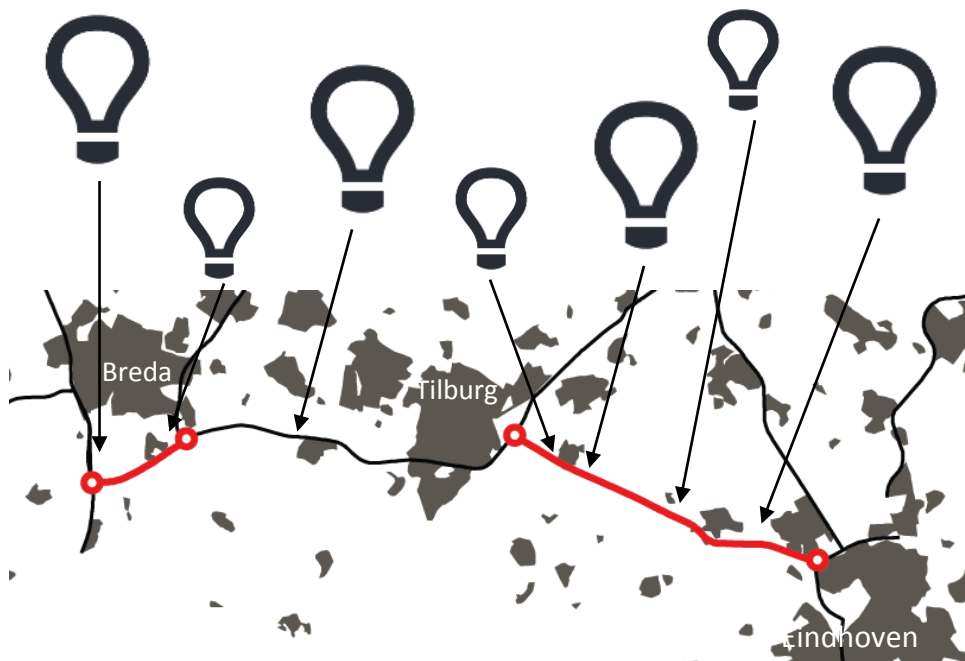


# Haalbaarheidstoets Innovatiedoelen en -ambities InnovA58





project 27.004: Haalbaarheidstoets Innovatiedoelen en -ambities InnovA58

Opdrachtgever: Rijkswaterstaat (GPO)  
Zuidwal 58  
5211 JK Den Bosch



Opdrachtnemer: NIBE Research bv  
Bussummergrindweg 1B  
1406 NZ Bussum  
(T) 035-6948233  
(E) info@nibe.org  
website: www.nibe.org



document: 27.004.17.02.011/ml  
versie: def. versie 1.0  
datum: 16 februari 2017

opdrachtleider: Mantijn van Leeuwen [NIBE]

projectteam: Gert Jan van Beijnum [NIBE]  
Harry Bolwerk [Kodos]

© 2017 NIBE Research bv

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande toestemming van het Nederlands Instituut voor Bouwbiologie en Ecologie.

Zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van het Nederlands Instituut voor Bouwbiologie en Ecologie is het niet toegestaan om:

- een door het Nederlands Instituut voor Bouwbiologie en Ecologie uitgebracht rapport geheel of gedeeltelijk te publiceren of op andere wijze openbaar te doen maken;
- een door het Nederlands Instituut voor Bouwbiologie en Ecologie uitgebracht rapport geheel of gedeeltelijk te doen gebruiken ten behoeve van het instellen van claims, voor het voeren van gerechtelijke procedures en ten behoeve van reclame of vergelijkende reclame;
- de naam en/of het logo van het Nederlands Instituut voor Bouwbiologie en Ecologie, in welke verbinding dan ook, te gebruiken bij het openbaar maken van een deel of gedeelten van een door het Nederlands Instituut voor Bouwbiologie en Ecologie uitgebracht rapport en/of voor een of meer van de sub. b. genoemde doeleinden.

Het ter inzage geven van het rapport van het Nederlands Instituut voor Bouwbiologie en Ecologie aan direct belanghebbenden is toegestaan.



## INHOUD

<b>1</b>	<b>MANAGEMENTSAMENVATTING</b> .....	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>INTRODUCTIE</b> .....	<b>11</b>
2.1	InnovA58.....	11
2.2	Aanleiding van deze studie .....	11
2.3	Opbouw van deze studie .....	13
2.4	Gebruikte methoden en uitgangspunten .....	14
2.4.1	Het voorkeursalternatief .....	14
2.4.2	Milieu-impact berekeningen .....	15
2.4.3	LCC berekeningen.....	16
2.4.4	Innovaties .....	17
<b>3</b>	<b>REFERENTIEBEREKENINGEN</b> .....	<b>19</b>
3.1	Aanlegfase .....	19
3.1.1	Milieu-impact .....	19
3.1.2	Kosten.....	20
3.2	Beheer en onderhoudsfase .....	21
3.2.1	Milieu-impact .....	21
3.2.2	Kosten.....	23
<b>4</b>	<b>ZWAARTEPUNTANALYSE</b> .....	<b>25</b>
4.1	Milieu-impact aanlegfase .....	25
4.1.1	Wegvlakken .....	25
4.1.2	Knooppunten.....	25
4.1.3	Kunstwerken .....	26
4.1.4	Zwaartepunt analyse materialen .....	27
4.2	CO <sub>2</sub> -uitstoot Beheer en Onderhoud .....	28
4.3	LCC Beheer en Onderhoud .....	29
<b>5</b>	<b>INNOVATIE DOSSIERS</b> .....	<b>30</b>
5.1	(hoger) Percentage Partiële Recycling (PR) in asfalt ( TRL 9).....	30
5.2	STAB met gereinigde granulaten (TRL 8) .....	31
5.3	Verjongingsmiddelen asfalt (TRL 9) .....	31
5.4	OPA8 (TRL 9).....	31
5.5	LTA STAB (TRL 9).....	31
5.6	LTA ZOAB (TRL 8) .....	32
5.7	Geopolymeren (TRL 9).....	32
5.8	Slim breken (TRL 8).....	32

5.9	Betongranulaat in beton (TRL 9).....	32
5.10	AGRAX (TRL 9).....	33
5.11	RENORAIL (TRL 9).....	33
5.12	Houten geleiderail (TRL 9).....	34
5.13	ZIGZAG scherm (TRL 8).....	34
5.14	Weigh In Motion (WIM, TRL 8).....	34
5.15	Verlichting LED (TRL 9).....	35
5.16	LED dimmen met zuivere powerline sturing (TRL 8).....	35
5.17	Zonne-energie (TRL 9).....	35
5.18	Windenergie (TRL 9).....	35
5.19	Diffraction (TRL 8).....	35
5.20	Greenwall®.....	36
5.21	Kunstwerk uitgevoerd in Accoya (hout).....	36
5.22	Kunstwerk uitgevoerd in UHSB.....	36
<b>6</b>	<b>HAALBAARHEID DOELSTELLINGEN 1 T/M 3.....</b>	<b>38</b>
6.1	Aanlegfase 30% reductie CO <sub>2</sub> .....	38
6.1.1	overige –innovatieve- maatregelen.....	40
6.1.2	Conclusie haalbaarheid 30% CO <sub>2</sub> reductie aanlegfase.....	42
6.2	Beheer en Onderhoud CO <sub>2</sub> neutraal.....	42
6.2.1	Reductie mogelijkheden Elektriciteit.....	42
6.2.2	Reductie mogelijkheden brandstof.....	43
6.2.3	Reductie mogelijkheden embedded.....	43
6.2.4	Opwekkingsmogelijkheden.....	45
6.2.5	Conclusie.....	48
6.3	Beheer en onderhoud 20% reductie LCC.....	48
6.3.1	Uitgangspunten.....	48
6.3.2	Resultaten LCC-berekeningen.....	49
6.3.3	Optimale combinatie van innovaties:.....	50
6.3.4	Mogelijke toekomstscenario's.....	50
6.3.5	Besparing van innovaties op kosten voor aanleg.....	51
6.3.6	Conclusie haalbaarheid doelstelling 20% LCC reductie.....	51
<b>7</b>	<b>CIRCULARITEIT.....</b>	<b>54</b>
7.1	Kansenkaart Circulair.....	54
7.1.1	Mogelijkheden voor kwantitatieve benadering.....	55
7.2	Invulling geven aan de ambities binnen InnovA58.....	55
7.2.1	Circulariteit in de traditionele ontwerppraktijk.....	55
7.2.2	Circulariteit in een ontwerpproces gericht op totale levensduur.....	58
<b>8</b>	<b>SALDO-0 BENADERING OP GELUID, NO<sub>x</sub> EN FIJNSTOF.....</b>	<b>60</b>

8.1	Innovaties reductie Milieuhinder: .....	60
8.1.1	Geluid .....	60
8.1.2	Fijnstof .....	61
8.1.3	NO <sub>x</sub> .....	62
8.2	Toepassing van de innovaties binnen InnvoA58 .....	62
8.2.1	Oirschot .....	62
<b>9</b>	<b>CONCLUSIE EN ADVIES</b> .....	<b>66</b>
9.1	Conclusie met betrekking tot haalbaarheid doelstellingen .....	66
9.1.1	Invloed van de referentie op de conclusie .....	67
9.2	Adviezen voor verdere studie in de living lab omgeving: .....	67
9.3	Effectief aanbesteden op milieuprestatie en LCC.....	69
9.3.1	MKI of CO <sub>2</sub> .....	69
9.3.2	DuboCalc .....	70
9.3.3	Eerst reduceren dan compenseren .....	70
9.4	Rijkswaterstaat en energieopwekking.....	71
<b>10</b>	<b>GERAADPLEEGDE LITERATUUR</b> .....	<b>72</b>
	<b>BIJLAGE A. LIJST MET GEBRUIKTE AFKORTINGEN</b> .....	<b>73</b>
	<b>BIJLAGE B. LIJST MET AANNAMES</b> .....	<b>74</b>
	<b>BIJLAGE C. LIJST MET GERAADPLEEGDE EXPERTS</b> .....	<b>75</b>
	<b>BIJLAGE D. VOORLOPIG STARTPAKKET INNOVATIES</b> .....	<b>76</b>
	<b>BIJLAGE E. DUBOCALC BEREKENING AANLEG</b> .....	<b>77</b>
	<b>BIJLAGE F. REFERENTIE CO<sub>2</sub> UITSTOOT B&amp;O FASE</b> .....	<b>78</b>
	<b>BIJLAGE G. SAMENSTELLING PROJECT TEAM INNOVA58 EN BREDE BEGELEIDINGSGROEP</b> ....	<b>80</b>
	<b>BIJLAGE H. ASSETS A58</b> .....	<b>81</b>





## 1 MANAGEMENTSAMENVATTING

InnovA58 is in maart 2016 gestart met de planstudiefase / voorbereiding realisatie. Het project heeft als doel om de A58 ten zuiden van Breda én tussen Eindhoven - Tilburg te verbreden. Daarbij heeft het project een innovatie-opgave. In de periode 2014-2016 is een uitgebreid pakket aan innovatieve maatregelen door het InnovA58 projectteam in kaart gebracht, het voorlopig startpakket innovaties. In opdracht van Rijkswaterstaat heeft NIBE, in de periode okt 2016 – feb 2017, onderzocht in hoeverre de doelstellingen van InnovA58 op het gebied van milieu en LCC haalbaar zijn op basis van dit pakket aan innovaties. De belangrijkste conclusies en aanbevelingen worden hieronder per doelstelling kort weergegeven.

### **Reductie van 30% in CO<sub>2</sub> footprint voor de aanlegfase**

Lijkt goed haalbaar, bij preciezer materialiseren van het referentieontwerp is een aanscherping van de conclusie mogelijk.

### **CO<sub>2</sub> neutraal Beheer en Onderhoud**

Is zeker haalbaar, het project biedt voldoende mogelijkheden voor opwekking van elektriciteit of compensatie met aanplanting van groen. Ook financieel heeft dit een positieve impact.

### **Reductie van 20% op Life Cycle Cost (LCC) voor Beheer en Onderhoud**

Uitdagende, maar waarschijnlijk wel haalbare doelstelling. De ontwikkelingen op het gebied van Levensduur Verlengend Onderhoud (LVO) van asfalt zijn doorslaggevend. De huidige stand van inzicht geeft voldoende aanleiding voor de positieve conclusie.

### **Eén of twee hoofdmateriaalstromen circulair in zowel aanlegfase als Beheer en Onderhoud**

Alle drie de hoofdmateriaalstromen (beton, asfalt, metalen) bieden ruimte om op grondstof efficiëntie in aan- en afvoer van het project een hoge mate van circulariteit uit te vragen. Uitvragen op 100% is aan de aanvoerszijde van het project technisch niet mogelijk voor beton en asfalt, echter wel mogelijk voor geleiderail (portalen moet nog onderzocht worden). Aan de afvoerszijde is het mogelijk om garantie van hoogwaardig hergebruik van de materialen als criterium mee te nemen. Met name beton biedt een kans om met aanbieden van ruimte op het werk voor innovatieve scheidingstechnieken en inzet van de materialen terug in het project, de markt een kans te bieden voor optimalisatie van grondstofgebruik.

### **Saldo-0 benadering op geluid, fijnstof en NO<sub>x</sub> voor mens en natuur kritische passages**

De innovaties bieden een beperkt aantal aanknopingspunten om, op de voor mens en natuur kritische passages in het tracé, aanvullende maatregelen te treffen. Verder onderzoek is nodig.

### **Adviezen voor opname in living lab omgeving**

InnovA58 beschikt over een living lab: een omgeving waar innovaties verder kunnen worden onderzocht en zo nodig versneld in hun ontwikkeling. Er worden verschillende aanbevelingen gedaan voor opname in het living lab van InnovA58:

1. Studie naar Portalen (paragraaf 6.1.1)
2. Kunstwerken ontwerpen op optimalisatie kosten via LCC (paragraaf 7.2.2.)
3. LTA ZOAB (paragraaf 6.1, deklagen)
4. Zand en grond, studie naar kansen met de regio's voor depots en synergie met lokale projecten (paragraaf 6.1.1.)
5. Slim breken van beton, sector heeft behoefte aan proefproject(en) (paragraaf 7.2)
6. Diffractoren (o.a. voor toepassing rond de nieuwe brug Oirschot) (paragraaf 8.2.1)
7. Self healing asfalt in voegloze overgangen, mogelijke toepassing in de nieuwe brug bij Oirschot (paragraaf 8.2.1)
8. Onderzoek naar aanvullende innovaties op gebied van fijnstof en NO<sub>x</sub> (paragraaf 8.1)

### **Innovaties en eindresultaat**

Het resultaat laat zien dat, als de markt met de gekozen doelstellingen wordt uitgedaagd, het goed mogelijk is dat er een snelweg komt met dimbare LED verlichting, zonnepanelen, renovatie geleiderail, een STAB laag met hoog recycling en lage temperatuur ZOAB of OPA8 voor de deklaag. Verjongingsmiddelen zorgen voor verlengde levensduur van asfalt. Al met al geeft dit een heel traditioneel snelweg beeld, dus op het eerste oog lijkt er niet veel veranderd (alleen de LED en zonnepanelen zijn een zichtbare verandering).

Het is aan te bevelen meer zichtbare innovaties te overwegen, zoals nieuw portaal ontwerp, biobased vangrail, houten kunstwerken of kunstwerken uitgevoerd in composiet of Ultra Hoog Sterkte Beton, geluidschermen met dubbele functie of uitgevoerd in Miscanthus beton of bijvoorbeeld een Green Wall. Deze meer gezicht bepalende innovaties zijn in deze studie uiteindelijk niet in de voorkeur uitvoering gekomen, doordat of de impact klein is of de innovaties naar verwachting in 2020 nog niet marktrijp zijn .

## 2 INTRODUCTIE

### 2.1 InnovA58

InnovA58 is in maart 2016 gestart met de planstudiefase / voorbereiding realisatie. Het project heeft als doel om de A58 ten zuiden van Breda én tussen Eindhoven - Tilburg te verbreden. Daarbij heeft het project een innovatie-opgave. Het traject Tilburg-knooppunt St Annabosch van de A58 wordt niet verbreed naar 2x3 rijstroken maar is wel onderdeel van de onderhoudsscope en van de innovatiescope van InnovA58.

Innovatie is een belangrijk onderdeel van het project InnovA58. Resultaat van de verkenningsfase InnovA58 is een keuze voor vier verschillende innovatiethema's, die in de planuitwerking en de voorbereiding realisatie, integraal mee moeten worden genomen. Een relevant fragment uit de besluittekst d.d. nov 2015 van de Minister is hieronder opgenomen:

*Bij de aanbesteding van de A58 zal innovatie een belangrijke rol spelen. Het doel is om zoveel mogelijk innovaties in dit project mee te nemen. Het gaat dan om de innovaties op het gebied van:*

- Een optimale Life Cycle Costs (LCC) in aanleg en onderhoud;
- C-ITS en Smart Mobility, in samenhang met het gehele programma Bereikbaarheid Zuid-Nederland;
- Minder milieuhinder en energie neutrale maatregelen;
- Nieuwe innovatieve diensten langs de weg.

### 2.2 Aanleiding van deze studie

In de periode 2014-2016 is een uitgebreid pakket aan innovatieve maatregelen door het InnovA58 projectteam in kaart gebracht, het voorlopig startpakket innovaties. In opdracht van Rijkswaterstaat heeft NIBE, in de periode okt 2016 – feb 2017, onderzocht in hoeverre de doelstellingen van InnovA58 op het gebied van milieu en LCC haalbaar zijn op basis van dit voorlopig startpakket innovaties. De resultaten van deze studie worden in dit rapport gepresenteerd.

InnovA58 kent de volgende doelstellingen en ambities. In **groen** zijn de doelen en ambities aangegeven, die in deze studie zijn onderzocht:

#### Doelen:

- InnovA58 stimuleert en implementeert innovaties op het gebied van LCC en "total costs of ownership", resulterend in een besparing van 20% op de huidige kosten voor regulier beheer en onderhoud;
- InnovA58 stimuleert en implementeert innovaties op het gebied van duurzaamheid en energiebesparing, resulterend in:
  - een reductie in het gebruik van fossiele brandstoffen van 30% in de aanlegfase (30% reductie van de CO<sub>2</sub> footprint ten opzichte van huidige gebruikelijke bouwwijze) en;
  - volledig energieneutraal beheer en onderhoud (CO<sub>2</sub> neutrale footprint).
- InnovA58 stimuleert en implementeert innovaties op het gebied van duurzaamheid, resulterend in circulair materiaalgebruik voor één of enkele hoofdmateriaalstromen in de realisatie- en beheer en onderhoudsfase;
- InnovA58 moderniseert één verzorgingsplaats per rijrichting gericht op toekomstig gebruik (personen en vrachtvervoer) met benutting van nieuwe gebruiksgerichte en omgevingsgerichte diensten

- InnovA58 creëert condities voor de implementatie van grootschalige “real life” experimenten met C-ITS en Smart Mobility;
- De implementatie van innovaties in Innova58 vindt tijdens aanleg, beheer en onderhoud plaats met in achtname van de geldende veiligheidsnormen, uitgangspunten en richtlijnen.

**Ambities:**

- De algehele mobiliteit van de A58 tussen de trajecten Galder – St. Annabosch en Eindhoven - Tilburg, inclusief de aansluitingen op de A16, A27, A59 en A2, wordt verbeterd;
- De aanleg en beheer en onderhoud van de A58 geschieden zonder reductie van de doorstroomcapaciteit;
- InnovA58 stimuleert en implementeert innovaties op het gebied van LCC en “total costs of ownership”, resulterend in een kostenbesparing van 30% op regulier beheer en onderhoud
- InnovA58 stimuleert en implementeert innovaties op het gebied van duurzaamheid en energiebesparing, resulterend in:
  - een reductie in het gebruik van fossiele brandstoffen van 100% in de aanlegfase (100% reductie van de CO<sub>2</sub> footprint ten opzichte van huidige gebruikelijke bouwwijze) en;
  - volledig energieneutraal beheer en onderhoud (CO<sub>2</sub> neutrale footprint).
- InnovA58 stimuleert en implementeert innovaties op het gebied van duurzaamheid, resulterend in volledig circulair materiaalgebruik in de realisatie- en beheer en onderhoudsfase;
- InnovA58 stimuleert en implementeert innovaties op het gebied van duurzaamheid die resulteren in een lagere CO<sub>2</sub> footprint in de exploitatiefase van de weg: streven naar minder brandstofverbruik in gebruiksfase door mobiliteit personen- en vrachtvervoer;
- De uitbreiding van de A58 geschiedt op voor de mens en natuur kritische passages (o.a. Ulvenhout, St. Annabosch, Tilburg, Moergestel, Oirschot, Best) zonder toename van de omgevingsimpact qua geluid, fijnstof en NO<sub>x</sub> (saldo-0 benadering)
- InnovA58 krijgt een internationaal imago van ‘voorbeeld’ en ‘innovatief’ qua aanpak van de innovatieopgave en de resultaten.

## 2.3 Opbouw van deze studie

Als referentie wordt in deze studie het voorkeursalternatief (VKA) uit de MIRT verkenning A58 2015 gebruikt. Bij dit voorkeursalternatief is door Rijkswaterstaat, bij aanvang van deze studie een startpakket aan innovaties beschikbaar gesteld. Dit pakket aan innovaties is aangevuld door NIBE, aan de hand van eigen inzichten en gesprekken met kennishouders (zowel binnen Rijkswaterstaat, als marktpartijen en kennisinstellingen, voor een overzicht zie bijlage C). Dit heeft geresulteerd in een uiteindelijk pakket aan innovaties, waarmee de studie is uitgevoerd. Dit voorlopig startpakket aan innovaties is opgenomen als bijlage D.

De voor deze studie te toetsen doelstellingen vatten we hieronder opnieuw samen:

1. Reductie van 30% in CO<sub>2</sub> footprint voor de aanlegfase
2. CO<sub>2</sub> neutraal Beheer en Onderhoud
3. Reductie van 20% op Life Cycle Cost (LCC) voor Beheer en Onderhoud
4. Eén of twee hoofdmateriaalstromen circulair in zowel aanlegfase als Beheer en Onderhoud
5. Saldo-0 benadering op geluid, fijnstof en NO<sub>x</sub> voor mens en natuur kritische passages

De doelstellingen 1 t/m 3 spitsen zich toe op enerzijds de aanlegfase en anderzijds de beheer- en onderhoudsfase. Voor iedere fase is een deelstudie uitgevoerd, die beide in grote lijnen dezelfde opbouw volgen:

- Opstellen van een referentieberekening (in DuboCalc voor milieu-impact en in SSK voor kosten)
- Zwaartepuntanalyse op de referentieberekening
- Selectie van impactvolle innovaties op milieu-impact en kosten
- Additionele Informatie verzamelen voor de impactvolle innovaties (literatuur, interviews)
- Doorrekenen van de innovaties (in Excel voor milieu-impact en in SSK voor kosten)
- Analyse van de uitkomsten en toetsing van de doelstellingen

We behandelen beide referentieberekeningen (aanleg en B&O) in **hoofdstuk 3**, waarbij elke referentieberekening weer is opgebouwd uit een berekening van de milieu-impact en een kostenberekening. De resultaten van de kostenberekening van de aanlegfase worden in dit rapport niet getoond, dit vanwege het vertrouwelijke karakter.

Vervolgens presenteren we de zwaartepuntanalyses op de referentieberekeningen in **hoofdstuk 4**. Hierbij is gekozen om voor de aanlegfase geen zwaartepuntanalyse te doen voor kosten, omdat we voor de aanlegfase geen doelstelling hebben op reductie van kosten. Bovendien zouden de resultaten niet in dit rapport kunnen worden opgenomen, wederom vanwege het vertrouwelijke karakter van deze data. We zullen later zien dat de gekozen innovaties wel impact hebben op de kosten in de aanlegfase. Deze impact behandelen we bij de resultaten in hoofdstuk 6.

Voor de beheer- en onderhoudsfase is wel voor zowel milieu als kosten een zwaartepuntanalyse uitgevoerd. Voor de milieu-impact in de beheer- en onderhoudsfase is gekozen om die op te splitsen in drie componenten: elektriciteitsgebruik, brandstof gebruik tijdens beheer en onderhoud en materiaalgebonden CO<sub>2</sub> impact. De zwaartepuntanalyse is vervolgens uitsluitend uitgevoerd voor dit laatste deel (materiaalgebonden CO<sub>2</sub>), welke ook veruit de grootste van de drie componenten in de beheer- en onderhoudsfase blijkt te zijn.

Aan de hand van de resultaten en het inzicht dat uit de zwaartepuntanalyses is verkregen, is er een selectie gemaakt van impactvolle innovaties. Dit proces is in paragraaf 2.4.4 in meer detail beschreven. De impactvolle innovaties worden in **hoofdstuk 5** stuk voor stuk toegelicht.

Met de geselecteerde impactvolle innovaties zijn vervolgens de werkelijke berekeningen uitgevoerd, die moeten laten zien of de doelstellingen 1 t/m 3 haalbaar zullen zijn. De resultaten van deze berekeningen

worden gepresenteerd in **hoofdstuk 6**. Hierbij is gekozen om voor ieder van de doelstellingen een aparte paragraaf op te stellen, waarbij er één betrekking heeft op de aanlegfase (30% CO<sub>2</sub> reductie) en twee op de beheer- en onderhoudsfase (enerzijds 20% kosten reductie en anderzijds geheel CO<sub>2</sub> neutraal).

In **hoofdstuk 7** wordt vervolgens apart aandacht gegeven aan het thema circulariteit en de bijbehorende doelstelling op één of twee hoofdmateriaalstromen. Dit deel van de studie verschilt sterk van karakter met de onderdelen die in de eerdere hoofdstukken zijn gepresenteerd. Er worden geen berekeningen uitgevoerd en de analyse op de mogelijkheden om circulair te werken worden in grote mate kwalitatief uitgewerkt. Dit zal in dit hoofdstuk worden toegelicht en besproken, evenals de aanbeveling om ook voor dit onderwerp een meer kwantitatieve benadering te kiezen in de toekomst.

In **hoofdstuk 8** wordt ingegaan op de ambitie om voor mens en natuur kritische passages een saldo-0 benadering te willen hanteren voor geluid, fijnstof en NO<sub>x</sub>. Daartoe zijn de innovaties gescreend op potentie om hierin een bijdrage te leveren. Hiervoor wordt een selectie van innovaties gepresenteerd met potentieel op dit gebied. Als voorbeeld wordt vervolgens voor 2 locaties een verdere uitwerking gegeven.

Tenslotte wordt in **hoofdstuk 9** een eindconclusie gepresenteerd en worden aanbevelingen gedaan voor verdere studies en voor opname van innovaties in het kader van het living lab van InnovA58.

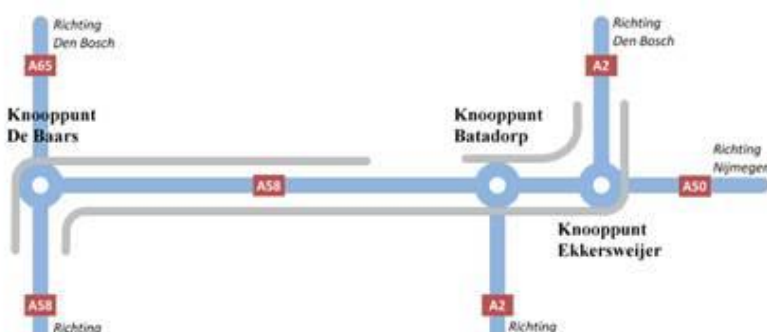
## 2.4 Gebruikte methoden en uitgangspunten

Als referentie in deze haalbaarheidstoets wordt het voorkeursalternatief uit de MIRT verkenning A58 2015 gebruikt. Echter parallel aan deze haalbaarheidstoets worden binnen het project InnovA58 de ontwerpen voor de knooppunten de Baars en St Annabosch, de Brug bij Oirschot en aansluiting Best verder geoptimaliseerd. Deze geoptimaliseerde ontwerpen zijn niet meegenomen, omdat de benodigde gegevens (materialisatie) nog niet beschikbaar zijn en besluitvorming erover nog niet is afgerond.

Het voorkeursalternatief uit 2015 geldt dus als uitgangspunt voor deze studie en wordt hieronder in detail beschreven.

### 2.4.1 Het voorkeursalternatief

Het voorkeursalternatief voor Eindhoven Tilburg is een verbreding met een volwaardige derde rijstrook in beide richtingen waarbij de verbreding overwegend aan de buitenzijde van de bestaande weg plaatsvindt. Het ontwerp reikt van het knooppunt Ekkersweijer, waar de A58 samenkomt met de A2, tot en met de aansluiting



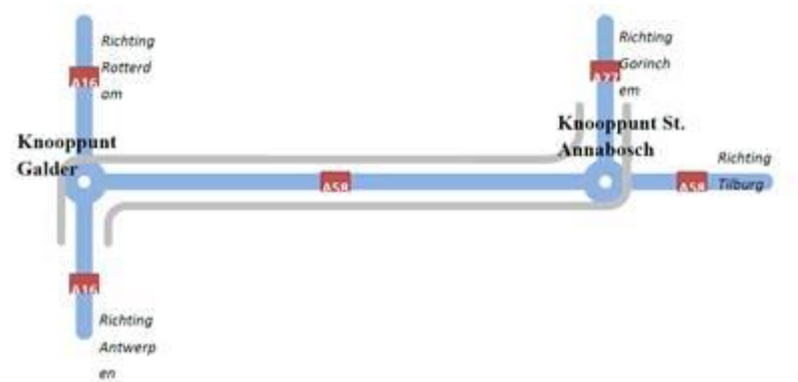
Figuur 1. Schematische weergave Eindhoven - Tilburg

van de A58 op de A65 bij knooppunt De Baars. Ook is het tussenliggende knooppunt Batadorp meegenomen. Op aangrenzende wegvakken vindt, indien nodig, een afbouw van de derde rijstrook plaats. In de huidige situatie zijn op de noordbaan tussen knooppunt Batadorp en Oirschot al drie rijstroken aanwezig. Hier wordt de A58 niet verder verbreed met een

derde rijstrook. In figuur 1 is het traject schematisch weergegeven, waarbij de grijze lijn het te verbreden wegtracé weergeeft. De drie knooppunten en aansluiting Best worden aangepast. In de knooppunten Ekkersweijer en Batadorp wordt capaciteit op de weg toegevoegd door de verbreding van bestaande infrastructuur. Voor beide knooppunten geldt dit voor de richting Den Bosch-Tilburg, en vice versa. In

knooppunt De Baars wordt capaciteit toegevoegd in de richting Eindhoven-Breda door de verbreding van bestaande infrastructuur. In de richting Breda-Eindhoven wordt capaciteit toegevoegd door de hoofd- en parallelbaan om te draaien, waardoor een nieuwe bypass Hilvarenbeek-Eindhoven ontstaat. Tevens wordt een deel van de bestaande viaducten en bruggen aangepast of vervangen. De aansluitingen Best en Moergestel worden opnieuw vormgegeven.

