materialen;
- de duurzaamheidwinst en kostenbesparing zijn geschat op basis van generieke kentallen en expert judgement.

¹ Een aantal termen die gebruikt worden in de hypothesen, wordt nader toegelicht in hoofdstuk 2 (methode).

1.6 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt de methode toegelicht die gebruikt is voor dit onderzoek. In hoofdstuk 3 is de inventarisatie van kansen en belemmeringen van hergebruik beschreven. In hoofdstuk 4 zijn de varianten beschreven en in hoofdstuk 5 is de duurzaamheidwinst en zijn de kosten van de varianten berekend en vergeleken. De leerervaringen van het onderzoek zijn beschreven in hoofdstuk 6. Tot slot, zijn in hoofdstuk 7 de conclusies en aanbevelingen opgenomen.

2

METHODE

Wij hebben vijf stappen toegepast om kansrijke varianten voor hergebruik te bepalen, en de duurzaamheidwinst en kostenbesparing hiervan. Deze staan hieronder beknopt samengevat:

- 1 inventarisatie van beschikbare informatie;
- 2 visuele inspectie en decompositie van het benodigde onderhoud van de sluis in verschillende deelelementen;
- 3 bepalen van de huidige staat van de sluis en de hergebruiksmogelijkheden;
- 4 selectie en uitwerking van 'circulaire' varianten;
- 5 indicatieve inschatting van de duurzaamheidwinst en kosten van de 'circulaire' varianten.

2.1 Diverse disciplines

Voor dit onderzoek is gebruik gemaakt van kennis en ervaring van verschillende vakdisciplines:

- asset managers zijn ingezet om de renovatie- en onderhoudsopgave nader te specificeren en de restlevensduur van elementen te bepalen;
- constructeurs met kennis van beton- en staalconstructies, zijn ingezet om de technische hergebruiksmogelijkheden van de vrijkomende elementen te bepalen;
- kostenmanagers zijn ingezet om de financiële baten van de hergebruikvarianten te bepalen;
- adviseur Smart Infra Systems voor advies op gebied van E-installaties en V&R-installaties;
- adviseurs Circulaire Economie zijn ingezet om hergebruiksmogelijkheden te bepalen en varianten te vergelijken, om de duurzaamheidwinst te berekenen.

Kruisbestuiving

De kruisbestuiving tussen verschillende disciplines is belangrijk voor het vaststellen van verschillende varianten. Om snelheid in het proces te houden en de kwaliteit van de varianten te garanderen, is een keuze gemaakt in een combinatie van gemeenschappelijke overleggen en individuele activiteiten. De verschillende disciplines vanuit Witteveen+Bos zijn voornamelijk individueel ingezet op hun eigen kennisgebied. De coördinatie van de inzet lag bij de adviseurs Circulaire Economie, die zo gestuurd hebben op het verzamelen van kennis om de varianten te vergelijken. Bij het vaststellen van de varianten was veel kennis nodig vanuit verschillende disciplines; deze zijn dan ook vormgegeven naar aanleiding van een cross-disciplinair overleg en een gezamenlijke brainstorm.

Het overleg tussen de opdrachtgever en opdrachtnemer heeft plaatsgevonden gedurende het startoverleg en de eindbespreking. Er zijn geen formele overlegmomenten gehouden om een snelle doorloop te garanderen.

2.2 Inventarisatie beschikbare informatie

Om doelgericht te werk te kunnen gaan is tijdens het startoverleg met direct betrokkenen van Rijkswaterstaat een brainstorm gehouden over de kansen en belemmeringen voor hergebruik van de sluis als gevolg van de renovatie- en onderhoudsopgave. Hierbij is nagegaan welke relevante informatie over de sluis beschikbaar is en welke zaken reeds eerder zijn onderzocht. Er zijn bijvoorbeeld eerdere

inspectierapporten beschikbaar uit 2015 en een concept scope voor renovatie- en beheeropgave beschikbaar. Door Rijkswaterstaat is de volgende informatie beschikbaar gesteld:

- projectplan van het voorziene renovatie en onderhoud, waarin de voorziene opgave op hoofdlijnen is beschreven;
- inspectierapporten van de sluis uit het jaar 2015;
- tekeningen van de sluis¹.

Op basis van de verstrekte informatie zijn de basiskenmerken van de sluis en haar omgeving verworven.

2.3 Visuele inspectie en decompositie

De decompositie en conditie van de sluis is bepaald tijdens een visuele inspectie. De inspectie is uitgevoerd door senior inspecteur de heer J. ten Thije (Witteveen+Bos), die gespecialiseerd is in staal- en betonconstructies. De inspectie is te voet uitgevoerd, zonder het verdere gebruik van hulpmiddelen.

Voor het maken van de decompositie van de sluis is aangesloten bij de principes van de NEN2767-1, maar er is geen formele toetsing uitgevoerd volgens de NEN2767-1. Deze norm biedt een onafhankelijk toetsmiddel voor het bepalen van de technische conditie van de gebouwde omgeving (gebouwen en infrastructuur). Deze conditiemeting is een soort 'checklist' waarmee de technische staat van een gebouw of infrastructureel bouwdeel kan worden gescoord. In de norm is ook de decompositie methode vastgelegd. Deze decompositie methode is gebruikt voor de structurering van de visuele inspectie en de rapportage hiervan. De conditiemeting is niet gescoord door de inspecteur. Ter voorbereiding op de inspectie zijn voorgaande inspectierapporten geraadpleegd.

2.4 Bepaling huidige staat en circulaire mogelijkheden

Tijdens de schouw is een inschatting gemaakt van de mogelijkheden voor hergebruik van de diverse vrijkomende delen van de sluis (elementen of materialen) en dit is vastgelegd in een inspectierapport. Vervolgens zijn de resultaten van de eigen visuele inspectie vergeleken met de uitgebreide inspectierapporten uit 2015. Tijdens deze vergelijking is met alle specialisten en experts een brainstormsessie georganiseerd om gezamenlijk de mogelijke varianten te bepalen. Deze mogelijkheden zijn geschat op basis van expert judgement. In deze brainstormsessie is naar voren gekomen dat enkele onderdelen van het onderhoud niet interessant zijn vanuit circulair oogpunt. Daarnaast zijn 'specials' naar voren gekomen, waarbij niet onderzocht is of hergebruik mogelijk is omdat dit niet reëel en/of wenselijk is gezien het specifieke onderdeel (bijv. oude computers/bestuurkasten), maar waar mogelijk wel winsten behaald kunnen te worden vanuit standaardisatie. Tot slot, zijn er circulaire varianten naar voren gekomen waarvan in het vervolg van dit onderzoek de duurzaamheidwinst is ingeschat. De specials zijn ook verder verrekend, maar zonder een inschatting van de duurzaamheidwinst. De resultaten van de brainstorm en de scope zijn beschreven in hoofdstuk 3 en 4.

2.5 Uitwerking varianten

Er zijn, afhankelijk van de onderhoudsopgave per onderdeel, maximaal drie varianten uitgewerkt. Deze drie varianten zijn vergeleken met conventionele renovatie en onderhoud van de sluis. De volgende varianten zijn onderzocht (afhankelijk van de mogelijkheden van een onderdeel van de sluis zijn in aantal gevallen er niet drie, maar twee uitgewerkt):

- 1 referentie: conventionele renovatie en onderhoud, hierbij is beschreven hoe deze is geïnterpreteerd;

¹ Er is vertraging opgetreden in de aanleveringen van de tekeningen, waardoor de tekeningen helaas niet meer gebruikt konden worden. Er is daarom besloten de massa van onderdelen t.b.v. de massabalans in te schatten op basis van expert judgement en de visuele inspectie.

- 2 referentie variant + winsten bij 1:1 hergebruik: indien mogelijk 1:1 hergebruik van de vrijkomende materialen bij de renovatie en het onderhoud;
- 3 levensduurverlenging: in plaats van onderdelen te vervangen is onderzocht wat de baten zijn van levensduurverlenging. In enkele gevallen is onderzocht wat de keuze is van een ander type conservering, indien conserveren de referentie variant is.

De basis van deze varianten is uitgewerkt in een interne brainstormsessie waarbij verschillende disciplines aanwezig zijn geweest (zoals beschreven paragraaf 2.3). Na de brainstorm zijn de varianten verder uitgewerkt, waarbij op specifieke onderdelen input van verschillende disciplines is gebruikt. De verschillende varianten zijn beschreven in hoofdstuk 4.

2.6 Indicatieve bepaling van de duurzaamheidwinst en kosten

Voor het bepalen van de duurzaamheidwinst en kosten is als eerste bepaald welke activiteiten van de hergebruikvarianten daadwerkelijk verschillen van de referentiesituatie. Dit betekent dat niet de totale milieu-impact (uitgedrukt in CO₂-emissie) en de totale kosten van de circulaire varianten zijn berekend, maar alleen van activiteiten die significant verschillen van het referentievariant. Hiermee wordt een indicatie verkregen of hergebruik leidt tot milieuwinst en kostenbesparing ten opzicht van de conventionele renovatie en onderhoud, en dus of deze varianten kansrijk zijn en de moeite waard zijn om nader te onderzoeken.

Voor het bepalen van de duurzaamheidwinst en kosten van de hergebruikvarianten is uitgegaan van de volgende algemene uitgangspunten:

- met hergebruik van een materiaal of constructie wordt voorkomen dat hetzelfde materiaal of constructie nieuw gemaakt moet worden van dezelfde materialen;
- de uiteindelijke bestemming van de recyclede materialen (nul-varianten) ten opzichte van de bestemming in het hergebruikvariant is in principe onbekend en is daarom per definitie niet exact te bepalen;
- transport van vrijkomende materialen is niet beschouwd in dit onderzoek, op basis van het duurzaamheidsonderzoek boogbrug Vianen is namelijk gebleken dat transport in kader van hergebruik, en hierbij vrijkomende CO₂-emissie, vaak in ordegrootte vergelijkbaar is met het transport in kader van de conventionele afvoer en recycling van materialen, en hierdoor niet onderscheidend zijn.

Wij hebben gekozen om voor de bepaling van de milieu-impact de CO₂-emissie als indicator te gebruiken. CO₂-emissie is een gangbare milieu-indicator met veel bekende, direct toepasbare kentallen en is daarom geschikt voor een eerste indicatie van de milieuwinst van de verschillende varianten. Hierbij wordt wel opgemerkt dat CO₂-emissie een eenzijdige beeld geeft van de milieu-impact. Een bredere en integrale beoordeling van milieu-impact kan worden gedaan door berekening van MKI (DuboCalc) en LCA. Voor de globale inschatting van kosten en eventuele baten (vanuit hergebruik optiek) is gebruik gemaakt van bij Witteveen+Bos beschikbare kosten kentallen van vergelijkbare projecten.

Voor de globale kosteninschatting en voor de duurzaamheidscores is inzicht nodig in de massabalans per variant. Hiervoor zijn globale schattingen gemaakt van de toegepaste materialen en per variant de hoeveelheden die in aanmerking komen voor product- of materiaalhergebruik.

3

INVENTARISATIE VAN CIRCULAIRE MOGELIJKHEDEN

3.1 Beschrijving van de sluis op hoofdlijnen

3.1.1 Historische informatie

De Prinses Marijkesluizen is een sluisencomplex dat bestaat uit twee schutkolken. Het is gelegen in het Amsterdam-Rijnkanaal bij Rijswijk. De sluis is in 1939 gebouwd. In 1978 is direct naast het complex een keersluis gerealiseerd. De keersluis zelf bestaat uit een stalen constructie van circa 80 meter breed, die tussen twee betonnen heftorens is geplaatst. Naast het complex is ook een gemaal gelegen. Bij een waterpeil boven de 5,55 meter +NAP wordt de keersluis gesloten en wordt de schutsluis bediend voor het scheepsverkeer. Uitgangspunt is dat op basis hiervan de schutsluis circa 2 weken per jaar wordt ingezet. Echter de laatste keer dat de sluis daadwerkelijk een schip heeft moeten schutten was in 2013¹.

Afbeelding 3.1 Prinses Marijkesluis (2 kolken links, rechts keerschijf)²



¹ Aangegeven door de beheerder van de sluis tijdens het startoverleg van voorliggend duurzaamheidsonderzoek.

² Bron: <http://www.panoramio.com/photo/27998259>; op oktober 19, 2009 ingezonden © Alle rechten voorbehouden door Wiep Keikes

3.2 Onderhouds- en renovatieopgave

Rijkswaterstaat heeft reeds een projectplan op hoofdlijnen opgesteld waarin een scope voor de onderhouds- en renovatieopgave aan de Marijkesluis is beschreven. Deze scope is het uitgangspunt geweest voor dit onderzoek en voor de uitgevoerde visuele inspectie. Alle genoemde onderdelen van deze scope zijn geïnspecteerd. Onderstaand is de onderhouds- en renovatieopgave weergegeven.

Afbeelding 3.2 Uitsnede scope projectplan RWS

4.1.1 Spoor 1: V&R-deel (GVKA)

Renovatie E&W-deel Oostelijke en Westelijke sluis en kabelgoot onder bruggen:

- Compleet vervangen van het verouderde aandrijvingssysteem (Werktuigbouw-deel);
- Compleet vervangen van het E-deel, alle bekabeling inclusief lichtmasten van OV;
- Vervangen kabeldraagconstructie / bekabeling (voeding complex) onder de bruggen;
- Compleet vervangen van het besturingssysteem (incl. software), oude relais-systeem vervangen voor nieuw PLC-aansturing;

4.1.2 Spoor 2: Civiel en E&W onderhoudsdeel (BLS), zoals geprogrammeerd en toegekend in RUPS

Renovatie civiel en E&W deel gehele complex:

- Onderzoeken / vaststellen faalkans voor sluiten Kering (gezien nieuwe normen hoogwaterveiligheid) -> t.b.v. scope renovatie uitvoering;
- Compleet vervangen van alle remmingwerken;
- Compleet renoveren van deuren (stralen en conserveren) + taatsen vervangen;
- Compleet conserveren van alle leuningwerk rondom oostelijke- en westelijke sluis + bruggen;
- Compleet betonherstel waar nodig in de kolk meenemen bij renovatie.
- Vervangen van voegovergangen bruggen
- Herstellen / herontwerpen hemelwaterafvoersysteem bruggen
- Verwijderen kraanbaan dieselgemaal (onder brug)
- Herstellen of vervangen kozijnen en hang- en sluitwerk gebouwen (o.a. dieselgemaal)
- Vervangen onderwaterpomp nr. 1 in de keerschuif en
- Vervangen generator onderwaterpomp en deze conform pomp nr. 2 boven maaiveld plaatsen
- Aanvullen ontgrondingen en herstellen bodembescherming
- Divers overig upgrade onderhoud.

De nadere onderzoeken die in de planfase worden uitgewerkt zijn:

Volgnummer	Omschrijving
01	Complete 0-inspectie complex inclusief kostenraming
02	Duurzaamheids-scenario's opstellen
03	BIM-model opstellen complex 3D inclusief informatiebehoefte incl. opstellen p-IHP (prestatiegestuurd Instand-Houdings-Plan)

3.3 Decompositie en conditiemeting op basis van NEN2767-1

3.3.1 Decompositie

In tabel 3.2 is de decompositie van hoofdcomponenten (IH-onderdelen) van de sluis weergegeven, hierbij is aangesloten bij de scope van RWS en zijn de resultaten van de visuele inspectie in verwerkt. Er was onduidelijk over wat wordt bedoeld met de 'remmingwerken'. Er zijn daarom in beginsel 3 onderdelen van mogelijke remmingwerken in dit onderzoek meegenomen, zoals onderstaande tabel illustreert.

Tabel 3.1 Indeling in hoofdcomponenten (IH-onderdelen)

Hoofdonderdeel	Eventuele verdere decompositie
aandrijvingssysteem	
E-installaties	
besturingssysteem	
objectverlichting	
kabeldraagconstructie en bekabeling	
remmingswerken - onderdelen afmeervoorziening en afmeerpalen	afmeervoorziening
	afmeerpalen
	geleidewerken
deuren en taatsen	
leuningwerk	
beton kolkwanden	
voegovergangen	
hemelwaterafvoersysteem (HWA)	
kraanbaan	
kozijnen en hang- en sluitwerk gemaal	
onderwaterpomp	
generator onderwaterpomp	
waterbodem (ontgrondingen)	

3.3.2 Conditie

Van alle onderdelen van de sluis zijn gebreken geïnventariseerd (op basis van de NEN2767-1) en is een inschatting gemaakt van de conditie conform de NEN2767-1 op basis van een visuele inspectie. Dit is beschreven in het inspectierapport in bijlage I, inclusief foto's van de onderdelen, onderstaand is een samenvatting per onderdeel gegeven van de visuele inspectie. Tevens zijn de resultaten uit de inspecties uit 2015 die door RWS zijn aangeleverd hieronder beschreven.

Aandrijvingssysteem

Visueel zijn tijdens de inspectie geen gebreken geconstateerd. Uit de inspectierapporten uit 2015 volgt het advies om het aandrijvingssysteem te conserveren en de aandrijvings- en bewegingswerken van de schuifconstructies te reviseren.

E-installaties

De E-installaties ogen ouderwets en gedateerd, echter was bij de visuele inspectie geen gespecialiseerd E-inspecteur aanwezig. In de door RWS aangeleverde inspecties uit 2015 wordt niet specifiek ingegaan op de E-installaties.

Besturingssysteem

Het besturingssysteem oogt ouderwets en gedateerd, echter was bij de visuele inspectie geen gespecialiseerd E-inspecteur aanwezig. In de door RWS aangeleverde inspecties uit 2015 wordt geadviseerd de installaties te onderhouden door deze te herstellen en het noodstopcircuit te testen.

Objectverlichting

Tijdens de visuele inspectie is geconstateerd dat masten en verlichting in goede staat verkeren en dat de verlichting reeds is uitgevoerd in LED. In de inspectierapporten uit 2015 wordt aanbevolen de objectverlichting te vervangen, onduidelijk is of dit sindsdien reeds heeft plaatsgevonden.

