

# KETENANALYSE SOLAR OPTIC FIBRE

CO2-Prestatieladder

Croonwolter&dros

11 DECEMBER 2018

## Contactpersonen

**C.W.J. GOORTS MSC**

Arcadis Nederland B.V.

Postbus 1018  
5200 BA 's-  
Hertogenbosch  
Nederland

---

**MARIE ERNST**  
Adviseur Energie en  
Duurzaamheid

Arcadis Nederland B.V.

Postbus 1018  
5200 BA 's-  
Hertogenbosch  
Nederland

---

# INHOUDSOPGAVE

<b>1</b>	<b>INLEIDING</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>UITLEG KETEN</b>	<b>6</b>
2.1	Bepaling relevante scope 3 emissie categorieën	6
2.2	Keuze van het onderwerp	6
2.3	Ketenmodel	7
2.3.1	Algemeen	7
2.3.2	Specifieke ketenstappen	8
	Winning grondstoffen en materialen (A1), transport productielocatie(A2), productie (A3)	8
	Transport naar aanleglocatie (A4) en aanleg (A5)	9
	Gebruiksfase (B1)	10
	Onderhoudsfase B2-B5	11
	Einde levensduur C1-C4	14
<b>3</b>	<b>KETENPARTNERS</b>	<b>15</b>
3.1	Definitie ketenpartners	15
3.2	Ketenpartners project	15
<b>4</b>	<b>KWANTIFICEREN EMISSIES</b>	<b>19</b>
4.1	Dataverzameling	19
4.2	Functionele eenheid	19
4.3	Berekende CO <sub>2</sub> -emissies	20
<b>5</b>	<b>CONCLUSIE</b>	<b>23</b>
<b>6</b>	<b>REFLECTIE</b>	<b>27</b>
6.1	Dataverzameling	27
6.2	Representativiteit van functionele eenheid	27
6.3	Aanbevelingen voor verbeteringen ketenanalyse	27
6.4	Maatschappelijk voortschrijdend inzicht	28

## **BIJLAGEN**

### **BIJLAGE 1 EISEN EN METHODIEK**

**29**

Eisen vanuit CO<sub>2</sub>-Prestatieladder

29

Methodiek ketenanalyse

29

### **BIJLAGE 2 BRONNEN**

**31**

### **COLOFON**

**32**

## 1 INLEIDING

Een belangrijk onderdeel vanaf niveau 3 van de CO<sub>2</sub>-prestatieladder is het verkrijgen van inzicht in de Scope 3 emissies van de organisatie. In het document 'Analyse Meest materiële emissies Croonwolter&dros 2018' zijn de meest materiële Scope 3 emissiecategorieën reeds in kaart gebracht, volgens de stappen zoals beschreven in de Corporate Value Chain (Scope 3) standaard van het GHG-protocol, en zijn twee onderwerpen bepaald om een ketenanalyse op uit te voeren.

### Vaststellen onderwerpen ketenanalyses

Op basis van de vaststelling van de meest materiële emissie categorieën, is de keuze gemaakt om Infra – nieuwbouw/ transformatie te kiezen als één van de onderwerpen voor een ketenanalyse.

Dit document beschrijft de ketenanalyse van Solar Optic Fibre. Deze is opgesteld op 12 oktober 2018 (kenmerk: 083683100 A). Voorliggende versie betreft een update van deze eerste versie.

### Leeswijzer

Dit document maakt deel uit van de implementatie van de CO<sub>2</sub>-Prestatieladder. Voorliggende rapportage beschrijft de aanpak en resultaten van de uitgevoerde ketenanalyse.

Bij het vaststellen welke emissiestromen in Scope 3 het meest relevant zijn wordt het GHG-protocol gevolgd waarin 4 stappen worden beschreven om tot een analyse te komen:

1. Beschrijven van de waardeketen;
2. Bepalen van de relevante scope 3 emissie categorieën;
3. Identificeren van partners in de waardeketen;
4. Kwantificeren van de emissies.

In deze rapportage worden deze stappen achtereenvolgens toegelicht:

- Hoofdstuk 2: Beschrijven van de waardeketen & bepalen van relevante scope 3 emissie categorieën. Hierin wordt het project behandeld dat als onderwerp voor de ketenanalyse is gekozen, de scope, beschrijving van de keten, de bijbehorende ketenstappen en de veroorzakers van CO<sub>2</sub>-uitstoot per ketenstap.
- Hoofdstuk 3: Identificeren van ketenpartners waarbij de ketenpartners en hun rol in de keten worden toegelicht.
- Hoofdstuk 4: Kwantificeren van de emissies: de ketenanalyse: welke data is gebruikt, hoe zijn de CO<sub>2</sub>-emissies gecalculeerd en wat zijn de uitkomsten.
- Hoofdstuk 5: Geeft de conclusie weer: het bevat een samenvatting en een analyse van de uitkomsten.
- Hoofdstuk 6: Geeft een kritische reflectie op de uitgevoerde analyse en aanbevelingen voor de toekomst.

Informatie over de eisen die de CO<sub>2</sub>-prestatieladder stelt aan ketenanalyses, de gebruikte methodiek en de betrokkenen bij het opstellen van de analyse is te vinden in Bijlage A. Bijlage B geeft de gebruikte bronnen weer.

## 2 UITLEG KETEN

De ketenanalyse is bepaald op de meest materiële scope 3 emissie categorieën. Deze analyse is terug te lezen in het bestand 'Analyse Meest materiële emissies Croonwolver&dros 2018'. Hieronder is de analyse samengevat als inleiding op de keuze van het onderwerp van de voorliggende ketenanalyse.

### 2.1 Bepaling relevante scope 3 emissie categorieën

Het uitvoeren van deze analyses begint met het verkrijgen van inzicht in de Scope 3 emissies van de organisatie. In het document 'Analyse Meest materiële emissies Croonwolver&dros 2018' zijn de meest materiële Scope 3 emissie categorieën reeds in kaart gebracht volgens de stappen zoals beschreven in de Corporate Value Chain (Scope 3) standaard van het GHG-protocol.

Uit de inventarisatie van de Scope 3 emissies komt naar voren dat de volgende categorieën de grootste CO<sub>2</sub>-uitstoot veroorzaken:

1. Utiliteit - Nieuwbouw/Transformatie
2. Utiliteit - Renovatie  
    Infra - Nieuwbouw/Transformatie

De ketenanalyses dienen betrekking te hebben op de projectenportefeuille. Dit is gewaarborgd door het uitvoeren van de PMC-analyse. Er dient één ketenanalyse te worden gemaakt voor een van de twee meest materiële emissies én één andere ketenanalyse voor een van de zes meest materiële emissies uit de rangorde. Dit is gewaarborgd door het uitvoeren van de PMC-analyse (zie hiervoor bijhorend document).