Het voorkeursalternatief voor St Annabosch-Galder is een verbreding met een volwaardige derde rijstrook in beide richtingen waarbij de verbreding aan zowel de linker als rechterzijde van de bestaande weg plaatsvindt. Het ontwerp reikt van het knooppunt Sint Annabosch, waar de A58 samenkomt met de A27, tot en met de aansluiting van de A58 op de A16 bij knooppunt Galder. Op aangrenzende wegvakken vindt, indien nodig, een afbouw van de derde rijstrook plaats. In figuur 2 is het traject schematisch weergegeven, waarbij de grijze lijn het te verbreden wegtracé weergeeft. In de ontwerpen worden de knooppunten Sint Annabosch en Galder aangepast. In knooppunt Sint Annabosch wordt capaciteit toegevoegd in de richting Gorinchem- Antwerpen door middel van de verbreding van bestaande infrastructuur. In de richting Antwerpen-Gorinchem wordt de capaciteit uitgebreid door het vervangen van de bestaande lus door een hoge fly-over. Voor een goede



Figuur 2. Schematische weergave Annabosch - Galder

aansluiting op aansluitende snelwegen wordt de A27 beperkt aangepast. In knooppunt Galder wordt in de richting Antwerpen-Tilburg de capaciteit uitgebreid door het verbreden van bestaande infrastructuur. In de richting Tilburg- Antwerpen wordt de bestaande lus vervangen door een fly-over. De A16 wordt ten zuiden van knooppunt Galder beperkt aangepast om een goede aansluiting mogelijk te maken. Aansluitingen en kruisende wegen worden niet aangepast

Het aantal nieuw te bouwen kunstwerken is beperkt. Er worden in totaal 12 nieuwe kunstwerken gerealiseerd. Daarnaast betreft het voornamelijk aanpassingen van de bestaande kunstwerken.

### 2.4.2 Milieu-impact berekeningen

Voor de milieu-impact berekeningen is gebruik gemaakt van DuboCalc (versie 4.0.1.2) daar waar de benodigde gegevens in dit programma beschikbaar waren. Voor de innovaties (veelal niet in de DuboCalc database beschikbaar) is daarnaast gebruik gemaakt van Simapro (versie 2.2) en gegevens uit de Nationale Milieu Database (NMD, versie 1.8) om profielen voor de innovaties op te stellen.

Normaliter zouden in DuboCalc de berekeningen voor zowel aanlegfase als beheer- en onderhoudsfase worden uitgevoerd. DuboCalc is hier ook nadrukkelijk voor ingericht. In deze studie zijn we hier echter van afgeweken, omdat DuboCalc niet voldoende mogelijkheid biedt de levensduur van de diverse producten te wijzigen, terwijl veel innovaties juist inspelen op een verlenging van de levensduur. Er is daarom gekozen de berekeningen voor de beheer- en onderhoudsfase uit te voeren in Excel.

In deze studie wordt van de berekende milieueffecten alleen klimaatverandering (kg CO<sub>2</sub> eq.) gebruikt om de impact van de innovaties te bepalen. Hiervoor is gekozen, omdat InnvoA58 haar doelen en ambities op het gebied van milieu-impact heeft gedefinieerd als percentage verlaging CO<sub>2</sub> footprint ten opzichte van een standaard wegverbreding met conventionele technieken. Binnen InnvoA58 is hiervoor gekozen om aan te sluiten bij de publieke beeldvorming over CO<sub>2</sub> footprint van consumentenproducten en vanwege de landelijke



opgave om de klimaatverandering te beperken. Het is in de (bouw)praktijk in Nederland echter gebruikelijk om een totaal van alle berekende milieueffecten weer te geven in de vorm van de Milieu Kosten Indicator (MKI). Een methode, die Rijkswaterstaat ook standaard in haar aanbestedingen gebruikt, en die ook in DuboCalc als basisinstelling wordt gebruikt (meer informatie over MKI is te vinden op de website [www.rijkswaterstaat.nl](http://www.rijkswaterstaat.nl)). In hoofdstuk 9 zullen we daarom laten zien wat er met de conclusies gebeurt, als er met de MKI wordt gerekend in plaats van alleen met CO<sub>2</sub>. Dit met het oog op advisering richting de toekomstige aanbesteding van het project.

### 2.4.3 LCC berekeningen

De LCC berekeningen zijn uitgevoerd door Kodos ([www.kodos.nl](http://www.kodos.nl)). Het project InnovA58 is qua ramingssystematiek opgesplitst in 2 delen, traject Eindhoven-Tilburg en traject Annabosch-Galder. Van beide trajecten is aan ons een afzonderlijke kostenraming met bijbehorende kostennota beschikbaar gesteld. Deze zijn opgesteld in maart 2015, de bijbehorende projectfase is verkenningsfase en de gehanteerde prijspeil is juni 2014. RWS Kostenpool is opsteller van zowel de raming(en) als de kostennota('s). Voor de gehanteerde prijzen is gebruik gemaakt van standaard kengetallen uit databestand RWS, of opgebouwd in programma IBIS-Calc of van vergelijkbare referentieprojecten. Deze methode van hantering van prijzen is gebruikelijk voor de projectfase en wordt voor ons de maatstaf voor het vergelijken met de mogelijke innovaties van dit project InnovA58. Volgens afspraak wordt de onderhoudsscope toegevoegd voor het gedeelte Tilburg-Breda, zodat het gehele traject van Eindhoven tot Breda wordt beschouwd voor de toepassing van mogelijke innovaties.

De doelstelling van InnovA58 is 20% LCC-kostenbesparing voor regulier Beheer en Onderhoud. In het onderzoek is ook gekeken naar de consequenties voor de investeringskosten tijdens de aanleg.

De projectramingen zijn opgesteld volgens de Standaardssystematiek Kostenramingen (SSK-2010) versie 3.05b (6 november 2014) en zijn opgesteld voor zowel de investeringskosten als de levensduurkosten. Volgens de definitie van SSK-2010 zijn de investeringskosten: "De investering die gedaan moet worden om een project te realiseren. Dit is de som van bouwkosten, vastgoedkosten, engineeringkosten en overige bijkomende kosten". De investeringskosten zijn ingedeeld naar categorieën wegvakken, kunstwerken, signalering, geluidschermen en geven een goed beeld van de gehanteerde scope.

Volgens de definitie van SSK-2010 zijn de levensduurkosten: "De kosten die na oplevering van het bouwwerk gemaakt moeten worden om het object bruikbaar te houden. Hierbij kan gedacht worden aan beheer- en onderhoudskosten, energiekosten, facilitaire kosten en eventueel de kosten voor het amoveren van het project". Deze levensduurkosten zijn per deeltraject ondergebracht in 1 deelraming LCC, waarin is aangegeven welke handelingen, hoeveelheden en frequenties zijn gerekend voor beheer en onderhoud. Per handeling de frequentie (x), 1 keer per x jaar of x keer per jaar, de periode (vanaf jaar x t/m jaar y = maximaal 100 jaar), waarbij jaar x de 1e keer is van de handeling voor beheer en onderhoud. Het resultaat is een hoeveelheid handelingen binnen de gerekende periode, waarbij geen rekening wordt gehouden met eventueel resterende tijdsperiode. De bijbehorende prijs is het product van hoeveelheid per eenheid x prijs per hoeveelheid.

Naast de factor 'kosten' speelt ook de factor 'tijd' een rol bij het bepalen van de levensduurkosten. De Contante Waarde (CW) is het huidige waarde-equivalent van een toekomstig geldbedrag. Hierbij wordt rekening gehouden met een rente- en inflatie-effect. Door van alle kostenposten in de levensduurperiode de CW's te berekenen en deze bij elkaar op te tellen, wordt een CW verkregen die alle levensduurkosten samenvat tot één bedrag op het huidige prijspeil. Voor het vergelijken tussen innovaties met de referentie en innovaties onderling, worden op deze manier de kosten vergelijkbaar die verschillend in de tijd vallen. Door het hanteren van deze CW-methode wordt rekening gehouden met de factor 'tijd', want het maakt uit wanneer bepaalde kosten vallen in de tijd. De methode CW is standaard bij RWS en ook opgenomen in de eerder verstrekte projectramingen.



#### **2.4.4 Innovaties**

Het voorlopig startpakket innovaties omvat meer dan 100 innovaties. Voor de inschatting of de doelstellingen haalbaar zijn 'ja of nee', is het niet nodig gebleken om alle innovaties in detail te beschouwen. Allereerst is op hoofdlijnen een grove impact analyse gedaan op het totaalpakket aan innovaties, aan de hand van de op voorhand beschikbare informatie en de zwaartepuntanalyse van de referentieberekeningen. Vervolgens is verdere verdieping aangebracht op een dertigtal innovaties, waarmee uiteindelijk de impactberekeningen zijn uitgevoerd. Aan de hand van de resultaten hiervan zijn de conclusies getrokken en worden aanbevelingen gedaan.

Voor innovaties wordt binnen InnovA58 1 januari 2013 als richtdatum gebruikt. De stand der techniek en werkwijze bij RWS op die datum is conventioneel, en alles aanvullend erop wordt als innovatie beschouwd. Als gevolg hiervan wordt bijvoorbeeld LED in InnovA58 als innovatie beschouwd, terwijl het sinds kort binnen Rijkswaterstaat als standaard is gekozen.

Van een groot deel van de innovaties uit het voorlopige startpakket was bij start van de studie reeds een inschatting beschikbaar met betrekking tot de ontwikkelingsgraad van de innovatie: of de innovatie in 2020, bij start van de uitvoering van het project, als marktrijp beoordeeld mag worden. Voor de innovaties waar deze inschatting nog ontbrak is er alsnog een inschatting gemaakt. Alle innovaties die in 2020 door experts niet als marktrijp ingeschat worden, zijn in deze studie in de berekeningen niet meegenomen. Ze zijn wel op de lijst met innovaties blijven staan om ze niet uit het oog te verliezen, maar zijn voor de beoordeling op de haalbaarheid van de doelstelling van InnovA58 niet meegenomen.

InnovA58 beschikt over een living lab, waarin innovaties een versnelling zouden kunnen krijgen. Uit alle informatie die in deze studie is ingewonnen is door NIBE een selectie gemaakt van innovaties die een aanzienlijk potentieel lijken te bezitten, maar nog niet geheel marktrijp zijn. Deze selectie is in dit rapport opgenomen met als aanbeveling om in de living lab omgeving verder te onderzoeken en mogelijk versneld uit te (laten) werken.



## 3 REFERENTIEBEREKENINGEN

### 3.1 Aanlegfase

#### 3.1.1 Milieu-impact

Milieu-impact wordt uitgedrukt in CO<sub>2</sub> uitstoot. Bij het bepalen van de milieu-impact is aangesloten bij de uitgangspunten die in de kostenraming gehanteerd zijn. Deze uitgangspunten wijken soms af van de forfaitaire waarden in DuboCalc v4.0.1.2. Zo zijn de transportafstanden van de aanvoer van zand (10km i.p.v. 75km) en afvoer van zand (40km i.p.v. 75km) aangepast aan de kostenraming van het VKA. Daarnaast is het uitgangspunt gehanteerd dat al de vrijgekomen grond binnen het werk wordt hergebruikt en daarvoor gemiddeld 15km transport benodigd is. Een uitgebreid overzicht van de gedane aannames / gemaakte afwijkingen is terug te vinden in Bijlage B. In hoofdlijnen zijn de volgende hoeveelheden gehanteerd (voortkomend uit de kostenraming);

Onderdeel	Hoeveelheid	Eenheid	Opmerkingen
2L ZOAB 25/45, 70mm	1.784.727	m <sup>2</sup>	
AC bin/base 50% PR, 249mm	362.038	m <sup>2</sup>	
Betongranulaat, 300mm	362.038	m <sup>2</sup>	
Amoveren ZOAB	1.533.109	m <sup>2</sup>	
Aanvoer zand	1.125.546	m <sup>3</sup>	10 km afstand
Afvoer zand	237.562	m <sup>3</sup>	40 km afstand
Afgraven grond (werk met werk maken)	308.720	m <sup>3</sup>	Gem. 15 km vervoeren
Prefab beton	12.396	m <sup>3</sup>	
I.h.w.g. beton	24.466	m <sup>3</sup>	
Geleiderail	184,31	km	

Tabel 1: Zwaartepuntanalyse VKA uitbreiding A58

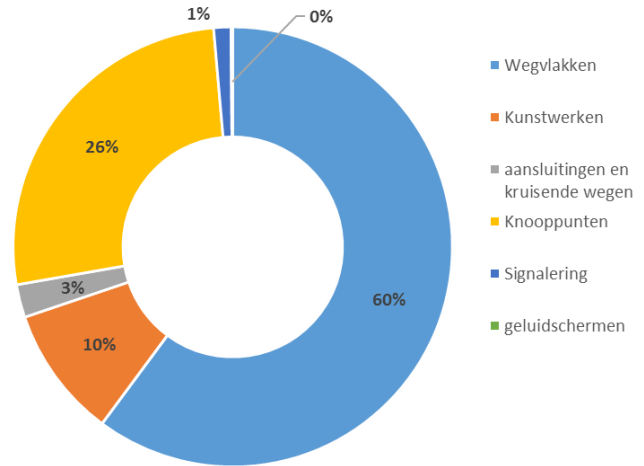
De weergegeven resultaten (in kg CO<sub>2</sub>) hebben alleen betrekking op de aanlegfase; het beheer en onderhoud is geen onderdeel van de gepresenteerde resultaten in Tabel 2. Voor het berekenen van de milieu-impact is gebruik gemaakt van de DuboCalc methode, zie bijlage E voor de gemaakte DuboCalc berekening voor de aanlegfase. Voor een aantal innovaties die nog niet in DuboCalc zitten is gebruik gemaakt van de branche-data uit het 'LCA Achtergrondrapport Nederlandse Asphalt Industrie' van 30 november 2016.. Deze data is echter nog niet in DuboCalc v4.0.1.2. beschikbaar terwijl asphalt wel een grote invloed op het eindresultaat heeft. Derhalve is de branche-data buiten DuboCalc om handmatig verwerkt, in een nabewerking op de export van de DuboCalc resultaten, zie eveneens bijlage E.

### Referentie (VKA) uitbreiding A58

Onderdeel	kg CO <sub>2</sub>	Aandeel
Wegvlakken	65.221.740	60%
Kunstwerken	10.489.955	10%
aansluitingen en kruisende wegen	2.624.012	2%
Knooppunten	28.585.111	26%
Signalering	1.382.239	1%
geluidschermen	129.650	0%
<b>Totaal</b>	<b>108.432.706</b>	

Tabel 2: Zwaartepuntanalyse VKA uitbreiding A58

### Referentie (VKA) uitbreiding A58



Figuur 3: Zwaartepuntanalyse VKA uitbreiding A58

De milieu-impact van het voorkeursalternatief dat als referentiescenario dient voor het bepalen van de impact van de innovaties, wordt grotendeels veroorzaakt door de wegvlakken, de knooppunten en de kunstwerken. De signalering en de geluidschermen veroorzaken samen 1% van het totaal en zijn niet zeer relevant voor de milieu-impact van de referentie. In '4.1 Milieu-impact aanleg' is een zwaartepuntanalyse van de wegvlakken, knooppunten en kunstwerken opgenomen. Deze zwaartepuntanalyses zijn gebruikt om de kansrijke innovaties te inventariseren.

### 3.1.2 Kosten

Zoals al eerder gemeld wordt van mogelijke innovaties op het gebied van LCC ook gekeken naar de financiële consequenties voor de investeringskosten tijdens de aanleg. Voor financiële consequenties van innovaties is een vergelijk noodzakelijk met de beschikbare raming van de referentie. Als basis zijn de projectramingen gebruikt die door de kostenpool zijn verstrekt: voor ieder deeltraject een eigen projectraming. Aan de trajectraming Eindhoven-Tilburg is de onderhoudsscope toegevoegd voor het gedeelte Tilburg-Breda. De investeringskosten voor de wegvakken nemen hierdoor toe, omdat gerekend wordt met het vervangen van de bestaande deklaag van ZOAB door 2L-ZOAB, dezelfde deklaag als de rest van het project.

Deze aangepaste ramingen dienen als referentie voor het vergelijk met mogelijke innovaties. Het vergelijk met de innovaties wordt gemaakt met deterministische ramingen op Contante Waarde (CW).

Opgeteld geven deze 2 aangepaste kostenramingen als referentie voor de investeringskosten een bedrag aan Contante Waarde van € 289.6 M exclusief BTW.

## 3.2 Beheer en onderhoudsfase

### 3.2.1 Milieu-impact

#### Getrapt energieneutraal B&O scenario

De doelstelling voor het uitbreidingsproject InnovA58 is een energieneutrale beheer- en onderhoudsfase. Voor deze doelstelling is niet vastgelegd of dit betrekking heeft op het energieverbruik (elektriciteit) van de weg, het energieverbruik (brandstof) van het reguliere onderhoud en/of de CO<sub>2</sub> die wordt uitgestoten t.b.v. vervangingen van onderdelen.

Binnen het projectteam en de brede begeleidingsgroep (zie bijlage G voor samenstelling) is vastgesteld dat een energie neutrale beheer- en onderhoud fase als getrapt scenario wordt uitgewerkt. Stap 1 omhelst het energieverbruik, stap 2 het brandstofverbruik en stap 3 de materiaalgebonden CO<sub>2</sub> uitstoot (hierna Embedded CO<sub>2</sub> genoemd) als gevolg van de vervangingen/reparaties. In Figuur 4 is weergegeven wat onderdeel is van elke stap die beschouwd is.



Figuur 4: Getrapte energie neutrale beheer en onderhoudsfase

In bijlage F is een gedetailleerd overzicht terug te vinden, in hoofdlijnen zijn de volgende hoeveelheden gehanteerd;

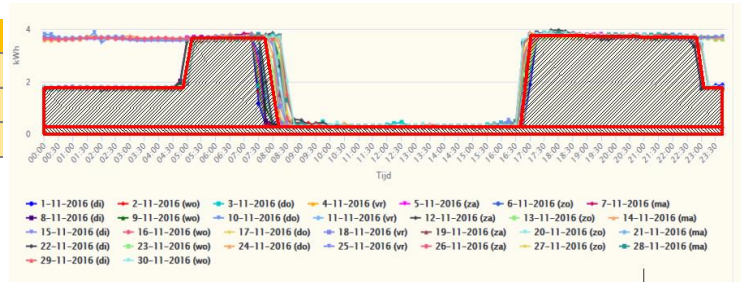
Onderdeel	Hvh	Ehd	Levens-duur [jr]	1 <sup>e</sup> cyclus [jr]	STAP
Bovenste laag ZOAB rijstroken (excl vluchtstrook)   25mm	880.080	m <sup>2</sup>	13	13	3
ZOAB baanbreed vernieuwen (incl vluchtstrook)   70mm	1.630.857	m <sup>2</sup>	26	17	3
ZOAB + versterking baanbreed vernieuwen (incl vluchtstrook)   70mm ZOAB +80mm STAB	1.630.857	m <sup>2</sup>	26	30	3
Geleiderail	184,31	km	25	29	3
Portalen, staal	1.135	Ton	40	43	3
Lichtmasten, staal 15m	1.274	Stuks	25	28	3
Wegmarkering	92,91	Km	10	13	3
Elektraverbruik	1.686.957	kWh	1	4	1
Bermen maaien	248	Liter	0,33	3,5	2
ZOAB reinigen & vegen	186	Liter	0,5	3,5	2
Goten reinigen	62	Liter	2	5	2
Bermen verlagen	186	Liter	8	11	2
Inspectie	14	Liter	6	9	2

Tabel 3: Hoeveelheden overzicht t.b.v. CO<sub>2</sub> uitstoot B&O scenario

### Energieverbruik van het VKA (Stap 1)

De inschatting voor het energieverbruik per jaar van het VKA is gemaakt op basis van data en kennis die binnen RWS aanwezig is. Het energieverbruik is bepaald door het energieverbruik van 2015 op te delen in 3 categorieën; verlichting, signaalgevers en overige. Het aandeel in het energieverbruik is gebaseerd op energieprofielen van november 2016. In Figuur 5 is een van de geanalyseerde aansluitingen weergegeven, de verhouding zoals weergegeven in Tabel 4 is gebaseerd op deze analyse.

Algemene uitgangspunten	Aandeel
Verlichting	80%
Signalering	20%
Overige	0%



Tabel 4: Verhouding energieverbruik o.b.v. inventarisatie november 2016

Figuur 5: Een van de geïnventariseerde meters t.b.v. het gebruikers profiel

De configuratie van de A58 wijzigt van een 2x2 opstelling naar een 2x3 opstelling. Deze verbreding zorgt voor een verhoging van het geïnstalleerde vermogen voor verlichting en signaalgevers. Op basis van toename percentages, welke een inschatting zijn van verlichtingsexpert Willem Zandvliet van RWS, is het huidige verbruik omgezet naar een ingeschat verbruik voor het VKA. Voor verlichting is een toename van 30% gehanteerd, voor de signalering een toename van 50%.

Energieverbruik VKA	Uitbreiding	Totaal	Verlichting (2->3 = +30%*)	Signalering (2->3 = +50%*)	Overige
Galder-Annabosch	ja	286.564 kWh	222.408 kWh	64.156 kWh	0 kWh
Breda-Tilburg	nee	853.095 kWh	682.476 kWh	170.619 kWh	0 kWh
Tilburg-Eindhoven	ja	547.298 kWh	424.769 kWh	122.530 kWh	0 kWh
		<b>1.686.957 kWh</b>	<b>1.329.653 kWh</b>	<b>357.305 kWh</b>	<b>0 kWh</b>

\* Van toepassing indien de uitbreiding van toepassing is

Tabel 5: Energieverbruik in de B&O fase van de trajecten o.b.v. inventarisatie november 2016

### Brandstofverbruik beheer en onderhoud van het VKA (Stap 2)

Het brandstof verbruik voor beheer en onderhoud omvat in de LCC raming van het VKA het verbruik voor bermen maaien, reinigen van de ZOAB, goten reinigen, bermen verlagen en inspectie. Omdat er binnen de Rijkswaterstaat organisatie geen informatie over de verbruiken beschikbaar is en er geen onderhoudspartij bereid gevonden is om informatie te delen is er een inschatting gedaan door NIBE i.o.m. KODOS en het projectteam van Rijkswaterstaat.

Omschrijving	Aantal banen	Aantal voertuigen	Gem. verbruik [km/l]
Bermen maaien	2	4	1:3
ZOAB reinigen & vegen	5	2	1:5
Goten reinigen	1	2	1:3
Bermen verlagen	1	6	1:3
Inspectie	2	1	1:13

Tabel 6: Aannames brandstof verbruik Beheer en Onderhoud van het VKA

### Embedded CO<sub>2</sub> uitstoot B&O fase van het VKA (Stap 3)

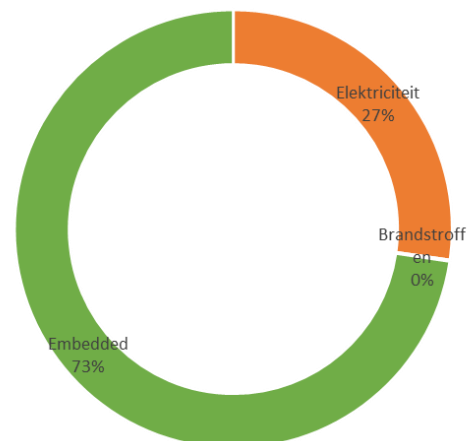
Voor het bepalen van de embedded CO<sub>2</sub> uitstoot zijn dezelfde hoeveelheden en levensduren gehanteerd als in de LCC raming en is dezelfde rekenmethodiek voor de vervangingen gehanteerd. Dit om de uitgangspunten tussen de LCC berekening en de milieuberekening gelijk te houden, zodat ze volledig met elkaar in overeenstemming zijn.

### Overzicht totaal CO<sub>2</sub> uitstoot van Beheer- en Onderhoudsfase

Over 100 jaar beheer en onderhoud en 3 jaar aanleg moet in totaal ca. 522.000 Ton CO<sub>2</sub> gecompenseerd worden wanneer ook de brandstoffen en de embedded CO<sub>2</sub> binnen de scope vallen, zie Tabel 7. Het overgrote deel, namelijk 73%, wordt in het VKA veroorzaakt door de embedded CO<sub>2</sub>, de keuze of dit binnen of buiten de scope valt heeft dan ook een grote invloed. De overige CO<sub>2</sub> uitstoot wordt veroorzaakt door het elektriciteitsverbruik.

De brandstoffen die benodigd zijn voor het beheer en onderhoud van de weg vallen in het niets t.o.v. de overige componenten. Zelfs wanneer deze component 10x hoger uitvalt, veroorzaakt het maar 1% van het totaal.

Onderdeel	kg CO <sub>2</sub> (103jr)
Stap 1: Elektriciteit	142.240.879
Stap 2: Brandstoffen	504.255
Stap 3: Embedded CO <sub>2</sub>	379.119.989
<b>Totaal</b>	<b>521.865.123</b>



Tabel 7: CO<sub>2</sub> uitstoot Beheer en Onderhoud van het VKA (3 jr aanleg + 100jr b&O)

Figuur 6: Zwaartepuntanalyse Kunstwerken VKA, uitbreiding A58

### 3.2.2 Kosten

Voor het vergelijk met mogelijke innovaties is een vergelijk noodzakelijk met de beschikbare raming die als referentie dient. Als basis zijn de projectramingen gebruikt die door de kostenpool zijn verstrekt: voor ieder deeltraject een eigen projectraming. Aan de trajectraming Eindhoven-Tilburg is de onderhoudsscope toegevoegd voor het gedeelte Tilburg-Breda, de hoeveelheden zijn afgestemd met de afdeling Techniek.

#### Uitgangspunten

##### Asfalt en fundering

- In de referentieramingen is gerekend met onder- en tussenlagen asfalt van STAB met hergebruik van 30% gerecycled oud asfalt (partiële recycling=PR).
- Als deklaag is gerekend met 2-laags ZOAB zonder hergebruik van gerecycled oud asfalt (partiële recycling=PR).

##### Energie en verlichting

- In de referentieraming is nog gerekend met hogedruk natrium lampen.
- Hoeveelheden en prijzen in referentieraming VKA veelal op basis van kentallen per km.

In overleg met het projectteam is besloten om het vervangen van de bestaande kunstwerken, aan het einde van de levensduur, uit de projectscope te verwijderen. Deze vervangingskosten geven een onzuiver beeld van beheer & onderhoud in het project, omdat innovaties die nu overwogen worden hier geen invloed meer op hebben. Besloten is om dezelfde rede ook het vervangen van geluidschermen te laten vervallen.

De termijn van de levensduur bij RWS is standaard 100 jaar en ongewijzigd gebleven. Dit zorgt voor een evenwichtig beeld bij levensduurcycli voor onderdelen die variëren van 10 tot 40 jaar. De discountvoet is aangepast van 2,5% naar 3,0% omdat dit vanaf 2016 de standaard is bij RWS. De uitvoeringsperiode voor realisatie is aangepast van 4 naar 3 jaar, de periode voor beheer en onderhoud is nu van jaar 4 t/m 103, in totaal 100 jaar.

De energiekosten van verlichting en DVM zijn niet meegerekend in de oorspronkelijke referentieramingen. Indien innovaties hierop van invloed zijn, is hier wel rekening gehouden met wijzigingen hierop en de verschillen met bijbehorende prijsconsequenties doorgerekend.

Deze aangepaste ramingen dienen als referentie voor het vergelijken met mogelijke innovaties. Deze referentieramingen zijn vastgezet op 13-12-2016. Het vergelijken met de innovaties wordt gemaakt met deterministische ramingen op CW.