Kabeldraagconstructie en bekabeling

Tijdens de visuele inspectie is geconstateerd dat de kabeldraagconstructie uit grotendeels verrotte houten delen bestaat. Het originele looppad bestaat uit houten planken voorzien van een slijtlaag. De slijtlaag ontbreekt grotendeels en de planken zijn aan inwatering en beginnende rotting onderhevig. Op enkele locaties zijn planken reeds vervangen. De bekabeling zelf is niet zichtbaar, de beheerder meldt geen storingen. Uit de inspectierapporten uit 2015 komt naar voren dat de gehele houten constructie en planken vervangen dienen te worden.

Remmingswerken

De remmingswerken zijn onderverdeeld in 3 onderdelen welke onderstaand worden behandeld.

Afmeervoorziening

Tijdens de visuele inspectie is de afmeervoorziening ten noordoosten van de sluis visueel geïnspecteerd. Hierbij is geconstateerd dat enkele wrijfgordingen aan de bovenzijde zijn ingerot (schatting 2 %) en dat het leuningwerk verkrijting vertoont. Overige gebreken zijn niet geconstateerd. Uit de inspectierapporten uit 2015 volgt het advies de afmeervoorziening te conserveren.

Afmeerpalen

Tijdens de visuele inspectie is geconstateerd dat de afmeerpalen in goede staat lijken te zijn. Uit de inspectierapporten uit 2015 volgt het advies de afmeerpalen te conserveren.

Geleidewerken

Het geleidewerk is in goede staat. Uit de inspectierapporten uit 2015 volgt dat de komende 10 jaar geen onderhoudsmaatregelen voorzien zijn.

Deuren en taatsen

Op basis van de visuele inspectie lijken de deuren en taatsen in goede staat te zijn. Uit de inspectierapporten van RWS uit 2015 volgt het advies de gehele constructie te conserveren en de aanslagbalken van de 8 deuren te vervangen.

Leuningwerk

Het leuningwerk op de sluis vertoont tekenen van verkrijting. Dit volgt ook uit de inspectierapporten van RWS uit 2015 waarin wordt geadviseerd het leuningwerk van de westelijke wand te conserveren.

Beton kolkwanden

Tijdens de visuele inspectie zijn diverse betonschades aan de betonnen bouwdelen van de sluis geconstateerd. Uit de inspecties uit 2015 volgt het herstel van betonschade voor 8 m² (westelijke sluis) en 3 m² (oostelijke sluis).

Voegovergangen

Bij de visuele inspectie zijn de voegovergangen bekeken. Hieruit blijkt dat sprake is van betonschade rondom de dilatatievoegen in de kolkwanden. De eerder uitgevoerde reparaties onthechten en brokkelen af. Uit de inspectierapporten uit 2015 volgt het advies deze schades af te dichten en de betonschade te herstellen.

Hemelwaterafvoersysteem (HWA)

Tijdens de inspectie is gebleken dat de HWA uit meerdere typen materiaal bestaat (PE, PVC en RVS). De HWA moet op sommige delen herontworpen en vervangen worden. In de inspectierapporten van RWS uit 2015 wordt de HWA niet benoemd.

Kraanbaan

Tijdens de inspectie zijn geen gebreken aan de kraanbaan geconstateerd. RWS wenst deze echter te verwijderen omdat deze geen functie meer heeft. De kraanbaan bestaat uit een met boutverbinding gekoppeld I-profiel, welke kan worden gedemonteerd. De kraanbaan wordt in de inspectierapporten uit 2015 niet benoemd.

Kozijnen en hang- en sluitwerk

Tijdens de inspectie zijn de kozijnen van het gemaal visueel geïnspecteerd. De aluminium kozijnen zijn gedateerd en voldoen niet meer aan de huidige normen met betrekking tot het bouwbesluit. Daarnaast hebben de kozijnen specifieke en afwijkende maten. In de inspectierapporten van RWS uit 2015 worden de kozijnen niet benoemd.

Onderwaterpomp

Pomp lijkt visueel in goede staat te zijn. Het inspectierapport uit 2015 benoemd het ontbreken van een plan van aanpak betreffende de pompen. Over vervanging of schades wordt geen melding gedaan.

Generator onderwaterpomp

De generator oogt in goede staat te zijn. Tijdens de visuele inspectie is deze niet in bedrijf gesteld, maar volgens de beheerder heeft deze generator zeer weinig bedrijfsuren. De inspectierapporten benoemen het ontbreken van een noodstop bij eerdere inspecties. Deze is nu wel aanwezig, over vervanging of schades wordt niet gesproken.

Waterbodem (ontgrondingen)

Visuele inspectie van de waterbodem was niet mogelijk. De inspectierapporten benoemen enige mate van uitspoeling en ontgroning van de bodem.

3.4 Inschatting mogelijkheden circulaire varianten

Voor het inventariseren van mogelijke circulaire varianten zijn, zoals in hoofdstuk 2 beschreven, de eigen visuele inspectie en de inspectierapporten van RWS het uitgangspunt geweest. In een gezamenlijke brainstorm met verschillende disciplines is nagegaan welke varianten mogelijk zijn. Hieruit is naar voren gekomen dat voor aantal onderdelen een circulaire variant mogelijk is en er zijn enkele als 'specials' aangemerkt. De circulaire varianten en de specials worden verder uitgewerkt in hoofdstuk 4. De geselecteerde varianten en bijbehorende argumenten zijn beschreven in notitie met de scope, welke is opgenomen in bijlage II.

Naast deze varianten is ook naar voren gekomen dat een deel van de onderhouds- en renovatieopgave van de Prinses Marijkesluis niet interessant is vanuit circulair oogpunt. In onderstaande tabel is samengevat welke onderdelen niet zijn onderzocht en om welke reden. Deze onderdelen zijn hierdoor niet nader onderzocht en zijn in onderstaande tabel weergegeven. Nadere toelichting op nadere specificatie van wat wel en niet is meegenomen in de scope is beschreven bijlage II.

Tabel 2 Buiten scope duurzaamheidsonderzoek Prinses Marijkesluis

Scope conform projectplan RWS	Interpretatie scope RWS	Overwegingen Witteveen+Bos
compleet vervangen remmingswerken - onderdeel geleidewerken	compleet vervangen door middel van: <ul style="list-style-type: none"> - uitname rotten/beschadigde houten onderdelen - 1:1 vervanging - recycling van het hardhout en zoveel mogelijk inzet als product 	komende 10 jaar lijkt onderhoud niet nodig. Om deze reden is vervanging niet nodig en is daarom niet meegenomen in het duurzaamheidsonderzoek een mogelijkheid in de toekomst is om alleen selectief de slechte delen te vervangen en wanneer deze dermate zijn gedegradeerd dat het geleidewerk haar functie niet meer kan vervullen
compleet conserveren leuningwerk	conserveren door middel van het aanbrengen van een nieuwe reguliere conserveringslaag. Hierbij komt vrijwel geen materiaal vrij	bij conserveringen komt vrijwel geen materiaal vrij. Eventuele materialen die vrijkomen zijn niet interessant voor hergebruik. Conservering van het leuningwerk wordt daarom niet meegenomen in het duurzaamheidsonderzoek
compleet betonherstel waar nodig	het aanbrengen van extra beton waar nodig (smeewerkzaamheden)	de materialen die vrijkomen bij het betonherstel zijn minimaal en niet interessant voor hergebruik. Daarnaast betreft het juist het aanbrengen van beton in minimale fracties. Het betonherstel wordt daarom niet meegenomen in het duurzaamheidsonderzoek
vervangen generator onderwaterpomp	de generator wordt vervangen en direct verkocht op de markt. Hierbij is al sprake van hergebruik als product	RWS is voornemens om een generatorhuis op maaiveld te plaatsen en de pomp te laten lopen op duurzaam opgewekte elektriciteit Verwacht wordt dat de generator verkocht kan worden als product. Dit is reeds de hoogste mogelijke optie uit circulair oogpunt en wordt daaro niet vergeleken met een alternatief. Het vervangen van de generator van de onderwaterpomp wordt daarom niet meegenomen in het duurzaamheidsonderzoek
vervangen kozijnen en hang- en sluitwerk gemaal	de aluminium kozijnen worden 1:1 vervangen door nieuwe aluminium kozijnen waarbij minimaal dubbelglas wordt toegepast, daar waar het huidige gemaal voorzien is van enkel glas.	de aluminium kozijn zijn gedateerd en voldoen niet meer aan de huidige normen met betrekking tot het bouwbesluit. Daarnaast hebben de kozijnen specifieke en afwijkende maten. Hergebruik als product is dan ook niet aannemelijk/wenselijk. De kozijnen en het glas kunnen als raw material worden omgesmolten tot nieuwe producten, dit is reeds de gangbare praktijk. Nadere circulaire beschouwing heeft hierdoor geen meerwaarde
aanvullen ontgroningen en herstellen bodemschade	het aanvullen van ontstane uitspoeling en oneffenheden in de bodem met nieuwe grond. Hierbij komt geen materiaal vrij maar wordt juist materiaal aangevoerd	bij bodemherstel komt vrijwel geen grond vrij maar moet juist aangevoerd worden. De toe te passen minimale kwaliteitstandaarden van de grond is voorgeschreven vanuit Wet- en regelgeving en hiermee reeds geborgd. Het aanvullen van ontgroningen en herstellen van bodemschade is daarom niet meegenomen in het duurzaamheidsonderzoek

4

BESCHRIJVING VARIANTEN

Dit hoofdstuk geeft een beschrijving van de verschillende varianten die onderzocht zijn, de uitwerking ervan is beschreven in hoofdstuk 5.

4.1 De varianten in vogelvlucht

Deze paragraaf geeft in het kort de verschillende varianten weer. In het vervolg van dit hoofdstuk wordt in nader detail ingegaan op de varianten. Deze paragraaf geeft weer welke materialen, afgaande op de referentiesituatie, vrij kunnen komen.

Binnen de opgave van de scope van RWS valt op dat materiaal wat kan vrijkomen grotendeels is in te delen in drie categorieën:

- staal;
- hout;
- overig.

Staal wat vrij kan komen betreft bijvoorbeeld vrijkomende materialen door het vervangen van het aandrijfsysteem. Daarnaast komen kleinere hoeveelheden vrij in de vorm van RVS door vervanging van de HWA. De hoeveelheden van de vrijkomende staalproducten lopen sterk uiteen. Het aandrijfwerk weegt namelijk meerdere tonnen, terwijl de HWA (voor zover in RVS uitgevoerd) hooguit 100 kilogram weegt.

Hout wat vrij kan komen betreft met name hardhout van de enkele wrijfgordingen (ingeschat 2%) van de aanlegsteiger of verrot niet hardhout van de kabeldraagconstructie en loopbrug. Aangezien laatstgenoemde reeds verrot is, is het niet meer 1:1 inzetbaar en loont het niet dit nader te onderzoeken. Wel kan iets gezegd worden over de nieuw in te zetten materialen van de kabeldraagconstructie.

Overige materialen die vrijkomen betreffen allerlei materialen. Denk aan rubbers en kunststoffen om kabels, het materiaal (koper) in kabels zelf, aluminium van de kasten om de E-installaties en dergelijke. Dit zijn echter per soort materiaal dermate lage hoeveelheden dat een uitgebreide studie naar de hergebruikopties hiervan niet loont. Dit komt mede doordat juist voor deze materialen de huidige wijze van recyclen al redelijk optimaal verloopt. Kabels worden gestript en de kunststoffractie wordt gescheiden van de koperfractie om vervolgens beiden gerecycled te worden. Hetzelfde geldt voor aluminium, dit kan worden omgezet in grondstoffen zodat er opnieuw aluminium van kan worden gemaakt.

Wat volgt uit bovenstaand beschrijving is dat bij onderhavige onderhouds- en renovatieopgave de winst op circulariteit veelal niet te halen valt in de richting van vrijkomende materialen, maar juist in de volgende richtingen:

- dient het onderdeel wel echt vervangen te worden?
- is levensduurverlenging een optie?
- is standaardisatie mogelijk, zodat projectoverstijgend hergebruik opties in de toekomst gecreëerd worden?

Deze vragen hebben ook deels indirect ten grondslag gelegen aan de afbakening van de scope van dit onderzoek tijdens de brainstormsessie. Kortom, daar waar grote hoeveelheden materiaal vrij komen worden

kwantitatieve beschouwingen en berekeningen uitgevoerd om baten inzichtelijk te maken. Daar waar de hoeveelheid aan vrijkomend materiaal dermate laag is dat het berekenen van baten in kwantitatieve zin weinig toevoegt, (het valt in het niets bij de grotere massastromen) zijn de baten kwalitatief onderbouwd.

4.1.1 Circulaire varianten

Aan de hand van de inventarisatie zijn de volgende drie hoofdvarianten uitgewerkt:

- 1 referentie variant: conventionele renovatie en onderhoud, hierbij is beschreven hoe deze is geïnterpreteerd;
- 2 referentie variant+ winsten bij 1:1 hergebruik: indien mogelijk 1:1 hergebruik van de vrijkomende materialen bij de renovatie en het onderhoud;
- 3 levensduurverlenging: in plaats van onderdelen te vervangen is onderzocht wat de baten zijn van levensduurverlenging. In enkele gevallen is onderzocht wat de keuze is van een ander type conservering, indien conserveren de referentievariant is.

Het referentievariant beschrijft het conventionele renovatie en onderhoud van de sluis en de recycling van de vrijkomende materialen. Vervolgens zijn twee circulaire varianten uitgewerkt. Deze twee varianten zijn gericht op hergebruik van vrijkomende materialen of levensduurverlenging. Hiervoor is gekozen op basis van de eigen inspectie en de oude inspectierapporten uit 2015, in combinatie met een brainstorm met ons expertteam naar mogelijke circulaire kansen.

In onderstaande tabel zijn de verschillende varianten weergegeven. Hierin is zowel de referentievariant, inclusief beschrijving, als de overige varianten weergegeven. In de bijlage II wordt een nadere toelichting gegeven hoe tot deze varianten is gekomen.

Tabel 1 Scope circulaire varianten duurzaamheidsonderzoek Prinses Marijkesluis

Scope conform projectplan RWS	Interpretatie scope RWS (referentie)	Alternatieve circulaire scope
compleet vervangen verouderd aandrijvingssysteem	compleet uitnemen van het aandrijvingssysteem en vervangen door exact hetzelfde (nieuw) systeem. Vrijkomende materialen vervallen aan de aannemer, welke ze aanbiedt aan een erkende recycler/verwerker	2 opties: - hergebruik van vrijkomende materialen als (a) product of (b) door upcycling naar raw material - levensduurverlenging Renoveren/conserveren van systeem waarbij ook wordt stilgestaan bij type conservering t.b.v. langere levensduur
vervangen kabeldraagconstructie en bekabeling	compleet uitnemen van de houten kabeldraagconstructie en waar nodig vervangen van kabels. Vrijkomend materiaal wordt naar erkende verwerker gestuurd, hergebruik opties lijken niet aanwezig	de inzet van het nieuwe materiaal wordt onderzocht. Is het zinvoller om juist geen hout toe te passen maar andere materialen?
compleet vervangen remmingswerken - onderdelen afmeervoorziening en afmeerpalen	het compleet vervangen van de afmeervoorziening. De sloop/afvoer van de voorziening, deze vervalt aan de aannemer welke deze uiteindelijk aanbiedt aan een erkende verwerker t.b.v. recycling	2 opties: - hergebruik van vrijkomende materialen als (a) product of (b) door upcycling naar raw material - levensduurverlenging Renoveren/conserveren van systeem waarbij ook wordt stilgestaan bij type conservering t.b.v. langere levensduur
	het compleet vervangen van de afmeerpalen. De afmeerpalen wordt uitgenomen en vervolg naar een erkende verwerker gestuurd. Welke	2 opties: - hergebruik van vrijkomende materialen als (a) product of (b) door upcycling naar raw material

Scope conform projectplan RWS	Interpretatie scope RWS (referentie)	Alternatieve circulaire scope
	deze voor staal upcycled naar raw material en voor beton breekt naar puingranulaat	- levensduurverlenging Renoveren/conserveren van systeem waarbij ook wordt stilgestaan bij type conservering t.b.v. langere levensduur
compleet renoveren van deuren en taatsen	de deuren worden uitgenomen en op locatie elders gerenoveerd en geconserveerd. Hierbij wordt de huidige conservering verwijderd alvorens nieuwe conservering wordt aangebracht. Uitgegaan wordt van toepassen van reguliere conservering	levensduurverlenging: toepassen duurdere/robuuste conserveringstype t.b.v. levensduurverlenging
vervangen voegovergangen	het geheel opnieuw indekken van de voegovergangen door beton toe te voegen en voegen opnieuw te hechten. Hierbij komt vrijwel geen materiaal vrij	voorkomen: niet vervangen voegovergangen
herstellen/herontwerpen hemelwaterafvoersysteem	het hemelwaterafvoersysteem wordt 1:1 vervangen. De PVC onderdelen worden vervangen door PVC, de stalen onderdelen door staal. Vrijkomende materialen worden aangeboden aan een erkende verwerker/recycler.	2 opties: - hergebruik van vrijkomende materialen als (a) product of (b) door upcycling naar raw material - nagaan van standaardisatie opties voor het gehele object. Op dit moment is zowel PVC als staal HWA aanwezig
verwijderen kraanbaan	de kraanbaan wordt verwijderd en op de markt gezet, mogelijk als oud ijzer	verwijderen en hergebruik als product

4.1.2 Specials

Zoals in hoofdstuk 2 aangegeven zijn naast de circulaire varianten tevens een aantal specials naar voren gekomen. Dit betreft de scope die niet kwantitatief is te berekenen maar waar wel een advies kan worden gegeven over hoe dit circulair uit te voeren in een bredere context (project overstijgend). Onderstaande tabel geeft deze specials weer. In de bijlage II is in detail uitgewerkt waarom tot deze varianten is gekomen.