Voorliggende ketenanalyse valt binnen de categorie: 'Infra – Nieuwbouw/Transformatie'.

### 2.2 Keuze van het onderwerp

Verreweg de grootste energieverbruiker over de levensduur van een tunnel is de verlichting (ongeveer de helft). Verlichting in tunnels brandt 24 uur per dag, 7 dagen per week. Vooral de ingangsverlichting vraagt veel licht om te voorkomen dat de automobilist een zwart gat in rijdt. Hoe feller de zon, des te feller deze verlichting branden moet. De overgang van buiten naar binnen moet geleidelijk zijn – niet plotseling – en om dat te bewerkstelligen is een grote hoeveelheid verlichting noodzakelijk. Bijna 25% van alle energie die een tunnel verbruikt gaat op aan de ingangsverlichting alleen.

Volgens de Trias Energetica is besparen beter dan duurzaam opwekken. Van dit idee is Croonwolver&dros, gaan nadenken over hoe ze op een veilige manier de hoeveelheid energie benodigd voor ingangsverlichting kan verminderen. Na meer voor de hand liggende maatregelen als ledverlichting, zijn de pijlen gericht op nieuwe technologieën.

Binnen de nieuwste tunnelprojecten van Croonwolver&dros wordt nu gekeken naar het implementeren van licht over glasvezel, in het Engels Solar Optic Fibre (of SOF in het kort).

Bij SOF wordt zonlicht buiten de tunnel opgevangen en dan via glasvezelkabels tot in de tunnel gebracht. Zo reikt het zonlicht tot in de tunnel, en hoeven er minder lampen aan. Op die manier wordt over de levensduur van de tunnel energie, en (afhankelijk van de energiebron) dus ook CO<sub>2</sub> bespaard.

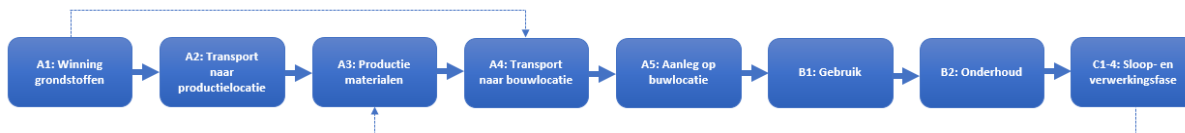
Deze technologie is al eerder toegepast in kantoorgebouwen, scholen en universiteiten, maar voor tunnels zou dit een eerste keer zijn.

Bij twee voorbeeld-/pilotprojecten zal SOF worden toegepast. De precieze locaties zullen uitgerekend moeten worden in samenwerking met leveranciers. Daarnaast zal de werking van de ingangsverlichting zelf aangepast moeten worden om goed samen te kunnen werken met SOF. Hiervoor moet software geschreven worden voor het meet-/regelsysteem. Er hoeven geen aanpassingen gemaakt te worden aan de op dit moment op de markt zijnde producten.

Als SOF geïmplementeerd is, kan aan de hand van deze projecten de "real world performance" ervan in boortunnels worden ervaren.

## 2.3 Ketenmodel

Onderstaand is het ketenmodel van een regulier ketenproces toegevoegd. De blauwe onderdelen zijn de ketenstappen. De nummering is de uitleg van de stap volgens de 'SBK Bepalingsmethode Milieuprestatie Gebouwen en GWW werken'.



Figuur 1 Ketenmodel volgens de 'SBK Bepalingsmethode Milieuprestatie Gebouwen en GWW werken'

Het ketenmodel zoals hierboven gepresenteerd is een globale en vereenvoudigde weergave van het ketenproces.

In de volgend paragrafen zal hier dieper op ingegaan worden.

In de eerste ronde (d.d. 12-10-2018 kenmerk 083683100 A) lag de focus van de ketenanalyse op het materiaalverbruik en de gebruiksfase in het project. Kortom, stappen A1 tot en met B1. In deze uitbreiding (december 2018) zullen de ketenstappen B2 tot en met B5 (onderhoud, vervanging, reparatie, verbouwingen) nader belicht worden. Het is de bedoeling om dit de komende jaren uit te breiden naar de andere stappen in het ketenproces.

Het ketenmodel van het project is een vergelijkende analyse, waarin de CO<sub>2</sub>-emissies die vrijkomen wanneer een project wordt uitgevoerd met 'standaard' -verlichting wordt vergeleken met een project waarbij SOF wordt toegepast.

### 2.3.1 Algemeen

Traditioneel wordt ledverlichting in de tunnels van Nederland toegepast. Deze bestaat uit meerdere armaturen, inclusieve drivers en nodige bekabeling met ongeveer 300 W vermogen per driver. Het nieuwe SOF-systeem kan slechts in de eerste 100 meter van de tunnel worden gebruikt, bij een ontwerp rijsnelheid van 90 km/h (de mate waarin de ingangsverlichting moet worden aangebracht, is afhankelijk van de rijsnelheid). Deze gegevens zijn ook uitgangspunten voor de berekening.

Van de geïnstalleerde ledverlichting zouden theoretisch de eerste 100 meter vervangen kunnen worden door het nieuwe SOF-systeem. Vanwege de eisen vanuit de Landelijke tunnelstandaard wordt het systeem nu echter redundant uitgevoerd. Er wordt daarom dezelfde hoeveelheid Led's geïnstalleerd (aanvullend aan het nieuwe SOF-systeem), echter is het vermogen waarop deze Led's aanstaan in combinatie met het SOF-systeem naar verwachting 70% lager.

Bij de tunnel bij de Rijnlandroute (RLR) is op basis van aannames de prognose gemaakt dat de ingangsverlichting circa 16% van het totale verbruik in beslag neemt. Dit is minder dan bij een standaardtunnel, waarbij het verbruik circa 25% bedraagt. Het gebruik van SOF zou kunnen leiden tot een reductie van de benodigde energie voor ingangsverlichting.

De opbouw van het SOF-systeem is als volgt:

Het systeem is opgebouwd uit een geanodiseerd aluminium paneel (opgesteld op een stalen frame), met daarop per paneel 80 lenzen. De zon wordt opgevangen middels deze lenzen aan de bovenkant van de tunnel en naar glasvezeldraden geleid, die op hun beurt weer in verbinding staan met armaturen. De lenzen zijn van acrylaat. Deze zijn gebundeld op een lensstelsel van 2 m<sup>2</sup>.