Opgeteld geven deze 2 aangepaste kostenramingen de volgende referentie voor de levensduurkosten:

Project: InnovA58; structurele verbreding 2x3 Eindhoven-Tilburg + Annabosch-Gelder		Projectnr: -		Opdr.gever: DGB		Prijspeil raming: 01-09-14	
Versie raming: 1.0		Status: Definitief		Opgesteld door: Harry Bolwerk		Datum raming: 11-11-16	
Samenvatting SSK		Kostengroepen		Kostencategorieën		Versie 3.08b (6 november 2014)	
	Directe kosten Benoemd	Directe kosten Nader te detaileren	Indirecte kosten	Voorziene kosten	Risicoreservering	Totaal	
<b>Levensduurkosten:</b>							
Bouwkosten Deelraming Wegvakken	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
Bouwkosten Deelraming Kunstwerken	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
Bouwkosten Deelraming Signalering	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
Bouwkosten Deelraming Geluidsschermen	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
Bouwkosten Deelraming Vastgoed	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
Bouwkosten Deelraming LCC	€ 613.516.809	€ 12.270.336	€ 190.479.282	€ 816.266.427	€ 40.813.321	€	€ 857.079.748
<b>Subtotaal levensduurkosten</b>	<b>€ 613.516.809</b>	<b>€ 12.270.336</b>	<b>€ 190.479.282</b>	<b>€ 816.266.427</b>	<b>€ 40.813.321</b>	<b>€</b>	<b>€ 857.079.748</b>
Objectoversijgende risico's					€ 42.853.987	€	€ 42.853.987
<b>Levensduurkosten deterministisch</b>	<b>€ 613.516.809</b>	<b>€ 12.270.336</b>	<b>€ 190.479.282</b>	<b>€ 816.266.427</b>	<b>€ 83.667.308</b>	<b>€</b>	<b>€ 899.933.735</b>
Scheefte					€ -	€ -	€ -
<b>Levensduurkosten exclusief BTW</b>				<b>€ 816.266.427</b>	<b>€ 83.667.308</b>	<b>€</b>	<b>€ 899.933.735</b>
BTW				€ 170.618.666	€ 17.488.413	€	€ 188.107.079
<b>Levensduurkosten inclusief BTW</b>				<b>€ 986.885.093</b>	<b>€ 101.155.721</b>	<b>€</b>	<b>€ 1.088.040.814</b>
Levensduurkosten inclusief BTW (contante waarde), discountvoet van 3% en looptijd van 104 jaar							
Bandbreedte : met 70% zekerheid liggen de levensduurkosten inclusief BTW tussen							
Variatiecoëfficiënt							
				€ -	en	€ -	€ -

De Contante Waarde (CW) van de deelraming LCC bedraagt € 228.4 M, de bijbehorende raming is beschikbaar gesteld aan Rijkswaterstaat Kostenpool.



## 4 ZWAARTEPUNTANALYSE

### 4.1 Milieu-impact aanlegfase

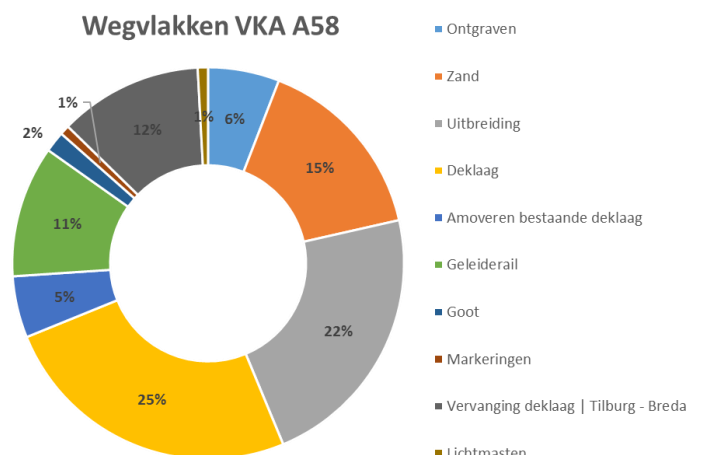
De wegvlakken, knooppunten en kunstwerken veroorzaken 99% van de milieu-impact van het VKA. Om tot een zinvolle trechtering van het grote aantal innovaties te komen is allereerst een zwaartepuntanalyse uitgevoerd van deze drie onderdelen van het VKA.

#### 4.1.1 Wegvlakken

##### Wegvlakken VKA A58

Onderdeel	kg CO <sub>2</sub>	Aandeel
Ontgraven	3.839.077	6%
Zand	10.160.704	16%
Uitbreiding	14.525.964	22%
Deklaag	16.385.056	25%
Amoveren bestaande deklaag	3.314.139	5%
Geleiderail	7.080.155	11%
Goot	1.116.743	2%
Markeringen	515.339	1%
Vervanging deklaag   Tilburg - Breda	7.726.873	12%
Lichtmasten	557.689	1%
<b>Totaal</b>	<b>65.221.740</b>	

Tabel 8: Zwaartepuntanalyse Wegvlakken VKA uitbreiding A58



Figuur 7: Zwaartepuntanalyse Wegvlakken VKA uitbreiding A58

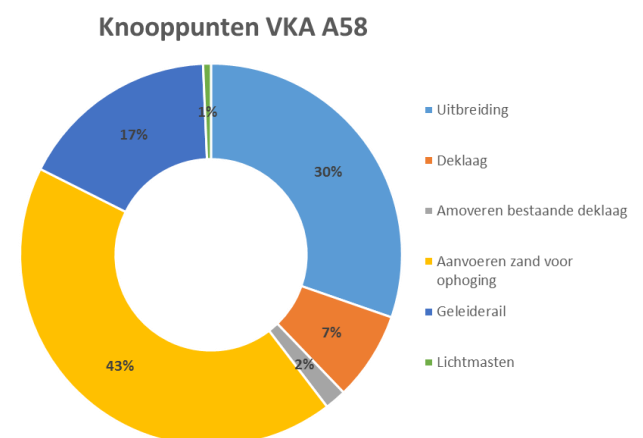
De wegvlakken hebben een aanzienlijk aandeel van 62% in de milieu-impact van de aanleg. Binnen de wegvlakken wordt de milieu-impact voornamelijk bepaald door het amoveren en realiseren van de 2L-ZOAB deklaag (42%) de fundering en STAB laag (22%), zandaanvulling (15%) en de geleiderail met eveneens 15%. Binnen de wegvlakken liggen de kansen voor innovaties met name in het dossier asfalt en de geleiderails.

#### 4.1.2 Knooppunten

##### Knooppunten VKA A58

Onderdeel	kg CO <sub>2</sub>	Aandeel
Uitbreiding	8.661.853	30%
Deklaag	2.142.290	7%
Amoveren bestaande deklaag	518.769	2%
Aanvoeren zand voor ophoging	12.231.321	43%
Geleiderail	4.839.095	17%
Lichtmasten	191.783	1%
<b>Totaal</b>	<b>28.585.111</b>	

Tabel 9: Zwaartepuntanalyse Knooppunten VKA uitbreiding A58



Figuur 8: Zwaartepuntanalyse Knooppunten VKA uitbreiding A58

De knooppunten veroorzaken 30% in de milieu-impact van de aanleg. Binnen de knooppunten wordt de milieu-impact voornamelijk veroorzaakt door aanvoer van zand t.b.v. de ophogingen (37%), de fundering en STAB laag

van de extra rijstrook (33%) en de geleiderail (21%). Binnen de knooppunten liggen de kansen voor innovaties eveneens in het asfaltdossier, maar door het verhogen van de rijbaan ook in de grote hoeveelheden zand die worden aangevoerd.

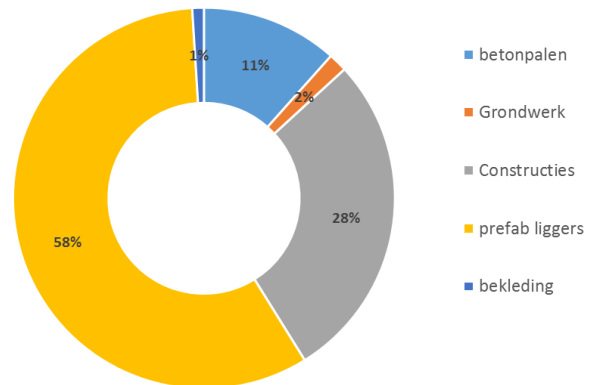
### 4.1.3 Kunstwerken

#### Kunstwerken VKA A58

Onderdeel	kg CO <sub>2</sub>	Aandeel
betonpalen	1.215.232	12%
Grondwerk	166.364	2%
Constructies	2.935.084	28%
prefab liggers	6.069.743	58%
bekleding	103.532	1%
	<b>10.489.955</b>	

Tabel 10: Zwaartepuntanalyse Kunstwerken VKA, uitbreiding A58

#### Kunstwerken VKA A58



Figuur 9: Zwaartepuntanalyse Kunstwerken VKA, uitbreiding A58

Omdat het aantal nieuw kunstwerken relatief beperkt is ten opzichten van de wegverbredingstrajecten, 12 nieuwe kunstwerken en verder aanpassingen van de bestaande kunstwerken, hebben de kunstwerken binnen dit project een beperkte invloed van 7%. Binnen de kunstwerken wordt de milieu-impact met name bepaald door de prefab beton (56%) en ter plaatse gestorte beton constructies (29%). De kans voor innovaties ligt binnen de kunstwerken dan ook in het beton.

#### 4.1.4 Zwaartepunt analyse materialen

##### Zwaartepunt analyse VKA

Onderdeel	kg CO <sub>2</sub>	Aandeel
2-L ZOAB 25/55mm	24.980.857	23%
AC bin/base 50% PR	14.291.567	13%
Amoveren STAB + ZOAB	5.436.007	5%
Amoveren menggranulaat	229.640	0%
Betongranulaat	6.463.822	6%
Betonmortel C12/15 (CEMIII)	166.233	0%
Betonmortel C30/37 (CEMIII)	1.161.352	1%
Betonmortel C35/45 (CEMIII)	323.697	0%
Betonmortel C55/67 (CEMI-CEMIII)	3.580.903	3%
Betonstaal	1.016.624	1%
Betonstraatstenen dikformaat	23.822	0%
Betonzuilen (gemiddeld)	79.710	0%
Bitumen emulsie kleeflaag (0,3 kg/m <sup>2</sup> )	241.662	0%
Geleiderail, VLP 2Z C133-80	11.919.251	11%
Heipaal (beton)	1.224.529	1%
Ijsselmeerzand, aanvoer	21.321.026	20%
Ijsselmeerzand, afvoer	2.753.014	3%
Signalering	749.472	1%
Profielstaal (niet verzinkt)	1.382.239	1%
Profielstaal (verzinkt)	29.840	0%
Goot, RWS-band	1.116.743	1%
Wegmarkering	515.339	0%
Voorspanstaal	2.538.129	2%
Werk met werk maken: zand (wegenbouw)	6.578.827	6%
Zandcement (gestabiliseerd)	308.400	0%
<b>Totaal</b>	<b>108.432.706</b>	

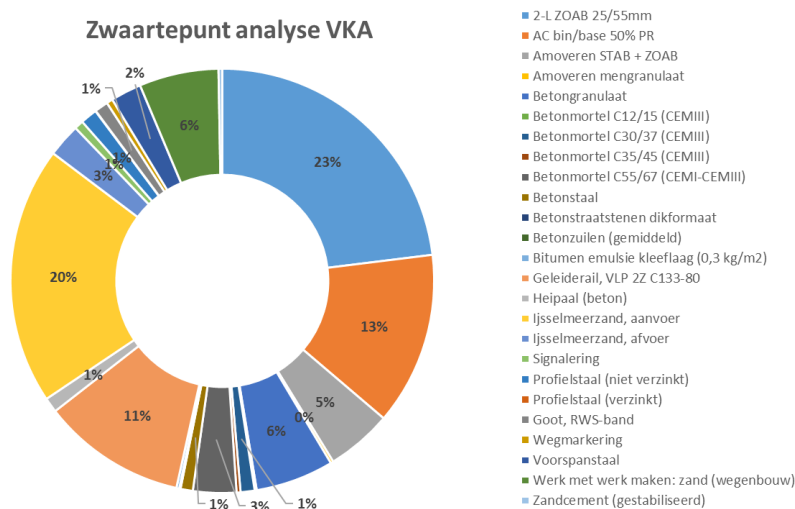
Tabel 11: Zwaartepuntanalyse VKA, uitbreiding A58

Wanneer er een zwaartepuntanalyse wordt uitgevoerd o.b.v. de milieu-impact van de materialen die aanwezig zijn in het VKA wordt duidelijk dat een 5-tal materialen/producten de boventoon voeren. De nieuwe overlaging met 2-L ZOAB op het gehele traject veroorzaakt 23% van de impact. Het aantal m<sup>2</sup> STAB ligt vele male lager, de invloed blijft echter 13% op het totaal.

Het zand, dat voor 85-90% bedoeld is voor verhogingen in de knooppunten, veroorzaakt 20% van de milieu-impact. De huidige bepaling van de milieu-impact gaat (conform de kostenraming) uit van aanvoer van het zand via de kanalen waarna het over een afstand van 10 km wordt vervoerd per truck, wat aan de lage kant is. De aanvoer per schip is verwaarloosd in de kostenraming, dit is ook zo opgenomen in de bepaling van de milieu-impact. Wanneer de daadwerkelijk afstanden langer zijn zal de impact groter zijn.

De geleiderail heeft met 11% eveneens een grote impact. De raming gaat echter uit van 100% nieuwe geleiderails, waardoor er ca. 184km geleiderail is opgenomen. Bij gedeeltelijk hergebruik van de bestaande geleiderails zal de invloed kleiner worden.

De meest impactvolle innovaties moeten dus vooral worden gezocht binnen het asfaltdossier, aanvoer van zand en de geleiderail.



Figuur 10: Zwaartepuntanalyse materialen/producten, uitbreiding A58

## 4.2 CO<sub>2</sub>-uitstoot Beheer en Onderhoud

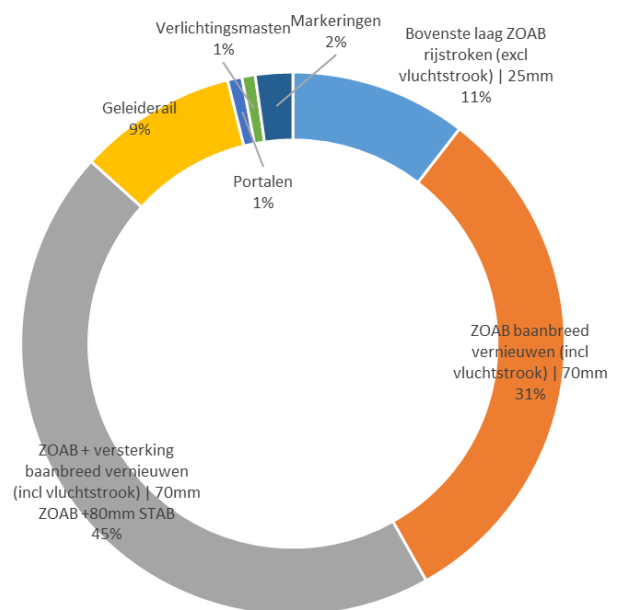
Voor het elektriciteits- en brandstofverbruik is in hoofdstuk 3 al een opbouw gepresenteerd, daar heeft een zwaartepuntanalyse geen verdere toegevoegde waarde.

Het embedded deel van het VKA van de beheer- en onderhoudsfase veroorzaakt 73% van het totaal. Het embedded deel wordt net als bij aanleg voor het overgrote deel (87%) veroorzaakt door het vernieuwen van de asfaltoverlagingen. De geleiderails hebben daarna het grootste aandeel met 9%.

### Embedded CO<sub>2</sub> uitstoot VKA

Onderdeel	kg CO <sub>2</sub> (103jr)
Bovenste laag ZOAB rijstroken (excl vluchtstrook)   25mm	39.758.088
ZOAB baanbreed vernieuwen (incl vluchtstrook)   70mm	118.936.546
ZOAB + versterking baanbreed vernieuwen (incl vluchtstrook)   70mm ZOAB +80mm STAB	170.028.981
Geleiderail	35.759.642
Portalen vervangen	3.225.528
Lichtmasten	2.997.932
Wegmarkeringen	8.413.271

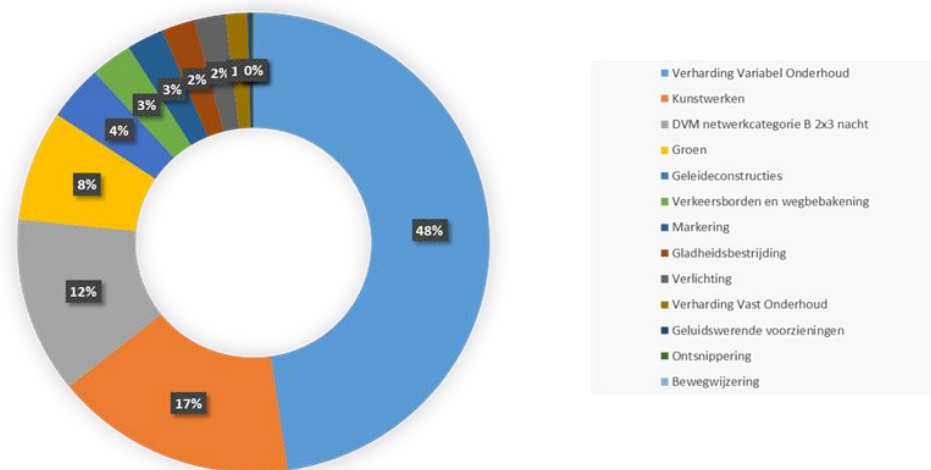
Tabel 12: CO<sub>2</sub> uitstoot Beheer en Onderhoud van het VKA (3 jr aanleg + 100jr B&O)



Figuur 11: Zwaartepuntanalyse Kunstwerken VKA, uitbreiding A58

### 4.3 LCC Beheer en Onderhoud

In deze LCC-raming zijn de kosten voor Beheer & Onderhoud gerekend voor een periode van 100 jaar. De zwaartepuntanalyse is hieronder weergegeven. De gepresenteerde bedragen en de procentuele verdeling is op basis van zogenaamde directe levensduurkosten en niet op Contante Waarde.



#### Overzicht LCC-kosten referentieraming Totale project

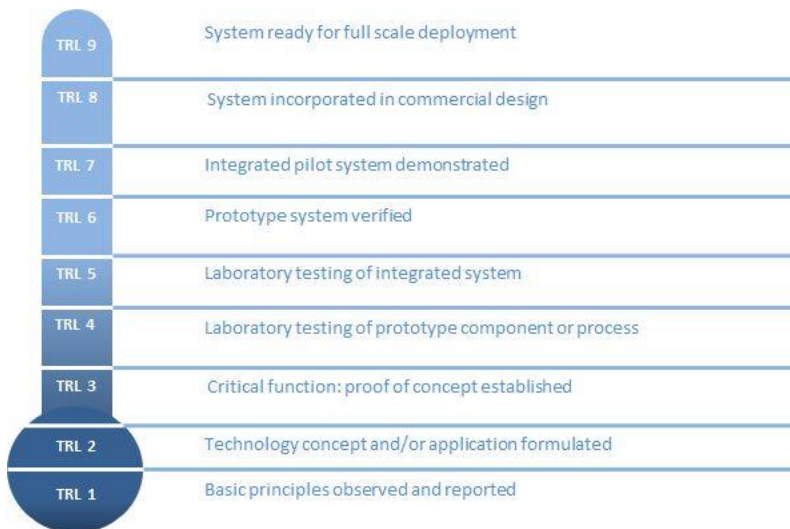
1. Verharding Variabel Onderhoud	€	292.463.161	47,7%
2. Kunstwerken	€	101.716.569	16,6%
3. DVM netwerkcategorie B 2x3 nacht	€	75.826.601	12,4%
4. Groen	€	47.739.120	7,8%
5. Geleideconstructies	€	23.765.100	3,9%
6. Verkeersborden en wegbebakening	€	17.674.838	2,9%
7. Markering	€	15.638.781	2,5%
8. Gladheidsbestrijding	€	13.863.577	2,3%
9. Verlichting	€	13.040.400	2,1%
10. Verharding Vast Onderhoud	€	9.368.497	1,5%
11. Geluidswerende voorzieningen	€	1.844.021	0,3%
12. Ontsnippering	€	576.144	0,1%
13. Bewegwijzering	€	-	0,0%
Directe kosten benoemd	€	<u>613.516.809</u>	<u>100,0%</u>
Contante waarde (CW)	€	228.404.808	

De totale levensduurkosten, inclusief opslagpercentages en bijbehorend objectrisico, bedragen € 857.1 M voor deze referentie. De contante waarde (CW) van deze totale levensduurkosten bedragen € **228.4 M** en op basis van deze CW zullen de scenario's met mogelijke innovaties worden vergeleken.

## 5 INNOVATIE DOSSIERS

In deze studie is een groot aantal innovaties van het voorlopige Startpakket beschouwd. Overwegend dat het doel van de studie is om te beoordelen of de doelen van InnovA58 haalbaar zijn, is het niet nodig om alle innovaties in volledig detail te beoordelen. Daarom is er na een eerste brede verkenning snel ingezoomd op een set van innovaties die bepalend lijken te zijn voor de beoordeling van de doelstellingen. Van deze set van innovaties is gekeken of er bepaalde randvoorwaarden of risico's zijn die van belang zijn om ze goed te kunnen toepassen bij uitvoering op de A58. In dit hoofdstuk worden de opgave relevante innovaties ieder apart behandeld, met name op deze aspecten.

Bij iedere innovaties wordt tussen haakjes achter de naam het Technology Readiness Level (TRL) aangegeven, volgens de gebruikelijke definitie ([https://en.wikipedia.org/wiki/Technology\\_readiness\\_level](https://en.wikipedia.org/wiki/Technology_readiness_level)). InnovA58 richt zich voornamelijk op innovaties van TRL 7-9.



### 5.1 (hoger) Percentage Partiële Recycling (PR) in asfalt ( TRL 9)

De referentieraming voor InnovA58 gaat uit van een PR van 30% in de STAB laag en 0% in de deklagen. PR is hergebruik van oud asfalt in nieuwe mengsels. Uit de expert gesprekken is het beeld naar voren gekomen dat hogere percentages recycling in de praktijk al gebruikelijk zijn in de STAB lagen, tot wel 50%. In deklagen wordt er nog niet met recycling gewerkt in de dagelijkse praktijk, wel zijn er al studies uitgevoerd naar de mogelijkheden. Het is de verwachting dat ook in deklagen recycling in de komende 5 jaar toegepast zal gaan worden en in STAB lagen zou het recycling percentage nog verder kunnen toenemen dan 50%. In deze studie is als innovatie gewerkt met recycling percentages van 50% in de STAB en 5-10% in de deklaag.

Bij recycling van asfaltlagen in de praktijk van vandaag (huidige installaties) is het wel zo dat er sprake is van emissie van vluchtige bestanddelen van de bitumen. Daar staat tegenover dat er ook sprake is van uitsparing van winning en transport van grondstoffen. De uiteindelijke balans qua milieuprestatie is afhankelijk van de specifieke situatie en kan zowel positief als negatief uitpakken. Hierbij kan worden opgemerkt dat de milieuprestatieberekening, volgens de geldende methodiek in Nederland, milieueffecten die het thema landgebruik en uitputting van grondstoffen beschrijven, (nog) niet optimaal meeneemt.

Er is nieuwe technologie in ontwikkeling voor productie van asfalt met hoge percentages recycling. Een voorbeeld hiervan is het project van de firma BAM in het kader van een Europees subsidieprogramma Life. Onderzoek laat zien dat door verbeterde productiewijze de emissies met percentages van 70% of hoger

teruggedrongen kunnen worden. Op het eerste gezicht lijkt het noodzakelijk dat dit soort productietechnologie in de praktijk toegepast zal gaan worden, willen we verantwoord tot hoge percentages recycling in asfalt komen. Aangezien dit een aanzienlijke investering zal vragen, die vrijwel uitsluitend gericht is op het reduceren van milieu-impact en verhoging van grondstofefficiëntie, is het een interessant vraag of onze huidige systematiek van aanbesteden in staat zal zijn de markt te overtuigen tot deze investeringen over te gaan. Wellicht is het hiervoor noodzakelijk om aan het realiseren van maatschappelijke waarde (reductie CO<sub>2</sub> emissie) daadwerkelijk economische waarde toe te kennen in de vorm van betaalde prijs voor de producten. Een ander mechanisme zou kunnen zijn daadwerkelijk financiële consequenties te verbinden aan CO<sub>2</sub> emissies, middels een CO<sub>2</sub> accijns of emissie rechten systeem.

## **5.2 STAB met gereinigde granulaten (TRL 8)**

Dit betreft een techniek om in STAB producten gereinigde granulaten, afkomstig van verschillende reststromen, in te zetten. Hiermee wordt het gebruik van primaire grondstoffen teruggedrongen en de gereinigde granulaten zijn doorgaans van dichterbij te betrekken dan de primaire grondstoffen. Dit schilt aanzienlijk in de milieu-impact van transport. Deze ontwikkeling lijkt mede gedreven door de beschikbaarheid van reststromen, die na reiniging een nuttige toepassing zoeken.

## **5.3 Verjongingsmiddelen asfalt (TRL 9)**

Er is inmiddels enige ervaring met het toepassen van verjongingsmiddelen opgedaan in diverse pilots. Er zijn verschillende systemen op de markt. Het monitoren van de deklaag en timing van de ingrepen is belangrijk. De ervaring leert dat veroudering en slijten (raffelen) van de deklaag soms ineens heel snel kan gaan en dan kan je zo maar te laat zijn met de ingreep en is de schade al opgetreden. In het algemeen zijn de ervaringen met Levensduur Verlengend Onderhoud (LVO) voor (dubbellaags) ZOAB positief en toepassing op grote schaal is voorzien. Ook in deze studie speelt verjonging een belangrijke rol, waarbij ook indicatief gerekend is met scenario's waarbij niet alleen de rechterrijstrook wordt behandeld, maar ook een behandeling over alle baanvakken wordt overwogen. De komende jaren zijn belangrijk om verder inzicht te verkrijgen in het functioneren van LVO voor dubbellaags ZOAB en de mogelijkheden om dit nog verder te optimaliseren. Als de verjongingsmiddelen optimaal gaan presteren, dan zouden we volgens experts naar de situatie kunnen gaan dat niet langer veroudering van de bitumen maatgevend wordt voor de levensduur van de deklagen, maar slijtage van de steenslag (stroefheid). Eerste indicatie is dat een levensduur van langer dan 20 jaar voor een deklaag niet mogelijk zal zijn in verband met slijtage en teruggang van stroefheid.

## **5.4 OPA8 (TRL 9)**

OPA8 staat voor Offenporiger Asphalt, een asfaltdeklaag met eigenschappen die vergelijkbaar zijn met 2-laags ZOAB op het gebied van geluidsreductie en waterdoorlatendheid. OPA8 is een product dat is ontwikkeld door Ooms Civiel en voldoet ook aan de Nederlandse regelgeving op het gebied van deklagen voor autosnelwegen. De laagdikte die hiervoor wordt gehanteerd is 1 laag van 55 mm.

In overleg met RWS is de gehanteerde levensduur voor OPA8 13 jaar, gelijk aan 2-laags ZOAB. Dit is behoudend, volgens de producent is de levensduur langer. Afhankelijk van de resultaten bij vergelijkbare projecten zou dit alleen maar mee kunnen vallen.

## **5.5 LTA STAB (TRL 9)**

Lage Temperatuur Asfalt (LTA) is toegestaan voor toepassing in STAB lagen, er zijn verschillende commerciële producten beschikbaar en data hiervoor zijn ook beschikbaar in de database van DuboCalc.



## 5.6 LTA ZOAB (TRL 8)

Aan de ontwikkeling van LTA mengsels voor ZOAB wordt hard gewerkt. De verwachting van experts is dat in 2020 de toepassing waarschijnlijk mogelijk zal zijn, dus mag het op onze lijst van mogelijke innovaties voor aanlegfase InnovA58. Over de combinatie van LTA ZOAB met verjongingsmiddelen is nog geen informatie beschikbaar, maar ook hier is de aanname dat dit wel degelijk goed toepasbaar zou moeten zijn. We nemen het gebruik van verjongingsmiddelen op LTA ZOAB in deze studie nog niet mee.

## 5.7 Geopolymeren (TRL 9)

Geopolymeren is een populaire aanduiding voor een brede groep van materialen. In deze studie wordt met de aanduiding geopolymeren het gebruik van alkalische activatie voor bindmiddelfunctie bedoeld. Hierbij worden vaak secundaire stromen (bijv. vliegassen, staalslakken, andere slakken uit thermische processen, papierassen) toegepast. Dit levert vaak een positieve bijdrage aan het nuttig inzetten van reststromen, waar niet altijd een andere nuttige functie voor beschikbaar is. Bij gebruik van geopolymeren is het zeker mogelijk om voor de toeslag materialen (zand, grind) secundaire materialen in te zetten. Of dit wordt gedaan hangt sterk af van de situatie. In deze studie worden geopolymeren genoemd in het kader van circulariteit in hoofdstuk 7.

## 5.8 Slim breken (TRL 8)

Een verzamelnaam voor een aantal verschillende technologische ontwikkelingen met hetzelfde doel: het effectiever scheiden van zand, grind en cementsteen bij het breken van beton. Door vernieuwende breek- en scheidingstechnieken in te zetten zijn deze technieken in staat deze drie componenten in hoge mate van elkaar te scheiden. Waarna de inzet van de drie stromen los van elkaar effectiever kan plaats vinden dan bij traditioneel breken van beton, waarbij de drie componenten aan elkaar blijven zitten en gezamenlijk tot verschillende fracties worden gebroken.

Bij slimme breek technieken komt dus een fractie cementsteen vrij. Dit is een poedervormige fractie, die op 2 manieren ingezet kan worden. De eerste manier is direct na breken, als poedervormige fractie en effectief met een vulmiddel functie in beton. Op deze manier kan deze fractie andere vulstoffen vervangen en daarmee een milieubesparing opleveren. De tweede manier is door na breken deze fractie te verhitten, tot dehydratie of zelfs nog hogere temperaturen waar decarbonatie plaats vindt. Met deze thermische behandeling van de fijne fractie is nog geen ervaring op grote schaal. Theoretisch is bepaald dat het mogelijk zou moeten zijn op deze manier uit de fijne fractie een bindmiddel te produceren. De effectiviteit van dit proces en van het resulterende bindmiddel is enkel nog op laboratorium schaal aangetoond. De gedachte is dat het zodanig geproduceerde bindmiddel cement (deels) zou kunnen vervangen en zodanig een significante milieuwinst kan behalen.