Tabel 2 Specials scope duurzaamheidsonderzoek Prinses Marijkesluis

Scope conform projectplan RWS	Interpretatie scope RWS (referentie)	Alternatieve scope
compleet vervangen E-deel	het geheel uitnemen van het E- deel en deze vervangen met een geheel nieuw systeem van huidige tijd (nieuwe technieken)	kwalitatieve beschouwing op mogelijke optimalisatie/standaardisatie mogelijkheden om circulair werken project overstijgend te bevorderen
compleet vervangen besturingssysteem	het geheel uitnemen van het besturingssysteem en deze vervangen met een geheel nieuw systeem van huidige tijd (nieuwe technieken)	kwalitatieve beschouwing op mogelijke optimalisatie/standaardisatie mogelijkheden om circulair werken project overstijgend te bevorderen
objectverlichting vervangen	het vervangen van de objectverlichting waarbij wordt overgegaan op energie-efficiëntere alternatieven (zoals LED)	kwalitatieve beschouwing op mogelijke optimalisatie/standaardisatie mogelijkheden om circulair werken project overstijgend te bevorderen
vervangen onderwaterpomp	het vervangen van de onderwaterpomp door een nieuwe pomp conform pomp 2. De vrijkomende pomp is te specifiek van aard en wordt hierdoor geupcycled naar raw materials	kwalitatieve beschouwing op mogelijke optimalisatie/standaardisatie mogelijkheden om circulair werken project overstijgend te bevorderen

4.2 Variant 0 - conventioneel onderhoud en renovatie

De referentievariant, ofwel de nul-variant, beschrijft de situatie waarin de sluis conform het projectplan van RWS wordt onderhouden en gerenoveerd. In deze variant wordt geen nadruk gelegd op hergebruik van elementen als product. Onderstaand hebben wij aangegeven hoe wij verwachten dat wordt omgegaan met vrijkomende materialen in de referentiesituatie, dit in aanvulling op de tabellen in paragraaf 4.1.

Het materiaal dat mogelijk vrijkomt bij de onderhouds- en renovatieopgave van de sluis zal over het algemeen in twee verschillende stromen worden gesplitst: enerzijds een materiaalstroom aan schroot (staal) en anderzijds een stroom aan hout. Overige materialen komen in dermate lage hoeveelheden vrij dat zij nauwelijks impact hebben.

Afgevoerd staal

Het staal zal ontdaan worden van eventueel aanklevend ander materiaal (zoals beton), naar een werkplaats gaan en uiteindelijk in kleinere stukken als schroot worden afgevoerd naar staalindustrie. Aangekomen bij de staalfabriek, zal het schroot samen met ijzererts worden opgewerkt tot nieuw staal.

Het staal wordt echter niet 1:1 omgevormd tot nieuw staal. Niet al het staal kan volledig worden hergebruikt. Bij de productie van staal is circa 33 % van de productie een bijproduct, 3 % is geclassificeerd als afval¹. De bijproducten worden gebruikt als toeslagmateriaal in de cement- of betonindustrie en sommige bijproducten worden gebruikt bij de productie van kunstmest. Het proces om staal te maken verbruikt tevens veel energie en produceert giftige gassen. Tevens wordt er veel energie verbruikt bij het versmelten van het staal.

Het staal wordt afgevoerd in grote stukken waarna het wordt verkleind, om het geaccepteerd te krijgen voor de recyclingindustrie (staalindustrie). Deze worden uiteindelijk samen met erts versmolten tot nieuwe stalen balken of andere stalen objecten. In de praktijk zal er niet sprake zijn van afgevoerde materialen in 100 % gescheiden stromen. In sommige gevallen zullen zal het vrijkomende staal niet volledig gescheiden zijn van de materialen waarmee het is bevestigd. We hebben echter niet voldoende informatie om hier een inschatting van te kunnen maken, dus wordt in de varianten geen rekening mee gehouden met de afvoer van gemengde materiaalstromen.

Afgevoerd hout

Vrijkomend hout bestaat uit hardhout en niet hardhout. Vrijkomend hardhout met enige mate van inwatering/verrotting heeft nog een hoge restwaarde. Dit komt doordat hardhout in de kern vaak nog een goede kwaliteit heeft. Wanneer dit vrijkomt wordt het daardoor afgevoerd naar een verwerker, die de ingewaterde/verrotte delen verwijderd en vervolgens het restant als product op de markt plaatst.

Overig hout (niet hardhout) dat vrijkomt is meestal niet meer geschikt voor hergebruik wegens verrotting. Dit hout wordt dan ook getransporteerd naar een erkende eindverwerker en veelal via verbranding omgezet in energie. In dit uitgangpunt is vrijkomend C-hout niet meegenomen.

4.3 Variant 1: hergebruik van vrijkomende materialen

In variant 1 wordt ten opzichte van de referentievariant expliciet onderzocht of vrijkomende materialen 1 op 1 kunnen worden ingezet als product. Dit is van toepassing voor de volgende onderdelen:

- compleet vervangen verouderd aandrijfsysteem;
- compleet vervangen remmingswerken, met subonderdelen:
 - aanlegsteiger;
 - afmeerpalen;
- herstellen / herontwerpen hemelwaterafvoersysteem;
- verwijderen kraanbaan.

¹ World Steel in Figures 2016, World Steel Association, 2016, page 4.

Concreet wordt onderzocht of de vrijkomende materialen hergebruikt kunnen worden en zo ja, dan worden de baten hiervan onderbouwd. Door ons is ten behoeve hiervan een massabalans opgesteld op de inspectierapporten uit 2015, de verkregen inzichten tijdens uitgevoerde visuele inspectie en expert judgement.

4.4 Variant 2: levensduurverlenging

Variant 2 gaat uit het verlengen van de levensduur van de verschillende onderdelen van de sluis. Gezocht wordt dus naar opties van levensduurverlenging om vervanging (voorlopig) te voorkomen. Deze variant is van toepassing op de onderdelen:

- compleet vervangen verouderd aandrijfsysteem;
- compleet vervangen remmingswerken, met subonderdelen:
 - aanlegsteiger;
 - afmeerpalen;
- compleet renoveren van deuren en taatsen.

Concreet worden de baten van levensduurverlenging onderzocht en afgezet tegen de baten of kosten van vervanging. Voor de renovatie van deuren en taatsen wordt onderzocht wat de verschillen zijn tussen de typen conservering en de onderlinge kosten/baten worden tegen elkaar afgezet.

4.5 Specials en overige circulaire varianten

Naast de drie bovenstaande geschetste varianten zijn ook enkele specials en overige varianten geformuleerd. De specials richten zich op het nagaan op mogelijke optimalisatie/standaardisatie mogelijkheden om circulair werken project overstijgend te bevorderen. Het gaat hierbij om een kwalitatieve beschouwing die wordt toegepast op de volgende onderdelen:

- compleet vervangen E-installaties;
- compleet vervangen besturingssysteem;
- objectverlichting vervangen;
- vervangen onderwaterpomp;
- herstellen/herontwerpen HWA.

Naast bovenstaande specials worden tevens onderstaande overige circulaire varianten kwalitatief beschouwd:

- het niet vervangen van voegovergangen, de vervanging lijkt niet functioneel nodig te zijn;
- vervangen van kabeldraagconstructie en kabels, het in te zetten materiaal voor de vervanging wordt kwalitatief beschouwd. Loont het bijvoorbeeld om niet hout toe te passen maar juist een ander materiaal?

Bovenstaande varianten worden enkel kwalitatief beschouwd, waarbij met name de voor- en nadelen van standaardisatie en de overige circulaire varianten in beeld worden gebracht. Hierbij wordt ook beschreven welke processtappen vervolgens nodig zijn, om tot de geformuleerde voordelen te kunnen komen.

5

INDICATIEVE BEPALING VAN DUURZAAMHEIDWINST EN KOSTEN

5.1 Toelichting bepaling baten varianten

Deze paragraaf gaat in op de voornaamste uitgangspunten en methoden die gehanteerd zijn om de kosten en/of baten van de verschillende varianten tegen elkaar af te kunnen zetten. Hierbij is onderscheid gemaakt in de variant 'vervangen met hergebruik (variant 1)' en levensduurverlenging (variant 2).

Vervangen met hergebruik

De besparing die optreedt bij hergebruik als product is dat voorkomen wordt een nieuw product gemaakt moet worden. Voor de bepaling van de mogelijke kosten en baten bij hergebruik zijn kentallen gehanteerd voor de verschillende ketenstappen.

Om dit te illustreren wordt onderstaand een voorbeeld gegeven met betrekking tot de kentallen van staal. De directe kosten van nieuw staal om in een constructie verwerkt te worden zijn opgebouwd uit verschillende kostenposten en uitgesplitst in onderstaande tabel. De directe kosten voor de bouw van een stalen constructie zijn in totaal EUR 4,50 per kg staal.

Tabel 5.1 Schatting van de opbouw van kosten om te komen tot een stalen constructie

Staalconstructie	Kosten kentallen per kg (in EUR)*
leveren (produceren) constructiestaal	1,00
fabricage	1,00
conserveren (incl. stralen en coating)	0,60
samenstellen prefab constructieonderdelen	0,75
transporteren	0,05
monteren onderdelen tot geheel	1,10
totaal directe kosten per kg staal**	4,50

* Deze kentallen zijn afgeleid van vergelijkbare bouwprojecten en betreffen een grove inschatting.

** Niet inbegrepen in de directe kosten zijn onder andere de kosten voor nadere detaillering, indirecte kosten (uitvoeringskosten, algemene kosten, winst&risico) en risicoreservering.

Bovenstaande tabel geeft verschillende posten weer die tezamen resulteren in de directe kosten per kg staal. Logischerwijs valt een deel van deze posten weg wanneer sprake is van hergebruik, zoals de fabricagepost. Op deze manier kunnen de potentiële baten op hoofdlijnen van hergebruikopties worden ingeschat. Ter illustratie is dit in onderstaande tabel weergegeven voor een variant waarbij sprake is van hergebruik van een stalen constructie, die nog wel geconserveerd moet worden.

Tabel 5.2 Schatting van de opbouw van kosten om te komen tot een stalen constructie

Staalconstructie	Kosten kentallen per kg (in EUR)*	variant hergebruik vrijkomend staal (in EUR)
leveren (produceren) constructiestaal	1,00	1,00
fabricage	1,00	1,00
conserveren (incl. stralen en coating)	0,60	0,60
samenstellen prefab constructieonderdelen	0,75	0,75
transporteren	0,05	
monteren onderdelen tot geheel	1,10	
totaal directe kosten per kg staal**	4,50	
bespaarde fictieve kosten		2,75

* Deze kentallen zijn afgeleid van vergelijkbare bouwprojecten en betreffen een grove inschatting.

** Niet inbegrepen in de directe kosten zijn onder andere de kosten voor nadere detaillering, indirecte kosten (uitvoeringskosten, algemene kosten, winst&risico) en risicoreservering.

Alle varianten in paragraaf 5.2 (referentievariant) en paragraaf 5.3 (referentievariant met hergebruik) zijn conform bovenstaande wijze uitgewerkt in bijlage III. Hierbij is de massa van het bepaalde onderdeel vermenigvuldigd met het bijbehorende kental.

CO₂-uitstoot

Voor het bepalen van de besparing op CO₂-uitstoot wordt uitgegaan van de CO₂ die vrijkomt bij het produceren van staal. Hierbij gaan we uit van de emissiefactor van het IPCC: 1,06¹ ton CO₂ equivalenten/ton staal. Omdat de CO₂-uitstoot bij de productie van staal vele malen groter is dan de overige stappen, wordt geen onderscheid gemaakt in de verschillende stappen en gedifferentieerd in CO₂-uitstoot per kostenpost. Dit betekent dat de CO₂-besparing, gebaseerd is op de totale massa staal dat per variant wordt hergebruikt.

Restlevensduur bij hergebruik

Voor de eerste indicatie berekening van besparing in kosten en CO₂-uitstoot is uitgegaan als of de vrijkomende materialen een levensduur hebben vergelijkbaar aan die van een nieuw product. Het is echter niet waarschijnlijk dat dit daadwerkelijk het geval is. Voor de meer accurater bepaling van de restwaarde, zal de restlevensduur van de vrijkomende materialen nauwkeurig moeten worden bepaald (in een vervolgonderzoek).

Levensduurverlenging

Het alternatief voor levensduurverlenging is beschouwd over een periode van 100 jaar. Hierbij is uitgegaan van toepassen van een standaard conservering op de stalen onderdelen met een levensduur van 10 jaar. Daarbovenop is het vervangen van generieke onderdelen toegevoegd op basis van de te verwachte levensduur, zoals de houten dekplanken van de kabeldraagconstructie/loopbrug. Hierop worden geen conservering aangebracht waardoor vervangen kan worden voorkomen.

Bij deze variant zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- beschouwingsperiode 100 jaar (Rijkswaterstaat hanteert standaard een termijn van 100 jaar voor LifeCycleCost berekeningen);
- discontovoet 3 %.

¹ 2006 IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories (volume 3, chapter 4, table 4.1), 2006.

Niet inbegrepen:

- zaken buiten scope projectplan RWS (o.a. W+E installaties, betonwerk etc.);
- regulier beheer- en onderhoud;
- operationele kosten;
- engineeringskosten;
- vastgoedkosten;
- overige bijkomende kosten;
- BTW.

5.2 Variant 0: weergaven van kosten en uitgangspunten

Variant 0, de referentie situatie vormt de basis om de overige kosten en baten tegen af te zetten. Deze paragraaf geeft derhalve inzicht in het nul-variant en geeft de kosten van deze variant weer. Oftewel, de kosten voor vervanging, waarbij de vrijkomende materialen op conventionele wijze worden hergebruikt. De beschrijving van de nul-varianten is weergegeven in tabellen in hoofdstuk 4 en paragraaf 4.2. De referentievarianten kennen de volgende kosten, welke in navolgende paragrafen worden vergeleken met mogelijke kosten en baten van de andere varianten.

Tabel 5.3 Kosten en uitgangspunten 0-varianten

Variant	Vervangingswaarde [directe kosten]	Vervangingswaarde (kg CO ₂)
compleet vervangen verouderd aandrijvingssysteem	190.000,--	13.970,--
vervangen kabeldraagconstructie en bekabeling	82.667,--	3.114,--
compleet vervangen afmeerpalen	125.500,--	52.007,--
compleet vervangen afmeervoorziening	949.500,--	131.161,--
compleet renoveren van deuren en taatsen (uitgangspunt: natlak conservering)	384.00,--	
verwijderen kraanbaan	5.000,--	635,--

De specials komen in bovenstaande tabel niet aan bod, aangezien deze slechts kwalitatief worden vergelen op basis van mogelijke voor- en nadelen en/of kosten en baten. Dit vindt plaats in paragraaf 5.5. Daarnaast zijn tevens de kosten van het vervangen van de voegovergangen en het herstellen van de HWA niet weergegeven, omdat de kosten/baten van deze variant beiden kwalitatief worden beschreven. In paragraaf 5.3 en 5.4 komt de vergelijking van variant 1 en 2 met variant 0 aan bod.

5.3 Variant 1: hergebruik vrijkomende materialen

Onderstaand wordt variant 1 voor de verschillende onderdelen uitgewerkt. Dit betreft de originele scope conform het projectplan van RWS met daarop aanvullend een beschouwing of de vrijkomende materialen kunnen worden hergebruikt als product (1 op 1) of kunnen worden omgezet naar raw material (up-cycling).

Compleet vervangen verouderd aandrijfsysteem met hergebruik

De schutsluis van de Prinses Marijkesluis is uitgevoerd met puntdeuren aangedreven door een panamawiel. Een panamawiel is een type bewegingswerk dat over het algemeen toegepast wordt bij puntdeuren in sluisen en bij basculebruggen.

Afbeelding 5.1 Panamawiel Prinses Marijkesluis



Het bestaat uit een tandwiel in de vorm van een cirkelsegment, welke via een rondsel en tandwielkast aangedreven wordt door een elektromotor. Het panamawiel is met een trek-duwstang verbonden met de deur. De trek-duwstang is voorzien van een pakket schotelveren. Hiermee is een buffer in het bewegingswerk aanwezig en de deuren worden bij sluiting aangespannen teneinde de afdichting te verbeteren. Naast hefboomwerking kan met een panamawiel variabele hoeksnelheid van de puntdeuren bereikt worden. Bij aanvang openen en einde sluiten van puntdeuren wordt de snelheid van de deuren teruggebracht om een gecontroleerde beweging te garanderen. Tegenwoordig kunnen elektromotoren met variabele snelheid draaien waardoor deze functie niet meer door het panamawiel hoeft te worden verzorgd.

Naast diverse basculebruggen is op basis van literatuuronderzoek¹ van de volgende sluisen bekend dat een panamawiel is toegepast:

- sluis Linne - Roermond - Maas;
- sluis Heumen - Maas-Waalkanaal;
- Lorentz- en Stevinsluizen - Afsluitdijk;
- sluis I - Wilhelminakanaal - Oosterhout;
- Jachtensluis Krammer - Zeeland;
- Kleine sluis en Zuidersluis - IJmuiden.

Waarschijnlijk zijn de schutkolken van de sluiscomplexen Hagestein, Amerongen en Driel ook uitgevoerd met een panamawiel. De andere sluisen in het Amsterdam-Rijnkanaal, de Bernardsluis en Irenesluis, hebben hefdeuren.

Gezien de samenstelling van onderdelen en de verschillende geometrie van de diverse sluisen, is de kans klein dat het panamawiel van de Prinses Marijkesluis uitwisselbaar is met andere sluisen. De kans dat een panamawiel als reserveonderdeel kan dienen bij een andere sluis is dan ook nihil. Verdere uitwerking en

¹ Duikers en sluisen, ing. B. van Leusen, Stam Techniek, 5e druk, 1996, ISBN 90-401-0752-1,
Technisch infoblad nr. TI.05.25, FME-CWM, september 2005
Ontwerp van Schutsluizen deel 1, Rijkswaterstaat, 2000, ISBN 90-369-3305-6
Ontwerp van Schutsluizen deel 2, Rijkswaterstaat, 2000, ISBN 90-369-3306-4

kwantitatieve berekening van baten van de vrijkomende materialen loont daarom niet, aangezien in de referentiesituatie er reeds vanuit wordt gegaan dat vrijkomend staal als schroot wordt hergebruikt voor de product van staal.