Deze lenzen hebben kabels, die per 4 zijn gebundeld tot een glasvezelkabel, omhult met kunststof. Deze worden in uitsparingen in het plafond geïnstalleerd.

De doorsnede van de glasvezelkabels is geschat op 5 mm met per systeem 20 gebundelde vezels. Eén glasvezelkabel (20 vezels) stuurt één (speciale) daglichtarmatuur aan en is eenvoudig door bestaande elektriciteitsleidingen te trekken.

Het lensstelsel volgt de beweging van de zon waarvoor elk systeem een elektromotor nodig heeft, en een printplaat met de programmabesturing. De elektromotoren zijn zuinig in verbruik met ongeveer 7 watt per stuk. In totaal zijn er 40 systemen gepland in de RLR per tunnelmond.

In de gebouwde omgeving (kantoorruimtes) zijn al vaker vergelijkbare systemen toegepast. De kleur en intensiteit van het licht verandert gedurende de dag mee met het buitenlicht. De maximale lichtopbrengst is 2.000 lux. Vaak zijn de componenten ontworpen voor een duurzaam en lang gebruik.

## 2.3.2 Specifieke ketenstappen

Winning grondstoffen en materialen (A1), transport productielocatie(A2), productie (A3)

De belangrijkste materialen voor deze ketenstappen zijn, per tunnelmond:

Systeem	Onderdeel	Hoeveelheid	A1 <sup>1</sup>	A2	A3
Ledverlichting	Led Omnistar Schreder	51 stk (opgave technisch specialist)	Onbekend	Aanname vrachtwagen: afstand 200 km	3,1% van 645,5 kg eq CO <sub>2</sub> per lamp (Environmental Product Sheet Leverancier)
	Drivers	102 stk (opgave technisch specialist)	Onbekend	Aanname vrachtwagen: afstand 200 km	Onbekend
	Glasvezel standaard	869,57 meter (opgave technisch specialist)	Zie A3	Zie A3	- Diameter 5 mm (aanname) - 2.230 kg/m <sup>3</sup> (internet) - 2,59 kg CO <sub>2</sub> /kg (SimaPro)
	Bekabeling	2.543,48 meter (opgave technisch specialist)	Zie A3	Zie A3	- 2.543,48 m - 8.900 kg/m <sup>3</sup> (internet) - 0,24 kg CO <sub>2</sub> /m (SimaPro)
	Kabelgoot	434,78 meter (opgave technisch specialist)	Zie A3	Zie A3	- 0,25 m breed (aanname) - Dikte 10 mm (Aanname) - 2.755 kg/m <sup>3</sup> (internet) - 19,9 kg CO <sub>2</sub> /kg (SimaPro)
	Besturingssysteem	1 stk (opgave technisch specialist)	Onbekend	Aanname vrachtwagen: afstand 200 km	Onbekend
SOF-systeem incl. ledverlichting	Led Omnistar Schreder	51 stk (opgave technisch specialist)	Onbekend	Aanname vrachtwagen: afstand 200 km	3,1% van 645,5 kg eq CO <sub>2</sub> per lamp (Environmental Product Sheet Leverancier)
	Drivers	102 stk (opgave technisch specialist)	Onbekend	Aanname vrachtwagen: afstand 200 km	Onbekend
	Glasvezel standaard	869,57 meter (opgave technisch specialist)	Zie A3	Zie A3	- Diameter 5 mm (aanname) - 2.230 kg/m <sup>3</sup> (internet) - 2,59 kg CO <sub>2</sub> /kg (SimaPro)
	Bekabeling	2.543,48 meter (opgave technisch specialist)	Zie A3	Zie A3	- 2.543,48 m - 8.900 kg/m <sup>3</sup> (internet) - 0,24 kg CO <sub>2</sub> /m (SimaPro)
	Kabelgoot	434,78 meter (opgave technisch specialist)	Zie A3	Zie A3	- 0,25 m breed (aanname) - Dikte 10 mm (Aanname) - 2.755 kg/m <sup>3</sup> (internet) - 19,9 kg CO <sub>2</sub> /kg (SimaPro)
	Besturingssysteem	1 stk (opgave technisch specialist)	Onbekend	Aanname vrachtwagen: afstand 200 km	Onbekend

<sup>1</sup> In de emissiefactoren van SimaPro zijn de stappen A1-A3 samengenomen.



Systeem	Onderdeel	Hoeveelheid	A1 <sup>1</sup>	A2	A3
	Glasvezelkabel SOF	128.000 meter (opgave technisch specialist)	Zie A3	Zie A3	- 11,25 gram per meter ((opgave technisch specialist) - 2,59 kg CO <sub>2</sub> /kg (SimaPro)
	Afdeklaat glas lenzen	40 afdeklaten (opgave technisch specialist)	Zie A3	Zie A3	- 5 kg per stuk (opgave leverancier) - 0,0114 kg CO <sub>2</sub> /kg (SimaPro)
	Plastic voor lenzen	80 stk per systeem, 40 systemen (opgave technisch specialist)	Zie A3	Zie A3	- 4 kg per stuk (opgave leverancier) - 8,47 kg CO <sub>2</sub> /kg (SimaPro)
	Staal voor houders	40 stuks (opgave technisch specialist)	Zie A3	Zie A3	- 42 kg per stuk (opgave leverancier) - 2,18 kg CO <sub>2</sub> /kg (SimaPro)
	Elektromotor	40 stuks (opgave technisch specialist)	Onbekend	Aanname vrachtwagen: afstand 200 km	Onbekend
	Geanodiseerd aluminium frame	40 stuks (opgave technisch specialist)	Zie A3	Zie A3	SimaPro

Bovenstaande tabel maakt duidelijk dat een standaardstelsel op dit moment niet volledig kan worden geanalyseerd met betrekking tot de ketenstappen A1 tot en met A3. Bepaalde onderdelen en hierbij behorende emissies zijn noch in DuboCalc, noch in SimaPro beschikbaar (secundaire data) en ook bij de leveranciers zijn deze nog niet bekend (primaire data).

De tabel laat vooral zien dat voor bepaalde onderdelen (elektromotoren, besturingssystemen en drivers) van het SOF-systeem nog aanvullende informatie nodig is om de emissies in deze ketenstappen in kaart te brengen.