## 5.9 Betongranulaat in beton (TRL 9)

De inzet van betongranulaat in beton mag geen innovatie heten, reeds in de jaren negentig is middels een grootschalig onderzoek en praktijkwerk aangetoond dat inzet van betongranulaat in beton heel goed mogelijk is. De economische randvoorwaarden in de keten bepalen echter dat het overgrote deel van het betongranulaat zijn toepassing vindt als wegfundering en niet in beton. Dat we in deze studie inzet van betongranulaat in beton als innovatie opnemen is niet zozeer bedoeld als technische innovatie, maar meer als proces innovatie. Waarbij door wegnemen van de praktische hindernissen (gebrek aan kennis, onvoldoende kwaliteit van betongranulaat) de inzet van betongranulaat in beton wordt ondersteund. Het is niet zonder meer gezegd dat inzet van betongranulaat als wegfundering niet goed zou zijn. Echter, door het laten bestaan van praktische hindernissen is de keten onvoldoende ingespeeld op mogelijk veranderende omstandigheden en daarmee onvoldoende in staat om snel te anticiperen op meer inzet van betongranulaat in beton, als de omstandigheden daarom zouden vragen. Het verdient aanbeveling als de keten zich beter zou voorbereiden op significant hogere inzet van beton granulaat in beton. Zodat, mocht de vraag voor toepassing in wegfundering verminderen, de keten snel in staat is om te schakelen naar toepassing in beton.



Door de selectie van milieueffecten in de bepalingsmethodiek bouwwerken en GWW, komt het zo uit dat inzet van betongranulaat in beton niet leidt tot milieuwinst. In de publicatie “wijzer met LCA” hebben de betonvereniging en het cement & beton centrum in 2011 laten zien dat bij mee rekenen van landgebruik en hinderfactoren (van toepassing op bijvoorbeeld winlocaties van primaire grondstoffen) er wel degelijk een milieuwinst valt te behalen met inzet van betongranulaat. Als zodanig is de selectie van milieueffecten in de bepalingsmethode niet optimaal om als ondersteuning te dienen bij beslissingen over inzet van betongranulaat. De bepalingsmethode is echter wel de basis voor de Nationale Milieudatabase en daarmee ook voor de database van DuboCalc. Daarom leidt aanbesteden van projecten met DuboCalc nu niet tot een stimulering van inzet van betongranulaat in beton.

## 5.10 AGRAX (TRL 9)

Het gebruik van asfaltgranulaat als fundering, in combinatie met cement, is een gebruikelijke techniek, AGRAC genaamd. Door de stijve constructie is het doorgaans mogelijk om met een dünnere asfalt-laag te werken dan bij een fundering op betongranulaat mogelijk is, dit werkt kostenbesparend. Er is een ontwikkeling om het cement in AGRAC te vervangen door een milieuvriendelijker bindmiddel. Het product wordt AGRAX genoemd. De ervaringen met toepassing in de praktijk zijn nog beperkt. De voordelen zijn, naast de lagere milieu-impact, ook het patroon van sterkte ontwikkeling. Door een beheerste sterkteontwikkeling is er minder risico op scheurvorming en dat moet zich vertalen in minder onderhoudskosten. Omdat hier geen duidelijke gegevens voor zijn is het niet mogelijk gebleken om dit aspect in onze LCC-berekening op te nemen. De verbetering in milieu-impact kan wel gekwantificeerd worden en is meegenomen in deze studie.

Voor het project InnovA58 geldt dat het grootste deel van het tracé een verbreding betreft. Het is als uitgangspunt gekozen dat bij verbreding de reeds aanwezige funderingsstructuur wordt gevolgd. Omdat er een fundering met betongranulaat ligt, wordt in de verbredingen hier ook voor gekozen. Bij de knooppunten in het project is er wel sprake van situaties waarin geheel nieuwe baanvakken worden aangelegd. Op deze baanvakken is AGRAX als handelingsperspectief meegenomen.

## 5.11 RENORAIL (TRL 9)

Door CE Delft is er in nov 2014 een LCA uitgevoerd van het proces om geleiderails te renoveren. Dit is beschreven in een notitie die gepubliceerd is op de website van CE Delft.

“Vanuit de opzet van een nieuw Landelijk Afvalbeheerplan (LAP2) is gekeken of er door keten-samenwerking mogelijkheden kunnen worden gevonden om de milieudruk van materialen in de afvalfase te verlagen. Eén van de initiatieven die hieruit is voortgekomen is het ontzinken en opnieuw verzinken van verzinkte staalproducten. Door het ontzinken kan het zink, in de vorm van zinkchloride, opnieuw worden gebruikt. Door het ont- en verzinken krijgt het staalproduct een tweede leven.

De Green Deal Duurzame geleiderail is opgezet, waarbij het ontzinken en opnieuw verzinken wordt toegepast op geleiderails (vangrails). Op dit moment worden oude geleiderails verschroot en gerecycled, waarbij het staal wordt ingezet in nieuwe staalproducten. Elk jaar wordt er ongeveer 350 kilometer (circa 12.000 ton) geleiderail vervangen, afkomstig van Rijkswaterstaat, provincies en gemeenten. Daarvan is een groot deel geschikt voor hergebruik. Door het renoveren van geleiderails na de gebruiksduur van doorgaans 20 jaar kunnen de geleiderails een tweede levensfase krijgen en nogmaals 20 jaar worden gebruikt.

CE Delft voerde een levenscyclusanalyse (LCA) uit van zowel de standaard geleiderails als de gerenoveerde geleiderails. In deze memo worden de resultaten van de twee geleiderails gegeven (de basisprofielen met milieuresultaten) en worden de resultaten vergeleken. De LCA-studie werd uitgevoerd volgens de SBK Bepalingmethode (NEN 15084), is gereviewd en de resultaten worden opgenomen in DuboCalc en de SBK Nationale Milieudatabase.” (bron LCA resultaten van geleiderail, CE Delft, nov 2014).

In deze studie is de inzet van de renovatie geleiderail meegenomen als handelingsperspectief. Er is ervaring opgedaan door Rijkswaterstaat met het product in een project in de omgeving van Den Bosch. Dit is positief verlopen.

In de LCA door CE Delft is er na 1 maal renoveren van uitgegaan dat ook een renovatie geleiderail uiteindelijk in een traditioneel afvalscenario terecht zal komen en daar is het normale scenario aangehouden dat ook voor conventionele geleiderail wordt gebruikt. Hier is in deze studie besloten om af te wijken. Naar onze mening is het in een circulaire economie niet meer gewenst om een traditioneel afvalscenario te hanteren, maar uit te gaan van herhaalde renovatie stappen. Mocht het product degeneratie kennen, dan zal het nodig zijn om in de renovatiestappen een opwaardering toe te passen. Maar afdanken is als eindelevensduur scenario niet meer gewenst (als opwaardering is het mogelijk dat besloten wordt een bepaald deel van de stroom via een stap naar grondstoffen te recyclen).

### 5.12 Houten geleiderail (TRL 9)



In een samenwerking tussen TNO, TU Delft, Rijkswaterstaat en houtproducent Wijma is een houten geleiderail ontworpen. Deze constructie is goedgekeurd voor toepassing en is enkele malen toegepast langs rijks- en provinciale wegen. Voor dit product is geen LCA beschikbaar, maar op basis van de door de producent aangeleverde basis informatie mbt materialisatie is een eenvoudige berekening opgesteld. Deze berekening is niet zo nauwkeurig als een volledige LCA, maar geeft wel een eerste indicatie van de mogelijke milieu-impact van dit product. Hiermee is een impact analyse uitgevoerd voor deze studie.

### 5.13 ZIGZAG scherm (TRL 8)

Er zijn verschillende innovaties op geluidschermen in ontwikkeling. In deze studie is de ontwikkeling van het zigzag scherm meegenomen aan de hand van informatie aangeleverd door Rijkswaterstaat. Hoewel deze innovatie individueel bekeken een goed rendement kent is het door de specifieke projectcondities (slechts beperkt aantal nieuwe geluidschermen) van zeer beperkte impact op het totale project. Daarom is besloten om de inspanning om aan dit type innovaties te rekenen beperkt te houden. Dat wil niet zeggen dat de innovaties zelf niet een goed rendement kennen, maar op de conclusie of de doelstellingen over het gehele project haalbaar zijn of niet heeft het onvoldoende impact.

### 5.14 Weigh In Motion (WIM, TRL 8)

Weigh in Motion is een technologie om overbelasting door te zware vrachtwagens tegen te gaan. Met WIM worden de aslasten van vrachtwagens bepaald en geregistreerd terwijl ze rijden. Het systeem bestaat, maar er wordt nauwelijks verbaliserend opgetreden. Door hier wel verbaliserend tegen op te treden wordt het aantal vrachtwagens met overbelading gereduceerd zodat de levensduur van de rechterraaijbaan sterk toeneemt. Dit kan leiden tot aanzienlijke besparingen op onderhoud. Organisatorisch vraagt deze maatregel concrete afspraken met verantwoordelijke inspectiediensten.

In deze studie is er in samenwerking met Rijkswaterstaat een verdere analyse gedaan van het resultaat van effectieve handhaving, op levensduur van de rechterraijsstrook en het resultaat is meegenomen in de analyses. Uit deze studie kwam naar voren dat voor inschatting van de effectiviteit van WIM op dit vlak nog wel onduidelijkheden bestaan. Verdere studie lijkt interessant.

Uit de gesprekken met experts kwam naar voren dat er de verwachting is dat handhaving en terugdringen van overbelading ook een sterk positief effect moet hebben op de levensduur van kunstwerken. Dit laatste hebben we niet verder kunnen kwantificeren en is dus ook niet meegenomen in de berekeningen. Het lijkt wel interessant om daar nadere studie aan te verrichten.

De effectiviteit van WIM als maatregel in totaal is dus nog niet goed in te schatten en verdere studie lijkt relevant. Het living lab van InnovA58 lijkt hier een uitgelezen kans voor te bieden.

### **5.15 Verlichting LED (TRL 9)**

Led is inmiddels een ingeburgerde innovatie en wordt sinds kort voorgeschreven als verplichte oplossing bij projecten. Omdat de grens voor innovaties op 1 januari 2013 ligt mag led nog gezien worden als innovatie en heeft de praktijk de theorie in dit geval ingehaald. In de referentie is ook nog gerekend met natriumlampen.

### **5.16 LED dimmen met zuivere powerline sturing (TRL 8)**

Dimmen is een maatregel die eveneens zorgt voor reductie van het energieverbruik. Dimmen kan op twee manieren; d.m.v. softwarematige aansturing of d.m.v. zuivere powerline sturing waarbij een aan/uit signaal zorgt voor verlaging van het lichtniveau. De zuivere powerline sturing geniet de voorkeur bij de experts van RWS omdat het een manier van sturing is die geen jaarlijkse licentiekosten heeft en veel minder foutgevoelig is.

Het grote voordeel van dimmen van het verlichtingsniveau is dat het over het gehele traject mogelijk is. Het is ook mogelijk bij aansluiting, afslagen, opritten, etc. waar terug gedimd wordt naar 10%. Daarnaast is het veiliger dan de verlichting in zijn geheel uitschakelen op de plaatsen waar dit normaliter mogelijk is. Ander voordeel is minder lichthinder voor de omgeving.

### **5.17 Zonne-energie (TRL 9)**

Er zijn vele sub innovaties die gebruik maken van opwekking d.m.v. zonne-energie. Zo zijn er klimaatneutrale lichtmasten (lichtmast met PV), geluidsschermen met PV-panelen, geleiderails met PV, etc. Om de haalbaarheid van de doelstelling te kunnen beoordelen wordt gebruik gemaakt van de meest rendabele oplossingen. De sub innovaties op dit thema zijn interessant voor o.a. een living-lab.

Een groot vierkant veld is de meest optimale vorm i.v.m. kabellengtes, een langgerekte opstelling vraagt meer kabellengte en daarmee een hogere investering. Er dient daarnaast een zware aansluiting aanwezig te zijn. Afslagen en knooppunten bieden de grootste kans voor PV-velden.

### **5.18 Windenergie (TRL 9)**

Rijkswaterstaat investeert niet in windturbines, er wordt derhalve gezocht naar mogelijke samenwerkingen met de omliggende gemeentes in de verrijkingssessies en naar mogelijkheden waar pacht op rijksgronden voor derden kan worden geboden. De innovatie 'kleine windmolens icm met geluidsschermen' zijn getest op de A50 bij knooppunt Beekbergen. Uit deze praktijktest is naar voren gekomen dat het rendement zeer laag is en niet rendabel is.

### **5.19 Diffractor (TRL 8)**

Een diffractor is een betonnen constructie in het horizontale vlak direct naast de rijbaan die het geluid naar boven afbuigt en daardoor het geluid van het verkeer reduceert. De vraag is of de diffractor een interessante innovatie is om (op termijn) in het palet van mogelijke geluidmaatregelen voor het hoofdwegennet op te nemen.

### **Toepassingsgebied**

Voor het hoofdwegennet lijken er voldoende mogelijkheden voor de toepassing van de diffractor:

- voor allerlei typen wegen (autosnelwegen, niet-autosnelwegen, provinciale wegen);
- in combinatie met andere geluidmaatregelen, zoals een stil wegdek;
- op locaties waar een geluidscherm niet mogelijk of gewenst is.

De toepassing is niet mogelijk en/of effectief als er (hoge) bebouwing dicht bij de weg staat (bijvoorbeeld hoger dan 10 m en dichterbij dan 50 m van de dichtst bijgelegen rijstrook) of in combinatie met geluidschermen (of andere hogere objecten die al afschermen).

### **Effect**

Het product 'diffractor' is nog niet 'implementatie gereed'. De ontwikkelfase loopt nog en er zijn nog verschillende onbekenden die voor toepassing op het hoofdwegennet van belang zijn, zoals het effect van versturende objecten (geleiderails) en het effect voor bronnen op grotere afstand (brede rijbanen). Op basis van de meetresultaten en beperkte modelberekeningen kan al wel vastgesteld worden dat voor zowel provinciale wegen / niet-autosnelwegen als autosnelwegen (zonder grote afscherpende objecten) een geluidreductie van ten minste 2 dB realistisch is. Dat lijkt voldoende om de diffractor als geluidmaatregel voor provinciale en rijkswegen verder te onderzoeken.

Op het gehele project InnovA58 en de haalbaarheid van de doelstellingen zal het toepassen van diffractoren geen noemenswaardig effect hebben. Echter, in het tracé zitten een aantal stukken met speciale aandacht voor hinder factoren, waaronder geluid. Met name voor deze baanvakken lijkt het zinvol om inzet van een innovatieve maatregel als diffractoren te overwegen.

## **5.20 Greenwall®**

De Greenwall® is een innovatief geluidsscherm, dat gebruik maakt van een vulling met grond, substraat, zand of puin. De Green Wall is begroeibaar en kan naar keuze worden beplant. De Green Wall is goedgekeurd voor toepassing langs een snelweg.

## **5.21 Kunstwerk uitgevoerd in Accoya (hout)**

Dit project staat in Sneek en wordt in paragraaf 6.1.1. als voorbeeld genoemd in het kader van andere innovatieve maatregelen voor reductie van CO<sub>2</sub> impact in aanlegfase. Deze innovatie is in het kader van deze studie niet nader onderzocht. De complexiteit van invoering van een dergelijke innovatie in het project InnovA58 gaat de scope van deze studie te boven.

## **5.22 Kunstwerk uitgevoerd in UHSB**

Er zijn ontwikkelingen om in Ultra Hoog Sterkte Beton (UHSB) bruggen te ontwerpen. Voor kleine bruggen is dit nu een aantal keren uitgevoerd. Aan LCA studies hiervoor wordt nog gewerkt en uitvoeringen voor grotere bruggen zijn nog niet in de praktijk gerealiseerd. Voor de kleine bruggen in UHSB is bekend dat ze een aanzienlijke materiaalbesparing geven (tot wel 60%) en onderhoudsvrij zijn. De complexiteit van invoering van een dergelijke innovatie in het project InnovA58 gaat de scope van deze studie te boven.



## 6 HAALBAARHEID DOELSTELLINGEN 1 T/M 3

### 6.1 Aanlegfase 30% reductie CO<sub>2</sub>

Eerder in de zwaartepuntanalyse hebben we gezien dat de grootste emissies in de aanlegfase zitten in asfalt, grondverzet en de geleiderail. Bij de analyse van de innovaties is hier dan ook de nadruk op gelegd. De innovaties met de grootste positieve bijdragen zijn weergegeven in Tabel 13.

Innovatie	Reductie kg CO <sub>2</sub>	Reductie totaal
Agrax tpv knooppunten	1.459.555	1,3%
OPA 8	667.167	0,6%
LTA ZOAB	12.740.237	11,7%
LTA STAB	5.492.318	5,1%
STAB met 'gereinigde granulaten'	2.299.220	2,1%
RENORAIL	8.422.337	7,8%
Houten vangrail	16.308.844	15,0%
Zigzag scherm	29.171	0,03%

Tabel 13: Reductie potentieel afzonderlijke maatregelen

Op het gebied van asfalt zijn er diverse relevante ontwikkelingen gaande, die ook een belangrijke rol zullen spelen in het realiseren van de doelstelling tot reductie van energie in de aanlegfase van InnovA58.

#### Wegfundering

Op het gebied van de wegfundering biedt InnovA58 maar beperkt ruimte voor innovaties. Voor de verbredingen is gekozen om de bestaande funderingsstructuur toe te passen. Hier zijn dan ook geen innovaties op mogelijk. Dit is gekozen om geen verschil in eigenschappen te krijgen tussen de bestaande rijstroken en de verbreding. Voor de knooppunten is er wel ruimte voor innovaties in wegfundering. Hier worden doorgaans geheel nieuwe wegvakken aangelegd en zou er mogelijk voor een andere fundering gekozen kunnen worden. De marktpartijen die geraadpleegd zijn geven aan dat er gewerkt wordt aan nieuwe funderingstypen. In deze studie is ervoor gekozen om niet met geheel nieuwe funderingstypen te rekenen, omdat de benodigde gegevens daartoe nog ontbreken. Er is wel gekozen om 1 innovatie op dit gebied mee te nemen, waar wel data beschikbaar zijn en ook enige ervaring mee is, en dat is het gebruik van milieuvriendelijke bindmiddelen in een gebonden asfaltgranulaat fundering (AGRAX). Net als in de toepassing van AGRAC (Cementgebonden Asfalt Granulaat) wordt in een AGRAX een stijve fundering aangelegd, waardoor de asfaltlaag dunner uitgevoerd kan worden. Door gebruik te maken van een milieuvriendelijker bindmiddel dan cement, scoort AGRAX op milieuprestatie een stuk beter dan AGRAC en ook beter dan de referentie wegstructuur op betongranulaat fundering.

#### Deklagen

Voor deklagen zijn de ontwikkelingen om recycling en LTA toe te passen nog niet zo ver gevorderd als dat voor de STAB lagen het geval is. Voor deklagen zullen de komende 2-3 jaar belangrijk zijn om te zien of de ontwikkelingen die op lab en pilot schaal plaats vinden ook de praktijk op tijd zullen halen om in de aanlegfase van InnovA58 een rol te kunnen spelen. Er is 1 case uitgerekend om de potentie van LTA in deklagen te laten zien. Deze case is gebaseerd op gegevens die verkregen zijn uit het LIFE project van de firma BAM (<http://www.bamle2ap.nl/>). Hierbij is gekozen om gebruik te maken van de milieuprestatie die op pilotschaal is aangetoond. Er is gebruik gemaakt van een niet conventionele productie technologie, waarvoor investeringen nodig zullen zijn om die in de praktijk mogelijk te maken. Zonder deze investeringen zal LTA in ZOAB ook een toepassing kunnen vinden, maar dan zullen de reducties in emissies significant lager zijn. Hoeveel lager zal afhangen van het percentage recycling dat zal worden gekozen. Het demonstratieproject in het kader van het

LIFE project van de firma BAM heeft gekozen voor hoge recycling percentages (min 80%), waardoor de impact van de nieuwe productietechnologie hoog is. In de praktijk zou men er ook voor kunnen kiezen om eerst met lagere recycling percentages te gaan werken.

Een andere technologie voor deklagen is OPA8 van de firma Strukton. Deze technologie is reeds commercieel toegepast en zal dus ook voor de aanlegfase van innovA58 zonder meer tot de mogelijkheden behoren. OPA8 is een enkellaags verharding met de eigenschappen van dubbellaags ZOAB en bespaart materiaal en leidt tot lagere milieu-impact.

### **STAB-lagen**

Voor de STAB lagen is er de ontwikkeling van Laag Temperatuur Asfalt (LTA). Deze ontwikkeling is reeds op grote schaal in de praktijk toegepast en zal ook voor InnovA58 een rol kunnen spelen. In de analyse van de potentie van deze technologie is gerekend met de beschikbare profielen voor 2 commerciële producten in de database van DuboCalc. Naast de techniek van LTA is er in de marktverkenning ook een product gevonden dat gebruik maakt van gereinigde granulaten in STAB mengsels. Dit heeft ook een significante bijdrage, zoals in Tabel 13 te zien is.

### **Geleiderails**

Voor geleiderails zijn er een aantal interessant innovaties: renovatierail, houten vangrail en biobased vangrail. Voor de laatste is nog geen goede data beschikbaar om een impact studie mee te doen, maar de verwachting is dat deze ook zeker een positieve impact zal hebben. Voor de houten vangrail is een indicatief profiel samengesteld op basis van de materialisatie van het product (ontvangen van de producent). Voor de renovatierail is een profiel beschikbaar in de database van DuboCalc. Beide producten zijn gebruikt voor een impactstudie en het resultaat laat zien dat er een aanzienlijke reductie te behalen is. Hierbij dient te worden opgemerkt dat de hoeveelheden geleiderail in deze studie zijn overgenomen van de referentie kostenraming. Daarin is voor vrijwel alle nieuwe baanvakken en verbredingen nieuwe geleiderail aangelegd aan beide zijden. Dit resulteert in een totale hoeveelheid van 184 km. Dit is zeer waarschijnlijk een sterke overschatting en zal bij verdere detaillering van het project vast naar beneden worden bijgesteld.

### **Geluidschermen**

Voor de geluidschermen is 1 innovatie meegenomen in de studie, het zigzag geluidscherm. De berekening is uitgevoerd op basis van informatie die is aangeleverd door Rijkswaterstaat. In het project InnovA58 zit in het VKA slechts 1 geluidscherm van 700 m<sup>2</sup>. Dit heeft op het totale project een zeer beperkte impact. De innovatie is toch meegenomen, want op zich heeft het de potentie om de impact van een geluidscherm met 25% te verlagen en dat is een prima prestatie. Echter, op het project InnovA58 is het niet van wezenlijk belang voor het behalen van de doelstelling.

#### *Scenario's met combinatie van innovaties*

De afzonderlijke innovaties zijn niet altijd te sommeren, een aantal innovaties hebben betrekking op hetzelfde thema. Om het reductiepotentie voor de reductie van CO<sub>2</sub>-uitstoot in de aanlegfase te bepalen is een 3-tal scenario's opgesteld. Hierbij is gekozen voor een zeker basis scenario (S1), een scenario waarin LTA ZOAB (zeer waarschijnlijk toepasbaar) is opgenomen (S2) en tenslotte een scenario dat het maximaal haalbare resultaat geeft (S3).



Innovatie	S1	S2	S3
Agrax tpv knooppunten	x	x	x
OPA 8	x		
LTA ZOAB		x	x
LTA STAB	x	x	x
STAB met 'gereinigde granulaten'			
RENORAIL	x	x	
Houten vangrail			x
Zigzag scherm	x	x	x
<b>kg CO<sub>2</sub> total</b>	<b>92.362.158</b>	<b>80.289.087</b>	<b>72.402.580</b>
<b>Reductie tov VKA</b>	<b>14,8%</b>	<b>26,0%</b>	<b>33,2%</b>

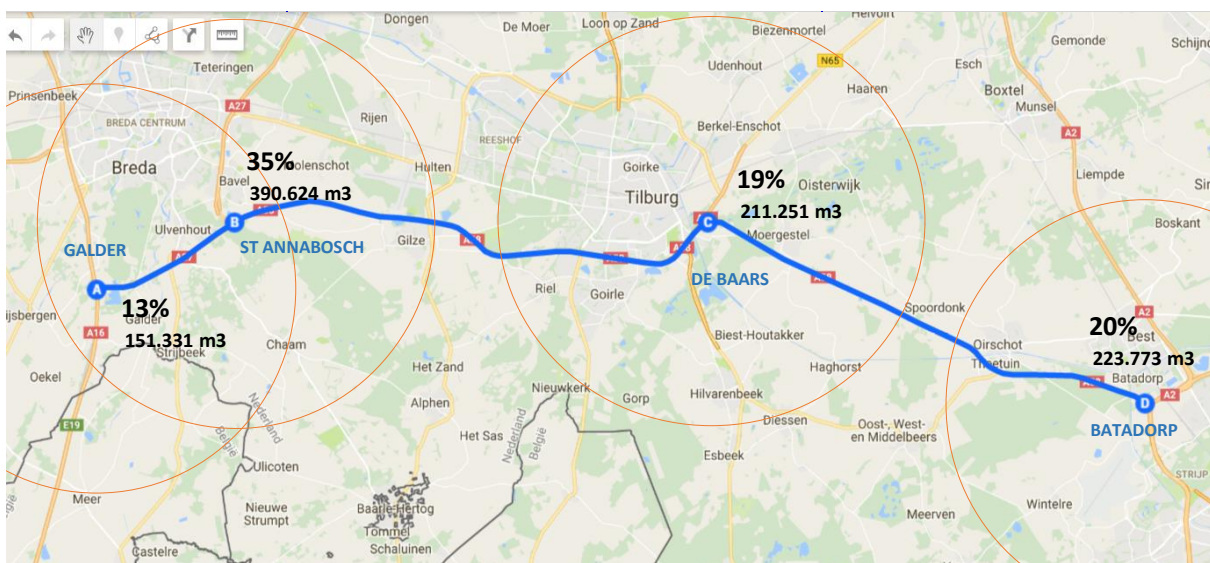
Tabel 14: Reductie potentieel aanleg scenario's

### 6.1.1 overige –innovatieve- maatregelen

Naast de hierboven beschreven innovaties zijn er nog een drietal onderwerpen, die in de gesprekken met experts genoemd werden. Van deze onderwerpen is het helaas niet mogelijk gebleken om in het kader van deze studie tot een betrouwbare uitspraak te komen over het potentieel en/of de tijdige beschikbaarheid voor de aanlegfase van InnovA58. Sommige vraagstukken zijn complex en vragen meer tijd. Alle drie de onderwerpen worden aanbevolen voor studie in het kader van het living lab van InnovA58.

#### Grondverzet (bijdrage in referentie 28%)

De aanvoer van zand en de transportbewegingen van grond binnen het project hebben samen een behoorlijke impact op de milieuprestatie van het project. In de referentie is een gesloten grondbalans als uitgangspunt genomen, dus alle grond die wordt ontgraven wordt ook weer in het eigen project ingezet. In het voorlopig startpakket innovaties zitten geen innovaties die specifiek aangrijpen op grondgebruik en transport. Figuur 12 laat zien waar het zand aangevoerd dient te worden, dit is vooral bij de knooppunten. De cirkels geven een straal van hemelsbreed 10 kilometer aan, waar binnen volgens het uitgangspunt van de referentie (kosten)raming aanvoer dient plaats te vinden.



Figuur 12: Hoeveelheden aanvoer zand t.b.v. knooppunten. Oranje cirkels markeren een aanvoer van ca. 10km.



Bij een aanbesteding met een EMVI criterium op MKI, zoals bij Rijkswaterstaat gebruikelijk is voor grote projecten, zou de markt uitgedaagd worden om met optimalisatie te komen rond het aanvoeren van zand of grond. De praktijk leert dat dit ook functioneert en dat de markt optimalisaties van milieuprestatie kan vinden door bijvoorbeeld inzet van milieuvriendelijke transportmiddelen, optimalisatie van de hoeveelheden en mogelijk synergie met projecten in de directe omgeving.

Gezien de beschikbare tijd tot aanbesteding en de mogelijkheid om in het living lab onderzoek te doen, lijkt het een mogelijkheid om nu al een verkenning uit te voeren met de regio's naar synergie en optimalisatie mogelijkheden voor het tijdelijk opslaan van grond en zand ten behoeve van InnovA58. Deze mogelijkheden zouden dan bij aanbesteding aan de markt kunnen worden aangeboden.

### **Portalen (bijdrage in referentie 1%)**

In de gesprekken met experts kwam naar voren dat er verschillende ideeën bestaan om voor portalen verbeteringen te zoeken voor milieuprestatie en kosten (LCC). Dit loopt uiteen van inzet van andere materialen (aluminium, hout), optimalisatie van ontwerp, gebruik van levensduur verlengend onderhoud (LVO), tot volledig circulaire concepten voor de draagconstructie. Tevens is de vraag gesteld wat er in de verdere toekomst met portalen zal gebeuren als we naar een "all-in-car" praktijk zouden gaan. Alles bij elkaar lijkt het voldoende om een specifieke studie naar te verrichten in het kader van het living lab van InnovA58.

### **Kunstwerken (bijdrage in referentie 7%)**

Het ontwerpen van kunstwerken is een complex proces. Hierop ingrijpen, door een nieuw ontwerpcriterium toe te voegen in de vorm van reductie van de milieu-impact, is dan ook niet eenvoudig. Er zijn wel al twee ontwikkelingen op dit gebied gaande. Die we hieronder kort schetsen.



Zo zijn er ontwikkelingen om in Ultra Hoog Sterkte Beton (UHSB) bruggen te ontwerpen. Voor kleine bruggen is dit nu een aantal keren uitgevoerd. Aan LCA studies hiervoor wordt nog gewerkt en uitvoeringen voor grotere bruggen zijn nog niet in de praktijk gerealiseerd. Voor de kleine bruggen in UHSB is bekend dat ze een aanzienlijke materiaalbesparing geven (tot wel 60%) en onderhoudsvrij zijn.

Een ander mooi voorbeeld is de houten brug, uitgevoerd in Accoya, bij Sneek. Dit project heeft een hoop informatie opgeleverd en laat zien dat de milieu-impact van het brugdeel uitgevoerd in Accoya zeer laag is en de CO<sub>2</sub> footprint zelfs negatief. De impact op milieu in het project InnvoA58 door kunstwerken in aanlegfase is 7%. Toepassen van kunstwerken in hout zou in potentie een bijdrage van 3-4% op het totale project kunnen leveren en is daarmee zeker relevant in de analyse van de haalbaarheid van de doelstellingen. De keus om voor houten kunstwerken te kiezen is echter zeer ingrijpend en vraagt een grondige analyse, die we in het kader van deze studie niet hebben uitgevoerd.