Compleet vervangen aanlegsteiger met hergebruik

Het compleet vervangen van de aanlegsteiger resulteert zoals in variant 0 aangegeven in kosten (in Euro's) en milieu-impact (CO₂). In deze variant is onderzocht wat de mogelijke baten zijn van het hergebruik van vrijkomende materialen. In variant 0 was het uitgangspunt dat materialen aan de aannemer vervallen en deze op gebruikelijke wijze worden gerecycled, maar niet 1 op 1 worden hergebruikt. Het hergebruik resulteert in de volgende baten, ervan uitgaande dat slechts de baten van het voorkomen van productie van de stalen onderdelen (grootste massa) is meegenomen (1 euro per kilogram). Dit betekent dat indien de afmeervoorziening wordt hergebruikt circa 750.000 euro wordt bespaard en een emissie van circa 130.000 kg CO₂ wordt voorkomen.

Tabel 5.4 Kosten en baten afmeervoorziening

Variant	Vervangingswaarde [directe kosten]	Vervangingswaarde (kg CO ₂)
0 - vervangen afmeervoorziening	949.500,--	131.161,--
1 - vervangen afmeervoorziening met hergebruik	200.000,--	

Tijdens de inspectie is geconstateerd dat het mogelijk is de aanlegsteiger als geheel is weg te slepen met een schip, en dus in zijn geheel is her te gebruiken op een andere locatie. Overigens wordt opgemerkt hoe realistisch bovenstaande beschouwing is in vergelijking met variant 2, waarin de levensduurverlenging wordt onderzocht. Variant 2 is uitgewerkt in paragraaf 5.4.

Compleet vervangen afmeerpalen met hergebruik

Het compleet vervangen van de afmeerpalen resulteert zoals in variant 0 aangegeven in bepaalde kosten in de vorm in Euro's en CO₂. In deze variant is onderzocht wat de mogelijke baten zijn van het hergebruik van vrijkomende materialen. In variant 0 was het uitgangspunt dat materialen aan de aannemer vervallen en deze op gebruikelijke wijze worden gerecycled maar niet 1 op 1 worden hergebruikt. De verwachting is echter dat de afmeerpalen kunnen worden hergebruikt in bijvoorbeeld havens of bij andere sluizen als afmeerpalen. Desnoods kunnen deze worden opgeslagen als reserveonderdeel. Dit resulteert in de volgende baten, ervan uitgaande dat slechts de baten van het voorkomen van productie van nieuwe palen is meegenomen (1 euro per kilogram). Dit betekent dat indien de afmeerpalen worden hergebruikt circa 50.000 euro wordt bespaard en een emissie van circa 50.000 kg CO₂ wordt voorkomen.

Tabel 5.5 Kosten en baten afmeerpalen

Variant	Vervangingswaarde [directe kosten]	Vervangingswaarde (kg CO ₂)
0 - vervangen afmeerpalen	125.500,--	52.007,--
1 - vervangen afmeerpalen met hergebruik	72.000,--	

Herstellen / herontwerpen hemelwaterafvoersysteem met hergebruik

De HWA op de sluis bestaat uit meerdere typen materialen (RVS en kunststoffen) en op verschillende delen zijn gebreken geconstateerd. De HWA dient hierdoor herontworpen en/of herstelt te worden. Vrijkomende materialen zijn mogelijk deels herbruikbaar als product, zoals de moffen of delen pijp. Echter is de vrijkomende massa vanuit de HWA dermate beperkt dat een volledige massabalans hiervan ontbreekt en

een detailberekening van de baten hiervan in detail niet mogelijk is. Daarom is gekozen om de baten per strekkende meter of kilogram uit te drukken. Deze zijn onderstaand weergegeven per materiaalsoort.

Tabel 5.6 Kosten materialen HWA

Materiaal	Kosten
RVS	10,-- per kilo (circa €5,30,-- per meter)
kunststof PE	15,-- per meter
kunststof PVC	10,-- per meter
kunststof PP	12,-- per meter

Zoals aangegeven ontbreekt een massabalans van de HWA, hierdoor is het kwantitatief uitdrukken van de kosten niet mogelijk. Daarnaast is het aantal meters of kilogrammen aan HWA binnen de sluis en overige sluisen in Nederland beperkt in vergelijking met de grote massa's van overige onderdelen (zoals stalen deuren en betonwerk). Voor de HWA is het daarom minder interessant om de hergebruik opties nu concreet te onderzoeken, belangrijkste is om te zoeken naar standaardisatie object overstijgend. De tabel met kosten per materiaal laat immers zien dat deze niet ver uit elkaar liggen en aangezien de massa van de HWA vele malen kleiner is dan overige onderdelen is de kostenpost voor vervanging van de HWA logischerwijs beperkt. Standaardisatie van de uitvoeringswijze van HWA's bij meerdere objecten is vanuit circulair oogpunt daardoor interessant. Hier wordt in paragraaf 5.5 nader op ingegaan.

Verwijderen kraanbaan met hergebruik

De kraanbaan bestaat uit een demonteerbaar I-profiel. De lengte is ingeschat op circa 40 meter en het gewicht top 1.000 kilogram. Gezien de demonteerbaarheid en voering is de balk goed te transporteren na demontage. De verwachting is daarnaast dat gezien de maatvoering de kraanbaan verkocht kan worden en direct kan worden ingezet als product, 1 op 1 hergebruik is mogelijk. Ten opzicht van de referentiesituatie (kraanbaan, laten vervallen aan aannemer en verkoop als oud ijzer) levert dit slechts een besparing op van het voorkomen van nieuwe productie van de kraanbaan baten op van circa EUR 1.000,-- en 635 kg CO₂.

Tabel 5.7 Kosten en baten kraanbaan

Variant	Baten	Vervangingswaarde (kg CO ₂)
0 - verwijderen kraanbaan	4.500,--	635
1 - verwijderen kraanbaan met hergebruik	5.500,-- (baten voorkomen productie, exclusief aanvullende waarde als functioneel product)	

5.4 Variant 2: levensduurverlenging

5.4.1 Bepaling winst levensduurverlenging in totaal

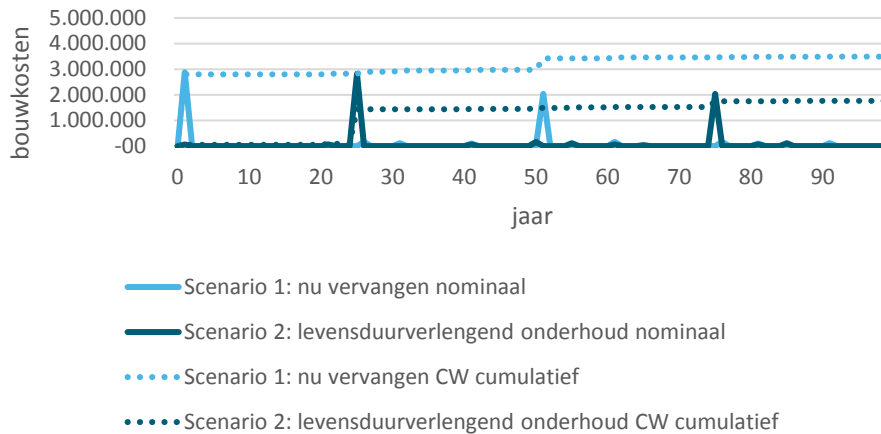
Deze variant heeft betrekking op de levensduurverlenging van alle onderdelen van de sluis, waarvoor in de referentie situatie sprake is van vervangen. Bij de uitwerking van deze variant zijn cumulatief de baten bepaald en niet per specifiek onderdeel. De volgende onderdelen zijn meegenomen in:

- renovatie deuren en taatsen (betreft al levensduurverlenging);
- vervangen verouderd aandrijfsysteem;
- vervangen aanlegsteiger;
- vervangen afmeerpalen;
- vervangen kabeldraagconstructie.

De berekening van de baten hiervan is bijgevoegd in bijlage III en wordt hieronder kort samengevat.

Het verschil tussen de netto contante waarde (NCW) van beide varianten bedraagt naar schatting EUR 1.700.000,-- in het voordeel van levensduurverlenging. Omdat de sluis slechts incidenteel gebruikt wordt zijn de verschillkosten per schutting toch aanzienlijk. Stel dat de sluis 2 weken per jaar gebruikt wordt en er 1 schip per dag geschut wordt, dan bedragen de besparingen over deze periode maar liefst EUR 1.230,-- per schutting. Werkelijk zijn deze besparingen vermoedelijk groter omdat de sluis voor de laatste keer in 2013 heeft geschut. Bij 1 schip per jaar bedragen de verschillkosten al EUR 17.000,-- per schutting en bij 1 schip per 5 jaar EUR 85.000,-- per schutting.

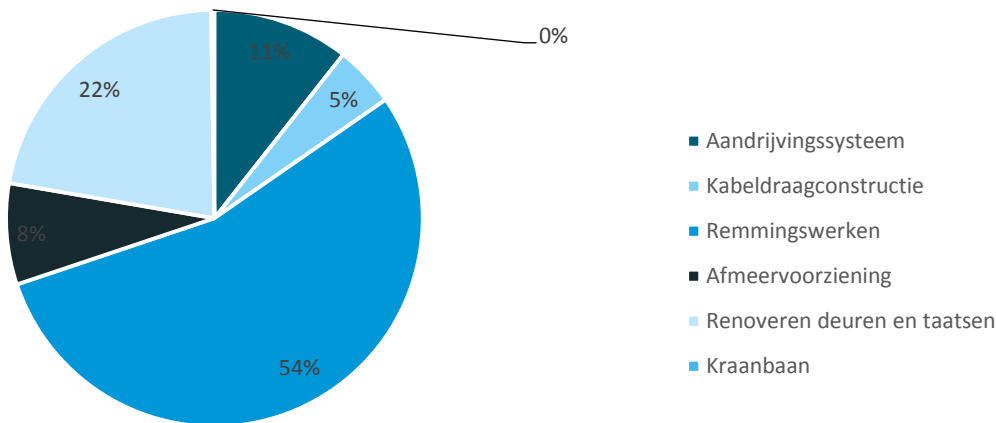
Afbeelding 5.2 Nominale bouwkosten van vervanging ten opzichte van levensduurverlengend onderhoud



Dit effect is voor CO₂ minder groot omdat deze waarden als constanten worden gezien over de beschouwingsperiode van 100 jaar. Toch zal het voordeel voor variant 2 feitelijk groter zijn. Dit als gevolg van het in de toekomst steeds duurzamer produceren en ontwikkelen van onderdelen van de sluis.

Voor zowel kosten alsook CO₂ reductie zijn de grootste drivers de levensduurverlenging van de remmingwerken/aanlegsteiger, de afmeerpalen en de deuren. Hierin zit de grootste massa en dus ook de grootste kosten voor staal en CO₂.

Afbeelding 5.3 Verdeling van de CO₂-emissie over de beschouwde onderdelen



5.4.2 Beschouwing type conservering volledige renovatie van deuren en taatsen

In deze paragraaf wordt nader ingegaan op de kosten en baten van het toepassen van verschillende typen conservering van sluisdeuren. Waarbij het ene type een gangbare conservering is met een standaard verlenging van de levensduur, terwijl de ander conservering een grotere investering vergt, maar een langere restlevensduur verzorgd. Het is interessant om de onderlinge kosten en baten te beschouwen, zodat een gemotiveerde keuze gemaakt kan worden.

Staalconstructies worden beschermd tegen corrosie middels een conserveringssysteem. Hierbij zijn de volgende systemen al dan niet gecombineerd mogelijk:

- natlaksysteem;
- metalliseren;
- kathodische bescherming;
- opgedrukte stroom;
- opofferingsanodes.

Een sluisdeur valt altijd in een zware conserveringsklasse. Over het algemeen klasse C4 of C5 uit NEN-EN ISO 12944-2 en immersieklasse LM1 of LM2. Ter referentie zou een volgend natlaksysteem toegepast kunnen worden:

- zinkepoxy primer 60 µm
- epoxy tussenlaag 120 µm
- polyurethaan toplaag 60 µm
- totaal 240 µm

Voor een dergelijk systeem geldt een levensduur van 15 jaar, al kan in de praktijk in combinatie met tussentijds onderhoud een levensduur van 20 tot 25 jaar bereikt worden.

Een zwaardere conservering is schooperen of metalliseren waarbij een zink, aluminium of legering wordt aangebracht. De dikte van deze laag wordt afgestemd op de vereiste levensduur en de aantasting vanuit omgeving. Indien schades uitblijven of tijdig worden hersteld kan als referentie bij een laagdikte van 220 µm een levensduur van 60 jaar worden bereikt [ref. Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.]. Sommige systemen dienen nog geïmpregneerd te worden of kunnen voorzien worden van een gekleurde toplaag vanuit esthetisch oogpunt. Het schooperen is echter niet meegenomen in de kosten en batenanalyse van de sluis aangezien deze met name wordt toegepast wanneer objecten intensief worden gebruikt, om bijvoorbeeld stremmingen tijdens onderhoud te voorkomen. Dit is niet het geval bij de prinses Marijkesluis en daarom

niet beschouwd, wel loont het om deze optie nader te onderzoeken bij sluizen waarbij intensief wordt geschut en stremmingen daardoor kostbaar zijn.

Bij kathodische bescherming¹ worden opofferingsanodes van zink of aluminium op de staalconstructie geplaatst. Water werkt als elektrische geleider tussen staal en anode. Bij elektrisch contact tussen staal en de anode zal de anode geleidelijk corroderen waarbij het edele(re) constructiestaal beschermd wordt. Wel komen de metalen van de anodes vrij in het oppervlaktewater.

Bij opgedrukte stroom wordt middels een elektrische beschermstroom de staalconstructie beschermd. Hier is een permanente stroombron voor nodig, maar komen geen stoffen vrij in het milieu. Kathodische bescherming wordt op sluisdeuren gecombineerd met een natlaksysteem voor een betere bescherming. Bij kleine beschadigingen van de lak zal de kathodische bescherming de bescherming overnemen. De levensduur van de lak wordt hier niet mee verlengd.

Kosten en baten conserveringstypen

Onderstaand zijn de kosten en baten weergegeven. Hierbij wordt opgemerkt dat de daadwerkelijke levensduur van de verschillende type coatings van veel factoren afhankelijk is, en dat de in onderstaande tabel weergegeven levensduur een zeer grove indicatie geeft, zonder rekening te houden met project specifieke factoren.

Tabel 5.8 Kosten en baten conserveringstypen

Conservering	Kosten nominaal per m ²	Indicatie levensduur en periode opnieuw aanbrengen	Kosten CW 100 jaar per m ²
tweelaags coating 120 µm	30,--	10 jaar	108,--
meerlaags polyester coating 240 µm	50,--	12 jaar	156,--
glasvezelversterkte epoxy coating 1200 µm ²	120,--	25 jaar	211,--

Uit bovenstaande tabel blijkt dat de baten van het toepassen van robuustere conserveringen op de Prinses Marijkesluis vanuit kosten niet logisch is. Echter, laat de tabel ook zien dat de kosten (contante waarde (CW)) bekeken over een periode van 100 jaar dichterbij elkaar toe komen. Voor overige sluizen is het nader onderzoeken van de baten van bijvoorbeeld het voorkomen van stremmingen door het toepassen van robuustere conservering mogelijk interessant. In dat geval kunnen de hogere kosten van de conservering afgezet worden tegen de baten van het voorkomen van stremmingen van vaarwegen en het laten omvaren van een bepaald aantal schepen over aan bepaalde afstand gedurende een bepaalde periode. Wat zijn hier de baten van en wegen deze op tegen de kosten van de conservering.

5.5 Specials: standaardisatiemogelijkheden en product as a service

In deze paragraaf wordt nader ingegaan op kansen voor onderdelen:

- compleet vervangen E-installaties;
- compleet vervangen besturingssysteem;

¹ Deze zijn niet nader beschouwd of berekend maar hier weergegeven om met name aan te geven dat er verschillende typen conserveringen zijn en het mogelijk loont deze te onderzoeken. Iedere type heeft bepaalde kosten met bijhorende voor- en nadelen. Het afzetten van deze voor- en nadelen tegen kosten en baten leidt mogelijk tot andere en meer circulaire keuzes.

² Dit type conservering is in tekst niet beschreven maar wordt vaak bij overgangen zout- zoetwater toegepast en bij zeesluizen. Deze conservering is beter bestand tegen de typisch daar voorkomende milieuomstandigheden en beschermt daardoor beter het onderliggende object.

- objectverlichting vervangen.

De installaties hebben een relatief korte levensduur (gemiddeld 15 jaar) en zijn daardoor bij uitstek geschikt voor circulariteit en hoogwaardig hergebruik. Onderstaand wordt uiteengezet wat de kans/potentie is van circulair inkopen van vervanging en onderhoud van E-installaties en verlichting als 'product as a service'. Product as a service focust zich daarbij op het leveren van diensten en niet zozeer op het leveren van producten. Hierbij wordt meegenomen dat de prinses Marijkesluis de eerste sluis is in een reeks sluisen die wordt aangepakt in kader van programma MultiWaterWerk. Prinses Marijkesluis is daarnaast onderdeel van een beoogde corridor, waardoor schepen relatief makkelijk enkele objecten achtereenvolgens kunnen passeren.

Circulaire economie gaat in deze context over materiaalgebruik - maak zoveel mogelijk gebruik van de componenten en producten die je tot je beschikking hebt. Dat begint al bij het ontwerp: (a) hoeveel materiaal is nodig? Vervolgens is de vraag: (b) welk materiaal is nodig om de functionaliteit in te vullen? En ten slotte: (c) hoe ga ik zo goed mogelijk met mijn materiaal om?

In het geval van de prinses Marijkesluis, geldt dat deze drie vragen gelden voor twee thema's:

- 1 installaties zelf - materiaalkeuze, hergebruik en inzetbaarheid in andere objecten;
- 2 ruimte reserveringen voor installaties.