Voor A2 zijn er algemene aannames gedaan. Voor A3 zijn (bij specifieke onderdelen) conversiefactoren uit SimaPro gebruikt. Voor deze onderdelen, zoals glasvezelkabels, voedingskabels, gebruikt staal, enzovoort is een emissiewaarde beschikbaar in SimaPro voor de ketenstappen A1-A3 in het totaal.

Bovenstaande hoeveelheden hebben betrekking op de eerste 100 meter van de tunnelingang, waarbij standaard ledverlichting vervangen kan worden door het SOF-systeem met additioneel ledverlichting.

## Transport naar aanleglocatie (A4) en aanleg (A5)

De belangrijkste materialen voor deze ketenstappen zijn:

Systeem	Onderdeel	Hoeveelheid	A4	A5
Ledverlichting	Led Omnistar Schreder	51 stk (opgave technisch specialist)	Aannames: vrachtwagen, afstand 50 km, gewicht 1 lamp: 17,4 kg	Onbekend
	Drivers	102 stk (opgave technisch specialist)	Aannames: vrachtwagen, afstand 50 km, gewicht 1 driver: 0,5 kg	Onbekend
	Glasvezel standaard	869,57 meter (opgave technisch specialist)	Aannames: vrachtwagen, afstand 50 km, gewicht 38,1 kg	Onbekend
	Bekabeling	2.543,48 meter (opgave technisch specialist)	Aannames: vrachtwagen, afstand 50 km, gewicht 444,5 kg	Onbekend
	Kabelgoot	434,78 meter (opgave technisch specialist)	Aannames: vrachtwagen, afstand 50 km, gewicht 8.478,3 kg	Onbekend
	Besturingssysteem	1 stk (opgave technisch specialist)	Aannames: vrachtwagen, afstand 50 km, gewicht 444,5 kg	Onbekend
	Led Omnistar	51 stk (opgave	Aannames: vrachtwagen, afstand 50 km.	Onbekend

Systeem	Onderdeel	Hoeveelheid	A4	A5
	Schreder	technisch specialist)	Opgave leverancier: gewicht 1 lamp: 17,4 kg	
	Drivers	102 stk (opgave technisch specialist)	Aannames: vrachtwagen, afstand 50 km, gewicht 1 driver: 0,5 kg	Onbekend
	Glasvezel standaard	869,57 meter (opgave technisch specialist)	Aannames: vrachtwagen, afstand 50 km, gewicht 38,1 kg	Onbekend
	Bekabeling	2.543,48 meter (opgave technisch specialist)	Aannames: vrachtwagen, afstand 50 km, gewicht 444,5 kg	Onbekend
	Kabelgoot	434,78 meter (opgave technisch specialist)	Aannames: vrachtwagen, afstand 50 km, gewicht 8.478,3 kg	Onbekend
	Besturingssysteem	1 stk (opgave technisch specialist)	Aannames: vrachtwagen, afstand 50 km, gewicht 444,5 kg	Onbekend
	Glasvezelkabel SOF	128.000 meter (opgave technisch specialist)	Aannames: vrachtwagen, afstand 50 km Opgave leverancier: 11,25 gram/meter = 1.440 kg	Onbekend
	Afdekplaat glas lenzen	40 afdekplaten (opgave technisch specialist)	Aannames: schip, afstand 1200 km Opgave leverancier: 5 kg glas per stuk.	Onbekend
	Plastic voor lenzen	80 stk per systeem, 40 systemen (opgave technisch specialist)	Aannames: schip, afstand 1200 km Opgave leverancier: 4 kg glas per systeem.	Onbekend
	Staal voor houders	40 stuks (opgave technisch specialist)	Aannames: schip, afstand 1200 km Opgave leverancier: 42 kg glas per stuk	Onbekend
	Elektromotor	40 stuks (opgave technisch specialist)	Aannames: schip, afstand 1200 km Opgave leverancier: 2 kg per stuk	Onbekend
	Geanodiseerd aluminium frame	40 stuks (opgave technisch specialist)	Aannames: schip, afstand 1200 km Opgave leverancier: 40 kg per stuk	Onbekend

Voorgaande tabel maakt duidelijk dat een standaardsysteem en een SOF-systeem op dit moment niet kunnen worden geanalyseerd met betrekking tot de ketenstap A5. De bijhorende emissies kunnen niet in DuboCalc of SimaPro (secundaire data) worden gevonden en blijven voor deze ketenstappen onbekend. Verwacht wordt dat de methodes van aanbrengen en installeren van deze twee verlichtingstypes vergelijkbaar zijn, en dat stap A5 daarmee geen onderscheidende factor is tussen beide systemen.

Voor het standaardsysteem met ledverlichting is voor stap A4 een algemene aanname gedaan. Vervoer van productie-/ depotlocatie naar aanleglocatie van het standaard systeem middels ledverlichting gebeurt middels een vrachtwagen. De afstand bedraagt 50 km.

Voor de specifieke SOF-onderdelen is de afstand tot de leverancier bekeken. De afstand wordt overbrugd middels een schip (1.200 km).

## Gebruiksfase (B1)

De gebruiksfase is de meest cruciale fase met betrekking tot verlichting gezien deze 24/7 in gebruik is om de tunnelingang te verlichten. De emissiefactor voor het berekenen van de emissie van grijze stroom, is afkomstig van de website [www.co2emissiefactoren.nl](http://www.co2emissiefactoren.nl) (zie ook bijlage).