### **6.1.2 Conclusie haalbaarheid 30% CO<sub>2</sub> reductie aanlegfase**

De resultaten laten zien dat door inzet van innovaties het waarschijnlijk mogelijk zal zijn om een reductie op CO<sub>2</sub> in de aanlegfase tussen de 20-30% te bereiken. Daarbij zijn nog een aantal mogelijkheden geïdentificeerd, waarvan door verdere studie in het living lab, in de komende tijd het potentieel in kaart kan worden gebracht. Tevens moeten we ons beseffen dat in deze studie geen optimalisatie op ontwerp is uitgevoerd. Het referentie ontwerp is aangehouden, de innovaties zijn er op getransponeerd. In de praktijk zal het bij de aanbesteding zo zijn dat de markt enige vrijheid krijgt om het ontwerp en planning te optimaliseren. Dit kan heel goed tot verdere CO<sub>2</sub> reducties leiden. Niet zozeer door inzet van aanvullende innovaties, als wel door een geoptimaliseerd ontwerp en projectplanning. Denk hierbij bijvoorbeeld aan optimalisaties op transportbewegingen. Dit kan een verdere reductie opleveren en de markt zal zijn best doen om dat in te vullen als daar in de aanbesteding om gevraagd wordt.

## **6.2 Beheer en Onderhoud CO<sub>2</sub> neutraal**

Een CO<sub>2</sub>-neutraal beheer en onderhoud kan ten alle tijden worden bereikt door te compenseren door middel van opwekking. Binnen Rijkswaterstaat is men zich ervan bewust dat ruimte een schaars goed is, zeker in Nederland waar de bebouwingsdichtheid hoog is. Om niet meer ruimte te gebruiken dan noodzakelijk, is allereerst gezocht naar innovaties die de CO<sub>2</sub> uitstoot in de B&O fase reduceren. Het is aan te bevelen om in een latere aanbesteding binnen het EMVI criteria voor een CO<sub>2</sub> neutrale B&O fase een sub-criteria op te nemen dat reduceren van de CO<sub>2</sub> uitstoot afdwingt. Het compenseren met wind- of zonne-energie is namelijk zeer kostenefficiënt, waardoor de incentive om te reduceren minder groot zal zijn bij marktpartijen dan RWS wenst.

### **6.2.1 Reductie mogelijkheden Elektriciteit**

Verlichting bepaalt voor ca. 80% het elektriciteitsverbruik in de beheer en onderhoudsfase. De reductiepotentie is derhalve met name te vinden in de verlichting. Tezamen met Willem Zandvliet (GPO) zijn de reductie mogelijkheden voor verlichting en signalering geïnventariseerd.

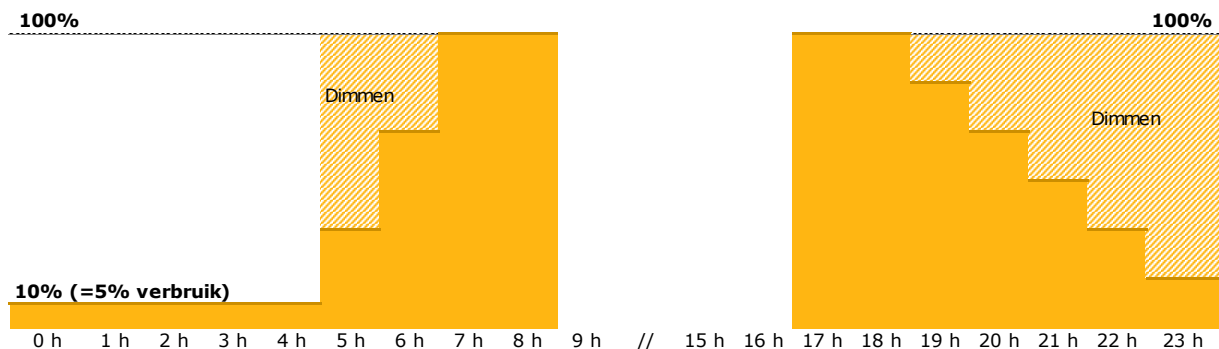
#### **Led**

Led is en wordt uitvoerig getest en gemonitord op de A2 tussen Amsterdam en Utrecht, binnen deze praktijkcase is een reductie behaald van 440W per armatuur naar 330 W per armatuur door de toepassing van led. Dit zorgt, bij een gelijke afstand en hoogte van de armaturen voor een reductie van 25%.

#### **Dimmen d.m.v. zuiver powerline sturing**

Het dimmen gebeurt in de wintermaanden van 5-7 uur en van 19-24 uur in deze twee tijdskaders wordt de verlichting trapsgewijs van 10-100% en van 100-10% gedimd. Zie Figuur 13 voor een grafische weergave

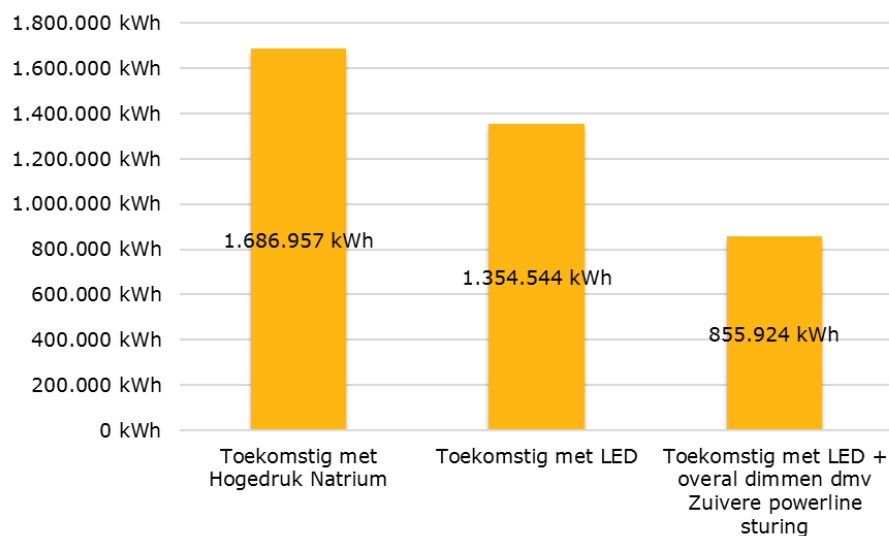
wanneer er gedimd wordt. Wanneer er op deze wijze gedimd wordt zal het aantal vollast uren dalen van 4.000 naar ca. 2.000 uur per jaar.



Figuur 13: Grafische weergave dimmen (in de wintermaanden) d.m.v. zuivere powerline sturing

### Mogelijk reductie Elektraverbruik

Het energieverbruik daalt met de toepassing van led met ca. 20% naar ca. 1.355 MWh. Wanneer er naast led ook gedimd wordt daalt het energieverbruik met ca. 49% naar 856 MWh.



Figuur 14: Elektraverbruik bij diverse wijze van verlichting en sturing

### 6.2.2 Reductie mogelijkheden brandstof

Gezien de zeer beperkte impact van deze groep is ervoor gekozen om hiervoor geen studie naar reductiemogelijkheden te doen.

### 6.2.3 Reductie mogelijkheden embedded

Naast reductie van de CO<sub>2</sub>-uitstoot door het elektra verbruik is het ook mogelijk om de embedded CO<sub>2</sub> te reduceren. De diverse in hoofdstuk 5 beschreven innovaties hebben ook betrekking op de beheer en onderhoudsfase. In het onderstaande overzicht is de invloed van de afzonderlijke innovaties weergegeven.

Innovatie	Reductie CO <sub>2</sub> [kg]	Reductie thema	Reductie op totaal
Renorail	-21.771.987	60,9%	<b>4,2%</b>
Houten vangrail	-53.318.015	149,1%	<b>10,2%</b>
VERJONGINGSMIDDELEN ( RSL = 13 jaar)	-19.802.626	6,0%	<b>3,8%</b>
OPA 8	-7.428.715	2,3%	<b>1,4%</b>
LTA ZOAB	-95.690.913	29,1%	<b>18,3%</b>
LTA STAB	-23.546.949	7,2%	<b>4,5%</b>
STAB met 'gereinigde granulaten'	-9.888.672	3,0%	<b>1,7%</b>
WIM	0	0,0%	<b>0,0%</b>

Tabel 15: Reductie potentieel innovaties op de CO<sub>2</sub> uitstoot in beheer en onderhoudsfase

Het gebruik van verjongingsmiddelen zorgt voor een verlenging van de levensduur van de 2L ZOAB. Het niet uitvoeren van het vernieuwen van de bovenste 25mm van de ZOAB laag is een 'veilig' scenario. Het is zeer waarschijnlijk dat de levensduur (Reference Service Life, RSL) met verjongingsmiddelen langer is dan 13 jaar. Daarmee zou een aanzienlijk grotere besparing op embedded CO<sub>2</sub> behaald kunnen worden. In Tabel 16 is de invloed van een langere levensduur weergegeven voor OPA8 met verjongingsmiddelen. Dit laat zien dat de invloed aanzienlijk is. Gesprekken met experts geven aan dat de verwachting is dat met verjongingsmiddelen heel goed een verlenging tot 16 jaar gehaald zou kunnen worden en ook langer wordt zeker niet uitgesloten. We staan nog maar aan het begin van deze ontwikkeling en er zal veel kennis en ervaring worden opgebouwd de komende jaren. In deze studie zal 13 jaar worden gehanteerd.

Toekomstscenario's verjonging	Reductie CO <sub>2</sub> [kg]	Reductie thema	Reductie op totaal
OPA 8 + Verjongingsmiddelen (RSL = 13 jaar)	-34.839.637	10,6%	<b>6,7%</b>
OPA 8 + Verjongingsmiddelen (RSL = 16 jaar)	-66.416.722	20,2%	<b>12,7%</b>
OPA 8 + Verjongingsmiddelen (RSL = 17 jaar)	-66.416.722	20,2%	<b>12,7%</b>
OPA 8 + Verjongingsmiddelen (RSL = 18 jaar)	-120.944.904	36,8%	<b>23,2%</b>
OPA 8 + Verjongingsmiddelen (RSL = 19 jaar)	-122.275.268	37,2%	<b>23,4%</b>
OPA 8 + Verjongingsmiddelen (RSL = 20 jaar)	-123.605.633	37,6%	<b>23,7%</b>

Tabel 16: Reductie OPA8 i.c.m. een verlenging van de RSL door verjongingsmiddelen.

### Reductie scenario's CO<sub>2</sub>-uitstoot Beheer & Onderhoudsfase

De afzonderlijke innovaties zijn niet te sommeren, een aantal innovaties hebben betrekking op hetzelfde thema. Om het reductiepotentieel voor de embedded CO<sub>2</sub>-uitstoot te bepalen zijn een 5-tal scenario's opgesteld.

- *Scenario 1:* geeft het totaal potentieel weer wanneer er alleen elektriciteit gereduceerd wordt.
- *Scenario 2:* geeft het potentieel weer van LTA asfalt i.c.m. een renorail.
- *Scenario 3:* geeft het potentieel van OPA8 i.c.m. verjongingsmiddelen, een STAB laag met gereinigde granulaten en een renorail
- *Scenario 4:* geeft het potentieel van scenario 3 i.c.m. een reductie van het energieverbruik.
- *Scenario 5:* geeft het reductie potentieel weer van scenario 4 met aanvullend een levensduur van 18 jaar voor OPA8 door de toepassing van verjongingsmiddelen.
- *Scenario Max:* betreft het maximaal haalbare met de beschouwde innovaties.

Innovatie	S1	S2	S3	S4	S5	Smax
Renorail		X	X	X	X	
Houten						X
VERJONGINGSMIDDELEN ( RSL = 13 jaar)						
OPA 8						
LTA ZOAB		X				
LTA STAB		X				X
STAB met 'gereinigde granulaten'			X	X	X	
WIM						
LED						
LED + Dynamisch dimmen	X			X	X	X
OPA 8 + Verjongingsmiddelen (RSL = 13 jaar)			X	X		
OPA 8 + Verjongingsmiddelen (RSL = 18 jaar)					X	X
<b>Totale kg CO<sub>2</sub> uitstoot (103jr)</b>	<b>451.794.080</b>	<b>380.855.273</b>	<b>455.364.826</b>	<b>385.293.784</b>	<b>299.188.517</b>	<b>253.984.212</b>
<b>Reductie tov VKA</b>	<b>13,4%</b>	<b>27,0%</b>	<b>12,7%</b>	<b>26,2%</b>	<b>42,7%</b>	<b>51,3%</b>

Tabel 17: Reductiepotentieel Embedded CO<sub>2</sub>-uitstoot

Zoals deze scenario's duidelijk maken is de totale CO<sub>2</sub>-uitstoot van de beheer en onderhoudsfase aanzienlijk te reduceren door vermindering van het elektraverbruik en innovaties die de embedded CO<sub>2</sub>-uitstoot verlagen. Een reductie van 13,4% is mogelijk wanneer alleen op energiereductie wordt ingestoken. Het is mogelijk om een reductie van maximaal 51,3% te behalen wanneer ook op besparing van de embedded CO<sub>2</sub>-uitstoot wordt ingezet. Scenario 4 is gebruikt als basis voor de verdere studie ten behoeven de doelstelling energieneutraal in beheer en onderhoudsfase. Scenario 4 is het maximale scenario op basis van de huidige inschatting voor levensduur met verjongingsmiddelen (13 jaar).

#### 6.2.4 Opwekkingsmogelijkheden

Na reductie van het elektriciteitsverbruik en reductie van het embedded deel, is er opwekking van energie of compensatie van CO<sub>2</sub> door aanplanten van bos nodig om tot CO<sub>2</sub> - neutraliteit te komen. Tabel 18 laat zien hoeveel opwekkingseenheden aan energiewinning of bos er nodig zou zijn voor neutraliteit. Voor neutraliteit moet 4.569.532 kWh worden opgewerkt door 7,3 ha zonnepanelen, één windturbine van 2,33 MW of aanplanten van 1.284 ha bos. Combinaties zijn uiteraard ook mogelijk.

De embedded CO<sub>2</sub> van de opwekkingsmiddelen is meegerekend in de opgave. Deze embedded CO<sub>2</sub>-uitstoot per kWh van de diverse opwekkingsmiddelen verschilt, dit verschil is meegewogen in de bepalen van de hoeveelheden per opwekkingswijze.



	kg CO <sub>2</sub>	kWh <sup>1</sup>	PV-Cellen [panelen] <sup>2</sup>	PV-Cellen [hektaren] <sup>3</sup>	Urban Turbine [stuks] <sup>2</sup>	Wind turbine [MW] <sup>2</sup>	Hektaren bos <sup>1</sup>
Elektriciteitsverbruik	72.169.837	855.924	4.301	1,4	369	0,44	241
Brandstoffen	504.255	5.980	30	0,0	3	0,00	2
Embedded (Scenario 4)	312.619.692	3.707.627	18.630	6,0	1598	1,89	1.042
	<b>385.293.784</b>	<b>4.569.532</b>	<b>22.961</b>	<b>7,3</b>	<b>1.969</b>	<b>2,33</b>	<b>1.284</b>

1. exclusief Embedded CO<sub>2</sub> van opwekmiddelen

2. inclusief compensatie embedded CO<sub>2</sub> opwekkingsmiddelen

3. Aanname; paneel is 1,6 m<sup>2</sup> en heeft 3,2 m<sup>3</sup> grondbeslag nodig

Tabel 18: Benodigde opwekking voor CO<sub>2</sub> neutrale beheer- en onderhoudsfase

## Assets

In overleg met RWS medewerkers uit het projectteam en de wegbeheerder is een inventarisatie gemaakt van de mogelijke assets voor energieopwekking op RWS grond rondom de A58, het beschouwde stuk loopt van knooppunt Galder tot aansluiting Best. De ruimtelijke afweging moet nog plaatsvinden met omgevingspartijen en in het kader van de Inpassingsvisie;

Bij de inventarisatie van de assets zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd, waarna de diverse assets een A, B, C of D markering hebben gekregen. Daarbij is een klasse A zeer kansrijk omdat er naar verwachting weinig technische belemmeringen of belemmeringen vanuit beheer en onderhoud zijn. Een klasse D is een locatie die niet kansrijk is omdat er naar verwachting veel technische belemmeringen en/of belemmeringen vanuit beheer en onderhoud zijn;

### Algemeen:

- Er dient een aansluiting aanwezig te zijn. Afslagen en knooppunten bieden vanuit dit kader de grootste kans voor PV-velden. Aansluitmogelijkheden dienen in nader overleg met de netwerkbeheerder te worden geïnventariseerd.

### Zonnepanelen:

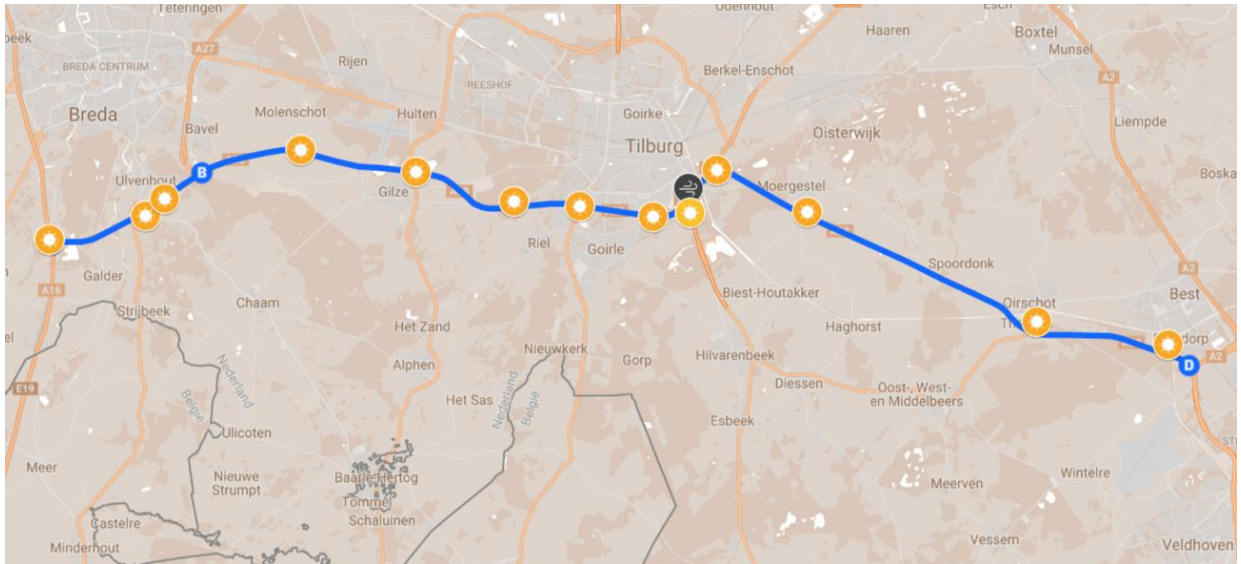
- Lijnopstellingen zijn minder rendabel vanwege hoge kosten bekabeling
- Een groot vierkant veld is de meest optimale vorm i.v.m. kabellengtes
- Taluds moeten gericht zijn op zuid
- Locaties met schaduwwerking door omliggende bebouwing vallen af
- In het kader van vandalisme zijn makkelijk te bereiken locaties minder kansrijk
- Moeilijk te bereiken locaties zijn ,met oog op beheer en onderhoud minder kansrijk

### Windmolens:

- Kansrijkheid o.b.v. windkaart op 100m hoogte van RVO
- Niet in de nabijheid van bebouwing, i.v.m. huidig initiatief.
- Rekening houdend met aanvliegroutes voor Eindhoven Airport en Gilze-Rijen

Deze uitgangspunten hebben geleid tot een assetkaart met bijbehorend overzicht. Het totale overzicht is opgenomen in de bijlag H, de kaart is afgebeeld in Figuur 15. Een samenvatting van het overzicht met alleen de A-locaties is opgenomen in Tabel 19.





Figuur 15: Assets energieopwekking A58 Breda-Eindhoven (oranje markering = zon / grijze markering = wind)

Asset	Zon / wind	Kansrijk?	Plaats	Opp (ha)
Aansluiting Best	Zon	A	Oksels	0,568
Knooppunt Oirschot	Zon	A	Noordelijke oksels	1,21
Zoutloodsen Oirschot	Zon	A	Dak	0,349
Aansluiting Moergestel	Zon	A	Oksel	1,02
Aansluiting Hilvarenbeek	Zon	A	Oksel	0,63
Aansluiting Hilvarenbeek	Zon	A	Binnenlussen	4,04
Knooppunt de Baars [variant 3]	Zon	A	Talud langs Koningshoeve	9,94
Aansluiting Goirle	Zon	A	Oksels	1,043
rustplaats Blaak	Zon	A		1,25
rustplaats Leikant	Zon	A		0,826
Rustplaats Lage aard	Zon	A		1,01
Rustplaats hoge aard	Zon	A		1,32
Aansluiting Ulvenhout	Zon	A	middenzones	1,576
Aansluiting Ulvenhout	Zon	A	Oksels	2,79
Knooppunt Galder	Zon	A	Oog van knooppunt	1,39
Knooppunt Galder	Zon	A	tussen snelweg/HSL	0,82
				<b>29,78</b>

Tabel 19: Assets A58, A-locaties

### 6.2.5 Conclusie

Windenergie is in eerste instantie niet de meest voor de hand liggende oplossingsrichting omdat RWS uit principe niet investeert in windturbines. Om de doelstelling CO<sub>2</sub>-neutrale beheer en onderhoudsfase te behalen wordt daarom allereerst gezocht naar de mogelijkheden voor PV-cellen. Zoals we eerder hebben vastgesteld zijn voor neutraliteit 7,3 ha zonnepanelen nodig.

Uit analyse van de Assets blijkt dat er meer dan 4 keer zoveel ruimte beschikbaar is binnen de assets met een A markering. Hieruit kan worden geconcludeerd dat de doelstelling en ambitie voor een CO<sub>2</sub> neutrale beheer en onderhoudsfase een technisch haalbare doelstelling is.

## 6.3 Beheer en onderhoud 20% reductie LCC

### 6.3.1 Uitgangspunten

De gehanteerde kosten en besparingen voor innovaties zijn aangeleverd aan de kostenpool van Rijkswaterstaat (contactpersoon Joep van der Meer). In verband met vertrouwelijkheid van de gegevens zijn de gehanteerde kosten en besparingen niet opgenomen in dit rapport. Als algemene uitgangspunten per dossier is het volgende gehanteerd:

#### Energie

- De energieverbruiken zijn conform het schema in par. 5.2 en zijn bepaald in overleg met Rudy van Mierlo van RWS. In de oorspronkelijke referentieraming van VKA is geen rekening gehouden met de energiekosten van dit weggedeelte, dit is gebruikelijk bij RWS. Voor de innovaties zijn de besparingen op verbruik wel meegerekend voor een correct vergelijk. Conform afspraak met projectteam is de onderhoudsperiode voor dit contract 12 jaar.
- Zonnepanelen (PV)

Volgens opgave SEAC (Wiep Folkerts) komt een vraag van 1800 MWh/jaar overeen met een park van circa 2MWp (ongeveer 1/3 deel van park Ameland, deze was circa 23.000 st panelen). De hoeveelheid panelen wordt aangepast op het verbruik van het type verlichting. Voor de kosten wordt gebruik gemaakt van kosteninformatie verkregen van Wiep Folkerts op basis van kosten Park Ameland. Ook hier worden de verbruik bij het type verlichting in mindering gebracht rekening houdend met tariefverschillen en de periodes van 12 en 88 jaar.

#### Weigh in Motion (WIM)

- Voor de kosten van WIM is gebruik gemaakt van bedragen en bijbehorende levensduur afkomstig uit het dossier Innovaties van Morgen d.d. 3 maart 2014.
- In overleg met Rob Hofman (GPO) en aanvullende berekeningen door Arthur van Dommelen, is aangenomen dat de levensduur van de asfaltconstructie met 1 jaar verlengd kan worden, een relatief 'veilige' aanname. Dit levert echter geen besparing op in levensduurkosten: de kosten voor beheer en onderhoud (inclusief vervangingen) van de installaties zijn hoger dan de besparing op de asfaltconstructie. Dit geldt zowel voor WIM bij 2L-ZOAB als bij OPA8 met verjonging. Indien de aanname verandert in 2 jaar verlenging van levensduur, levert dit een aanzienlijke besparing op bij LCC-berekeningen.



### 6.3.2 Resultaten LCC-berekeningen

De resultaten van de afzonderlijke innovaties zijn als volgt (de bijbehorende berekeningen zijn in bezit van Rijkswaterstaat Kostenpool):

Innovaties	Bedragen x	Aandeel
Verschil in CW levensduurkosten	€ 1.000	in %
WIM bij 2L-ZOAB	€ 1.005	0,44%
WIM bij combi OPA+verjonging	€ 1.857	0,81%
(meer) PR in asfalt	€ -3.902	-1,71%
Verlichting LED (+afname verbruik)	€ -1.654	-0,72%
Verlichting LED-dim (+afname verbruik)	€ -3.891	-1,70%
PV bij verbruik Na-lamp	€ -4.394	-1,92%
PV bij verbruik LED-lamp	€ -4.593	-2,01%
PV bij verbruik LEDdim-lamp	€ -2.902	-1,27%
Verjonging asfalt	€ -7.796	-3,41%
OPA8	€ -6.112	-2,68%
<b>Levensduurkosten</b>		
LCC CW referentie	€ 228.405	

Tabel 20. Resultaten van de afzonderlijke innovaties op de kosten (LCC). Bij WIM wordt met 1 jaar verlenging gerekend in dit overzicht.

De innovatie WIM heeft geen kosten reducerend effect; zowel bij 2L-ZOAB als bij OPA8 + verjonging zijn de kosten voor het vervangen van de installaties bij einde levensduur hoger dan de besparing op verlenging van de levensduur van de asfaltconstructie.

Het toepassen van (meer) recycling in de asfaltmengsels levert uiteraard een besparing op van levensduurkosten, dit komt door de vergelijking met de referentieraming waarin maar zeer beperkt is gerekend met hergebruik van (oud) asfalt in nieuwe mengsels.

De toepassing van verlichting van LED- en LED-dim-lampen levert een kostenreductie op door een langere levensduur van de lamp en een bijbehorend lager energieverbruik.

De toepassing van zonnepanelen (PV) levert een kostenreductie op, de hoeveelheid panelen is afgestemd op het energieverbruik behorend bij het type verlichting: natrium (uitgangspunt in referentieraming), LED (inmiddels al standaard bij RWS) of LED-dim (waarschijnlijk toekomstige standaard).

Verjonging van asfalt levert een aanzienlijke kostenreductie op, het vervangen van de bovenste laag van de 2L-ZOAB kan vervallen door 2 maal een verjongingsmiddel aanbrengen in hetzelfde tijdsbestek.

Het aanbrengen van OPA8 in plaats van de 2L-ZOAB heeft eveneens een aanzienlijk kosten reducerend effect door toepassing van een geringere laagdikte (55 mm OPA8 i.p.v. 70 mm 2L-ZOAB).

### 6.3.3 Optimale combinatie van innovaties:

Op basis van de resultaten van de afzonderlijke innovaties, is in Tabel 21 **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** de maximale variant van innovaties weergegeven die met elkaar gecombineerd kunnen worden.

Innovaties	Bedragen x	Scenario's					Combi max
		1	2	3	4	5	
Verschil in CW levensduurkosten	€ 1.000						
WIM bij 2L-ZOAB	€ 1.005						
(meer) PR in asfalt	€ -3.902				X		X
Verlichting LED (+afname verbruik)	€ -1.654	X					
Verlichting LED-dim (+afname verbruik)	€ -3.891		X				X
PV bij verbruik Na-lamp	€ -4.394						
PV bij verbruik LED-lamp	€ -4.593	X					
PV bij verbruik LEDdim-lamp	€ -2.902		X				X
Verjonging asfalt	€ -7.796						
OPA8	€ -6.112						
OPA8 + verjonging	€ -15.262			X			X
WIM bij OPA8+verjonging	€ 1.857					x	
<b>Subtotaal levensduurkosten</b>		€ -6.247	€ -6.793	€ -15.262	€ -3.902	€ 1.857	€ -25.957
LCC CW referentie	€ 228.405	-2,7%	-3,0%	-6,7%	-1,7%	0,8%	-11,4%

Tabel 21. Verschillende combinaties van innovaties en hun impact op de kosten (LCC). De maximale variant is als Combi max opgenomen.

Hieruit blijkt een mogelijke besparing van € 26.0 M in Contante Waarde tegenover € 228.4 M in de referentie (zie par. 3.3). Procentueel betekent dit een maximale besparing van 11,4% op basis van de huidige kennis en uitgangspunten. Wat opvalt in bovenstaand overzicht is dat de combinatie van de deklaag van OPA8 gecombineerd met verjonging zelfs nog een hogere besparing (€ 15.3 M) oplevert, dan de som van de individuele innovaties (€ 7.8 M + € 6.1 M). Door synergie ontstaat er een voordeel doordat de maatregelen gunstig in de tijd vallen.

### 6.3.4 Mogelijke toekomstscenario's

Ook een langere levensduur door verdere optimalisatie van OPA8 en van de verjongingsmiddelen in de toekomst is een reëel scenario, dit is gebleken uit de vele gesprekken met deskundigen bij RWS. Het effect van een langere levensduur van OPA8 met verjonging is weergegeven in Tabel 22:

CW			
Referentie LCC totaal			
			€ 228.404.808
Innovaties	scenario	levensduur in jaren	aandeel
OPA8 + verjonging	innovatie	13	-€ 15.262.050 -6,68%
OPA8 + verjonging (14 jaar)	toekomstscenario	14	-€ 19.812.329 -8,67%
OPA8 + verjonging (15 jaar)	toekomstscenario	15	-€ 25.323.818 -11,09%
OPA8 + verjonging (16 jaar)	toekomstscenario	16	-€ 28.971.115 -12,68%
OPA8 + verjonging (17 jaar)	toekomstscenario	17	-€ 32.746.829 -14,34%
OPA8 + verjonging (18 jaar)	toekomstscenario	18	-€ 37.242.175 -16,31%
OPA8 + verjonging (19 jaar)	toekomstscenario	19	-€ 39.635.329 -17,35%
OPA8 + verjonging (20 jaar)	toekomstscenario	20	-€ 41.858.504 -18,33%

Tabel 22. Effect van toenemende levensduur bij gebruik van verjongingsmiddelen op de reductie in kosten (LCC). Als basis is scenario 3 uit Tabel 22 aangehouden.