Met (1) wordt bedoeld dat de installaties zelf onderdeel kunnen zijn van een kringloop, zoals bijvoorbeeld het hergebruiken van bepaalde onderdelen. Voor (2) moet gedacht worden aan ruimtereserveringen die nu gemaakt worden met het oog op de toekomst, of juist ruimtes die nu benodigd zijn, maar op middellange termijn niet meer. Onderstaand worden per thema (1) en (2) de ontwerp vragen uitgewerkt, en worden de mogelijke voordelen van standaardisatie en inkoop van 'product as a service' toegelicht.

5.5.1 Installaties

De keuze voor componenten en installaties is bepalend voor het succes van de kringloop. Om deze reden is 'product-as-a-service' interessant, juist omdat de focus dan licht op dienst, en niet zozeer op het product. Hierdoor kan aan de voorkant al invloed worden uitgeoefend op de hoeveelheid en de kwaliteit.

Hoeveel materiaal is nodig?

Installaties hebben een belangrijke functie in beweegbare objecten zoals sluisen. De installaties in de prinses Marijkesluis hebben een hoge betrouwbaarheid. Hierdoor kan het in de huidige praktijk noodzakelijk zijn om per sluis componenten op voorraad te hebben. Denk hierbij aan reserve-onderdelen in 3-voud op voorraad of de omvang van een specifiek onderdeel (n.b. dit zijn voorbeelden uit vergelijkbare projecten, dergelijke onderzoeken zijn niet uitgevoerd voor de prinses Marijkesluis). Door standaardisatie van het ontwerp kan centraal een voorraad met reserve-onderdelen voor alle sluisen worden aangelegd, in plaats van voor elke sluis een aparte voorraad.

Welk materiaal is nodig voor de functionaliteit?

Het uitvragen van een functionaliteit is het belangrijkste onderdeel van product as a service. Door het uitvragen van een functionaliteit wordt losgelaten welke componenten aanwezig moeten zijn, of wanneer iets moet worden vervangen. Met name omdat de prinses Marijkesluis onderdeel uitmaakt van een corridor, kan gedacht worden aan dezelfde componenten, zodat deze uitwisselbaar zijn, en ook niet in x-voud op iedere locatie aanwezig hoeven te zijn (één locatie met reserve onderdelen). Door gebruik te maken van product as a service kan het zijn dat componenten eventueel niet meer voldoen voor een sluis met de allerhoogste beschikbaarheidseisen, maar wel één met lagere eisen. Dergelijke onderzoeken kunnen worden uitgevoerd en leiden tot hoogwaardig hergebruik.

Hoe ga ik zo goed mogelijk (toekomstbestendig) met het materiaal om?

Nadat de materialen niet meer voldoen aan de vereisten voor het object, kan worden onderzocht of de materialen inzetbaar zijn binnen objecten in de eigen organisatie, zodat hoogwaardig hergebruik

(classificering/cascadering) mogelijk is. Dit kan tijdens een aanbesteding uitgevraagd worden bij leveranciers en aannemers, die ervaring hebben met dergelijke objecten. Er kan per object worden gekeken naar hoogwaardig hergebruik. Dit kan eventueel gekoppeld worden aan voorspellend onderhoud. Met voorspellend onderhoud wordt de conditie van de installaties gemonitord, zodat componenten of onderdelen vervangen kunnen worden indien noodzakelijk.

5.5.2 Ruimte reserveringen

Om de installaties nabij objecten te huisvesten en om objecten te bedienen, is ruimte nodig, zoals een bedienhuis of technische ruimte. Momenteel gebeurt het steeds vaker dat objecten op afstand worden bestuurd. Hier zijn, naast de voorbereidingen voor de installaties, ook ruimte reserveringen voor benodigd.

Hoeveel ruimte is nodig?

Is duidelijk wat de toekomstplannen zijn voor de sluis? Wordt de sluis op korte termijn op afstand bediend, en is er ruimte nodig voor nieuwe installaties t.b.v. afstandsbediening? Of is het juist van belang dat het object de komende tijd lokaal kan worden bediend? Ook het combineren van functies kan een interessante afweging zijn (functie nu is: bedienen, toekomstige functie is:....).

Welke ruimte is nodig voor de functionaliteit?

Bij het beschrijven van de functionaliteit van het gebouw, is het van belang om na te denken over de toekomst. Kan enigszins eenvoudig e.e.a. worden aangepast, zodat het groter/kleiner kan worden gemaakt. Of kan eventueel als hoogwaardig worden gedemonteerd, zodat elders lokaal kan worden bediend.

Hoe ga ik zo goed mogelijk (toekomstbestendig) met de ruimte om?

Welke materialen kunnen worden toegepast, zodat gebouwen en ruimte reserveringen stevig en stabiel zijn, als makkelijk uit elkaar te halen. Wanneer laatste wordt gewaarborgd door bijvoorbeeld modulair te bouwen dan bevordert dit hergebruik en daarmee circulariteit.

5.6 Overige specials

Onderstaand wordt ingegaan op de overige specials:

- vervangen onderwaterpomp;
- herstellen/herontwerpen HWA;
- niet vervangen van voegovergangen;
- materiaalkeuze van de kabeldraagconstructie.

5.6.1 Vervangen onderwaterpomp

De waterpomp dient vervangen te worden. In het startoverleg en tijdens de inspectie is naar voren gekomen dat de huidige pomp in principe nog in goede staat is, maar dat vervanging met name nodig is wegens het ontbreken van een plan voor het onderhoud. Dit komt doordat de pomp uniek is en maatwerk. Na gesprek met de beheerder is naar voren gekomen dat onderhoud van de pomp lastig is, omdat kennis ontbreekt hoe de pomp in elkaar zit. Doel is dan ook de onderwaterpomp te vervangen met een nieuwe pomp die identiek is aan de andere onderwaterpomp van de Prinses Marijkesluis. Dit leidt tot een standaardisatie en draagt bij aan circulariteit. Wat in het kader van het programma MultiWaterWerk echter nog tot verdere winst kan leiden is het onderzoeken van object overstijgende standaardisatie:

- zijn er bijvoorbeeld overige sluizen die ook onderwaterpompen gebruiken?
- hoe zijn deze pompen uitgevoerd en is standaardisatie hiermee mogelijk?
- is het uitvragen als product as a service een optie? (en dit later ook doen bij overige onderwaterpompen)

Bovenstaande vragen zijn binnen dit onderzoek niet beantwoord.

5.6.2 Herstellen/herontwerpen HWA

In paragraaf 5.4 is reeds getracht de baten van vrijkomende materialen van de HWA weer te geven. Hierbij zijn twee zaken naar voren gekomen:

- de huidige HWA bestaat uit verschillende materialen (RVS en diverse kunststoffen);
- de HWA heeft ten opzichte van de overige renovatie- en onderhoudsscope een beperkte massa, waardoor baten van vrijkomend materiaal beperkt/niet significant zijn.

In paragraaf 5.4 is daarom aangegeven dat het meer loont om standaardisatie te onderzoeken. Wanneer binnen de sluisen van MultiWaterWerk programma wordt gekozen voor een beperkt aantal materialen, bijvoorbeeld maximaal 2 afhankelijk van het type milieu waarin de HWA zich bevindt, en wordt gekozen voor standaard maatvoering (diameter) dan kan de kans op toekomstig hergebruik als product worden vergroot. Logischerwijs komt in de toekomst bij bepaalde sluisen dan materiaal van een HWA vrij wat 1 op 1 (met een bepaalde restlevensduur) kan worden ingezet op een andere sluis binnen het arsenaal van RWS, of eventueel bij overige partijen (provincies, waterschappen of gemeenten).

5.6.3 Niet vervangen van voegovergangen

In deze variant worden de baten van het niet vervangen van de voegovergangen kwalitatief beschouwd. Tijdens de visuele inspectie en een gesprek met de beheerder is naar voren gekomen dat het gewenst is de voegovergangen te herstellen maar dat sprake is van een dikke betondekking. Het vervangen van de voegovergangen heeft hierdoor met name een esthetische waarde. Afgevraagd kan dus worden of het vervangen van de voegovergangen wel nodig is. Daarnaast zijn wij van mening dat de geconstateerde schade bij de overgang niet puur afbrokkelen van beton is als gevolg van blootstelling aan weersomstandigheden. De schade is op sommige plekken dermate groot dat het erop lijkt dat sprake is van schade als gevolg van aanvaringen met scheepsvaart. Ook vanuit dit oogpunt kan men zich afvragen wat het nut is van herstel van de voegovergangen, als dergelijke delen van de kolk makkelijk beschadigd raken wegens de vormgeving van de kolk zelf. Onderstaand een overzicht van mogelijke voor- en nadelen van het niet herstel van de voegovergangen:

Voordelen (vanuit circulair oogpunt):

- geen aanneemkosten;
- geen inkoop materiaal en daarmee inzet van materiaal;
- geen CO₂ emissie als gevolg van transport en productie van beton.

Nadelen:

- Esthetisch gezien oogt de sluis in minder goede staat te zijn, echter is dit functioneel wel zo.

5.6.4 Materiaalkeuze kabeldraagconstructie en levensduuroptimalisatie

De kabeldraagconstructie van de Prinses Marijkesluis bestaat op dit moment uit verrot hout. Enkele loopplanken zijn reeds vervangen, alle overige planken dienen vervangen te worden. Aangezien planken verrot zijn is 1 op 1 hergebruik geen optie. Daarom worden aandachtspunten meegegeven om tot een goede materiaalkeuze te komen:

- 1 ga na wat de gewenste levensduur is van het onderdeel van de sluis in relatie tot de gehele sluis;
- 2 bepaal aan de hand van de gewenste levensduur het meest geschikte materiaal.

Ad 1) levensduur onderdeel in relatie tot levensduur object

Veelal worden voor nieuwe onderdelen van objecten standaard levensduureisen voorgeschreven. Zo geldt voor cruciale onderdelen vaak een levensduur van 50 tot 100 jaar, en minder cruciale onderdelen van 15 tot 50 jaar. Het kan voorkomen dat bij renovatie en onderhoud de levensduur van een onderdeel de (rest)levensduur van het totale object ruim overschrijdt. In een dergelijk geval kan dus worden afgevraagd of het voorschrijven van standaard levensduureisen het meest optimale is vanuit circulair oogpunt. In zo'n geval

is het interessant om te onderzoeken of er vrijkomende onderdelen zijn met een restlevensduur die aansluit bij de totale (rest)levensduur van het totale object.

Ad 2) levensduur in relatie tot materiaalkeuze

In tegenstelling tot bovenstaand pleidooi onder Ad 1 is het ook mogelijk om in enkele gevallen mogelijk om te kiezen voor materialen met een hogere levensduur. Zo is het goed denkbaar dat een onderdeel van een object aan vervanging toe is, waarvoor normaliter een levensduureis voor geldt van 20 jaar. Voor het gehele object kan een langere restlevensduur gelden van bijvoorbeeld nog 80 jaar. In dergelijke gevallen loont het wellicht om over te gaan tot ander materiaalkeuzes en op deze wijze toekomstige vervanging te beperken.

Zo kan voor de Prinses Marijkesluis gekozen worden voor het toepassen van kunststof wandelbrugpanelen in plaats van houten. Dergelijke panelen hebben veelal een langere levensduur. Anderzijds dient bij een dergelijke keuze wel Ad 1 betrokken te worden; wat is de restlevensduur van de gehele sluis en kan het voordeel opleveren om materialen toe te passen met een langere levensduur?

6

LEERERVARINGEN

In dit hoofdstuk zijn de leerervaringen die zijn opgedaan bij de uitvoering van dit onderzoek beschreven voor een bredere toepassing binnen het programma MultiWaterWerk en het Rijksbrede Programma Circulaire Economie.

6.1 Informatievergaring ten behoeve van de inventarisatie naar de mogelijkheden van hergebruik

Gebruik beschikbare informatie

De (oude) inspectierapporten waren goed bruikbaar voor diverse experts om een eerste indruk te krijgen van de Prinses Marijkesluis en de staat daarvan. Dit in combinatie met een visuele inspectie en een integrale brainstorm als vervolg op de inspectie leidde tot een snel inzicht in mogelijke hergebruikopties. Tevens kwam hierdoor snel inzicht de scope van het duurzaamheidsonderzoek, wat gaat nu in de praktijk al goed en is hierdoor vanuit circulair oogpunt niet interessant om verder te beschouwen en waar valt mogelijk winst te behalen.

Het met een integraal team bekijken voor een concept renovatie- en onderhoudsscope, een gezamenlijk kort bezoek aan een sluis onder begeleiding van een inspecteur en vervolgens een brainstorm over de scope leidt mogelijk tot het snel inzichtelijk maken van circulaire kansen en kan bijdragen aan het verder brengen van het circulair werken binnen Rijkswaterstaat.

Ervaring uit onderzoek informatiebehoefte materialenpaspoort Beatrixsluis

Onlangs is in opdracht van Rijkswaterstaat een onderzoek uitgevoerd naar de informatiebehoefte van een materialenpaspoort¹ in kader van uitbreiding en renovatie van Prinses Beatrixsluis. Omdat deze leerervaringen ook interessant kunnen zijn voor de Prinses Marijkesluis zijn de conclusies hieronder kort samengevat:

- één van de belangrijkste redenen voor het niet hergebruiken van materialen zijn risico's die gezien worden door de marktpartijen als gevolg van gebrek aan informatie. Andere redenen voor het niet hergebruiken van materialen zijn 1) beschikbaarheid van materialen in tijd en plaats, 2) specifieke (materiaal)eisen en 3) het culturele aspect dat '2^e hands' per definitie slechter is dan nieuwbouw;
- naast hoogwaardig hergebruik is effectief beheer en onderhoud een belangrijke toepassing van een materialenpaspoort;
- decompositie volgens NEN2767-1 is goed bruikbaar als vertrekpunt voor structurering van de informatievraag. Kanttekening bij het gebruik van de decompositie volgens de NEN2767-1 is dat deze gericht is op de beoordeling van losse elementen van een constructie. Hergebruik van hoofdonderdelen (combinaties van elementen), zoals een fietsbrug als geheel, wordt hierdoor niet specifiek meegenomen. Ook de wijze waarop componenten of materialen zijn verbonden wordt niet specifiek meegenomen. Hiervoor moet dus apart aandacht komen;
- de informatiebehoefte is afhankelijk van: 1) het type materiaal, 2) de voorziene hergebruik optie (1:1 hergebruik als product versus hergebruik als grondstoffen) en 3) de fase waarin een onderdeel zich bevindt (grondstoffase, fabricagefase, bouw-/montagefase en de beheer-/onderhoudsfase);

¹ Infovragen Materialenpaspoort: casus Prinses Beatrixsluis, concept01, Witteveen+Bos, 14 december 2017

- partijen zullen doorgaans alleen informatie vastleggen en aanleveren over wat contractueel wordt vereist. Eventueel aangevuld met eisen vanuit hun eigen kwaliteitssystemen of borging van aansprakelijkheid, maar deze informatie wordt niet aangeleverd aan de opdrachtgever.

Uit met name de laatste aanbeveling volgt dat veel informatie verloren gaat omdat deze niet concreet wordt uitgevraagd. Bij bestaande assets is het informatieverlies al in het verleden opgetreden. Bij bestaande assets zou dit kunnen worden ondervangen door het uitbreiden van inspectieprotocollen door van bestaande assets de potentiële baten te kunnen inventariseren en zo zoveel mogelijk informatie op te halen. Concreet zijn voor inspecties onderstaande aanvullende vragen van belang:

- inschatting restlevensduur van onderdelen;
- inschatting mogelijkheid tot levensduurverlenging van onderdelen met nog redelijke restlevensduur;
- inschatting of onderdeel wat mogelijk vervangen moet worden geschikt is voor hergebruik:
 - is het onderdeel speciaal ontworpen voor het specifieke object of generiek van aard?
 - is het onderdeel nog geschikt voor laagwaardiger hergebruikt, is het dus nog in goede staat voor objecten met bijvoorbeeld een lagere veiligheidsklasse?
 - is het onderdeel nog geschikt voor hergebruik in een andere functie. Bijvoorbeeld bielzen via architecten hergebruiken in gebouwen?

Naast het uitbreiden van inspecties is het uitvragen van informatie over de wijze van beheer en onderhoud relevant, zoals uit de bevindingen van het onderzoek naar informatiebehoefte blijkt. Concreet kunnen onderstaande vragen (op hoofdlijnen) worden meegegeven aan de te selecteren onderaannemer voor beheer en onderhoud:

- lever informatie aan over de wijze waarop het onderhoud is verricht;
- lever informatie aan over de reden waarom gekozen is het onderhoud op een bepaalde wijze uit te voeren. Informatie over incidenten en hoe dit is opgelost met motivering is gewenst;
- lever informatie aan over het detailniveau van het onderhoud (alleen uitwendig of ook inwendig). Denk bijvoorbeeld aan uitwendige schade aan deuren herstellen. Dit betekent niet dat de deur intern ook nog geschikt is voor hergebruik vanuit de benodigde sterkte bij nieuwbouw.

6.2 Waardebehoud door levensduurverlenging

De algemene tendens binnen de GWW is nieuwbouw. Deze tendens lijkt door te werken in renovatie- en onderhoudsplannen. Dit kwam telkens naar voren in alle gesprekken in kader van dit onderzoek. In het startoverleg is dit al naar voren gekomen, waarbij de beheerders vragen hadden over de scope van de renovatie en onderhoudsopgave. Zij gaven aan het gevoel te hebben dat een integrale afweging ontbreekt. Of dit zo daadwerkelijk zo is, is onduidelijk. Duidelijk is echter wel dat wijzelf en de beheerders een gevoel dat levensduurverlenging onvoldoende aandacht krijgt. Enkele bevindingen tijdens dit onderzoek die dit onderschrijven:

- een groot deel van de scope conform het projectplan van RWS bevat het woord vervangen, er is maar beperkt sprake van opties voor levensduurverlenging;
- uit de visuele inspectie kwam naar voren dat een groot deel van het object nog in goede staat is en nog jaren meekan;
- in de inspecties die RWS in 2015 werden vooral levensduur verlengende opties geadviseerd (zoals conserveren in plaats van vervangen).