Stelsel	Onderdeel	Hoeveelheid	B1
Ledverlichting	Led Omnistar Schreder	51 stk (opgave technisch specialist)	Vermogen is meegenomen in vermogen van de drivers.
	Drivers	102 stk (opgave technisch specialist)	Opgave technisch specialist: 300W per stuk, 10,3 uur per dag, 365 dagen per jaar, 25 jaar.
	Glasvezel standaard	869,57 meter (opgave technisch specialist)	Geen verbruik in gebruiksfase
	Bekabeling	2.543,48 meter (opgave technisch specialist)	Geen verbruik in gebruiksfase
	Kabelgoot	434,78 meter (opgave technisch specialist)	Geen verbruik in gebruiksfase
	Besturingssysteem	1 stk (opgave technisch specialist)	Opgave technisch specialist: 2000W per stuk, 24 uur per dag, 365 dagen per jaar, 25 jaar.
SOF-systeem incl. ledverlichting	Led Omnistar Schreder	51 stk (opgave technisch specialist)	Vermogen is meegenomen in vermogen van de drivers.
	Drivers	102 stk (opgave technisch specialist)	Opgave technisch specialist: 300W per stuk, 10,3 uur per dag, 365 dagen per jaar, 25 jaar.
	Glasvezel standaard	869,57 meter (opgave technisch specialist)	Geen verbruik in gebruiksfase
	Bekabeling	2.543,48 meter (opgave technisch specialist)	Geen verbruik in gebruiksfase
	Kabelgoot	434,78 meter (opgave technisch specialist)	Geen verbruik in gebruiksfase
	Besturingssysteem	1 stk (opgave technisch specialist)	Opgave technisch specialist: 2000W per stuk, 24 uur per dag, 365 dagen per jaar, 25 jaar.
	Glasvezelkabel SOF	128.000 meter (opgave technisch specialist)	Geen verbruik in gebruiksfase
	Afdekplaat glas lenzen	40 afdekplaten (opgave technisch specialist)	Geen verbruik in gebruiksfase
	Plastic voor lenzen	80 stk per systeem, 40 systemen (opgave technisch specialist)	Geen verbruik in gebruiksfase
	Staal voor houders	40 stuks (opgave technisch specialist)	Geen verbruik in gebruiksfase
	Elektromotor	40 stuks (opgave technisch specialist)	Opgave leverancier: 7 Watt per stuk Aannames: 1 minuut per uur actief, 10,3 uur actief, 365 dagen per jaar, 25 jaar.
	Geanodiseerd aluminium frame	40 stuks (opgave technisch specialist)	Geen verbruik in gebruiksfase

## Onderhoudsfase B2-B5

Deze ketenstappen behandelen de onderwerpen onderhoud, vervanging, reparatie en verbouwingen. Het is op dit moment helaas nog niet mogelijk om volledig betrouwbare *kwantitatieve* gegevens te koppelen aan deze ketenstappen. Tijdens de analyse van deze ketenstappen is nog geen onderhoudsbeurt uitgevoerd, ook zijn er nog geen onderdelen noodzakelijk vervangen, reparaties uitgevoerd of hebben verbouwingen plaatsgevonden. Dit zal uiteraard in de komende jaren wel veranderen – de ketenanalyse wordt geüpdatet met werkelijke cijfers en/ of onderbouwde aannames als betrouwbare gegevens beschikbaar komen.

Voor nu is gekozen voor een *kwantitatieve* beschrijving van de ketenstappen, gebaseerd op ervaringen uit andere projecten waarin standaard ledverlichting is toegepast, gecombineerd met een eerste berekening van de emissies gebaseerd op aannames en expertkennis.

## B2 Onderhoud

### Werkstappen

Het onderhoud is erg gevarieerd en gebeurt op meerdere manieren. Ook is er een verschil in maandelijks en jaarlijkse taken.

Maandelijks wordt een inspectie uitgevoerd of de driver/ controllers naar behoren functioneren. Het functioneren van de driver/ controllers kan vanaf een technisch systeem in een bedienkamer geanalyseerd worden. Verder zullen ook minimaal een keer per maand de schakelkasten gecontroleerd moeten worden. Een keer per kwartaal zal er tijdens het tunnelbuis-onderhoud functionele testen uitgevoerd moeten worden. Tevens is bekend dat men ongeveer één keer per 3 jaar de armaturen schoon moet maken met behulp van een borstel.

Bovenstaande werkstappen zullen ook in geval van een combinatie Led en SOF van kracht blijven, specifiek voor het led-gedeelte. De armaturen horende bij SOF kunnen gezamenlijk met de led-armaturen één keer per 3 jaar gereinigd worden. Tevens zullen de lenssystemen bovenop de tunnel één keer per jaar schoongespoten moeten worden met water, zonder inzet van reinigingsmiddelen. Onregelmatig onderhoud wordt o.a. veroorzaakt door vogels die de SOF-lenssystemen bevuild hebben.

### Uitvoer onderhoud

De maandelijks inspecties worden uitgevoerd met twee werknemers. De jaarlijkse grote test wordt eveneens verzorgd door twee werknemers.

Het schoonmaken van de armaturen zal met ongeveer tien man gebeuren. Dit dan wel in combinatie met 5 hoogwerkers. De SOF-lenssystemen worden onderhouden door één werknemer per keer.

### Transport werknemers en machines

Een belangrijke vraag is uiteraard ook hoe medewerkers en benodigde machines van de standplaats naar de onderhoudslocatie komen. Het personeel komt grotendeels uit de regio Amsterdam, juist om reistijd van de ingezette werknemers te beperken. De benodigde hoogwerkers komen uit Nieuwegein en reizen naar Amsterdam.

### Inzet schoonmaakmiddelen

Er worden geen aanvullende schoonmaakmiddelen gebruikt behoudens water en poetsdoeken.

### Invloeden frequentie onderhoud

In periodes met slecht weer, veel regen en gedurende de herfst- en winterperiode moet de onderhoudsfrequentie worden verhoogd. Dergelijke omstandigheden kunnen een negatief invloed hebben op de systemen in en op de tunnel doordat de armaturen en lenssystemen sneller vervuild raken.

Systeem	Onderdeel	Hoeveelheid	B2
Ledverlichting	Maandelijks inspectie controller	2 werknemers 50 km heen/retour 100 km totaal	Werknemers wonende in de regio Amsterdam. Aanname gebruikt vervoermiddel en afstand (gemiddeld auto). Emissiefactor afkomstig van <a href="http://www.co2emissiefactoren.nl">www.co2emissiefactoren.nl</a> .
	Maandelijks inspectie schakelkast	2 werknemers 50 km heen/retour 100 km totaal	Werknemers wonende in de regio Amsterdam. Aanname gebruikt vervoermiddel en afstand (gemiddeld auto). Emissiefactor afkomstig van <a href="http://www.co2emissiefactoren.nl">www.co2emissiefactoren.nl</a> .
	4 keer/ jaar functionele testen	2 werknemers 50 km heen/retour 100 km totaal	Werknemers wonende in de regio Amsterdam. Aanname gebruikt vervoermiddel en afstand (gemiddeld auto). Emissiefactor afkomstig van <a href="http://www.co2emissiefactoren.nl">www.co2emissiefactoren.nl</a> .
	1 keer/ 3 jaar schoonmaken	10 werknemers 50 km heen/retour 500 km totaal	Werknemers wonende in de regio Amsterdam. Aanname gebruikt vervoermiddel en afstand (gemiddeld auto). Emissiefactor afkomstig van <a href="http://www.co2emissiefactoren.nl">www.co2emissiefactoren.nl</a> .
	Hoogwerkers	5 stuks	Buiten beschouwing gelaten.
systeem incl. ledverlichting	Maandelijks inspectie controller	2 werknemers 50 km heen/retour 100 km totaal	Werknemers wonende in de regio Amsterdam. Aanname gebruikt vervoermiddel en afstand (gemiddeld auto). Emissiefactor afkomstig van <a href="http://www.co2emissiefactoren.nl">www.co2emissiefactoren.nl</a> .
	Maandelijks inspectie	2 werknemers 50 km heen/retour	Werknemers wonende in de regio Amsterdam. Aanname gebruikt vervoermiddel en afstand (gemiddeld auto).