### 6.3.5 Besparing van innovaties op kosten voor aanleg

De besparingen op levensduurkosten leveren ook een besparing op in investeringskosten, dit komt met name door de toepassing van meer PR in asfalt en de toepassing van OPA8 (dunnere laag). De totale besparing op CW bij de investeringskosten bedraagt € 5.6 M voor de combinatie van de 4 innovaties uit het optimale scenario. Dit betreft dezelfde maximale combi als genoemd in paragraaf 6.3.3. Ten opzichte van de CW van de LCC bij referentie (€ 228.4 M) zou dat een extra besparing van 2,5% zijn.

### 6.3.6 Conclusie haalbaarheid doelstelling 20% LCC reductie

De doelstelling is 20% kostenbesparing voor regulier beheer en onderhoud, de ambitie is zelfs 30% kostenbesparing. Op basis van huidige kennis en ervaringen levert dit onderzoek een besparing op van 11,4% op LCC van de referentie op basis van Contante Waarde (CW). Dit is bereikt door de maximale combinatie van innovaties, innovaties die mogelijk zijn met elkaar en elkaar niet uitsluiten. Deze maximale combinatie heeft ook een positief effect op de investeringskosten. Tijdens dit onderzoek is gebleken dat de toepassing van producten als OPA8 en maatregelen als het aanbrengen van verjongingsmiddelen voor positieve effecten gaat zorgen in de toekomst. De eerste resultaten zijn positief, de effecten voor de langere termijn (verlenging van levensduur) zijn nog niet aangetoond. Pas dan kunnen de definitieve berekeningen hierop worden aangepast. Uit de gesprekken met RWS (Rob Hofman) is gebleken dat een levensduurverlenging van 13 jaar naar 17 of 18 jaar als mogelijke innovatie in de toekomst als reëel wordt beschouwd. In onderstaand overzicht zijn al deze bedragen en percentages weergegeven:

Innovaties	Bedragen x	Scenario's					Combi
		1	2	3	4	5	
Verskil in CW levensduurkosten	€ 1.000						max
WIM bij 2L-ZOAB	€ 1.005						
(meer) PR in asfalt	€ -3.902				X		X
Verlichting LED (+afname verbruik)	€ -1.654	X					
Verlichting LED-dim (+afname verbruik)	€ -3.891		X				X
PV bij verbruik Na-lamp	€ -4.394						
PV bij verbruik LED-lamp	€ -4.593	X					
PV bij verbruik LEDdim-lamp	€ -2.902		X				X
Verjonging asfalt	€ -7.796						
OPA8	€ -6.112						
OPA8 + verjonging	€ -15.262			X			X
WIM bij OPA+verjonging	€ 1.857					x	
<b>Subtotaal levensduurkosten</b>		€ -6.247	€ -6.793	€ -15.262	€ -3.902	€ 1.857	<b>€ -25.957</b>
<b>LCC CW referentie</b>	<b>€ 228.405</b>	<b>-2,7%</b>	<b>-3,0%</b>	<b>-6,7%</b>	<b>-1,7%</b>	<b>0,8%</b>	<b>-11,4%</b>

OPA8 + verjonging (16 jaar)	-€ 28.971	extra	€ -13.709	-6,0%	-17,4%
OPA8 + verjonging (17 jaar)	-€ 32.747	extra	€ -17.485	-7,7%	-19,0%
OPA8 + verjonging (18 jaar)	-€ 37.242	extra	€ -21.980	-9,6%	-21,0%
Besparingen op investeringskosten ten gevolge van selectie van innovaties voor besparingen op levensduurkosten	€ -5.617		-2,5%		

Tabel 23. Totaal overzicht van scenario's op kosten (LCC), inclusief de invloed van verjongingsmiddelen bij verlenging tot levensduren van meer dan 13 jaar, exclusief bijdrage in reductie op investeringskosten (onderaan als extra opgenomen).

Bij een verlenging van de levensduur van OPA8 met verjonging naar 17 of 18 jaar wordt de doelstelling van 20% haalbaar. Indien de besparing op investeringskosten meegerekend mag worden, dan maakt een verlenging van levensduur van OPA8 met verjonging naar 16 jaar de doelstelling van 20% al haalbaar. De doelstelling van 20% is een uitdaging voor de markt en niet makkelijk realiseerbaar. Dit komt vooral door aantoonbaarheid van ontwikkelingen die nu ook al worden toegepast. Het bewijs uit de praktijk is er nog niet.



## 7 CIRCULARITEIT

InnovA58 heeft nadrukkelijk ook ambities op het gebied van circulariteit. Het pakket aan innovatieve maatregelen is daarom ook onderzocht op potenties om een hogere mate van circulariteit te realiseren. Daarnaast zijn de experts gevraagd naar hun visie op ontwikkelingen in hun branche. De resultaten worden in dit hoofdstuk kwalitatief weergegeven in vorm van een kansenkaart voor de verschillende hoofdmateriaalstromen binnen een project als InnovA58 (beton, asfalt, metalen). Daarna gaan we in op mogelijkheden tot invulling van de ambities binnen het project innovA58.

### 7.1 Kansenkaart Circulair

In de kansenkaart wordt aangegeven of een innovatie potentieel heeft om door verhoogde mate van circulariteit een positieve bijdrage te geven op: economische voordelen, reduceren van milieu-impact of tegengaan van schaarste. Daarnaast wordt per innovatie een kwalitatief oordeel gegeven over de mate waarin de technologie kan bijdragen aan het verhogen van de grondstof efficiëntie. Met grondstof efficiëntie wordt zowel het terugdringen van de winning van primaire grondstoffen bedoeld, als ook het nuttig inzetten van rest materiaalstromen (vaak uit andere ketens), waar nu niet direct een nuttige of waardevolle toepassing voor is.

Tabel 24. kwalitatieve indicatie van impact van innovaties op grondstof efficiëntie en samenhangend de impact op economie, milieu of schaarste van grondstoffen.

Innovatie		Impact op			Grondstof efficiëntie	
omschrijving	TRL	Economisch voordeel	Reduceren van milieu-impact	Terugdringen van schaarste	Inzet reststromen	Reductie primaire grondstoffen
Geopolymeren	8	--	+	--	+	+/-
Slim breken, inzet fijne fractie direct	8	-	+/-	--	--	++
Slim breken, inzet fijne fractie thermisch	6	--	+	--	--	++
Betongranulaat in beton	9	--	+/-	--	--	++
Renovatie geleiderail	9	+/-	++	+	--	++
Houten geleiderail	9	+/-	++	+	--	++
Houten portaal	8	-	+	+/-	--	++
Houten kunstwerken	9	--	+	--	--	++
Composiet kunstwerken	8	+	--	--	--	+
UHSB kunstwerken	8	+	+/-	--	--	+
STAB met gereinigde granulaten	9	+/-	+	--	++	++
recycling in asfalt, huidige technologie	9	+/-	+/-	+/-	--	++
recycling in asfalt, toekomstige technologie	7	-	++	+/-	--	++

-- Geen positieve bijdrage, - beperkte bijdrage, +/- matige bijdrage, + significante bijdrage, ++ grote bijdrage

Alle innovaties in de kansenkaart hebben potentie om grondstof efficiëntie te verhogen, daarop zijn ze geselecteerd. Het verhogen van grondstof efficiëntie zou kunnen worden gezien als de meest directe indicator of een innovatie circulair is of niet. Bij deze indicator wordt geen waarde toegekend aan de vorm van hergebruik van de grondstoffen. In zijn meest elementaire vorm zou het aangeven welk percentage van de grondstoffen hergebruik kent. Wel wordt er in de praktijk vaak aan de mate van grondstof efficiëntie een waardeoordeel toegevoegd, zoals up- en downcycling of hoog- en laagwaardig hergebruik. Voor het toekennen van dit waardeoordeel ontbreekt het echter in de praktijk aan een kwantitatieve methode.

#### Schaarste

In de GWW sector zijn de grondstoffen die worden gebruikt doorgaans niet schaars, in de zin dat er geen winbare voorraden meer zouden zijn binnen een periode van bijvoorbeeld 100 jaar. Het zou wel zo kunnen zijn dat we in ons eigen land, gedreven door schaarste aan ruimte, het niet wenselijk meer vinden de voorraden aan grondstoffen te ontginnen. Ook een vorm van schaarste. Met deze vorm van schaarste is in Tabel 24 nog geen rekening gehouden.

### **7.1.1 Mogelijkheden voor kwantitatieve benadering**

Met de kansenkaart beogen we een voorzet te geven om tot een meer kwantitatieve benadering van circulariteit te komen. Door bij elke innovatie naast de mate van grondstof efficiëntie, ook aan te geven wat de bijdrage op de andere thema's is. Deze bijdrage aan de andere thema's is nu nog kwalitatief uitgedrukt, maar zou in principe kwantitatief uitgedrukt kunnen worden. Voor de economische impact voldoet ons huidige monetaire systeem. Voor de milieu impact zou een LCA analyse de basis kunnen vormen. Schaarste is doorgaans onderdeel van een LCA analyse en kan worden berekend uit milieueffecten als uitputting van grondstoffen en landgebruik. De rede om het nog apart te benoemen ligt in het feit dat het in discussies omtrent circulariteit vaak wordt genoemd. Zo zou de impact op klimaatverandering ook apart genoemd kunnen worden, terwijl het ook een onderdeel van een LCA is en in de totale milieu-impact wordt meegerekend.

## **7.2 Invulling geven aan de ambities binnen InnovA58**

Het is nog steeds zo dat de dagelijkse praktijk voor ontwerpen van snelwegen en kunstwerken gericht is op optimalisatie van kosten voor aanleg en niet voor de totale levensduur. In deze ontwerppraktijk is het heel goed mogelijk aanvullende ontwerpisen te stellen voor optimalisatie op het gebied van grondstof efficiëntie (circulariteit). Het zou ook mogelijk zijn om de ontwerp praktijk te veranderen en te richten op een levensduur benadering. Dus optimalisatie van de hele set aan ontwerpisen, maar dan gericht op optimalisatie over de gehele levensduur. Beide aanpakken zullen we hieronder verder verkennen.

### **7.2.1 Circulariteit in de traditionele ontwerppraktijk**

Binnen het project InnovA58 is het doel gesteld om één of meerdere hoofdmateriaalstromen circulair uit te voeren in aanleg-, beheer- en onderhoudsfase. Invulling hiervoor kan worden gevonden op twee manieren, die we hieronder hebben samengevat:

- circulair aan de voorkant: inzet van materialen uit een hernieuwbare bron of uit retourstromen
- circulair aan de achterkant: geen afval, alle retourstromen uit ons project een hoogwaardige doelbestemming geven

Hieronder zullen we voor de drie hoofdstromen beton, asfalt en metalen, de mogelijkheden verkennen om op deze twee punten aanvullende eisen te stellen en in hoeverre innovaties kunnen helpen om hier invulling aan te geven. Daarbij zou het goed zijn om bij het stellen van dit soort eisen, zichzelf ook de vraag te stellen

waarom het wordt gedaan. Is het doel om gebruik van primaire grondstoffen terug te dringen of wordt het (mede) gedreven door intenties om impact te hebben op kosten, milieu of schaarste. Met andere woorden is de wens om circulair te zijn een doel op zich of is het een middel om een ander doel te bereiken?

### **ASFALT**

Binnen de sector zijn er veel ontwikkelingen om frees materiaal terug in te zetten in asfaltlagen. Voor STAB lagen zit de sector op 50-60% recycling en voor deklagen op 5-10%. De markt werkt er hard aan om in STAB naar 70-80% te gaan en in deklagen naar 40-50%. Er zijn wel diverse uitdagingen. Misschien de grootste uitdaging zit in de emissies die bij recycling van asfalt optreden. Door de directe verhitting in de asfaltcentrale worden flinke hoeveelheden van de vluchtige componenten van de bitumen verdampt. Hoe hoger het recycling percentage hoe hoger de emissies. Om dit terug te dringen zou de sector eigenlijk naar een andere verwarmingstechnologie moeten omschakelen. Dat is wel mogelijk, maar vraagt aanzienlijke investeringen.

Het programma Asfalt IMPULS wordt diverse malen genoemd als geschikt platform om met de sector een programma uit te voeren om grote issues op asfalt gebied te onderzoeken.

Het lijkt nu niet de juiste motivatie om in InnovA58 naar 100% recycling van asfalt te zoeken aan de voorkant van het project. Dat zou ongewenste bijeffecten kunnen hebben. Het lijkt beter om InnovA58 en haar living lab aan te bieden bij platform Asfalt IMPULS om gezamenlijk te onderzoeken hoe men een stap verder komt.

Voor het vrijkomende materiaal zouden voor het project InnovA58 wel voorwaarden kunnen worden gesteld dat dit materiaal zo hoogwaardig mogelijk moet worden ingezet. Daarbij dient dan aandacht te zijn voor controle en/of vragen om afdoende bewijs, dat het daadwerkelijk zo is uitgevoerd. Er is in de markt beperkte ervaring met controle door certificerende instanties en afgiftes van bewijs van hoogwaardige inzet van vrijkomend materiaal.

### **BETON**

Recycling van beton is een evenwicht tussen toepassing als wegfundering en toepassing als betongranulaat in beton. Het evenwicht wordt vooral economisch gedreven, door vraag en aanbod. Er zijn geen indicaties dat er grote milieuwinst te halen is als het evenwicht meer naar toepassing in beton gedreven zou worden (door opdrachtgevers of wetgeving). Er zijn wel indicaties dat in de nabije toekomst vraag en aanbod verschuiven en dan zou het goed zijn als de sector klaar staat om grotere hoeveelheden betongranulaat in beton toe te gaan passen.

Door de grote diversiteit aan betontoepassingen, en daarmee ook betonkwaliteiten is het heel goed mogelijk dat toepassing van meer betongranulaat, zelfs met de huidige recycling technieken, door de sector opgevangen kan worden. Daarnaast zijn er technieken in ontwikkelingen om scheiding van beton in zand, grind en cementsteen uit te voeren. Daarmee zal recycling in hogere percentages in een bredere selectie van toepassingen mogelijk worden. Recycling van de cementsteen fractie wordt hierin als doorslaggevend ervaren. Het onderzoek speelt zich dan ook hoofdzakelijk af rond dit thema. In de kansenkaart zijn twee varianten opgenomen: één waarbij de fijne fractie direct wordt ingezet als vulstof in beton en één waarbij de fractie eerst een thermische behandeling ondergaat en daarmee bindmiddelfunctie terugkrijgt. Deze laatste technologie is zeker nog niet marktrijp, maar biedt op het gebied van milieuwinst wel een aanzienlijk hoger potentieel.

Naast de hierboven beschreven technieken zijn er ook nieuwe bindertechnologieën in ontwikkeling, die gebruik maken van alkalische activatie van bestanddelen of inzet van CO<sub>2</sub>. Deze laatste gebruiken CO<sub>2</sub> om door middel van carbonisatie van bestanddelen een bindmiddelfunctie te introduceren.



Voor een complex project als InnovA58 is het niet mogelijk om voor alle betontoepassingen in het project deze nieuwe technologieën in te zetten. Dus 100% circulair beton aan de voorkant is niet mogelijk. Wel zou de markt kunnen worden uitgedaagd om op bepaalde onderdelen technologisch een stap vooruit te maken.

Voor het vrijkomende materiaal uit het project InnovA58 zouden heel goed voorwaarden kunnen worden gesteld, dat dit zo hoogwaardig mogelijk moet worden ingezet. De waarde hiervan is echter beperkt. Gezien de inspanning in de sector om tot verbeterde scheidingsmethoden te komen zou het een mogelijkheid zijn als InnovA58 een praktijkomgeving aanbiedt om met deze technieken een grootschalig experiment uit te voeren. Of dit tegen de tijd dat InnovA58 in uitvoering gaat nog steeds geldt zal dan wel goed bekeken moeten worden.

In de combinatie van ruimte voor nieuwe scheidingstechnieken (op het werk) en toepassing van hogere percentages granulaat in geselecteerde toepassingen zit een mogelijkheid om hier door slim te kiezen ook een mogelijk kostenvoordeel te realiseren. De markt kan dit wel invullen. InnovA58 zou in de uitvraag hier ruimte voor kunnen bieden.

### **METALEN**

De renovatie geleiderail biedt een uitstekend alternatief om op dit onderdeel een hoge mate van circulariteit te halen.

Voor portalen is er nog geen inzicht of hier ook iets te realiseren zou zijn, maar een verdere studie zou wel interessant zijn. In principe lijkt wat er voor de geleiderail geldt ook voor de portalen mogelijk. De portalen hebben op het totale project wel een kleinere impact, maar lijken zich wel te lenen voor verhoging van hun levensduur en meer circulariteit. Voor portalen wordt een aanbeveling gedaan voor een studie in het kader van het living lab van InnovA58, zie de eerdere omschrijving in paragraaf 6.1.1.

Wat voor portalen geldt, geldt mogelijk ook voor lichtmasten. In principe zouden lichtmasten zich lenen voor een “design for disassembly” benadering, waarbij in het ontwerp nadrukkelijk rekening wordt gehouden met efficiënte demontage bij einde levensduur en hergebruik van componenten en grondstoffen. Er zijn echter geen innovaties gevonden, die hier al op in spelen.

### **KUNSTWERKEN**

Kunstwerken vragen een iets andere benadering. In de praktijk van vandaag wordt een kunstwerk ontworpen op basis van een set van ontwerpregels en -ervaringen, die zijn gericht op constructieve veiligheid, technische levensduur, landschappelijke en ruimtelijke kwaliteit en optimalisatie van aanlegkosten.

Aan deze set van ontwerpregels en -ervaringen, zou nu optimalisatie grondstof efficiëntie en reductie milieu-impact kunnen worden toegevoegd. Er zijn al enige oefeningen in de markt uitgevoerd om te zien of dit mogelijk is en wat dat dan voor uitkomsten oplevert. De eerste ervaringen laten zien dat hergebruik van vrijkomende grondstoffen uiteraard geen probleem is. Op dat aspect zouden kunstwerken ook in innovA58 eenvoudig mee kunnen doen in de overwegingen die hierboven voor de hoofdmateriaalstromen zijn gegeven.

Inzet van secundaire of hernieuwbare materialen in kunstwerken roept al iets meer problemen op. De ontwerpregels en -ervaringen laten dat niet altijd toe en hierbij is het niet altijd even duidelijk of goed onderbouwd waarom niet. Hier zou meer aandacht aan gegeven kunnen worden. Recentelijk heeft Rijkswaterstaat een workshop gehouden om de markt te vragen of de ontwerpregels van Rijkswaterstaat (vervat in de ROK versie 1.3) voor problemen zorgen op dit vlak. Een goede stap om in dialoog met de markt op dit gebied een stap verder te komen.

### **7.2.2 Circulariteit in een ontwerpproces gericht op totale levensduur**

Integraal en op levensduur gericht ontwerpen wordt steeds meer ingevoerd in verschillende sectoren. Ook in de bouw zijn er al voorbeelden, zoals bijvoorbeeld de aanbesteding voor de tijdelijke rechtbank in Amsterdam of het gemeentehuis in Brummen.

Voor een project als InnovA58 zouden er op het eerste gezicht kansen moeten zijn om voor de kleinere objecten als verlichtingsmasten, geleiderail en portalen naar een integraal op levensduur gericht ontwerp te gaan. We hebben daar echter nog geen innovaties of concepten gevonden.

In dit hoofdstuk willen we, vanuit circulariteit en de doelstellingen van innovA58 op dit gebied, de aandacht vestigen op ontwerpen van kunstwerken. Daar liggen kansen en er zijn een aantal innovaties die daarop inspelen.

#### **KUNSTWERKEN**

De echte grote stap vooruit bij het ontwerpen van kunstwerken gaat gezet worden als de optimalisatie op aanlegkosten wordt vervangen door optimalisatie op levensduurkosten (LCC). Dan krijgen allerlei aspecten die te maken hebben met een integraal, modulair, adaptief ontwerp ineens een kans. Zo zijn er al diverse ideeën in de markt voor kunstwerkontwerpen, waarbij er sprake is van hogere aanlegkosten, die zich in de levensduur terugverdienen. Dit kan zijn door minder onderhoudskosten, maar ook door een slim ontwerp dat zich eenvoudig (en tegen lagere kosten) laat aanpassen aan veranderende omstandigheden. Naast optimalisatie van levensduurkosten zouden dan ook optimalisatie van grondstof efficiëntie en milieu-impact (ook op totale levensduur) meegenomen kunnen worden. Uiteraard blijven de vereisten op het gebied van constructieve veiligheid onverminderd gelden. (Het zou zo kunnen zijn dat de geldende normen die de markt gebruikt voor constructieve veiligheid niet meer bruikbaar zijn, omdat ze opgesteld zijn vanuit het traditionele perspectief. Hier zou goed naar gekeken moeten worden en zo nodig moet er dan gewerkt worden met een aanpassing op de normen. Dit vraagt meer werk en brengt kosten met zich mee)

De keuze voor het optimale ontwerp wordt hiermee een stuk ingewikkelder. Ook worden de door de uitvragende partij te stellen uitgangspunten complexer. Er zijn ook op dit gebied pilots in de markt gaande en het zou voor InnovA58 interessant zijn om hier actief aan deel te gaan nemen vanuit de living lab omgeving.

Enkele innovaties op dit gebied die we hebben bekeken in deze studie zijn:

- Kunstwerken ontwerp in Ultra Hoog Sterkte Beton (UHSB), leidend tot vrijwel geen onderhoudskosten en op LCC bekeken een mogelijke reductie, en sterk verminderd materiaal gebruik en gereduceerde milieu-impact.
- Kunstwerk ontwerp in composiet materiaal, leidend tot vrijwel geen onderhoudskosten en op LCC bekeken een mogelijke reductie, en sterk verminderd materiaalgebruik. Studies naar gebruik van composiet in kleine bruggen heeft wel laten zien dat de milieu-impact kan toenemen bij gebruik van composiet brugdelen. Dit vraagt dus nog wel aandacht en mogelijk aanvullende innovaties.
- Design for disassembly. Door slim ontwerp is het kunstwerk deels of helemaal demontabel en de onderdelen en grondstoffen kunnen optimaal hergebruikt worden.



## 8 SALDO-0 BENADERING OP GELUID, NO<sub>x</sub> EN FIJNSTOF

InnovA58 kent een aantal voor mens en natuur kritische passages, waar de ambitie is om een saldo-0 benadering te hanteren. Dit wil zeggen behoud van het huidige niveau van impact en geen verslechtering, ook niet bij toekomstige verkeersbelastingen. Het gaat om bovenwettelijke maatregelen.

In deze studie is naar het startpakket innovaties gekeken met het oog op de potentie om met innovatieve maatregelen in InnovA58 daar waar nodig reducties op geluid, fijnstof en NO<sub>x</sub>, te kunnen behalen. In Tabel 25 is een overzicht gepresenteerd van de innovaties die zijn aangemerkt.

In deze studie is geen verder verdiepend onderzoek gedaan naar de effecten van innovaties op reductie van geluid, fijnstof en NO<sub>x</sub>, noch is NIBE hierin gespecialiseerd. Hier is enkel beoogd om uit de bestudeerde innovatie dossiers de kansen te duiden. Voor daadwerkelijke toepassing van de innovaties voor deze thema's zal aanvullende studie noodzakelijk zijn.

Innovatie	TRL	Geluid	fijnstof	NO <sub>x</sub>
Fijnstofzuiger/fijnstofmagneet	8		√	
Diffractoren	8	√		
LTA ZOAB	8	√		
Bos of ander groen	9		+/-	√
TiO <sub>2</sub> coating, bijv. op schermen	9			√
Green Wall	8	√	+/-	

Tabel 25. Overzicht van aangemerkte innovaties met potentieel op de thema's. √=bewezen impact; +/- =mogelijke impact

### 8.1 Innovaties reductie Milieuhinder:

Hieronder zullen de drie hinderfactoren ieder apart worden behandeld en de innovaties op elk gebied uit het voorlopig startpakket zullen worden toegelicht. Gezien het belang in InnovA58 van fijnstof en NO<sub>x</sub> en het beperkt aantal innovaties in het voorlopig startpakket op dit gebied is het aan te bevelen om aanvullend onderzoek te doen. Een interactie met de markt en de academische wereld op dit gebied zou aan te raden zijn als activiteit in het living lab.

#### 8.1.1 Geluid

Indien de wettelijke normen daar aanleiding toe geven is dubbellaags ZOAB de eerste maatregel waar naar gekeken wordt voor geluidreductie. Dubbellaags ZOAB is een goedgekeurde wettelijke maatregel en opgenomen in het Reken- en meetvoorschrift van de Wet Geluidhinder. Op dit moment zijn er nog geen andere stillere wegdekken opgenomen in het reken- en meetvoorschrift. Er is wel een aantal in potentie stillere wegdekken in ontwikkeling.

Volgens de DMC (doelmatigheidscriteria)-methode van de Wet Geluidhinder worden pas afschermingsmaatregelen genomen tussen bron en ontvanger als het wegdek onvoldoende geluidreductie oplevert of over te kleine afstand toegepast kan worden.. Hier is de mogelijkheid om uit vele soorten schermen te kiezen. Echter ook op afschermingsgebied wordt voortdurend geïnnoveerd.

In verband met de wettelijke normen die behoren bij wegverbreding dient InnovA58 uit te gaan van wettelijk goedgekeurde maatregelen. Vanuit de saldo- 0 ambitie voor kritische passages beoogt InnovA58 verder te gaan: daar waar ondanks wettelijke maatregelen toch een verslechtering van de akoestische situatie

plaatsvindt (2030 kan slechter zijn dan 2015 door toename verkeer), worden innovatieve maatregelen voorgesteld om met een bepaalde mate van zekerheid de milieusituatie voor de omgeving niet te laten verslechteren. In het kader van de innovatie-opgave dienen deze maatregelen dan wel te worden gemonitord.

Onder de onderzochte innovaties bevindt zich een product genaamd Diffractor. Dit product is onderzocht door adviesbureau M+P raadgevende adviseurs en uit het betreffende rapport volgt de conclusie dat de Diffractor in bepaalde omstandigheden een effectieve maatregel kan zijn om reductie van geluidoverlast aan te pakken. Met name in die omstandigheden waar (nog) geen wettelijke maatregelen nodig zijn of waar die in verband met planning voorlopig niet voorzien zijn en een tijdelijke maatregel gewenst is. Het onderzoek van M+P geeft aan dat voor toepassing in snelwegsituaties nog aanvullend onderzoek nodig is.

Een andere innovatie die in deze studie is bekeken en die potentie toont is LTA ZOAB. Dit is een techniek die in ontwikkeling is bij meerdere partijen. Bij de firma BAM is een specifieke techniek in ontwikkeling in het Europese onderzoeksprogramma LE2AP ([www.bamle2ap.nl](http://www.bamle2ap.nl)). Recentelijk zijn op de Infratech (2017) de eindresultaten gepresenteerd en één van de bevindingen (gemeten op één van de proefvakken) was dat er een opmerkelijk goede geluidprestatie is bereikt. Deze prestatie lijkt op het eerste gezicht ca 2 dB lager te liggen dan regulier dubbellaags ZOAB. De conclusies moeten met voorzichtigheid benaderd worden, maar het lijkt wel interessant om hier verder onderzoek naar uit te voeren.

### 8.1.2 Fijnstof

Op het gebied van het bestrijden van fijnstof zijn er in de onderzochte innovaties twee technologieën gevonden die mogelijk interessant zijn maar waar nader onderzoek voor de situatie rond de A58 voor nodig is: de fijnstofzuiger, fijnstofmagneet en beplanting.

De fijnstofzuiger is een recent gepresenteerde technologie, die door het filteren van grote hoeveelheden lucht fijnstof uit de luchtstroom weet te verwijderen. Het is nog onduidelijk hoe effectief de techniek is, het is wel duidelijk dat er een aanzienlijke installatie voor nodig is. Daarnaast heeft de firma BAM samen met de TU Delft (Bob van Ursem) een fijnstofmagneet ontwikkeld en toegepast in een recent project (Rotterdamsebaan). Er zijn dus enkele ontwikkelingen op dit gebied. Maar meer toepassing en meer onderzoek is nodig om duidelijk te krijgen welke prestaties kunnen worden geleverd door de systemen in praktijkomstandigheden.

#### Werking van beplanting als filter

De laatste jaren worden er met diverse soorten beplanting en beplantingsvormen als luchtfilter proeven gehouden. Naast bomen en heesters is uit onderzoek gebleken dat ook mos en vetplanten als sedum fijn stof kunnen opvangen en vasthouden.

Alterra meldt dat voor zover bekend fijn stof geen negatieve effecten heeft op planten. Uiteindelijk komt fijn stof terecht op de grond en wordt het geadsorbeerd aan bodemdeeltjes. Fijn stof zelf zal weinig schadelijk zijn voor het milieu. Organische verbindingen die aan het stof zijn geadsorbeerd, kunnen door in de bodem aanwezige micro-organismen worden afgebroken. Zware metalen echter zullen in de bodem accumuleren.

De binding van fijn stof door groenelementen is echter niet zodanig dat groenelementen ingezet kunnen worden ter bestrijding van fijn stof in Nederland. Groenelementen kunnen wel ingezet worden om de lucht te zuiveren op plaatsen die op of tegen de grenswaarden zitten, de zogenaamde 'hotspots'. De beplanting kan op deze plaatsen helpen het aantal dagen dat de grenswaarde wordt overschreden te verminderen.