Uit de eerste indicatieve beschouwingen blijkt dat de variant met levensduurverleningen (over een looptijd van 100 jaar) baten kent van circa EUR 1.700.000,--. Dit moet wellicht nader onderzocht worden in relatie tot de daadwerkelijk voorgenomen levensduur van het gehele object.

Samenvattend lijkt het, zonder de hele achterliggende afwegingen te kennen, opmerkelijk dat de scope van de renovatie- en onderhoudsopgave van de Prinses Marijkesluis dermate robuust (vaak vervangen) is gesteld.

6.3 Materiaalinzet afstemmen op (rest)levensduur gehele object

Uit een beschouwing op de te vervangen kabeldraagconstructie komt naar voren dat materiaalkeuze en de relatie tussen standaard voorgeschreven levensduureisen en de levensduur van het gehele object kansen biedt voor circulariteit. Wanneer de materiaalinzet wordt afgestemd op de levensduur die overeenkomt met de gewenste restlevensduur van het gehele object, wordt in de toekomst vervangen van onderdelen voorkomen en daarmee materiaalinzet. Kortom verhoog levensduureisen wanneer het hele object nog een hoge restlevensduur heeft en verlaag deze eisen indien het gehele object nog maar een beperkte restlevensduur kent.

6.4 Bepaling van duurzaamheidwinst en kosten van varianten

In dit onderzoek hebben wij ons eerst gericht op de hoogst mogelijk manier van hergebruik, namelijk 'product voor product'. Volgende voor de hand liggende stap bij renovatie- en onderhoudsopgaven is het bekijken van de opties voor levensduurverlenging. Dit voorkomt immers de fabricage van nieuwe onderdelen. Voor beide geldt dat er in principe geen waardeverlies optreedt van het materiaal. Deze vorm van hergebruik leidt per definitie tot duurzaamheidwinst ten opzichte van nieuw bouw met eindige (niet hernieuwbare) grondstoffen. En is bijvoorbeeld ook duurzamer dan recycling, omdat hier energie voor nodig is en waardeverlies optreedt in geval van toepassing als een secundaire grondstof. Twee belangrijke uitgangspunten hierbij zijn:

- 1 dat hergebruik plaatsvindt voor dezelfde functie en dat er geen vergelijkbare constructie mogelijk is met veel minder materiaalgebruik of met hernieuwbare grondstoffen;
- 2 dat bij recycling geen waardeverlies optreedt (geen downcycling) en volledig plaatsvindt op basis van hernieuwbare energie.

Dus 'product voor product' en levensduurverlenging kan worden gehanteerd als leidende principe bij hergebruik van materialen, maar hierbij zullen de bovenstaande uitgangspunten in ogenschouw moeten worden genomen. En andersom geredeneerd, zullen bij ontwerp en bouw van een nieuw object de mogelijkheden voor hergebruik van materialen altijd vergeleken moeten worden met alternatieven zoals gebruik van hernieuwbare grondstoffen of het gebruik van gerecycleerde grondstoffen.

6.5 Standaardisatie en product as a service

Verlichting en E-installaties hebben een relatief korte levensduur (gemiddeld 15 jaar) en relatief makkelijk te standaardiseren, en zijn daardoor bij uitstek geschikt voor circulariteit en hoogwaardig hergebruik. Standaardisatie is in dit geval extra interessant omdat de Prinses Marijkesluis de eerste sluis is in een reeks sluisen die wordt aangepakt in kader van programma MultiWaterWerk. Daarom is in kader van dit onderzoek een korte kwalitatieve verkenning hiernaar uitgevoerd. Navolgend worden de kansen/potentie van standaardisatie en circulair inkopen van vervanging en onderhoud van E-installaties en verlichting als 'product as a service' kort samengevat:

- door standaardisatie van het ontwerp kan centraal een voorraad met reserve-onderdelen voor alle sluisen worden aangelegd, in plaats van voor elke sluis een aparte voorraad, waardoor op materiaal kan worden bespaard;
- door gebruik te maken van standaardisatie en product as a service kunnen componenten die eventueel niet meer voldoen voor een sluis met de allerhoogste beschikbaarheidseisen, maar wel één met lagere eisen, alsnog worden hergebruikt;
- nadat de materialen niet meer voldoen aan de vereisten voor het object, kan worden onderzocht of de materialen inzetbaar zijn binnen objecten in de eigen organisatie, zodat hoogwaardig hergebruik (classificering/cascadering) mogelijk is. Dit kan tijdens een aanbesteding uitgevraagd worden bij leveranciers en aannemers, die ervaring hebben met dergelijke objecten;
- standaardisatie en circulair inkopen kan worden gekoppeld aan voorspellend onderhoud. Met voorspellend onderhoud wordt de conditie van de installaties gemonitord, zodat componenten of onderdelen vervangen kunnen worden indien noodzakelijk;

- in te spelen op toekomstige veranderingen van het huisvesten en bedienen op locatie naar objecten op afstand worden bestuurd. Bijvoorbeeld door te werken met tijdelijke en/of modulaire gebouwen.

Bijkomend voordeel van het loskoppelen van de inkoop van E-installaties en verlichting van de civiele werken is dat ruimte wordt geboden aan gespecialiseerde aannemers en leveranciers hierop gericht in te schrijven met innovatieve producten en concepten.

7

CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN

7.1 Conclusies

Onderstaand zijn de conclusies van het duurzaamheidsonderzoek Prinses Marijkesluis in hoofdlijnen samengevat:

- het materiaalgebruik binnen de scope van de renovatie en onderhoudsopgave van de Prinses Marijkesluis is relatief beperkt in omvang. Er komt relatief weinig materiaal vrij waardoor de kansen voor materiaalhergebruik en duurzaamheidwinst relatief beperkt zijn;
- levensduurverlenging lijkt bij bestaande assets de grootste baten te hebben versus het vervangen van onderdelen. Op basis van een eerste grove inschatting kan levensduurverlenging een besparing van circa EUR 1.700.000 opleveren. Hierin is waardeverlies van de te vervangen onderdelen nog niet meegenomen¹;
- standaardisatie biedt kansen voor het verminderen en verduurzamen van materiaalgebruik. Vooral bij E-installaties en verlichting worden kansen gezien voor standaardisatie en ook inkoop van 'product as a service'. Het MultiWaterWerk programma biedt ideale mogelijkheid om standaardisatie vanuit circulariteit verder te onderzoeken en te ontwikkelen;
- het uitbreiden van inspecties, inclusief inventarisatie van hergebruikmogelijkheden, kan bijdragen aan het komen tot een meer circulaire renovatie- en onderhoudsprogramma.

7.2 Hypothesen

In deze paragraaf worden de hypothesen van dit onderzoek beantwoord.

7.2.1 Visuele inspectie geeft snel inzicht in kansen

Door met een circulaire blik een visuele inspectie uit te voeren zijn we in dit onderzoek gekomen tot het formuleren van mogelijke interessante circulaire varianten. Deze zijn vervolgens getoetst met experts in een brainstormsessie. Op deze manier zijn in een relatief korte periode circulaire kansen inzichtelijk gemaakt. De hypothese wordt aangenomen.

7.2.2 Te vroeg sprake van vervanging van onderdelen omdat baten van levensduurverlenging onduidelijk zijn

Uit dit onderzoek komt naar voren dat baten van levensduurverlenging in principe vele malen hoger liggen dan het vervangen van bepaalde onderdelen of objecten. Een verklaring hiervoor is dat de baten van levensduurverlenging niet duidelijk zijn gekwantificeerd. Echter kunnen ook andere overwegingen ten

¹ In dit onderzoek is het verlies aan 'waarde' van een bestaand object niet meegenomen. Kortom, wat is de waarde van een bestaande sluis en wat voor impact heeft de sloop van een dergelijk sluis en de nieuwbouw van een nieuwe op de bestaande locatie voor impact op de kosten/baten van de mogelijkheid levensduurverlenging toe te passen.

grondslag liggen aan de keuze om onderdelen toch te vervangen. Deze overwegingen zijn niet meegenomen in dit onderzoek en daardoor ons niet bekend. De hypothese wordt deels aangenomen.

7.2.3 Raakvlak voorgeschreven levensduur onderdelen en restlevensduur gehele object biedt kansen voor circulariteit

Vaak worden bij te vervangen onderdelen standaard levensduureisen meegegeven in contracten. Mogelijk leidt dit tot inefficiënt beheer en onderhoud. Zo is het mogelijk dat een te lange eis wordt meegegeven aan een onderdeel, omdat het gehele object een kortere restlevensduur heeft en vice versa. Wij pleiten daarom om levensduureisen te optimaliseren voor projectspecifieke omstandigheden, en generieke eisen zoveel mogelijk los te laten. Hiermee ontstaat meer ruimte voor hergebruik van vrijkomende materialen uit andere objecten. Voor zover wij weten worden de levensduureisen voor renovatie en beheer niet vanuit circulair oogpunt opgesteld, maar dit is in kader van dit onderzoek niet nader onderzocht. De hypothese wordt derhalve toch aangenomen.

7.2.4 Standaardisatie biedt kansen voor sluisen binnen Multiwaterwerken

Standaardisatie lijkt in de eerste plaats interessant voor vervanging en onderhoud van E-installaties en verlichting. De standaardisatie kan o.a. voordelen opleveren in slimme inzet van reserve-onderdelen en hergebruik van vrijkomende onderdelen. En kan mogelijk ook worden gekoppeld aan ontwikkelingen zoals voorspellend onderhoud. Daarnaast is het interessant om standaardisatie van E-installaties te koppelen aan te ontwikkeling richting bediening op afstand. En dit geeft weer mogelijkheden voor inrichten van tijdelijke en /of modulaire van bedieningsgebouwen.

Van de civiele onderdelen zijn in kader van deze studie in beperkte mate kansen naar voren gekomen voor standaardisatie binnen het programma MultiWaterWerk. Alleen de hemelwaterafvoer (HWA) biedt kansen, maar standaardisatie van hemelwaterafvoer kan wellicht beter Rijkswaterstaat breed worden opgepakt en niet specifiek voor sluisen.

De hypothese wordt aangenomen voor E-installaties en verlichting. Hierbij wordt opgemerkt dat mogelijk ook kansen voor standaardisatie liggen op andere civiele onderdelen, maar dat die buiten de scope liggen van renovatieopgave van de Prinses Marijkesluis.

7.3 Aanbevelingen

Uit de resultaten van dit onderzoek komen de volgende aanbevelingen en vervolgstappen naar voren:

- inventariseer voor de verschillende te onderhouden sluisen binnen het programma MultiWaterWerk de onderdelen die zich lenen voor standaardisatie en product as a service:
 - ga na in hoeverre product as a service mogelijk is en hoe dit aan te besteden, zie hiervoor paragraaf 5.5;
 - ga na in hoeverre standaardisatie verder mogelijk is voor met name de HWA, bij de Prinses Marijkesluis is naar voren gekomen dat binnen één object al verschillende materiaalsoorten en maatvoering voorkomen;
 - bereken de duurzaamheidwinst van de standaardisatie.
- inventariseer waar levensduurverlenging een optie is in plaats van vervangen van bepaalde onderdelen en pas de scope hier op aan indien mogelijk (gezien andere overwegingen). Hiervoor kan een praktische aanpak vaak al voldoende inzicht geven, zie paragraaf 6.2;
- beschouw de restlevensduur van een geheel object en pas de bijhorende levensduureisen (en daarmee materiaalinzet) van onderdelen die vervangen worden hierop aan. Dit voorkomt onnodige fabricage van nieuwe onderdelen en het recyclen van onderdelen die mogelijk juist nog voldoen met een bepaalde restlevensduur. Door dit te doen zal ook een concrete vraag ontstaan naar nog goede '2^e hands onderdelen';

- breidt inspectieprogramma's uit om ook benodigde informatie ter toetsing van circulaire kansen inzichtelijk te krijgen, om zo de overgang naar circulair werken te versnellen en makkelijker te maken;
- vraag in nieuwe contracten voor vervaging en renovatie, en uitvoering van beheer en onderhoud, ook specifiek informatie uit ten behoeve van hergebruik van materialen (materialenpaspoort). Voor aanvullende informatie wordt verwezen naar het onderzoek 'informatievragen materialenpaspoort' aan de hand van de casus Beatrixsluis.

Bijlage(n)

I

BIJLAGE: VISUELE INSPECTIE

NOTITIE

Onderwerp	Visuele inspectie Prinses Marijkesluis	
Project	Duurzaamheidsonderzoek Prinses Marijkesluis	
Opdrachtgever	Rijkswaterstaat	
Projectcode	104139	
Status	Definitief	
Datum	Inspectie van 18 oktober 2017	
Referentie	104139/17-019.147	
Auteur(s)	ing. J. ten Thije	
Gecontroleerd door	ing. B.J.G. Hendrickx	
Goedgekeurd door	ir. R. Dijcker	
Paraaf		
Bijlage(n)	-	
Aan	Rijkswaterstaat	R. van Daalen, J. Bouten
Kopie	-	

1 PROJECTBESCHRIJVING

In 2015 is gebleken dat de Prinses Marijkesluis gerenoveerd dient te worden en ook dat onderhoudsmaatregelen nodig zijn. De renovatie en het onderhoud vindt rond 2020 plaats en worden parallel uitgevoerd.. Rijkswaterstaat wenst inzicht te krijgen in de mogelijkheden voor hoogwaardig hergebruik van materialen bij de renovatie en het onderhoud van de sluis, daarnaast is een globale beoordeling van de duurzaamheidwinst van een circulaire ontwerpvariant gewenst. Om dit te bepalen is als eerste stap een visuele inspectie van de sluis uitgevoerd.

2 VOORBEREIDING

Voorafgaand aan deze visuele inspectie is met Witteveen+Bos, GPO en de beheerder van het object op 11 oktober 2017 een startoverleg gehouden om een eerste concretisering van de scope te bepalen.

Deze is als volgt vastgesteld:

- spoor 1:
 - compleet vervangen verouderd aandrijvingsstelsel. Thieu en Aart (de beheerders) geven aan dat mogelijk nog ruimte is hergebruik;
 - compleet vervangen E-deel. Aangegeven is dat dit klopt, dient geheel vervangen te worden;
 - vervangen kabeldraagconstructie en bekabeling. Aangegeven is dat dit klopt, bestaat uit hout en is rot;

- compleet vervangen besturingssysteem. Aangegeven is dat dit enerzijds nodig is wegens veroudering, anderzijds is het systeem nog wel betrouwbaar;
- spoor 2:
 - compleet vervangen remmingswerken. Aangegeven is dat vervanging nodig is maar hergebruik opties voor materialen lijken mogelijk;
 - compleet renoveren van deuren en taatsen. Aangegeven is dat onduidelijk is of gehele renovatie nodig is, hergebruik lijkt mogelijk;
 - compleet conserveren leuningwerk. Aangegeven is dat dit nodig is, betreft slechts aanbrengen conservering en lijkt niet interessant voor hergebruik;
 - compleet betonherstel waar nodig. Aangegeven is dat dit nodig is, echter geen grote onderdelen vooral smeerwerk. Opties voor hergebruik lijken niet aanwezig;
 - vervangen voegovergangen. Aangegeven is dat dit nodig is, hergebruik is mogelijk een optie;
 - herstellen/herontwerpen hemelwaterafvoersysteem. Aangegeven is dat dit nodig is, hergebruik mogelijk een optie;
 - verwijderen kraanbaan. Aangegeven is dat dit nodig is, kraanbaan of onderdelen wellicht elders herbruikbaar;
 - herstellen/vervangen kozijnen. Aangegeven is dat dit nodig is, echter afwijkende maten van kozijnen. Hergebruik lijkt lastig;
 - vervangen onderwaterpomp 1. Aangegeven is dat dit nodig is, betreft een speciale maatwerk pomp. 1:1 hergebruik lijkt hierdoor lastig;
 - vervangen generator onderwaterpomp. Aangegeven is dat dit nodig is wegens vervanging onderwaterpomp 1, generator is nog in goede kwaliteit, mogelijk een optie voor hergebruik;
 - aanvullen ontgrondingen en herstellen bodemschade. Aangegeven is dat dit nodig is, hergebruik lijkt niet interessant.

Bovenstaande is meegenomen in de visuele inspectie.

3 VISUELE INSPECTIE

De visuele inspectie is uitgevoerd op woensdag 18 oktober 2017. De volgende personen waren aanwezig;

- Thieu Bouwens Beheerder, Rijkswaterstaat;
- vervanger Aart Rijkswaterstaat;
- Bram Hendrickx adviseur Circulaire Economie, Witteveen+Bos;
- Jeroen ten Thije inspecteur kunstwerken, Witteveen+Bos.

De inspectie is uitgevoerd aan de hand van de scope, zoals in het startoverleg is vastgelegd.

De inspectie wordt hieronder per spoor en per punt uiteengezet.