Systeem	Onderdeel	Hoeveelheid	B2
	schakelkast	100 km totaal	Emissiefactor afkomstig van <a href="http://www.co2emissiefactoren.nl">www.co2emissiefactoren.nl</a> .
	4 keer/ jaar	2 werknemers	Werknemers wonende in de regio Amsterdam.
	functionele testen	50 km heen/retour	Aanname gebruikt vervoermiddel en afstand (gemiddeld auto).
		100 km totaal	Emissiefactor afkomstig van <a href="http://www.co2emissiefactoren.nl">www.co2emissiefactoren.nl</a> .
	1 keer/ 3 jaar	10 werknemers	Werknemers wonende in de regio Amsterdam.
	schoonmaken (incl. SOF)	50 km heen/retour 500 km totaal	Aanname gebruikt vervoermiddel en afstand (gemiddeld auto). Emissiefactor afkomstig van <a href="http://www.co2emissiefactoren.nl">www.co2emissiefactoren.nl</a> .
	Hoogwerkers	5 stuks	Buiten beschouwing gelaten.
	Jaarlijks	1 medewerker	Werknemers wonende in de regio Amsterdam.
	schoonmaken	50 km heen/retour	Aanname gebruikt vervoermiddel en afstand (gemiddeld auto).
	lenssystemen SOF	50 km totaal	Emissiefactor afkomstig van <a href="http://www.co2emissiefactoren.nl">www.co2emissiefactoren.nl</a> .

### B3 Vervanging

#### Werkstappen

Het vervangen van ledverlichting houdt in dat de gehele armaturen in een tunnel vervangen moeten worden. In eerste instantie wordt op het kantoor in Rotterdam een ontwerp gemaakt, daarna worden de nieuwe armaturen in fases gemonteerd. Na afronding van de montage worden deze getest met een tijdelijke voeding. Pas als deze test succesvol is, zullen de oude armaturen verwijderd worden. Voorkeur gaat er uiteraard naar uit om de bestaande voedingskabels her te gebruiken.

Aan het SOF-systeem dient idealiter niets vervangen te worden behalve de sensoren (2 stuks) die meten hoeveel zonlicht de tunnel binnenkomt (het is echter nog onbekend binnen hoeveel jaar deze sensoren vervangen moeten worden). De huidige systemen hebben een gemiddelde levensduur van 11-15 jaar, echter wordt in deze ketenanalyse uitgegaan van een totale levensduur van 25 jaar.

De werkzaamheden binnenin de tunnel kunnen alleen uitgevoerd worden wanneer een tunnelbuis geheel is afgesloten voor het verkeer. Alle belangrijke vervangingen aan het SOF-systeem vinden op het tunneldak plaats, waardoor geen afsluiting nodig is.

#### Uitvoer vervanging

Elke vervanging is uiteraard anders. Hiervoor wordt een contract opgesteld. De contractuele beschikbare tijd (hoe snel moet iets worden vervangen) is de basis om aan te geven hoeveel mensen er ingezet moeten worden. Een voorbeeld: bij een doorlooptijd van 4 weken worden 12 werknemers ingezet. Aanvullend hieraan zijn nog 6 hoogwerkers benodigd. Is de doorlooptijd echter korter en moet de vervanging binnen enkele dagen gebeuren, worden er meer werknemers (en hoogwerkers) ingezet.

#### Transport mensen en machines

Ingezette werknemers zullen ingehuurd worden vanuit de omgeving van Amsterdam, reizende met de auto.

Systeem	Onderdeel	Hoeveelheid	B3
Ledverlichting	Totale vervanging	12 werknemers	Werknemers wonende in de regio Amsterdam.
	Ledverlichting	50 km heen/retour	Aanname gebruikt vervoermiddel en afstand (gemiddeld auto).
		4 weken*5 dagen	Emissiefactor afkomstig van <a href="http://www.co2emissiefactoren.nl">www.co2emissiefactoren.nl</a> .
	Hoogwerkers	6 stuks	Buiten beschouwing gelaten.
SOF-systeem incl. ledverlichting	Totale vervanging	12 werknemers	Werknemers wonende in de regio Amsterdam.
	Ledverlichting	50 km heen/retour	Aanname gebruikt vervoermiddel en afstand (gemiddeld auto).
		4 weken*5 dagen	Emissiefactor afkomstig van <a href="http://www.co2emissiefactoren.nl">www.co2emissiefactoren.nl</a> .
	Hoogwerkers	5 stuks	Buiten beschouwing gelaten.
	Vervangen sensoren	2 stuks	Buiten beschouwing gelaten gezien deze tegelijkertijd met onderhoudswerkzaamheden vervangen kunnen worden.

### B4 Reparatie

Reparatie is pas nodig als een onderdeel of het hele systeem defect raakt. Het is vrijwel onhaalbaar om hiervoor betrouwbare aannames te doen, laat staan een duidelijk onderscheid te maken tussen de twee systemen. Hiervoor zijn werkelijke gegevens en ervaringen nodig.

#### *Werkstappen*

Een storing die reparatie noodzakelijk maakt, kan altijd op meerdere vlakken gebeuren. Enerzijds kan er een storing optreden in een schakelkast. Dergelijke reparaties kunnen gewoon uitgevoerd worden zonder de tunnel af te sluiten. Wanneer een led-armatuur defect is, en gerepareerd of vervangen moet worden, wordt de tunnel afgesloten.

Indien de lens of glasplaat van het lensstelsel van het SOF gerepareerd of vervangen moet worden, kan dit op maaiveld zonder afsluiting gebeuren.

Gemiddeld vindt één keer per jaar een reparatie plaats, want het herstel wordt dan zoveel mogelijk gebundeld in een nacht van onderhoud waarbij de tunnel (of een tunnelbaan) wordt afgesloten.