Het nut van beplanting om gevoelige bestemmingen te beschermen tegen luchtverontreiniging door het verkeer is niet aangetoond. Wel is in studies vastgesteld dat de luchtkwaliteit in stadsparken in het algemeen beter is dan in de omliggende straten. Dit kan een indicatie zijn dat het aan te bevelen is om gevoelige bestemmingen in grotere groene gebieden aan te leggen met weinig emissies.

Figuur 16. Weergave conclusie effectiviteit beplanting op fijnstof, bron [www.groeneruimte.nl](http://www.groeneruimte.nl)

De andere techniek is beplanting. Er is al enkele jaren onderzoek gaande naar de effectiviteit van beplanting om fijnstof afkomstig van verkeer te binden. Hierboven is de conclusie weergegeven zoals die op de website [groeneruimte.nl](http://groeneruimte.nl) is gepresenteerd. In hoeverre langs de A58 'hot spot'-situaties optreden, is op dit moment van het voorliggend onderzoek niet bekend.

### 8.1.3 NO<sub>x</sub>

Op het gebied van NO<sub>x</sub> zijn we in de in deze studie onderzochte innovaties geen maatregelen tegengekomen die daar specifiek effectief op zijn. Echter uit algemene kennis en inzichten is bekend dat groen beplanting in staat is om NO<sub>x</sub> te binden. Welke beplanting het meest effectief zal zijn is afhankelijk van de specifieke locatie en wordt het best door een groenexpert bekeken. Naast beplanting is bekend dat er de laatste jaren Titaandioxide bevattende coatings zijn ontwikkeld, die onder invloed van zonlicht in staat zijn om NO<sub>x</sub> om te zetten in nitraatverbindingen. Hoewel in laboratorium bewezen effectief, blijkt het lastig om de effectiviteit van deze coatings in de praktijk goed vast te stellen, er zijn diverse studies gedaan, o.a. in Nederland met een product van Struyk Verwo Infra (<https://www.struykverwoinfra.nl/oplossingen-actuele-themas-or-lucht.html>). Het is mogelijk dat toepassen van Titaandioxide bevatten producten of coatings op het tracé van InnovA58 een positieve bijdrage kan leveren op locaties waar reductie van NO<sub>x</sub> gewenst is.

## 8.2 Toepassing van de innovaties binnen InnvoA58

In overleg met het projectteam InnvoA58 is gekeken naar twee voor de mens en natuur kritische passages binnen het project InnvoA58. Daarbij is gebruik gemaakt van wat op dit moment beschikbaar is aan informatie over milieueffecten van wegverbreding. De verkennende studie (MIRT) van Movares wees uit dat voor deze twee locaties het mogelijk zinvol is om saldo-0 ambitie met milieu-innovaties uit te werken. Belangrijk hierbij is op te merken dat de feitelijke berekeningen naar milieueffecten nog moet plaatsvinden in de OTB/MER planfase, daarom is nu van globale milieueffecten uitgegaan.

- Oirschot, met opgave op geluid, lichtinstraling en opgave luchtkwaliteit (fijnstof)
- Kampina en Oisterwijkse Vennen met opgave voor stikstof (NO<sub>x</sub>)

### 8.2.1 Oirschot

Bij Oirschot spelen diverse thema's een rol. Op gebied van geluid, lichtinstraling en luchtkwaliteit (NO<sub>x</sub>). Daarnaast spelen er ook overwegingen op gebied van inpassingswaarde en beleving, deze zullen apart worden toegelicht.

#### *Geluid*

Voor de situatie bij Oirschot geldt dat er nog een besluit moet worden genomen of de nieuwe brug aan de noord- of aan de zuidzijde zal komen. Deze keus heeft invloed op de geluidsopgave. Het startpakket innovaties geeft aan dat er 2 mogelijke innovaties zijn om op de situatie bij Oirschot te overwegen: diffractoren plaatsen en/of zeer geluidsarm asfalt aan de markt uitvragen; dit naast wettelijk goedgekeurde schermmaatregelen (wegkantschermen en middenberm-schermen).

Voor de diffractoren geldt dat deze voor toepassing in een snelwegsituatie nog aanvullend onderzoek vragen. Dat zou goed in het living lab van InnvoA58 uitgevoerd kunnen worden. Een idee is om de diffractoren te integreren met de nieuw te ontwerpen brug, met name als dit nieuwe deel aan de noordzijde geplaatst zal worden. Hoe de diffractoren geïntegreerd kunnen worden in het talud en/of de brug zou verder onderzocht moeten worden.

De tweede mogelijkheid is het uitvragen van een stuk asfalt met zeer goede geluidskwaliteiten. Aan de hand van wat er als resultaat getoond is uit de studie in het kader van LE2AP, is het goed voor te stellen dat met een

verbeterde ZOAB asfaltlaag een nog betere geluidsreductie te halen is dan normaliter met dubbellaags ZOAB. Dit is een nog niet bewezen techniek en het zou dan ook als onderzoeksproject geplaatst kunnen worden in het living lab van InnovA58.

Een aspect dat ook voor geluid bijdraagt is het geluid dat door de voegovergangen van de brug geproduceerd wordt. Hoewel van minder belang, draagt het wel bij. Voor voegovergangen zijn er in de markt diverse oplossingen beschikbaar die minder geluid (en minder onderhoudskosten) leveren. Het is een overweging om voor de situatie bij Oirschot voegloze overgangen te onderzoeken voor de brug. Door experts wordt hierbij de mogelijkheid genoemd om in voegloze overgangen wellicht self healing asfalt als innovatie te overwegen, als veiligheidsmaatregel tegen mogelijke versnelde veroudering of schuurvorming in het asfalt bij de voegloze overgang. Het is een kans om in het kader van InnovA58 de toepassing van self healing asfalt in voegloze overgangen voor de brug bij Oirschot te onderzoeken. Self healing asfalt voor de complete deklaag op de A58 is nog niet als voldoende marktrijp beoordeeld voor de aanlegfase (vanaf 2020).

#### *Luchtkwaliteit (fijnstof)*

Bij Oirschot is er tevens sprake van een mogelijke opgave op gebied van luchtkwaliteit. De ligging van Oirschot en het groene karakter van de omgeving lijken een goede kans om de verbetering op gebied aan luchtkwaliteit te zoeken in aanplanting van extra groen in combinatie met schermmaatregelen en niet zozeer in maatregelen als de fijnstofzuiger of fijnstofmagneten. Een innovatie als de Green Wall is hier dan wellicht een goede mogelijkheid. Deze goedgekeurde geluidswerende constructie met groen karakter past goed in de omgeving en wellicht heeft het een positieve werking op de luchtkwaliteit.

#### *Lichthinder vanaf hooggelegen viaduct*

Voor de kanaalpassage in Oirschot treedt, vanwege de hoge ligging dicht op de bebouwing, overlast op door de verlichting van de weg. Mogelijk kan de toepassing van dimbare ledverlichting in het project hier een kans bieden om op dit punt ook een verbetering te bereiken. Dit kan al of niet in combinatie met een lichtbelijningsvoorziening in de randen van het kunstwerk (tevens bijdrage aan verkeersveiligheid voor weggebruikers).

#### *Inpassing en belevingswaarde*

Wellicht kan het toepassen van het Natuurpuntensysteem, zoals het is door ontwikkeld in het platform BEE, een bijdrage leveren aan het specifiek verhogen van de natuurwaarden en compensatie-opgave voor de wegverbreding. Het Natuurpuntensysteem maakt de kwaliteit in habitat-typen kwantificeerbaar. Het systeem is nog in ontwikkeling, maar vraagt om pilotprojecten. Wellicht kan InnovA58 hier in het kader van het Living Lab aan bijdragen.

### **Kampina en Oisterwijkse Vennen**

De bijdrage van verkeer aan de Stikstofbelasting van deze 2 gebieden is relatief beperkt ten opzichte van de achtergrondbelasting. Het is ook de verwachting dat de NO<sub>x</sub>-belasting in de toekomst afneemt door elektrificatie van aandrijving van verkeer (autonome ontwikkeling). Desalniettemin is in de MIRT verkenningsfase (Movares) vastgesteld dat de gebieden gevoelig zijn voor stikstofbelasting (met name ook door de al hoge achtergrond belasting).

De Programmatische Aanpak Stikstof (PAS) moet voorkomen dat de natuurdoelstellingen in de gebieden niet gehaald worden, dit door een generiek maatregelenpakket in combinatie met een stikstofquotering per gebied. De verkenning gaf aan dat het project net binnen deze quotering kan blijven. Het verkennen van extra maatregelen die de stikstofdepositie beperken, kan daarom gezien worden als een beheersmaatregel voor een risico dan wel een extra bijdrage aan een betere milieukwaliteit.

Indien InnovA58 een bijdrage wil leveren, dan lijkt de meest gepaste oplossing de aanplanting van groen. Hier zijn dan diverse mogelijkheden. Aanplanten van groen kan tevens bijdrage aan de compensatie van de CO<sub>2</sub>

footprint in het kader van de doelstelling om tot energie (CO<sub>2</sub>) neutraal beheer en onderhoud te komen in InnovA58.

De snelwegtracés langs Kampina en Oisterwijkse Vennen en het Ulvenhoutse bos zouden tevens onderzocht kunnen worden op de mogelijkheden om titaandioxide coatings aan te brengen op objecten.





## 9 CONCLUSIE EN ADVIES

### 9.1 Conclusie met betrekking tot haalbaarheid doelstellingen

De voor deze studie te toetsen doelstellingen en de conclusies zijn:

#### 1. Reductie van 30% in CO<sub>2</sub> footprint voor de aanlegfase

Lijkt goed haalbaar, bij preciezer materialiseren van het referentieontwerp is een aanscherping van de conclusie mogelijk. Verschillende innovaties bieden aanvullende kansen en zouden in het living lab verder onderzocht en, waar mogelijk, versneld tot ontwikkeling gebracht kunnen worden.

#### 2. CO<sub>2</sub> neutraal Beheer en Onderhoud

Is zeker haalbaar, het project biedt voldoende mogelijkheden voor opwekking van elektriciteit of compensatie met aanplanting van groen. Ook financieel heeft dit een positieve impact (alleen met zonne-energie onderzocht).

#### 3. Reductie van 20% op Life Cycle Cost (LCC) voor Beheer en Onderhoud

Uitdagende, maar waarschijnlijk wel haalbare doelstelling. De ontwikkelingen op het gebied van Levensduur Verlengend Onderhoud (LVO) van asfalt zijn doorslaggevend. De huidige stand van inzicht geeft voldoende aanleiding voor de positieve conclusie.

#### 4. Eén of twee hoofdmateriaalstromen circulair in zowel aanlegfase als Beheer en Onderhoud

Alle drie de hoofdmateriaalstromen (beton, asfalt, metalen) bieden ruimte om op grondstof efficiëntie in aan- en afvoer van het project een hoge mate van circulariteit uit te vragen. Uitvragen op 100% is aan de aanvoerszijde van het project technisch niet mogelijk voor beton en asfalt, echter wel mogelijk voor geleiderail (portalen moet nog onderzocht worden). Aan de afvoerszijde is het mogelijk om garantie van hoogwaardig hergebruik van de materialen als criterium mee te nemen. Met name beton biedt een kans om met aanbieden van ruimte op het werk voor innovatieve scheidingstechnieken en inzet van de materialen terug in het project, de markt een kans te bieden voor optimalisatie van grondstofgebruik.

#### 5. Saldo-0 benadering op geluid, fijnstof en NO<sub>x</sub> voor mens en natuur kritische passages

De innovaties bieden een beperkt aantal aanknopingspunten om, op de voor mens en natuur kritische passages in het tracé, aanvullende maatregelen te treffen. Verder onderzoek, bijvoorbeeld in de living lab omgeving, is nodig.

Het resultaat laat zien dat, als de markt met de gekozen doelstellingen wordt uitgedaagd, het goed mogelijk is dat er een snelweg komt met dimbare LED verlichting, zonnepanelen, renovatie geleiderail, een STAB laag met hoog recycling en lage temperatuur ZOAB of OPA8 voor de deklaag. Verjongingsmiddelen zorgen voor verlengde levensduur van asfalt. Al met al geeft dit een heel traditioneel snelweg beeld, dus op het eerste oog lijkt er niet veel veranderd (alleen de LED en zonnepanelen zijn een zichtbare verandering).

Het is aan te bevelen meer zichtbare innovaties te overwegen, zoals nieuw portaal ontwerp, biobased vangrail, houten kunstwerken of kunstwerken uitgevoerd in composiet of Ultra Hoog Sterkte Beton, geluidschermen met dubbele functie of uitgevoerd in Miscanthus beton of bijvoorbeeld een Green Wall. Deze meer gezicht bepalende innovaties zijn in deze studie uiteindelijk niet in de voorkeur uitvoering gekomen, doordat of de impact klein is of de innovaties naar verwachting in 2020 nog niet marktrijp zijn. In de volgende paragraaf

worden innovaties met voldoende impact, maar die nog niet marktrijp zijn, overwogen voor opname in het living lab van InnovA58 om de ontwikkeling te helpen versnellen. Innovaties met relatief weinig impact, maar wel van invloed op de beeldkwaliteit van de snelweg, zouden vanuit het oogpunt van beeldkwaliteit apart overwogen kunnen worden om het karakter van een innovatieve weg te helpen ondersteunen.

### 9.1.1 Invloed van de referentie op de conclusie

Zoals eerder aangegeven is de door Rijkswaterstaat aangeleverde kostenraming als referentie gebruikt, hieruit is de materialisatie van het project teruggerekend en hiermee is de referentieberekening in DuboCalc opgebouwd. Er is voor gekozen de referentie voor kosten en voor milieu-impact geheel gelijk te houden.

Het grote aandeel van geleiderail in de referentie is ongebruikelijk en komt door de aanname in de kostenraming om alle geleiderail te vervangen. Bij verdere detaillering van het ontwerp en daarmee ook de referentie zal dit waarschijnlijk neerwaarts worden bijgesteld. Daarmee zal de impact van innovaties op dit onderdeel ook afnemen. Deze zijn nu van significante invloed op de conclusie of de doelstelling van 30% reductie in aanlegfase haalbaar is.

De aanvoerafstand voor het zand staat in de kostenraming op 10 kilometer en is gebaseerd op de gedachte dat het zand via de kanalen dichtbij het werk kan komen. Transport over water, dat hieraan vooraf zal gaan, is in de raming niet meegenomen. Tabel 26 laat de gevoeligheid zien van de referentieberekening voor de transportafstanden voor zand en grond. Indien in de referentie met de forfaitaire afstanden was gerekend, was de relatieve bijdrage van zand en grond in de berekening groter geweest, en waren de relatieve bijdragen van innovatieve maatregelen (geen van allen op zand), allemaal kleiner geweest. Ook dit zou van invloed zijn op de conclusie of de doelstelling van 30% reductie in de aanlegfase haalbaar is.

	Afstanden VKA [kg CO <sub>2</sub> ]	forfaitair [kg CO <sub>2</sub> ]
Ijsselmeerzand, aanvoer	21.321.026	68.132.340
Ijsselmeerzand, afvoer	2.753.014	3.881.907
Werk met werk maken: zand (wegenbouw)	6.578.827	8.682.306
Overige	77.779.839	77.779.839
	<b>108.432.706</b>	<b>158.476.393</b>

Tabel 26. CO<sub>2</sub> bijdrage van zand- en grondcomponenten in de referentieberekening, bij gebruik van de projectafstanden (VKA) en bij gebruik van forfaitaire afstanden, zoals in DuboCalc aangegeven. Forfaitair geeft een toename van 46,2% van de CO<sub>2</sub>-uitstoot voor de aanlegfase.

## 9.2 Adviezen voor verdere studie in de living lab omgeving:

InnovA58 heeft een eigen living lab, waarin innovaties kunnen worden onderzocht, getoetst of ontwikkeld. In deze studie wordt op verschillende plekken het advies gegeven om innovaties op te nemen in het living lab. Hieronder worden deze nogmaals opgesomd, met vermelding van de paragraaf in deze studie waar ze zijn beschreven en vervolgens ieder kort toegelicht:

1. Studie naar Portalen (paragraaf 6.1.1)
2. Kunstwerken ontwerpen op optimalisatie kosten via LCC (paragraaf 7.2.2.)
3. LTA ZOAB (paragraaf 6.1, deklagen)

4. Zand en grond, studie naar kansen met de regio's voor depots en synergie met lokale projecten (paragraaf 6.1.1.)
5. Slim breken van beton, sector heeft behoefte aan proefproject(en) (paragraaf 7.2)
6. Diffractoren (o.a. voor toepassing rond de nieuwe brug Oirschot) (paragraaf 8.2.1)
7. Self healing asfalt in voegloze overgangen, mogelijke toepassing in de nieuwe brug bij Oirschot (paragraaf 8.2.1)
8. Onderzoek naar aanvullende innovaties op gebied van fijnstof en NO<sub>x</sub> (paragraaf 8.1)

### **Studie naar Portalen**

Zoals in paragraaf 6.1.1. beschreven lijkt een studie naar mogelijkheden voor geoptimaliseerd ontwerp van portalen kansrijk. Zowel de inzet van andere materialen dan Roestvrij Staal, als ook Levensduur Verlengend Onderhoud zouden kansen kunnen bieden voor een optimalisatie zowel op kosten (LCC) als ook milieu-impact. InnovA58 is een project met relatief weinig inzet van nieuwe portalen. Dit is misschien juist een kans, om met relatief beperkt risico, binnen 1 projectomgeving, een proef te organiseren voor portaal ontwerp optimalisatie.

### **Kunstwerken ontwerpen op optimalisatie kosten via LCC**

Zoals in paragraaf 7.2.2. beschreven zou een proef met een nieuwe ontwerpssystematiek, gericht op optimalisatie over de gehele levensduur, interessant en kansrijk zijn. Door gericht de focus te leggen op optimalisatie van prestaties over de gehele levensduur, zouden aspecten als aanpasbaarheid en design for disassembly hun potentieel kunnen tonen.

### **LTA ZOAB**

In paragraaf 6.1 wordt bij deklagen de ontwikkelingen op het gebied van laag temperatuur asfalt voor deklagen beschreven. Hierbij is er een ontwikkeling gaande waarbij door aanpassingen aan het productieproces van asfalt, zowel de kwaliteit als de milieuprestatie van het product sterk worden verbeterd. Deze aanpassingen vragen een aanzienlijke investering en het is dus de vraag hoe de sector ertoe kan worden bewogen om deze investeringen op zich te nemen. Het living lab van InnovA58 en het project zelf, bieden wellicht een kans om in dialoog met de sector deze ontwikkeling te versnellen.

### **Zand en grond**

Gezien de beschikbare tijd tot aanbesteding en de mogelijkheid om in het living lab onderzoek te doen, lijkt het een mogelijkheid om nu al een verkenning uit te voeren met de regio's naar synergie en optimalisatie mogelijkheden voor het tijdelijk opslaan van grond en zand ten behoeve van InnovA58. Deze mogelijkheden zouden dan bij aanbesteding aan de markt kunnen worden aangeboden.

### **Slimbreken van beton**

Gezien de inspanning in de sector om tot verbeterde scheidingsmethoden voor beton te komen zou het een mogelijkheid zijn als InnovA58 een praktijkomgeving aanbiedt om met deze technieken een grootschalig experiment uit te voeren. Of dit tegen de tijd dat InnovA58 in uitvoering gaat nog steeds geldt zal dan wel goed bekeken moeten worden. In de combinatie van ruimte voor nieuwe scheidingstechnieken (op het werk) en toepassing van hogere percentages granulaat in geselecteerde toepassingen zit een mogelijkheid om hier door slim te kiezen ook een kostenvoordeel te realiseren. De markt kan dit wel invullen. InnovA58 zou in de uitvraag hier ruimte voor kunnen bieden.

### **Diffractoren**

Zoals in paragraaf 8.2.1. beschreven zou de inzet van een vernieuwende techniek als diffractoren mogelijk een oplossing kunnen bieden voor de problematiek rond geluid op een aantal locaties op het tracé. Locatie Oirschot wordt als voorbeeld genoemd. Inzet van het living lab in InnovA58 biedt in deze een unieke kans. De technologie rond diffractoren zou doorontwikkeld kunnen worden voor toepassing rond een snelweg. En de case Oirschot biedt de kans om voor deze locatie een uitvraag te overwegen voor een specifiek saldo-0 ontwerp voor de brug

over het Wilhelmina kanaal, waarin alle lokale omstandigheden optimaal worden meegenomen, in combinatie met inzet van diffractoren als innovatieve maatregel.

### Self healing asfalt in voegloze overgangen

Self healing asfalt wordt in deze studie zelf niet meegenomen, omdat het niet op tijd beschikbaar is voor toepassing in de aanlegfase van InnovA58. Echter, er is al enige ervaring in de praktijk opgedaan met de techniek, de kans die nu is genoemd is de toepassing van deze innovatieve maatregel in combinatie met een voegloze overgang. Wederom betreft het hier een maatregel die genoemd is door experts ter overweging op locaties waar aanvullende innovatieve maatregelen voor geluid gezocht worden (case Oirschot). In het living lab zou in eerste instantie in dialoog met marktpartijen onderzocht kunnen worden of dit idee waardevol genoeg is om te onderzoeken. En zo ja, dan zou het living lab de praktijkomgeving kunnen bieden om hier dan ook daadwerkelijk testen mee uit te voeren.

### Aanvullend onderzoek op gebied van fijnstof en NO<sub>x</sub>.

In het voorlopig startpakket innovaties zijn weinig innovaties beschikbaar die aangrijpen op de thema's fijnstof en NO<sub>x</sub>. Gezien het belang in het project lijkt het raadzaam een inspanning te doen om de mogelijkheden op dit gebied verder te verkennen.

## 9.3 Effectief aanbesteden op milieuprestatie en LCC

Om de doelstelling van InnovA58 uiteindelijk te realiseren zal het effectief in een aanbestedingsvorm moeten worden uitgevoerd. Hierbij kunnen nu al een aantal zaken in overweging worden genomen.

### 9.3.1 MKI of CO<sub>2</sub>

De praktijk is dat milieuprestaties in aanbestedingen van Rijkswaterstaat via DuboCalc worden berekend en worden uitgedrukt in de Milieu Kosten Indicator (MKI). De impact op klimaatverandering, uitgedrukt in kg CO<sub>2</sub> eq., is onderdeel van de MKI, naast een aantal andere milieueffecten. In Tabel 27 wordt getoond hoe de impact van de beoordeelde innovaties uit paragraaf 6.1 (aanlegfase) zich verhoudt, indien gewerkt zou worden met de MKI in plaats van CO<sub>2</sub>.

Innovatie	CO <sub>2</sub>	MKI
Agrax tpv knooppunten	1,3%	1,7%
OPA 8	0,6%	4,5%
LTA ZOAB	11,7%	11,9%
LTA STAB	5,1%	5,2%
STAB met 'gereinigde granulaten'	2,1%	5,4%
RENORAIL	7,8%	10,5%
Houten vangrail	15,0%	14,4%
Zigzag scherm	0,03%	0,02%

Tabel 27. Overzicht van de impact van aangemerkte innovaties bij gebruik van CO<sub>2</sub> of MKI als criterium

Tabel 27 laat zien dat de impact van vrijwel alle innovaties bij gebruik van MKI als indicator hoger is dan bij gebruik van CO<sub>2</sub> als indicator. Alleen bij de houten vangrail en het zigzag scherm is dit andersom. De effecten kunnen soms aanzienlijk zijn. Dit hangt samen met de verhouding tussen MKI en CO<sub>2</sub> in de verschillende innovaties, maar ook in de referentieberekening. Het algemene beeld dat deze vergelijking geeft, is dat de innovaties die specifiek inspelen op het verlagen van het energieverbruik op CO<sub>2</sub> beter scoren en de innovaties die meer inspelen op hergebruik van grondstoffen beter op MKI.

### 9.3.2 DuboCalc

Een groot deel van de gebruikte milieuprofielen in deze studie zijn (nog) niet beschikbaar in DuboCalc. Een goede referentieberekening opstellen, voor bijvoorbeeld de aanbesteding, is dan niet eenvoudig en vraagt toegang tot meer profielen. Daarnaast zijn veel profielen in DuboCalc nog categorie 3 data (merkongebonden data, niet getoetst), deze categorie krijgt een 30% opslag. Voor het stellen van een referentie voor de aanbesteding is gebruik van categorie 3 data een risico. Indien het categorie 3 profiel (bevat doorgaans een hogere mate van onzekerheid) al hoog uitvalt en daar een 30% opslag op krijgt, dan is het verschil bij inschrijving en vervanging door categorie 1 (merkgebonden data, getoetst) of 2 (branche data, getoetst) soms heel groot. Het kan echter ook andersom uitpakken. Het is de onzekerheid in de categorie 3 data, die het probleem vormt om een efficiënte referentiewaarde te stellen voor een aanbestedingscriterium.

Tabel 28 laat het relatieve aandeel zien van categorie 2 en 3 data in de referentieberekening voor het VKA van de A58. Dit laat zien dat altijd nog 53% van de milieu-impact van het project in de referentieberekening met een categorie 3 profiel wordt berekend. De opslag op deze categorie betreft uiteindelijk 12% van het totaal. Dit kan worden gezien als maat voor de onzekerheid, die in deze categorie data zit. Het is niet zonder meer gezegd dat bij vervangen van deze data door categorie 1 of 2 data, deze 12% als reductie gehaald zal worden.

Als voorbeeld is in deze studie in eerste instantie gewerkt met categorie 3 data voor een aantal asfalt componenten. Gedurende de studie kwamen categorie 2 data beschikbaar. Bij het vervangen van de categorie 3 data (inclusief 30% opslag) door deze categorie 2 data bleef het resultaat gelijk. In dit geval had de onzekerheid in de categorie 3 data dus tot gevolg dat de milieu-impact in deze data werd onderschat. De 30% opslag zorgde ervoor dat het eindresultaat toevallig redelijk in de buurt kwam van de categorie 2 data. De data kwaliteit is dus bij gebruik van de nieuwe data toegenomen en de onzekerheid in de berekening is afgenomen. Dit heeft dus tot een betrouwbaardere referentiewaarde geleid.

#### Verdeling CO<sub>2</sub>-uitstoot

	kg CO <sub>2</sub> (incl. categorie opslag)	aandeel	kg CO <sub>2</sub> (excl. categorie opslag)
Categorie 2	51.191.675	47%	51.191.675
Categorie 3	57.241.031	53%	44.031.562
	<b>108.432.706</b>		<b>95.223.237</b>

Afname 12%

Tabel 28. Overzicht van aandeel aan categorie 2 en 3 profielen in de referentieberekening, uitgedrukt in de relatieve bijdrage aan de CO<sub>2</sub> footprint van het VKA.

Het is aan te bevelen als Rijkswaterstaat een oproep aan de markt zou doen om meer categorie 2 data beschikbaar te maken in de Nationale Milieu Database (en daarmee in DuboCalc). Indien de markt hier niet direct toe geneigd zou zijn in bepaalde sectoren, lijkt het in het belang van Rijkswaterstaat om dan te overwegen (mede)financier te worden van de inspanning om categorie 2 data op te laten stellen. Hoe meer categorie 1 en 2 data Rijkswaterstaat kan (laten) gebruiken om haar referentiewaarde voor aanbesteding op te stellen, hoe betrouwbaarder deze worden.

### 9.3.3 Eerst reduceren dan compenseren

Een CO<sub>2</sub>-neutraal beheer en onderhoud kan ten alle tijden worden bereikt door te compenseren door middel van opwekking. Binnen Rijkswaterstaat is men zich ervan bewust dat ruimte een schaars goed is, zeker in

Nederland waar de bebouingsdichtheid hoog is. Om niet meer ruimte te gebruiken dan noodzakelijk, is allereerst gezocht naar innovaties die de CO<sub>2</sub> uitstoot in de B&O fase reduceren. Het is aan te bevelen om in een latere aanbesteding binnen het EMVI criteria voor een CO<sub>2</sub> neutrale B&O fase een sub-criteria op te nemen dat reduceren van de CO<sub>2</sub> uitstoot afdwingt. Het compenseren met wind- of zonne-energie is namelijk zeer kostenefficiënt, waardoor de incentive om te reduceren minder groot zal zijn bij marktpartijen dan RWS wenst.

#### **9.4 Rijkswaterstaat en energieopwekking**

Rijkswaterstaat hanteert als uitgangspunt, dat er zelf niet meer energie zal worden opgewekt dan het eigen gebruik. Als dit op projectniveau zou worden gehanteerd, zou dit betekenen dat compensatie van het embedded deel van de CO<sub>2</sub> footprint in de beheer- en onderhoudsfase niet door opwekking met zonnepanelen of windmolens zou kunnen worden gecompenseerd. Dan zou alleen compensatie met groen aanplanting overblijven.

Mogelijk wordt het uitgangspunt om geen netto opwekker te willen zijn over de hele organisatie bekeken. Dan biedt InnovA58 juist een kans om door extra opwekking een deel van het gebruik van andere organisatie onderdelen te dekken.

Een andere mogelijkheid is om in overleg met de regio's te zoeken naar kansen om de door het project geboden ruimte voor extra opwekking, te combineren met lokale behoeften aan groene elektriciteit.

Indien het totale verbruik uit de beheer- en onderhoudsfase met eigen opwekking door middel van panelen wordt gecompenseerd, heeft dit impact op de LCC analyse van InnovA58. De Contante Waarde van zonnepanelen bij verbruik LED-dim-lamp verandert dan van -€ 2.9 M in -€ 14.3 M, ofwel van -3,0% naar -8,0%. Het totale percentage reductie op LCC in het basis scenario verandert dan van -11,4% naar -16,4%. De totale besparing op investeringskosten loopt terug van -€5.6 M (-2,5%) naar -€ 1.4 M (-0,6%) doordat er meer panelen aangeschaft dienen te worden. Deze investering wordt ruimschoots gecompenseerd door opbrengsten tijdens de periode van beheer en onderhoud.