3.1 Spoor 1

Tabel 1 3

Aandrijving en bewegingswerk electromechanisch puntdeur	
Scope	Compleet vervangen
	<p>De sluisdeuren aan de westzijde van zowel de noordelijke als de zuidelijke kolk zijn door de beheerder gesloten en weer geopend. De deuren van beide kolken sloten soepel en zonder abnormaliteiten en/of bijgeluiden. Sluitingstijd noordelijke kolk ca. 2 minuten. Sluitingstijd zuidelijke kolk ca. 1 minuut</p> <p>De elektromotor is niet visueel geïnspecteerd. Er zijn echter geen verdachte geluiden of trillingen waargenomen.</p>
	<p>Panamawiel</p> <p>Lichte corrosie, geen gebreken geconstateerd</p>
	<p>Cilinder</p> <p>Lichte corrosie, geen gebreken geconstateerd</p>
<p>mogelijke duurzaamheidswinst</p>	<p>De huidige aandrijving is mechanisch-elektrisch en functioneert nog naar behoren. Huidige aandrijving is laag storingsgevoelig bij sporadisch gebruik. Advies: aandrijving niet vervangen, maar reviseren.</p>

Tabel 2 Aandrijving en bewegingswerk elektromechanisch, deur schuif

Aandrijving en bewegingswerk elektromechanisch, deur schuif	
Scope	Compleet vervangen
	<p>Aandrijving schuiven op locatie niet getest</p> <p>Visueel geen gebreken geconstateerd</p>
	<p>Geen gebreken geconstateerd</p>
	<p>Mechaniek aandrijving, geen gebreken geconstateerd</p>
<p>Mogelijke duurzaamheidswinst</p>	<p>In plaats van vervangen kan een revisie overwogen worden.</p>

Tabel 3 E installatie

E installaties

Scope



Compleet vervangen

E installatie Bedieningshuis

De E installaties zijn in het verleden al eens gerenoveerd



E installatie Generator

Mogelijke duurzaamheidswinst

RWS is voornemens de E installaties van haar objecten te standaardiseren. In dit kader wil RWS de E installaties vervangen. De vrijgekomen materialen kunnen niet als product hergebruikt wordt. Grotendeels zullen de materialen kunnen worden gerecycled en als raw material weer dienst doen

Tabel 4 Kabeldraagconstructie en bekabeling

Kabeldraagconstructie en bekabeling	
Scope	Vervangen
	Looppad met hieronder kabeldraagconstructie
	Kabeldraagconstructie De kabeldraagconstructie bestaat uit houten delen. Deze zijn grotendeels verrot
	Looppad Het originele looppad bestaat uit houten planken voorzien van een slijtlaag. De slijtlaag ontbreekt grotendeels en de planken zijn aan inwatering en beginnende rotting onderhevig. Op enkele locaties zijn de planken vervangen

Kabeldraagconstructie en bekabeling



Bekabeling
Niet zichtbaar
Beheerder meldt geen storingen

Mogelijke duurzaamheidswinst

De kabelgoot is einde levensduur en niet voor hergebruik geschikt. De 'originele loopplanken zijn voorzien van een slijtlaag en aan de kopse kanten en bij de bevestigingsbouten ingewaterd. Niet voor hergebruik geschikt. De vervangen loopplanken zijn nog in goede staat, maar zijn door hun specifieke maat en de aanwezigheid van bevestigingsgaten niet voor hergebruik geschikt. De bekabeling is niet voor hergebruik geschikt. Een E-specialist zou kunnen bepalen of vervanging echt noodzakelijk is:

- houten onderdelen: waste
- bekabeling: raw material

Tabel 5 Besturingssysteem

Besturingssysteem

Scope





Compleet vervangen

Mogelijke duurzaamheidswinst

RWS is voornemens de besturingssystemen van haar objecten te standaardiseren en het systeem voor dit object tevens gereed te maken voor bediening op afstand. In dit kader wil RWS het besturingssysteem vervangen. De vrijgekomen materialen kunnen, vanwege de veroudering, niet als product hergebruikt worden. Grotendeels zullen de materialen kunnen worden gerecycled en als raw material weer dienst doen

Tabel 6 Objectverlichting

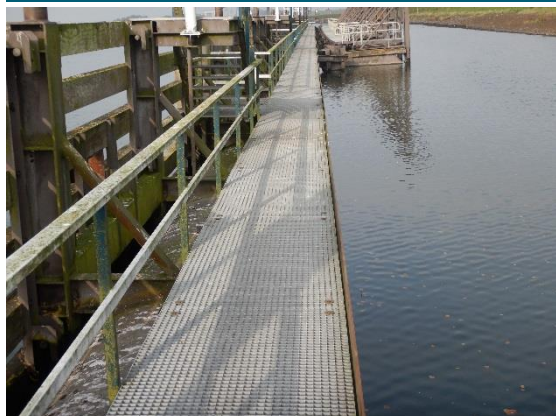
Objectverlichting	
Scope	Niet benoemd
	<p>Gegalvaniseerde masten</p> <p>Geen gebreken geconstateerd</p>
	<p>Led verlichting</p> <p>De verlichting is niet getest</p>
<p>Mogelijke duurzaamheidswinst</p>	<p>De reden voor vervanging is niet duidelijk. De masten verkeren nog in goede staat. De armaturen bestaan uit ledverlichting. Mogelijk is de objectverlichting na de programmeringsinspectie al vervangen</p>

3.2 Spoor 2

Tabel 7 Remmingwerken, aanlegsteiger

Remmingwerken, aanlegsteiger	
scope	Compleet vervangen remmingwerken
	Afmeervoorziening
	Loopbrug
	Trap, loopbrug

Remmingwerken, aanlegsteiger



Roostervloer

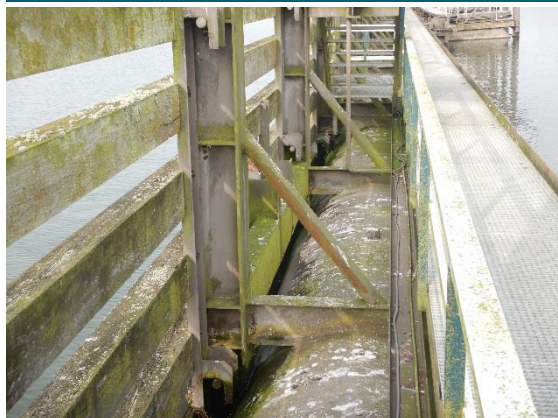


Ballastblokken



Drijflichaam

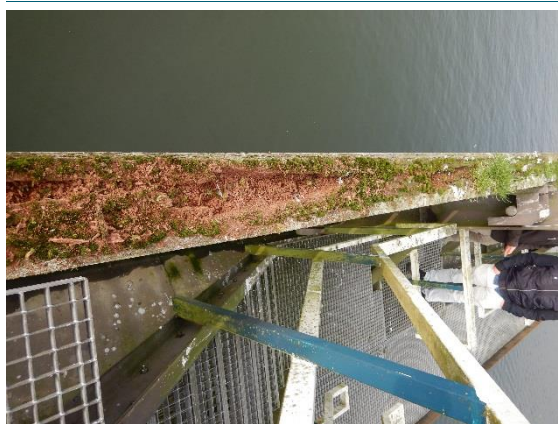
Remmingwerken, aanlegsteiger



Houders wrijfgordingen



Wrijfgordingen (uitneembaar)



Enkele wrijfgordingen aan bovenzijde ingerot
schatting <2 %



Trap



Verankering

Remmingwerken, aanlegsteiger



Aanvaarbeveiliging





Onbekende voorziening

Mogelijke duurzaamheidswinst

Aanmeervoorziening in redelijke staat. Een alternatief voor vervanging is het renoveren van deze voorziening. Bij vervanging kan de afmeervoorziening, na renovatie, als product worden hergebruikt op andere locaties

Tabel 8 Remmingwerken, geleidewerk

Remmingwerken, geleidewerk	
scope	Compleet vervangen remmingwerken
	Geleidewerk
	Inwatering aan bovenzijde totaal <1%
Mogelijke duurzaamheidswinst	Een mogelijkheid is alleen de slechte delen te vervangen en wel wanneer deze dermate zijn gedegradeerd dat het geleidewerk haar functie niet meer kan vervullen. Op dit moment verkeert het geleidewerk in goede staat

Tabel 9 Remmingwerken, aanmeerpalen

Remmingwerken, aanmeerpalen	
<p>scope</p> 	<p>Compleet vervangen remmingwerken</p> <p>Afmeerpaal staal</p>
	<p>Loopbrug</p>
	<p>Afmeerpalen</p>
<p>Mogelijke duurzaamheidswinst</p>	<p>Indien deze afmeerpalen vervangen zouden worden kunnen deze op andere locaties als product hergebruikt worden. Een mogelijkheid is de palen opnieuw te conserveren met een duurzame conservering</p>

Tabel 10 Deuren en taatsen

Deuren en Taatsen

Scope	Compleet renoveren
 A photograph showing the front view of a large, dark grey metal gate structure in a waterway. The gate is partially open, and there are concrete structures and railings visible above it.	Puntdeur, voorzijde
 A photograph showing the rear view of a large, dark grey metal gate structure in a waterway. The gate is partially open, and there are concrete structures and railings visible above it.	Puntdeur achterzijde
 A close-up photograph of a gate structure in a waterway. The gate is partially open, and there is a significant amount of debris (leaves and twigs) accumulated on the gate's surface and in the waterway.	Schuiven



Roostervloer en leuningwerk



Scharnieren en taatsen

Deuren en Taatsen



Aanslagbalken

Mogelijke duurzaamheidswinst

De materialen die vrijkomen bij renovatie zijn niet interessant voor hergebruik. Duurzaamheidswinst kan behaald worden door de wijze waarop de mogelijk loodhoudende conservering wordt verwijderd en opgevangen, alsmede het kiezen van een duurzame, milieuvriendelijke conservering

Tabel 11 Leuningwerk

Leuningwerk

Scope



Herconserveren

Leuningwerk kolk



Verkrijging leuningwerk

Leuningwerk

Mogelijke duurzaamheidswinst

De materialen die vrijkomen bij renovatie zijn niet interessant voor hergebruik. Duurzaamheidswinst kan behaald worden door de wijze waarop de mogelijk loodhoudende conservering wordt verwijderd en opgevangen, alsmede het kiezen van een duurzame, milieuvriendelijke conservering

Tabel 12 Betonherstel

Betonherstel

Scope



Compleet betonherstel waar nodig

Diverse betonschades aan de betonnen bouwdelen van de sluis

Betonherstel



Betonschades als gevolg van te weinig dekking op de beton

Mogelijke duurzaamheidswinst

De materialen die vrijkomen bij het betonherstel zijn minimaal en niet interessant voor hergebruik. Betonherstel is niet interessant om duurzaamheidswinst op te behalen

Tabel 13 Voegovergangen

Voegovergangen

Scope



Vervangen

Dilatatievoegen in de kolkwand betonschade rondom de dilatatievoegen in de kolkwanden. De eerder uitgevoerde reparaties onthechten en brokkelen af

Mogelijke duurzaamheidswinst

Volgens beheerder is de betondekking zeer groot. Betonherstel zou hiermee slechts een esthetische waarde hebben. Er kan overwogen worden de voegen niet te herstellen

Tabel 14 Hemelwaterafvoer

Hemelwaterafvoer

Scope	Herstellen/Herontwerpen hemelwaterafvoeren
	<p>HWA brug, zijde waterkering. Mogelijk chloride houdend hemelwater van het brugdek wordt geloosd op betonnen landhoofd. Dit geeft risico op chloridegeïnitieerde wapeningscorrosie</p>
	<p>HWA systeem in het verleden vervangen door RVS</p>
	<p>Hemelwater wordt via rvs leiding afgevoerd naar riool</p>

Hemelwaterafvoer



HWA brug, zijde gemaal. Mogelijk chloride houdend hemelwater van het brugdek wordt geloosd op betonnen landhoofd. Dit geeft risico op chloridegeïnitieerde wapeningscorrosie



HWA verwerkt in de wand loost op stalen kolk



Stalen straatkolk



HWA systeem toe- afit



HWA systeem bestaand uit kunststof en PVC onderdelen



Hemelwater wordt geloosd op maaiveld middels grindkoffers

Hemelwaterafvoer

Mogelijke duurzaamheidswinst

Volgens de huidige normen dient hemelwater van bruggen afgevoerd te worden. Lozen op het oppervlaktewater of maaiveld is niet meer toegestaan na renovatie

Afvoer hemelwater van brugdek
Ter voorkoming van betonschades als gevolg van chloride geïnitieerde wapeningscorrosie dient het hemelwater direct vanaf het dek opgevangen en afgevoerd te worden. Contact met de beton moet worden voorkomen. De RVS HWA aan de zijde van de kering kan worden hergebruikt. Ter plaatse van het gemaal zal een nieuw systeem aangelegd moeten worden dat direct op het ondergrondse leidingwerk zal worden aangesloten. De kolken kunnen eventueel worden hergebruikt. De in de muur verwerkte leiding zal in het werk achterblijven

Afvoer hemelwater toe- afrit
De afvoeren van de toe- afrit zullen waarschijnlijk aangesloten moeten worden op het riool. Echter, gezien het sporadische gebruik wordt hier misschien van afgeweken. De reeds aanwezige HWA kan worden hergebruikt. Het grind zal bij aansluiten op het riool moeten worden afgevoerd en kan gebruikt worden als grondstof voor bijvoorbeeld beton

Tabel 15 Kraanbaan

Kraanbaan

Scope



Verwijderen

Koppeling kraanbaan met onderzijde dek middels boutverbinding



Koppeling kraanbaan onderzijde brugdek met kraanbaan in gemaal

Kraanbaan



Overgang kraanbaan onderzijde brugdek met kraanbaan in gemaal

Mogelijke duurzaamheidswinst

De kraanbaan is een met boutverbinding gekoppeld I-profiel. Deze kan worden gedemonteerd. Het profiel kan als product of als raw material worden hergebruikt. Punt van aandacht is echter wel de conservering. Deze dient getest te worden op de mogelijke aanwezigheid van loodmenie

Tabel 16 Kozijnen gemaal

Kozijnen gemaal

Scope



Vervangen

Aluminium kozijnen gemaal

Kozijnen gemaal



Aluminium profiel met enkel glas

Geen koudebrug onderbreking in profiel




Aluminium deuren



Mogelijke duurzaamheidswinst

De aluminium kozijn zijn gedateerd en voldoen niet meer aan de huidige normen met betrekking tot het bouwbesluit. Hergebruik als product is dan ook niet aannemelijk/wenselijk. De kozijnen en het glas kunnen als raw material worden omgesmolten tot nieuwe producten

Tabel 17 Onderwaterpomp

Onderwaterpomp	
Scope	Vervangen
	<p>Pomp visueel in goede staat</p>
<p>Mogelijke duurzaamheidswinst</p>	<p>De pomp is een specifiek model en hierdoor lastig als product her te gebruiken. Bij vervanging kan het metaal als raw material worden hergebruikt</p>

Tabel 18 Generator onderwaterpomp

Generator onderwaterpomp	
Scope	Vervangen
	<p>Tijdens inspectie niet in bedrijf gesteld, maar volgend de beheerder heeft deze generator zeer weinig bedrijfsuren. Generator oogt in goede staat</p>
	<p>Koeling generator</p> <p>Koeling bevindt zich onder het wateroppervlak. Zichtbare leidingen ogen in goede staat</p>

Generator onderwaterpomp

Mogelijke duurzaamheidswinst

De generator staat in een kelder. De 12 cilinder motor is niet geschikt om langdurig stil te staan en vergt hierdoor veel onderhoud. RWS is voornemens om een generatorhuis op maaiveld te plaatsen en de pomp te laten lopen op duurzaam opgewekte elektriciteit. De huidige generator kan als product goed verkocht worden. Het koelingsysteem is specifiek van aard en kan als raw material worden hergebruikt

Tabel 19 Ontgroning en bodemschade

Ontgroning en bodemschade

Scope

Herstellen



Aanvulling ontgroning

Locaties met ontgroning onbekend



Herstellen bodemschade

Locaties met bodemschade onbekend

Mogelijke duurzaamheidswinst

Indien mogelijk lokale grond gebruiken en niet aanvoeren

II

BIJLAGE: NADERE SPECIFICATIE SCOPE

Tabel 1 Buiten scope duurzaamheidsonderzoek Prinses Marijkesluis

Scope conform projectplan RWS	Interpretatie scope RWS	Bevindingen inspecties RWS	Bevindingen eigen inspectie	Overwegingen W+B
Compleet vervangen remmingswerken - onderdeel geleidewerken.	Compleet vervangen door middel van: - uitname rotten/beschadigde houten onderdelen - 1:1 vervanging - recycling van het hardhout en zoveel mogelijk inzet als product.	Voor de geleidewerken worden de komende 10 jaar geen onderhoudsmaatregelen voorzien. Remmingwerken worden als zodanig niet in de programmeringsinspectie benoemd.	Het geleidewerk is in goede staat.	Komende 10 jaar lijkt onderhoud niet nodig. Om deze reden is vervanging niet nodig en is daarom niet meegenomen in het duurzaamheidsonderzoek. Een mogelijkheid in de toekomst is om alleen selectief de slechte delen te vervangen en wanneer deze dermate zijn gedegradeerd dat het geleidewerk haar functie niet meer kan vervullen.
Compleet conserveren leuningwerk.	Conserveren door middel van het aanbrengen van een nieuwe reguliere conserveringslaag. Hierbij komt vrijwel geen materiaal vrij.	Conserveren leuning Westelijke wand.	Verkrijting van het leuningwerk.	Bij conserveringen komt vrijwel geen materiaal vrij. Eventuele materialen die vrijkomen zijn niet interessant voor hergebruik. Conservering van het leuningwerk wordt daarom niet meegenomen in het duurzaamheidsonderzoek.
Compleet betonherstel waar nodig.	Het aanbrengen van extra beton waar nodig (smeerwerkzaamheden).	Herstellen betonschade 8 m ² (westelijke sluis) en 3 m ² (oostelijke sluis.)	Diverse betonschades aan de betonnen bouwdelen van de sluis.	De materialen die vrijkomen bij het betonherstel zijn minimaal en niet interessant voor hergebruik. Daarnaast betreft het juist het aanbrengen van beton in minimale fracties. Het betonherstel wordt daarom niet meegenomen in het duurzaamheidsonderzoek.
Vervangen generator onderwaterpomp.	De generator wordt vervangen en direct verkocht op de markt. Hierbij is al sprake van hergebruik als product.	Het inspectierapport benoemd het ontbreken van een noodstop bij eerdere inspecties. Deze is nu wel aanwezig. Over vervanging of schade wordt niet gesproken.	Tijdens inspectie niet in bedrijf gesteld, maar volgens de beheerder heeft deze generator zeer weinig bedrijfsuren. Generator oogt in goede staat.	RWS is voornemens om een generatorhuis op maaiveld te plaatsen en de pomp te laten lopen op duurzaam opgewekte elektriciteit. Verwacht wordt dat de generator verkocht kan worden als product. Dit is reeds de hoogste mogelijke optie uit circulair oogpunt en wordt daara niet vergeleken met een alternatief. Het vervangen van de generator van de onderwaterpomp wordt daarom niet meegenomen in het duurzaamheidsonderzoek.
Vervangen kozijnen en hang- en sluitwerk gemaal.	De aluminium kozijnen worden 1:1 vervangen door nieuwe aluminium kozijnen waarbij minimaal dubbelglas wordt toegepast, daar waar het huidige gemaal voorzien is van enkel glas.	De kozijnen van het gemaal worden in de inspecties niet benoemd.	De aluminium kozijn zijn gedateerd en voldoen niet meer aan de huidige normen met betrekking tot het bouwbesluit. Daarnaast hebben de kozijnen specifieke en afwijkende maten. Hergebruik als product is dan ook niet aannemelijk/wenselijk.	Hergebruik als product is niet aannemelijk/wenselijk. De kozijnen en het glas kunnen als raw material worden omgesmolten tot nieuwe producten, dit is reeds de gangbare praktijk. Nadere circulaire beschouwing heeft hierdoor geen meerwaarde.
Aanvullen ontgroningen en herstellen bodemschade.	Het aanvullen van ontstane uitspoeling en oneffenheden in de bodem met nieuwe grond. Hierbij komt geen materiaal vrij maar wordt juist materiaal aangevoerd.	De inspectierapporten benoemen enige mate van uitspoeling en ontgroning van de bodem.	Niet onderzocht, geen visuele inspectie mogelijk.	Bij bodemherstel komt vrijwel geen grond vrij maar moet juist aangevoerd worden. De toe te passen minimale kwaliteitstandaarden van de grond is voorgeschreven vanuit Wet- en regelgeving en hiermee reeds geborgd. Het aanvullen van ontgroningen en herstellen van bodemschade is daarom niet meegenomen in het duurzaamheidsonderzoek.