#### *Invloeden frequentie reparatie*

De elektronica is het zwakke deel van het gehele systeem. Afhankelijk van de locatie van de elektronica (bijvoorbeeld of de elektronica in de armatuur of in het middentunnelkanaal in een schakelkast geïnstalleerd is) blijkt deze meer of minder gevoelig te zijn voor storingen en defecten. Bij de eerste optie is de apparatuur gevoeliger voor wisselende temperaturen en zou eerder defect kunnen raken.

#### *Uitvoer reparatie*

Reparaties worden gemiddeld uitgevoerd door twee werknemers en in de basis zonder verder materieel.

#### *Transport mensen en machines*

Ingezette werknemers zullen ingehuurd worden vanuit de omgeving van Amsterdam, reizende met de auto.

## **B5 Verbouwingen**

Deze ketenstap wordt gezien de onwaarschijnlijkheid van optreden buiten beschouwing gelaten. Immers gebeurt het amper dat een tunnel heringericht/ verbouwd wordt gedurende zijn levensduur.

## **Einde levensduur C1-C4**

Deze ketenstappen worden in een vervolganalyse uitgewerkt.

### 3 KETENPARTNERS

Het identificeren van de ketenpartners is een onderdeel van de ketenanalyse. Zo wordt duidelijk wat de rol is van de ketenpartners en bij wie welke informatie opgevraagd moet worden ten behoeve van het bepalen van de CO<sub>2</sub>-emissies in de keten.

Daarnaast is inzicht in de invloed van de diverse ketenpartners van belang. Om antwoord te kunnen geven op de vraag: 'met wie kan Croonwolver&dros het beste samenwerken om CO<sub>2</sub>-reductie te bereiken?' moeten de volgende vragen beantwoord worden:

- Wie zijn de ketenpartners?
- Waar binnen de keten zitten de grootste emissies?
- Welke ketenpartners zijn betrokken bij de ketenstappen met de grootste emissies?

Om te bepalen waar Croonwolver&dros de meeste invloed op de emissies heeft, is het van belang om te definiëren welke ketenpartners op welke manier betrokken zijn bij het project. Hier gaat onderhavig hoofdstuk op in. De grootste emissies worden behandeld in hoofdstuk 4.

Onderstaand wordt allereerst de definitie van de term ketenpartner beschreven. Hierna worden de ketenpartners in het project benoemd en toegelicht.

#### 3.1 Definitie ketenpartners

Ketenpartners zijn partijen zowel upstream als downstream in de keten(s) van het bedrijf, waar het bedrijf mee samenwerkt. Dit kunnen bijvoorbeeld klanten, distributeurs, leveranciers of opdrachtgevers zijn.

Bij het identificeren van ketenpartners moet onderscheid worden gemaakt tussen directe ketenpartners en indirecte ketenpartners. Directe ketenpartners zijn partijen in de keten waar Croonwolver&dros een contractuele relatie mee heeft, zoals toeleveranciers, afnemers, onderaannemers en opdrachtgevers. Indirecte ketenpartners zijn partijen waar Croonwolver&dros geen directe (contractuele) relatie heeft, zoals leveranciers van de onderaannemers.

Informatie over de CO<sub>2</sub>-gegevens van indirecte ketenpartners zijn voor Croonwolver&dros over het algemeen moeilijker om te verkrijgen vanwege de indirecte relatie.

#### 3.2 Ketenpartners project

Deze rapportage vergelijkt twee systemen met de hypothese dat de toepassing van SOF kan bijdragen aan een reductie in CO<sub>2</sub>-emissies tegenover een 'normaal' verlichtingssysteem. Zoals eerder reeds beschreven, kan het toepassen van SOF naar verwachting vooral in de gebruiksfase een reductie opleveren.

Om te weten met welke ketenpartner Croonwolver&dros moet samenwerken om SOF te implementeren en daarmee CO<sub>2</sub>-reductie in de keten te verwezenlijken, is het van belang om te weten welke partners bij deze ketenfases betrokken zijn. Deze zijn hieronder toegelicht.

Onderdeel keten	Ketenactiviteit	Ketenpartner	Uitleg	Invloed
<b>Initiatiefase</b>	Initiatie en definitie	Snelwegbeheerder/opdrachtgever. In de meeste gevallen is dit een overheidslichaam, zoals het Rijk, de Provincie, de gemeente of het Waterschap (of Hoogheemraadschap) of Rijkswaterstaat.	Stelt functionele eisen aan het ontwerp en kwaliteit van het materiaal en infrastructurele werk.	direct
	Ontwerp	<b>Provincie Zuid-Holland Rijkswaterstaat</b> Opdrachtgever/snelwegbeheerder en ontwerper	Maakt (eventueel samen met een externe partij zoals Croonwolver&dros) het ontwerp	direct

Onderdeel keten	Ketenactiviteit	Ketenpartner	Uitleg	Invloed
		<b>Provincie Zuid-Holland Rijkswaterstaat</b>  <b>Comol5 :</b> <b>Croonwolter&amp;dros</b> <b>Mobilis B.V.</b> <b>VICNI CGP</b> <b>DEME Infra Marine Contractor</b>	van de tunnel of stelt functionele eisen op voor het ontwerp. Tegenwoordig kan dit in een breed scala van contractvormen gerealiseerd worden (van traditioneel tot DBFMO). Bepaalt welke ontwerpvariant gerealiseerd wordt.	
<b>Winning grondstof, productie en aanleg weg</b>	Winning grondstof	Delven grondstoffen	Keuze waar grondstoffen worden gewonnen, en of deze van primaire of secundaire oorsprong zijn.	indirect
	Transport materialen naar productielocatie	Leverancier <b>Producent SOF</b>	Keuze voor transportbedrijf indien logistiek bedrijf transport uitvoert. Uit de inschrijvingen op de aanbesteding wordt een hoofdaannemer gekozen.	direct
	Productie materialen/ producten	Leverancier <b>Producent Schreder</b> <b>Producent SOF</b>	Dienen materialen/ producten volgens bepaalde eisen aan het eindproduct te produceren.	direct
	Transport naar bouwlocatie	Aannemer (logistiek bedrijf of productiebedrijf)  <b>Comol5 :</b> <b>Croonwolter&amp;dros</b> <b>Mobilis B.V.</b> <b>VICNI CGP</b> <b>DEME Infra Marine Contractor</b>	Keuze voor transportbedrijf indien logistiek bedrijf transport uitvoert.	direct
	Aanleg/ installatie producten	Aannemer  <b>Comol5 :</b> <b>Croonwolter&amp;dros</b> <b>Mobilis B.V.</b> <b>VICNI CGP</b> <b>DEME Infra Marine Contractor</b>	Keuze voor manier van aanleggen van tunnelverlichting	direct
<b>Gebruik</b>	Gebruik tunnelverlichting	Beheerder  <b>Comol5 :</b> <b>Croonwolter&amp;dros</b> <b>Mobilis B.V.</b> <b>VICNI CGP</b> <b>DEME Infra Marine Contractor (betreft een DBM Contract).</b>	Het gebruik van de tunnelverlichting is niet afhankelijk van een externe partij. De verlichting is 24/7 in bedrijf, gedurende de donkere uren wordt ook gebruik gemaakt van de Led-verlichting.  Efficiëntie van gebruik wordt tijdens ontwerp (keuze type verlichting) bepaald.	direct
<b>Onderhoud &amp; reparatie</b>	Inspecties van verlichting	Snelweg-/ tunnelbeheerder. Rijkswaterstaat, provincies, waterschappen en gemeenten.	De eigenaar zet onderhoud & reparatie uit als opdracht in de markt. De onderhoudsaannemer is verantwoordelijk voor kwaliteit en onderhoud van de verlichting en functioneren van de verlichting (o.a. reinigen lenzen).	direct
		Onderhoudsaannemer  <b>Comol5 :</b> <b>Croonwolter&amp;dros</b>	Voert onderhoud en inspecties uit en is ook verantwoordelijk voor de reparatie.	direct