## 10 GERAADPLEEGDE LITERATUUR

1. Beleidsnotitie Diffraactor: een veelbelovende innovatie voor het hoofdwegenet?, M+P raadgevende ingenieurs BV, nov 2014
2. Info-blad 10.4, Titan Wood BV, project Bruggen Sneek, Accoya, [www.accoya.info](http://www.accoya.info)
3. Beschrijving standaard RWS verkeerskundige draagconstructies, VDC 2011-001, versie 2.0, 22 maart 2012
4. Geluidschermen "Best Practice" berekeningen, Bouwend Nederland, werkgroep verslag, 2010
5. LCA resultaten van geleiderails, 2.B95.1, CE Delft, nov 2014
6. Update prioritering handelings-perspectieven verduurzaming betonketen 2016, CE Delft, 2016
7. Eco HRB, beter milieuprofiel en gunstige sterkteontwikkeling, [www.cementbouw.nl](http://www.cementbouw.nl), CMB 161109 EcoHRB-1.pdf
8. LCA Achtergrondrapport Nederlandse Asfalt Industrie, vakgroep Bitumineuze werken, Bouwend Nederland, nov 2016
9. Vergelijkende LCA studie bruggen, Beco, september 2013
10. Richtlijnen Ontwerpen Kunstwerken ROK 1.3, Rijkswaterstaat, 2015
11. Massief samengestelde oplossingen volstortliggers SJP & SJP FLEX, Spanbeton, [www.spanbeton.nl](http://www.spanbeton.nl)
12. Railbalkoplossingen ZIP & ZIPXL, Spanbeton, [www.spanbeton.nl](http://www.spanbeton.nl)
13. LCA en MKBA van onderhoud ZOAB+ wegverhardingen met LVO-middelen, TNO, 2012.
14. LCA OPA8 (vertrouwelijk), Ooms Civiel
15. Wijzer met LCA, betonvereniging en cement & betoncentrum, 2011



## BIJLAGE A. LIJST MET GEBRUIKTE AFKORTINGEN

2L ZOAB	dubbellaags ZOAB
AC	Asfalt Constructie
AGRAC	Asfaltgranulaat cement stabilisatie
B&O	Beheer en Onderhoud
BEE	Biodiversiteit, Ecosystemen & Economie
C-ITS	Cooperative Intelligent Transport Systems
CW	Contante Waarde
DVM	Dynamisch Verkeersmanagement
GWW	Grond-, Weg- en Waterbouw
ihwg	in het werk gestort
LAP2	Landelijk Afval Plan 2
LCA	Levens Cyclus Analyse
LCC	Life Cycle Costing
LED	Light Emitting Diode
LTA	Lage Temperatuur Asphalt
LVO	Levensduur Verlengend Onderhoud
MIRT	Meerjarenprogramma Infrastructuur, Ruimte en Transport
MKI	Milieu Kosten Indicator
NMD	Nationale Milieu Database
OPA	Offenporiger Asphalt
PR	Partiele recycling
PV	Photo Voltaic
RSL	Reference Service Life
RWS	Rijkswaterstaat
SBK	Stichting Bouwkwaliteit
SSK	Standaard Systematiek voor Kostenramingen
STAB	Steenslagasfaltbeton
TRL	Technology readiness Level
UHSB	Ultra Hoge Sterkte Beton
VKA	Voorkeursalternatief
WIM	Weigh-in-motion
ZOAB	Zeer Open Asphaltbeton

## BIJLAGE B. LIJST MET AANNAMES

aanname	omschrijving	detail
Duur beheer en onderhoudfase	3jaar aanleg en 100jaar exploitatie	
ontwerp portaal	tabel met hoeveelheden van RWS gebruikt	gemiddelde genomen van 25 en 50 meter variant van combi portaal
ontwerp portaal	milieubijdrage signaalgevers verwaarloosd	120 kg/st, materialisatie onbekend
keuze prefab liggers	uit lijst van gebruikte liggers gemiddelde gekozen	liggers lopen uiteen. Van ZIP serie ontwerpdetails gebruikt. ZIP500-1500, gemiddelde eigen gewicht van 12 kN/m aangenomen en wapening 200 kg/m <sup>3</sup> , beton C60/75
opbouw wegpakket	standaard opbouw wegpakket gekozen in overleg met kostenpool, op basis van raming	30 cm betongranulaat, 24,9 cm STAB (0/16), 2 laags ZOAB, 2,5 cm (4/8) en 4,5 cm (0/16)
Hoeveelheden aan en afvoer zand	Hoeveelheden zijn gelijkgesteld aan kosten ramingen van het VKA	Aanvoer en afvoer hoeveelheden aangeleverd door Rensly Felipa (PPO), uit IBIS Calculatie A58 E-T A-G V20150421
Transport aan- en afvoer zand	Afstand is in afwijking op de forfaitaire afstanden in DUBOCalc. De afstanden zijn gelijk aan kostenraming van het VKA	Toevoer zand = 10km en afvoer zand = 40km,
grond hergebruik 100%	alle grond die wordt ontgraven wordt elders in het project gebruikt	
Uitbreiding wegvlakken	Hoeveelheid gelijkgesteld aan kostenraming	91.085 m <sup>2</sup> ipv 85.511 m <sup>2</sup> voor A-G en 170.457m <sup>2</sup> i.p.v. 146.018m <sup>2</sup>
Werk voor werk	Afstand werk voor werk gesteld op 15 km ipv 25km in DUBOCalc obv kostenraming	Zichtbaar in calculatie IBISCalc voor kunstwerken
Weg Eindhoven-Tilburg	T=0 opgenomen, vervangen toplaag toegevoegd aan Eindhoven-Tilburg	Aanname kostenraming overgenomen
Verlichting	Gelijkgesteld aan kostenraming	Elke 60 meter mast van 15 meter hoogte
Vluchtstrook	huidige vluchtstrook qua fundering geschikt als rijbaan	
LTA	LTA geen negatief effect op levensduur.	
zigzag scherm	zelfde LCC kosten als conventioneel	
AGRAC	Cement in AGRAC staat in Dubocalc op CEM I, even zo aangehouden	
AGRAX	percentage secundair bindmiddel gelijkgesteld aan CEM % in AGRAC	
AGRAC	dichtheid AGRAC 2000 kg/m <sup>3</sup> aangehouden	van belang voor omrekening van ton naar m <sup>3</sup> in dubocalc
LTA ZOAB	LTA ZOAB heeft een 51% lagere CO <sub>2</sub> uitstoot dan conventioneel	
Biobased asfalt	40% van de bitumen wordt vervangen voor Lignine	AC bin/base 50% PR bevat 20kg/ton nieuwe bitumen, 2L-ZOAB toplaag bevat 52 kg/ton en 2L-ZOAB bevat 40kg/ton.
Lignine	Lignine is een afvalproduct	Lignine is een afvalproduct bij de productie van papier pulp en heeft geen economische waarde. Het milieuprofiel van Lignine is derhalve op 0 gesteld.
Asfalt	Milieuprofielen uit het brancherapport van november 2016 zijn gehanteerd.	Processen voor de constructiefase zijn overgenomen uit DUBOCalc v4.0, deze zijn geen onderdeel van het branche rapport uit november 2016.
Soortelijk gewicht Asfalt	Gelijk gesteld aan uitgangspunten in DUBOCalc	Voor de branche data en producent specifieke data die niet in DUBOCalc v4.0 zijn opgenomen zijn de soortelijke gewichten uit DUBOCalc gehanteerd, tenzij specifiekere (vertrouwelijke) informatie beschikbaar is.
Energieverbruik A58	Energieverbruik VKA obv gemeten energieverbruik/profielen en expertopinions	Uitgangspunt is het gemeten verbruik over 2015, aangeleverd door Rudy van Mierlo. Energievraag verlichting, signalering en overige o.b.v. gemeten verbruikprofielen nov 2016 welke zijn aangeleverd door Rudy van Mierlo. Energieverbruik VKA o.b.v. toename inschatting gemaakt door Willem Zandvliet.
Energieopwekking PV	Opwekking o.b.v. NEN7120	140 kWh/m <sup>2</sup> bij een Wp = 155/m <sup>2</sup> gericht op zuid onder 36 graden.
Energieopwekking Urban Turbine	Gemiddelde opbrengst obv testlocatie Zeeland (Scharendijke)	Gemiddelde Skystream (2.532kWh) en Montana (2.193kWh)
Energieopwekking Wind Turbine	Gemiddelde opbrengst obv informatie RVO	2.000 MWh/Mw (gemiddelde 1.800 en 2.200 vollasturen). <a href="http://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/duurzame-energie-opwekken/windenergie-op-land/techniek/opbrengst">http://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/duurzame-energie-opwekken/windenergie-op-land/techniek/opbrengst</a>
Renorail	LCA resultaat van het rapport is aangepast. Gehanteerd Eindelevensduurscenario (module D) niet correct en niet conform de SBK Bepalingsmethode.	Vermeden staalproductie was gebaseerd op een nieuwe vangrail. Omdat de vangrail 100% hergebruikt wordt is het primaire aandeel 0% en is er geen vermeden productie van staal bij recycling of hergebruik van de renorail
Houten vangrail	Azobe en Angelim gebaseerd op milieuprofiel houten damwanden	Houtsoorten zijn niet aanwezig in DUBOCalc of de NMD als afzonderlijke houtprofielen. Derhalve m3 azobe en m3 angelim van de houten damwanden gehanteerd inclusief energieverbruik, etc. Aanname is dat de bewerkingen en aanleg eenzelfde hoeveelheid energie vragen als de houten vangrail.
Embedded CO2 opwekkingsmiddelen	Meest gelijkende processen uit Ecolvent 2.2 gehanteerd.	Voor windenergie is het proces 'Electricity, at wind power plant/RER U' gehanteerd en voor PV-cellen het proces 'Electricity, PV, at 3kWp flat roof installation, single-Si/CH U'. Door te kiezen voor het proces met een plat dak ipv hellend dak i.v.m. de onder constructie die nodig is voor een platdak.
Verjongingsolie	SBK verjongingsolie' uit Basisprocessen database NMD gehanteerd.	Omdat het categorie 3 data uit de NMD betreft is een ophogingsfactor van 30% gehanteerd. Verbruik is vastgesteld o.b.v. een vertrouwelijk rapport.

## BIJLAGE C. LIJST MET GERAADPLEEGDE EXPERTS

naam	onderwerp
Rob Hofman (RWS)	asfalt en fundering
Evert Schut (RWS)	Circulariteit
Arthur van Dommelen (RWS)	asfalt en fundering
Rudy van Mierlo (RWS)	energie
Alex Kamst (RWS)	energie
Rik Jonkers (RWS)	Zonnepanelen
Ernst Menten (RWS)	energie
Johan Roelandschap (RWS)	energie
Arjan Schaareman (RWS)	VDC
Berwich Sleur (Boskalis)	STAB met TAG
Anne Koudstaal (KWS)	plasticroad
Edo Peet (Bruil)	UHSB
Maike Rimmelzwaan (RWS InnovA58)	zigzagscherm
Markt Frunt (BAM)	LTA ZOAB
Menno van der Valk (Advin)	circulaire weg
Eric Schlangen (TU Delft)	self healing asfalt
Marijn Bijleveld CE Delft)	renorail
Peter Zanen (Wijma)	houten vangrail
Maarten van Santvoort (Heijmans)	Modislab
Willem Zandvliet (RWS)	verlichting
Mirelle Götze (RWS)	bermgras
Wiep Folkerts (ECN/TNO)	zonne-energie
Teun Lamers (RWS)	Windenergie
Ralph Enema (ESHA)	verjongingsmiddelen
Gerbert van Bochove (Heijmans)	verjongingsmiddelen
Stan Uylant (Betonballon)	betonballon
Anne-Kees Jeeninga (Advieslab)	asfalt recycling
Sonja Fennis (RWS)	composiet kunstwerken
Arian de Bondt Ooms Civiel)	OPA8
Patrick Ammerlaan (Cementbouw)	ECO H&B
Conny Buijs (RWS)	Biobased vangrail
Pablo van der Lugt (Accsys)	Accoya burg
Kees van Rooij (RWS)	RENORAIL
Rien Schuurmans (BAM)	LTA ZOAB
Edward Verschuur (HICON)	UHSB
Jeroen van Alphen (RWS)	Circulariteit
Erick de Munck (Centrum hout)	houten portaal
Rene Klaassen (SHR)	houten portaal
Frank Hoekemeijer	Natuurpunten systeem
Harry Hofman (Strukton)	Miscanthus beton
Kees Plug (Ooms Civiel)	OPA8

## BIJLAGE D. VOORLOPIG STARTPAKKET INNOVATIES

Groen = Zeker toepasbaar; Lichtgroen = waarschijnlijk toepasbaar; oranje = nog onderzoeken; rood = voor InnovA58 niet direct toepasbaar

Nr.	Naam	Kansrijkheid
1	Uitvragen en ontwerpen tbv lagere LCC kosten	Groen
2	Uitvragen en ontwerpen tbv lagere CO2 footprint	Groen
3	Uitvragen en ontwerpen op CE	Groen
4	uitvragen en ontwerpen tbv minder milieuhinder	Groen
5	Lage Temperatuur Asfalt in ZOAB deklagen	Groen
6	Lage Temperatuur Asfalt in STAB	Groen
7	Dunne geluidreducerende deklaag	Groen
8	Verjongingsmiddelen ZOAB	Groen
9	Chippen van assets	Groen
10	Botsveilige draagconstructies	Groen
11	Biobermen	Groen
12	Biobased verankering bomen	Groen
13	Modulaire 3D beton printer	Groen
14	Led verlichting Dimbaar (powerline sturing)	Groen
15	Led voor guidance	Groen
16	Klimaatpositieve lichtmast	Groen
17	Fibre-Ledlamp	Groen
18	Lege mantelbuis om de 100 meter	Groen
19	zigzag geluidschermen	Groen
20	PV Zonne-energie winning op of langs de weg	Groen
21	Grote windmolens	Groen
22	luchtschermen tbv vermindering luchtweerstand voertuigen	Groen
23	Smart grid/lokaal energienet	Groen
24	sturen op slimme bouwlogistiek	Groen
25	zonnecellen geïntegreerd in asfalt op verzorgingsplaatsen	Groen
26	Stuur op gebruik gerecyclede en geupcyclede materialen	Groen
27	Betongranulaat in beton	Groen
28	grond als natuurlijk kapitaal	Groen
29	Innovatieve geluidsreductie/diffractorem	Groen
30	modulaire geluidschermen	Groen
31	alternatieve afwatering WAD's, helofytenfilters water-wikkelbuizen	Groen
32	Hoger percentage Partiele Recycling in asfalt	Groen
33	verbeter de bodemkwaliteit	Groen
34	meenemen werking ecosysteemdiensten	Groen
35	Opname CO2 door aanleg bos	Groen
36	Renovatie geleiderail (renorail)	Groen
37	STAB met gereinigde granulaten	Groen
38	Modislab	Groen
39	CO2 project boekhouding	Groen
40	Fijnstofzuiger	Groen
41	Houten vangrail	Groen
42	Beton ballon	Groen
43	Slim breken en scheiden grondstoffen (Smart Crusher)	Groen
44	Dimbare ledverlichting	Groen
45	Wegmeubilair van hernieuwbare materialen	Groen
46	luchtzuiverende schermen evt in combinatie met zonne-e schermen	Groen
47	OPA 8	Groen
48	AGRAX	Groen
49	Led in vangrail	Groen
50	Stimuleren elektrisch rijden	Groen
51	Grondverzet regionaal organiseren	Groen
52	Rondom de weg een proeftuin van innovaties	Groen
53	Service punt voor afhalen/wegbrengen pakketten	Groen
54	E-neutraal oplaadstations voor elektronica producten	Groen
55	Oplaadstations voor b.v. elektrisch rijden op verzorgingsplaatsen	Groen
56	Verkooppunt biobrandstoffen en waterstof	Groen
57	Service voor gratis banden oppompen	Groen
58	Etalage voor bedrijfsleven, gemeenten en streekproducten evt in Pop-Up stores	Groen
59	Publieks serviceloket voor C-ITS Pilots (Roamlr (als voorbeeld))	Groen
60	Services aanbieden zoals G5 informatie en Roamlr	Groen
61	Bewegingstuin (b.v. energieneutraal)	Groen
62	P+R overstap van auto - fiets	Groen

63	Automatisering visuele inspecties	Lichtgroen
64	Weigh In Motion (WIM)	Lichtgroen
65	Composiet kunstwerken	Lichtgroen
66	Geosta	Lichtgroen
67	Grondstoffenpaspoort	Lichtgroen
68	Circulair assetmanagement	Lichtgroen
69	Geopolymeren toepassen icm secundaire materiaalstromen	Lichtgroen
70	Stimuleren/aanleggen snelfietspaden	Lichtgroen
71	Dynamische snelheden bij smogvorming	Lichtgroen
72	Selhealing asfalt bij voegovergangen	Lichtgroen
73	Inzet kamperfoelie tbv afvang fijnstof	Lichtgroen
74	Ultra Hoog Sterkte Beton bij kunstwerken	Lichtgroen
75	Accoya brug	Oranje
76	Houten portalen	Oranje
77	LVO portalen	Oranje
78	Metalizing kunstwerken	Oranje
79	ontwikkeling en certificering PAL-V ONE	Oranje
80	Augmented reality	Oranje
81	InSAR	Oranje
82	Nieuwe 3D productie methode carbon/glas fibre constructies	Oranje
83	Lichtgekleurde asfaltverharding	Oranje
84	Glow in the dark belijning	Oranje
85	Zuinigheidscompetitie	Oranje
86	Beton als drager van diverse mossen	Oranje
87	Streetdrain voor klimaatrobuuste inrichting	Oranje
88	Beleving van geluidoverlast ook te verbeteren door anti-geluid	Oranje
89	Green wall	Oranje
90	Greenwindows	Oranje
91	Kleine windmolens combi met geluidschermen	Oranje
92	Gedifferentieerd dimensioneren vd weg (vluchtstrook)	Oranje
93	Self-Healing asfalt totale deklaag	Oranje
94	Biobased vangrail	Oranje
95	Biobased asfalt	Oranje
96	Energie uit planten	Oranje
97	Zelfhealing betonconstructie	Oranje
98	plastic snelweg	Oranje
99	ZOAB met acrylvezels	Oranje
100	Asfalt wapening	Oranje
101	Vluchtstrook van beton	Oranje
102	SMA deklaag	Oranje
103	Led voor guidance met actieve wegindeling	Oranje
104	schroefvundamenten voor wegmeubilair	Oranje
105	inductie in of langs de weg	Oranje
106	Grondbeton	Oranje
107	Olivijn in middenberm	Oranje
108	Ultrastilwegdek	Oranje
109	Stallingsmogelijkheden langs de weg	Oranje

## **BIJLAGE E. DUBOCALC BEREKENING AANLEG**

Zie bijgesloten DuboCalc bestand '27.004.1702 – Referentie Aanlegfase InnovA58.pdc'

## **BIJLAGE F. REFERENTIE CO<sub>2</sub> UITSTOOT B&O FASE**

## Asfalt

Omschrijving	Milieuoprofiel	eenheid	hoeveelheid	RSL	1e vervanging	Aantal cycli	MKI / Ehd	kg CO2 / Ehd	MKI (103jr)	kg CO2 (103jr)
Bovenste laag ZOAB rijstroken (excl vluchtstrook)   25mm	2L-ZOAB toplaag	m3	22.002	13	13	7,00	€ 27,14	194,91	€ 4.179.900	30.019.598
	Amoveren   ZOAB 2/6, 2-laags	m3	22.002	13	13	7,00	€ 8,98	63,23	€ 1.383.657	9.738.490
ZOAB baanbreed vernieuwen (incl vluchtstrook)   70mm	2L-ZOAB toplaag	m3	40.771	26	17	4,00	€ 27,14	194,91	€ 4.426.103	31.787.806
	2L-ZOAB onderlaag	m3	73.389	26	17	4,00	€ 26,90	198,51	€ 7.896.533	58.274.847
	Amoveren   ZOAB 2/6, 2-laags	m3	114.160	26	17	4,00	€ 8,98	63,23	€ 4.102.438	28.873.893
ZOAB + versterking baanbreed vernieuwen (incl vluchtstrook)   70mm ZOAB +80mm STAB	2L-ZOAB toplaag	m3	40.771	26	30	3,00	€ 27,14	194,91	€ 3.319.578	23.840.855
	2L-ZOAB onderlaag	m3	73.389	26	30	3,00	€ 26,90	198,51	€ 5.922.400	43.706.135
	AC bin/base 50% PR	m3	130.469	26	30	3,00	€ 21,31	156,32	€ 8.341.585	61.185.185
	Amoveren   ZOAB 2/6, 2-laags	m3	114.160	26	30	3,00	€ 8,98	63,23	€ 3.076.829	21.655.419
	Amoveren   STAB (50% recycling)	m3	130.469	26	30	3,00	€ 6,31	50,18	€ 2.469.697	19.641.387

## Geleiderail

Omschrijving	Milieuoprofiel	eenheid	hoeveelheid	RSL	1e vervanging	Aantal cycli	MKI / Ehd	kg CO2 / Ehd	MKI (103jr)	kg CO2 (103jr)
Geleiderail	Geleiderail, VLP 2Z C133-80, 2014, c2	m	184.310	25	29	3,00	€ 12,22	64,67	€ 6.757.162	35.759.642

## Portalen

Omschrijving	Milieuoprofiel	eenheid	hoeveelheid	RSL	1e vervanging	Aantal cycli	MKI / Ehd	kg CO2 / Ehd	MKI (103jr)	kg CO2 (103jr)
Portalen vervangen	Profielstaal (verzinkt)	ton	1.135	40	43	2,00	€ 109,55	1420,94	€ 248.672	3.225.528

## Verlichtingsmasten

Omschrijving	Milieuoprofiel	eenheid	hoeveelheid	RSL	1e vervanging	Aantal cycli	MKI / Ehd	kg CO2 / Ehd	MKI (103jr)	kg CO2 (103jr)
Lichtmasten	Lichtmast, staal 15m	p	1.274	25	28	4,00	€ 45,80	588,29	€ 233.401	2.997.932

## Markeringen

Omschrijving	Milieuoprofiel	eenheid	hoeveelheid	RSL	1e vervanging	Aantal cycli	MKI / Ehd	kg CO2 / Ehd	MKI (103jr)	kg CO2 (103jr)
Wegmarkeringen	Thermoplastische markering	km	92,91	10	13	10,00	€ 779,98	9055,29	€ 724.676	8.413.271

## Energieverbruik

Omschrijving	Milieuoprofiel	eenheid	hoeveelheid	RSL	1e vervanging	Aantal cycli	MKI / Ehd	kg CO2 / Ehd	MKI (103jr)	kg CO2 (103jr)
E-verbruik Verlichting & signalerir	Elektriciteit grijs	kWh	1.686.957	1	4	100,00	€ 0,07	0,84	€ 11.397.928	142.240.879

## Onderhoud

Omschrijving	Milieuoprofiel	eenheid	hoeveelheid	RSL	1e vervanging	Aantal cycli	MKI / Ehd	kg CO2 / Ehd	MKI (103jr)	kg CO2 (103jr)
Bermen maaien	Diesel	l	248	0,33	3,5	302,00	€ 0,75	4,29	€ 56.290	320.990
Zoab reinigen & vegen	Diesel	l	186	0,5	3,5	200,00	€ 0,75	4,29	€ 27.958	159.432
Goten reinigen	Diesel	l	62	2	5	50,00	€ 0,75	4,29	€ 2.330	13.286
Bermen verlagen	Diesel	l	186	8	11	12,00	€ 0,75	4,29	€ 1.678	9.566
Inspectie	Diesel	l	14	6	9	16,00	€ 0,75	4,29	€ 172	981

Totaal beschouwde periode

64.568.988 521.865.123

## **BIJLAGE G. SAMENSTELLING PROJECT TEAM INNOVA58 EN BREDE BEGELEIDINGSGROEP**

Leden Brede begeleidingsgroep incl. Projectgroep(\*)

- Wim Leendertse, Projectmanager InnovA58 (\*)
- Mado Ruys, sen. adviseur Innovatiemanagement, projectleider NIBE-studie (\*)
- Maaïke Rimmelzwaan, adviseur Innovatiemanagement (\*)
- Marco Bakermans, Planstudiemanager InnovA58(\*)
- Stan Kerkhofs, adviseur Circulaire Economie InnovA58
- Kees van de Akker, Technisch manager InnovA58
- Kees van Rooij, SLU namens wegbeheerder
- Rob Hofman, GPO adviseur LCC en asfalt
- Evert Schut, WVL adviseur Circulaire economie
- Rik Jonker, CD Programma Energie
- Alex Kamst, CD Programma Energie

Daarnaast zijn een aantal specialisten van andere RWS-afdelingen gevraagd voor input en informatie.

Review-groep:

Brede Begeleidingsgroep, aangevuld met:

- Marjolein de Klauw, GPO Duurzaam Inkopen, adviseur ecotechniek
- Gerwin Schweitzer, GPO Duurzaam inkopen, adviseur ecotechniek
- Rob Treiture, GPO adviseur LCC & kostendeskundige



## **BIJLAGE H. ASSETS A58**

# Assets A58

Asset	Zon / wind	Kansrijk?	Plaats	Opp (ha)	Opp N (ha)	Opp Z (ha)	Opmerkingen
Aansluiting Best	Zon	A	Oksels	0,568	0,19	0,378	
Aansluiting Best	Zon	B	Binnenlussen	6,91	3,48	3,43	In de huidige toestand bebosd, afhankelijk van grote van de ingreep of bebossing bewaard blijft.
Knooppunt Batadorp	Zon	D	-	0	-	-	Natuurgebied
Verzorgingsplaats Koosters	Zon	D	-	0	-	-	Bebosd, vandalisme
Verzorgingsplaats Kriekamp	Zon	D	-	0	-	-	Bebosd, vandalisme
Knooppunt Oirschot	Zon	A	Noordelijke oksels	1,21	1,21		Helling gericht op zuiden/zuidwesten verhouding ca. 1:4. Ligt hoger dan de weg
Talud bij brug van Oirschot	Zon	C	-	0	-	-	Vandalisme? berm beveiliging nodig
Brug van Oirschot	Zon	Zichtbaar	-	0	-	-	Schermb? Dan wellicht PV scherm ivm zichtbaarheid duurzaamheid
Zoutloodsen Oirschot	Zon	A	Dak	0,349	-	0,349	Dak sterk genoeg?
Aansluiting Moergestel	Zon	A	Oksel	1,02	0,58	0,44	Talud helling noordzijde in de oksel
Verzorgingsplaats Kerkeind	Zon	Nee	-	0	-	-	Bebosd vanuit het zuiden.
Rustplaats Brehees	Zon	B		0,72	0,363	0,357	rustplaats komt waarschijnlijk te vervallen, semi lijnopstelling mogelijk
Aansluiting Hilvarenbeek	Wind	D	zuidelijke + noordelijke oksel	1,492	0,682	0,81	kansrijkheid o.b.v. windkaart, er loopt nu ook al een initiatief. Wel dicht bij bebouwing (NIMBY)
Aansluiting Hilvarenbeek	Zon	A	Oksel	0,63	0,63		
Aansluiting Hilvarenbeek	Zon	A	Binnenlussen	4,04	1,91	2,13	
Knooppunt de Baars [variant 3]	Zon	A	Talud langs Koningshoeve	9,94		9,94	Gericht op zuid, aandachtspunt vandalisme
Knooppunt de Baars [variant 3]	Zon	B	middengebied	1,66		1,66	Nog geen eigendom RWS. Alleen interresant bij aankoop
Tilburg Zuid-oost	Zon	C		0,67		0,67	langgerekt, eigendom RWS. Onderhoud is een aandachtspunt
Aansluiting Goirle	Zon	A	Oksels	1,043	0,502	0,541	
Tilburg Zuid-west	Zon	C	talud langs woonwijk de Blaak	0,972		0,972	langgerekt, eigendom RWS. Onderhoud is een aandachtspunt
rustplaats Blaak	Zon	A		1,25	1,25		bij sluiting kansrijk (Indien voldaan wordt aan eis aantal verzorgingsplaatsen) anders aandachtspunt vandalisme
rustplaats Leikant	Zon	A		0,826		0,826	bij sluiting kansrijk (Indien voldaan wordt aan eis aantal verzorgingsplaatsen) anders aandachtspunt vandalisme Aandacht voor afstand tot bebossing in het zuiden
Aansluiting Gilze	Zon	D	-	0	-	-	Bebosd

# Assets A58

Asset	Zon / wind	Kansrijk? Plaats	Opp (ha)	Opp N (ha)	Opp Z (ha)	Opmerkingen	
Rustplaats Lage aard	Zon	A	1,01		1,01	bij sluiting kansrijk (Indien voldaan wordt aan eis aantal verzorgingsplaatsen) anders aandachtspunt vandalisme	
Rustplaats hoge aard	Zon	A	1,32	1,32		bij sluiting kansrijk (Indien voldaan wordt aan eis aantal verzorgingsplaatsen) anders aandachtspunt vandalisme	
Knooppunt Annabosch		D	0			Bebossing	
Aansluiting Ulvenhout	Zon	A	middenzones	1,576	0,923	0,653	Zuidelijke middenzone krijgt schaduw vanuit het oosten door bebossing
Aansluiting Ulvenhout	Zon	A	Oksels	2,79	1,00	1,79	Zeer geschikt
Aansluiting Ulvenhout	Zon	C	Verdiepte ligging/wal	0,6385	0,359	0,28	langgerekt, eigendom RWS, onderhoud is aandachtspunt
Knooppunt Galder	Zon	A	Oog van knooppunt	1,39		1,39	huidige lus verdwijnt, vrijkomende ruimte. Aandachtspunt Kunstwerk, overleg met kunstenaar
Knooppunt Galder	Zon	A	tussen snelweg/HSL	0,82	0,373	0,447	kansrijk, eigendom Prorail
			<b>42,84</b>	<b>14,77</b>	<b>28,07</b>		