Tabel 2 Specials scope duurzaamheidsonderzoek Prinses Marijkesluis

Scope conform projectplan RWS	Ontwerplevensduur conform eisen RWS/provincies	Interpretatie scope RWS	Bevindingen inspecties RWS	Bevindingen eigen inspectie	Alternatieve scope	Overwegingen W+B
Compleet vervangen E-deel.	15-30 jaar.	Het geheel uitnemen van het E- deel en deze vervangen met een geheel nieuw systeem van huidige tijd (nieuwe technieken).	In de rapporten wordt niet specifiek iets over de E installaties benoemd.	Geen E-inspecteur bij inspectie aanwezig. E-deel oogt ouderwets/gedateerd.	Kwalitatieve beschouwing op mogelijke optimalisatie/standaardisatie mogelijkheden om circulair werken project overstijgend te bevorderen.	E-deel lijkt ouderwets. Vervangen lijkt logische keuze. Een circulaire variant is lastig te formuleren als ook niet te vergelijken met de originele scope aangezien in de originele scope al wordt uitgegaan van een gehele nieuwe technologie. Aangezien een vergelijking niet mogelijk is, wordt kwalitatief ingegaan op mogelijke ontwerpkeuzes die (project overstijgend) genomen kunnen worden om circulair werken te bevorderen, bijvoorbeeld het circulair inkopen, bijvoorbeeld als product-as-a-service.
Compleet vervangen besturingssysteem.	15 jaar.	Het geheel uitnemen van het besturingssysteem en deze vervangen met een geheel nieuw systeem van huidige tijd (nieuwe technieken).	Onderhouden installatie: Herstellen en testen noodstopcircuit.	Geen E-inspecteur bij inspectie aanwezig. Besturingssysteem oogt ouderwets/gedateerd.	Kwalitatieve beschouwing op mogelijke optimalisatie/standaardisatie mogelijkheden om circulair werken project overstijgend te bevorderen.	Besturingssysteem lijkt ouderwets. Vervangen lijkt logische keuze. Een circulaire variant is lastig te formuleren als ook niet te vergelijken met de originele scope aangezien in de originele scope al wordt uitgegaan van een gehele nieuwe technologie. Aangezien een vergelijking niet mogelijk is, wordt kwalitatief ingegaan op mogelijke ontwerpkeuzes die (project overstijgend) genomen kunnen worden om circulair werken te bevorderen, bijvoorbeeld het circulair inkopen, bijvoorbeeld als product-as-a-service.
Objectverlichting vervangen ¹ .	LED-lampen: 10 jaar Lichtmasten: 30 jaar.	Het vervangen van de objectverlichting waarbij wordt overgegaan op energie-efficiëntere alternatieven (zoals LED).	Vervangen installatie.	Masten en verlichting verkeert in goede staat, LED is reeds aanwezig.	Kwalitatieve beschouwing op mogelijke optimalisatie/standaardisatie mogelijkheden om circulair werken project overstijgend te bevorderen.	De reden voor vervanging is niet duidelijk. De masten verkeren nog in goede staat. De armaturen bestaan uit ledverlichting. Mogelijk is de objectverlichting na de programmeringsinspectie al vervangen. Wel is een kwalitatieve beschouwing mogelijk op ontwerpkeuzes die (project overstijgend) genomen kunnen worden om circulair werken te bevorderen, bijvoorbeeld het circulair inkopen, bijvoorbeeld als product-as-a-service.
Vervangen onderwaterpomp 1.	Niet benoemd.	Het vervangen van de onderwaterpomp door een nieuwe pomp conform pomp 2. De vrijkomende pomp is te specifiek van aard en wordt hierdoor geupcycled naar raw materials.	Het inspectierapport benoemd het ontbreken van een plan van aanpak betreffende de pompen. Over vervanging of schades wordt niet gesproken.	Pomp visueel in goede staat.	Kwalitatieve beschouwing op mogelijke optimalisatie/standaardisatie mogelijkheden om circulair werken project overstijgend te bevorderen.	De pomp is een specifiek model en hierdoor lastig als product her te gebruiken. Bij vervanging dient de pomp waarschijnlijk gerecycled te worden tot raw material. Wel is een kwalitatieve beschouwing mogelijk op ontwerpkeuzes die (project overstijgend) genomen kunnen worden om circulair werken te bevorderen. Nagegaan het plaatsen van een pomp zoals pomp 2 hierin voldoende biedt, of dat mogelijke verdere standaardisatie mogelijk is.

¹ Deze is niet als zodanig opgenomen in het projectplan van RWS, volledigheidshalve is deze meegenomen in de beschouwing.

Tabel 3 Scope circulaire varianten duurzaamheidsonderzoek Prinses Marijkesluis

Scope conform projectplan RWS	Ontwerplevensduur conform eisen RWS/provincies	Interpretatie scope RWS	Bevindingen inspecties RWS	Bevindingen eigen inspectie	Alternatieve circulaire scope	Overwegingen W+B
Compleet vervangen verouderd aandrijvingssysteem.	WTB mechanisch: 50 jaar conservering: 15 -60 jaar lagering draaipunten: 25 jaar.	Compleet uitnemen van het aandrijvingssysteem en vervangen door exact hetzelfde (nieuw) systeem. Vrijkomende materialen vervallen aan de aannemer, welke ze aanbiedt aan een erkende recycler/verwerker.	Conserveren aandrijving- en bewegingswerken: - conserveren 8 stuks a 60 m ² - reviseren van de aandrijving- en bewegingswerken schuifconstructie 16 stuks.	Visueel geen gebreken geconstateerd	2 opties: - Scope van RWS inclusief duurzaamheidsanalyse naar hergebruik opties van vrijkomende materialen als product of upcycling naar raw material - Levensduurverlenging Renoveren/conserveren van systeem waarbij ook wordt stilgestaan bij type conservering t.b.v. langere levensduur	Als alternatief voor vervangen kan renoveren/conserveren worden overwogen, hetgeen in lijn is met oude inspecties. Daarnaast wordt in de duurzaamheidsanalyse stilgestaan bij mogelijke hergebruik opties van vrijkomende materialen voor 1:1 hergebruik, gebruik als reserve onderdeel of upcycling naar raw material
Vervangen kabeldraagconstructie en bekabeling.	hout: 30 jaar. kabels en leidingen: 30 jaar.	Compleet uitnemen van de houten kabeldraagconstructie en waar nodig vervangen van kabels. Vrijkomend materiaal wordt naar erkende verwerker gestuurd, hergebruik opties lijken niet aanwezig (zie volgende opmerkingen).	- vervangen complete houten constructie - vervangen houten planken 18,45 m ² - vervangen slijtlaag.	De kabeldraagconstructie bestaat uit houten delen. Deze zijn grotendeels verrot Het originele looppad bestaat uit houten planken voorzien van een slijtlaag. De slijtlaag ontbreekt grotendeels en de planken zijn aan inwatering en beginnende rotting onderhevig Op enkele locaties zijn de planken vervangen Bekabeling is niet zichtbaar. Beheerder meldt geen storingen.	De inzet van het nieuwe materiaal wordt onderzocht. Is het zinvoller om juist geen hout toe te passen maar andere materialen?	De kabelgoot is einde levensduur en niet voor hergebruik geschikt. De 'originele loopplanken zijn voorzien van een slijtlaag en aan de kopse kanten en bij de bevestigingsbouten ingewaterd. Niet voor hergebruik geschikt. De reeds vervangen loopplanken zijn nog in goede staat, maar zijn door hun specifieke maat en de aanwezigheid van bevestigingsgaten niet voor hergebruik geschikt. In de duurzaamheidsanalyse wordt de materiaalinzet van de nieuwe onderdelen beschouwd. Wellicht is het gezien de levensduureis van het hele object zinvoller om materiaal met een langere of juist kortere levensduur toe te passen. De kosten/baten van dit alternatief worden in beeld gebracht.
Compleet vervangen remmingswerken - onderdelen afmeervoorziening en afmeerpalen.	50 jaar.	Het compleet vervangen van de afmeervoorziening. De sloop/afvoer van de voorziening, deze vervalt aan de aannemer welke deze uiteindelijk aanbiedt aan een erkende verwerker t.b.v. recycling.	Conserveren afmeervoorziening Remmingwerken worden als zodanig niet in de programmeringsinspectie benoemd.	Enkele wrijfgordingen aan bovenzijde ingerot schatting <2 % Verkrijting conservering leuningwerk.	2 opties: - Scope van RWS inclusief duurzaamheidsanalyse naar hergebruik opties van vrijkomende materialen als product of upcycling naar raw material - Levensduurverlenging Renoveren/conserveren van systeem waarbij ook wordt stilgestaan bij type conservering t.b.v. langere levensduur.	Als alternatief voor vervangen kan renoveren/conserveren worden overwogen, hetgeen in lijn is met oude inspecties. Daarnaast wordt in de duurzaamheidsanalyse stilgestaan bij mogelijke hergebruik opties van vrijkomende materialen voor 1:1 hergebruik, gebruik als reserve onderdeel of upcycling naar raw material.
	50 jaar.	Het compleet vervangen van de afmeerpalen. De afmeerpalen wordt uitgenomen en vervolg naar een erkende verwerker gestuurd. Welke deze voor staal upcycled naar raw material en voor beton breekt naar puingranulaat.	Conserveren afmeerpalen Remmingwerken worden als zodanig niet in de programmeringsinspectie benoemd.	Afmeerpalen lijken in goede staat te zijn.	2 opties: - Scope van RWS inclusief duurzaamheidsanalyse naar hergebruik opties van vrijkomende materialen als product of upcycling naar raw material - Levensduurverlenging Renoveren/conserveren van systeem waarbij ook wordt stilgestaan bij type conservering t.b.v. langere levensduur.	Als alternatief voor vervangen kan renoveren/conserveren worden overwogen, hetgeen in lijn is met oude inspecties. Daarnaast wordt in de duurzaamheidsanalyse stilgestaan bij mogelijke hergebruik opties van vrijkomende materialen voor 1:1 hergebruik, gebruik als reserve onderdeel of upcycling naar raw material.

Scope conform projectplan RWS	Ontwerplevensduur conform eisen RWS/provincies	Interpretatie scope RWS	Bevindingen inspecties RWS	Bevindingen eigen inspectie	Alternatieve circulaire scope	Overwegingen W+B
Compleet renoveren van deuren en taatsen.	100 jaar.	De deuren worden uitgenomen en op locatie elders gerenoveerd en geconserveerd. Hierbij wordt de huidige conservering verwijderd alvorens nieuwe conservering wordt aangebracht. Uitgegaan wordt van toepassen van reguliere conservering.	Conserveren complete constructie Vervangen aanslagbalken 8 deuren.	Deuren en taatsen lijken in goede staat, renoveren/conserveren is logisch.	Levensduurverlenging: toepassen duurdere/robuuste conserveringstype t.b.v. levensduurverlenging.	De materialen die vrijkomen bij renovatie zijn niet interessant voor hergebruik. Circulariteitswinst kan behaald worden door de wijze waarop de mogelijk loodhoudende conservering wordt verwijderd en opgevangen. Daarnaast is het interessant om mogelijke conserveringstypen te beschouwen voor verlenging levensduur.
Vervangen voegovergangen.	?	Het geheel opnieuw indekken van de voegovergangen door beton toe te voegen en voegen opnieuw te hechten. Hierbij komt vrijwel geen materiaal vrij.	Herstellen afdichting en herstellen betonschade 27 x 6m dilatatie.	betonschade rondom de dilatatievoegen in de kolkwanden. De eerder uitgevoerde reparaties onthechten en brokkelen af.	Voorkomen; niet vervangen voegovergangen.	Volgens beheerder is de betondekking zeer groot. Betonherstel zou hiermee slechts een esthetische waarde hebben. Daarnaast komt bij vervanging vrijwel geen materiaal bij. Als alternatief scenario wordt het voorkomen van de vervanging beschouwd.
Herstellen/herontwerpen hemelwaterafvoersysteem.	30-50 jaar.	Het hemelwaterafvoersysteem wordt 1:1 vervangen. De PVC onderdelen worden vervangen door PVC, de stalen onderdelen door staal. Vrijkomende materialen worden aangeboden aan een erkende verwerker/recycler.	Hemelwaterafvoer en riolering wordt niet benoemd.	De HWA moet op sommige delen herontworpen en vervangen worden.	2 opties: - Hergebruik als product waar mogelijk en waar niet mogelijk upcycling naar raw material; - Nagaan van standaardisatie opties voor het gehele object. Op dit moment is zowel PVC als staal HWA aanwezig.	De HWA moet vervangen/herontworpen worden. Nagegaan wordt of hergebruik van vrijkomende materialen als product of upcycling mogelijk zijn. Daarnaast wordt kwalitatief ingegaan op de opties van (project overstijgende) standaardisatie.
Verwijderen kraanbaan.	50-100 jaar.	De kraanbaan wordt verwijderd en op de markt gezet, mogelijk als oud ijzer.	Verwijderen van kraanbaan wordt niet benoemd.	De kraanbaan is een met boutverbinding gekoppeld I-profiel. Deze kan worden gedemonteerd. Het profiel kan als product of als raw material worden hergebruikt.	Verwijderen en hergebruik als product.	Verwijdering is gewenst aangezien de kraanbaan geen functie heeft. Hergebruik als product wordt onderzocht aangezien de I-profielen demonteerbaar zijn.

III

BIJLAGE: REKENSHEETS BEPALING KOSTEN EN CO2-REDUCTIE

Scope conform projectplan RWS	Ontwerplevensduur conform eisen RWS/provincies		schatting hoeveelheid totaal		vervangingswaarde [directe kosten]		vervangingswaarde [kg CO ₂]	besparing bij hergebruik (€1/kg)
Compleet vervangen verouderd aandrijvingssysteem	conservering	20 jaar	120 m ² /deur	480 m ²	€ 50,0 /m ²	€ 24.000		
Compleet vervangen verouderd aandrijvingssysteem	panamawiel	50 jaar	2.500 kg/deur	10.000 kg	€ 4,5 /kg	€ 45.000	6.350 kg	
Compleet vervangen verouderd aandrijvingssysteem	cilinder en lagering draaipunten	25 jaar	2.000 kg/deur	8.000 kg	€ 25.000,0 /st	€ 100.000	5.080 kg	
Compleet vervangen verouderd aandrijvingssysteem	stalen behuizing installaties	50 jaar	1.000 kg/deur	4.000 kg	€ 4,0 /kg	€ 16.000	2.540 kg	
Vervangen kabeldraagconstructie en bekabeling	houten dekplanken, FSC fijnbezaagd	30 jaar	36 kg/m ²	56 m ³	€ 1.200,0 /m ³	€ 67.392	1.050 kg	
Vervangen kabeldraagconstructie en bekabeling	staal kabeldraagconstructie	50 jaar	20 kg/m	1.300 kg	€ 3,0 /kg	€ 3.900	826 kg	
Vervangen kabeldraagconstructie en bekabeling	stalen leuning	50 jaar	30 kg/m	1.950 kg	€ 175,0 /m	€ 11.375	1.238 kg	
Compleet vervangen remmingswerken	stalen drijflijger en klein staal	50 jaar	800 kg/m	200.000 kg	€ 4,5 /kg	€ 900.000	127.000 kg	€ 200.000,0
Compleet vervangen remmingswerken	houten gording van remmingwerk, FSC fijnbezaagd	40 jaar	0,1 m ³ /m	19 m ³	€ 1.200,0 /m ³	€ 22.500	351 kg	
Compleet vervangen remmingswerken	stalen loopbrug	50 jaar	150 kg/m	6.000 kg	€ 4,5 /kg	€ 27.000	3.810 kg	
Compleet vervangen afmeervoorziening en afmeerpalen	stalen buispalen vervangen	50 jaar	12.000 kg/st	72.000 kg	€ 13.500,0 /st	€ 81.000	45.720 kg	€ 72.000,0
Compleet vervangen afmeervoorziening en afmeerpalen	stalen buispalen conserveren	20 jaar	37,7 m ² /st	226 m ²	€ 50,0 /m ²	€ 11.310		
Compleet vervangen afmeervoorziening en afmeerpalen	stalen loopbrug	50 jaar	150 kg/m	9.900 kg	€ 4,5 /kg	€ 44.550	6.287 kg	
Compleet renoveren van deuren en taatsen	staalgewicht deur inclusief schuiven en draaipunten	100 jaar	400 kg/m ²	192.000 kg	€ 2,0 /kg	€ 384.000	121.920 kg	
Verwijderen kraanbaan	Kraanbalk (IPE-profiel)	50 jaar	25 kg/m	1.000 kg	€ 4,5 /kg	€ 4.500	635 kg	€ 1.000,0