Onderdeel keten	Ketenactiviteit	Ketenpartner	Uitleg	Invloed
		<b>Mobilis B.V.</b> <b>VICNI CGP</b> <b>DEME Infra Marine Contractor</b>		
		Reiniging	Vaak verzorgd door de beheerder zelf.	direct
		<b>Comol5 :</b> <b>Croonwolver&amp;dros</b> <b>Mobilis B.V.</b> <b>VICNI CGP</b> <b>DEME Infra Marine Contractor</b>		
<b>Einde levensduur</b>		Snelweg-/ tunnelbeheerder. Rijkswaterstaat, provincies, waterschappen en gemeenten.	De beheerder dient te beslissen of de verlichting wordt vernieuwd of gesloopt, waarbij eventueel vrijgekomen materiaal wordt gerecycled, indien mogelijk.	direct
	Afvalverwerking	Na 15 jaar wordt de tunnel overgedragen aan de Provincie. Asphaltverwerker, recycling onderdelen verlichting	Eventueel hergebruik van bepaalde onderdelen.	indirect

Hierna worden de ketenpartners verder toegelicht van de nu meegenomen stappen A1-B1.

## Opdrachtgever

De opdrachtgever is in het geval van een tunnelbouw vaak een overheidslichaam, zoals het Rijk, de Provincie, de gemeente, Rijkswaterstaat of het Waterschap (of Hoogheemraadschap). Deze opdrachtgevers hebben een aspect gemeen, ze hebben de taak de beschikbaarheid van de infrastructuur te garanderen en Nederland te verduurzamen. Dit doet ze onder andere door het aanleggen en onderhouden van wegen. De opdrachtgever stelt functionele eisen op voor het ontwerp.

## Hoofdaannemer

Een benoemde hoofdaannemer is (vaak samen met onderaannemers) verantwoordelijk voor het uitvoeren van de werkzaamheden. In dit geval is dit COMOL5. De hoofdaannemer selecteert vaak zelf onderaannemers en leveranciers. Mede hierdoor oefent de hoofdaannemer grote invloed uit op de CO<sub>2</sub>-emissies van een tunnelaanleg uit. Zo bepaalt hij met de keuze van de leverancier- en onderaannemer de aan te voeren materialen, het te gebruiken materieel inclusief bijbehorende transportafstanden. De hoofdaannemer is hiermee een belangrijke partner in het implementeren van CO<sub>2</sub>-reducerende maatregelen.

## Overige aannemers

De belangrijkste onderaannemers zijn vaak verantwoordelijk voor benodigde specialistische machines, transport (logistiek bedrijf) en dergelijke.

## Overige leveranciers

De leveranciers bestaan uit grondstoffenleveranciers en betoncentrales die het beton leveren voor de aanleg van de tunnel.

## Tunnelgebruikers

De tunnelgebruikers (auto, vrachtauto, motor, fiets e.d.) gebruiken de infrastructuur, maar beïnvloeden met hun gedrag niet de energieverbruiken van de geïnstalleerde verlichting. De keuzes die zij maken ten aanzien van rijgedrag en kenmerken van het vervoermiddel zijn niet van invloed op de totale emissie van de verlichting.

## Tunnelbeheerder

De tunnelbeheerder is verantwoordelijk voor kwaliteit en onderhoud van verlichting. De opdrachtgever/eigenaar kan het beheer uit handen geven aan een onderhoudsaannemer.

## Onderhoudsaannemer

De onderhoudsaannemer (Comol5) heeft een meerjarencontract (15 jaar), een zogenaamde beschikbaarheidscontract voor het regelmatige onderhoud aan de verlichting. Dit houdt in dat middels aantoning van eisen de beschikbaarheid aangetoond wordt. Een onderdeel daarvan is ook het preventieve onderhoud. De keuze van de methode van onderhoud is aan de aannemer - de opdrachtgever zal hooguit eisen stellen aan methode van aantoning. Dit is van toepassing voor beide systemen.

De mate waarin de onderhoudsaannemer invloed heeft op de CO<sub>2</sub>-uitstoot in het project wordt dus altijd bepaald door de manier van aanbesteden van het onderhoudscontract.

## Betrokkenheid ketenpartners

De tunnelbeheerders hebben de grootste impact op de keuzes die het verbruik in aanleg, gebruik en onderhoud bepalen, en hieraan gelinkt de exploitatie beïnvloeden (mits het geen DBFMO-contract betreft). De hoofdaannemer aan de andere kant, beïnvloedt de wijze waarop de infrastructuur van de tunnel wordt gerealiseerd. Aangezien deze partijen de meeste invloed kunnen uitoefenen op de CO<sub>2</sub>-emissies, beschouwen we deze partijen als belangrijkste ketenpartners.

Croonwolter&dros heeft als opdrachtnemer/hoofdaannemer de grootste invloed in de ontwerpfase. Duidelijk is dat de meeste invloed om een emissiereductie te bereiken ook gedurende de ontwerpfase uitgeoefend kan worden.

Hierbij moet opgemerkt worden dat het bedrijf lang niet altijd als enige bepalend is in de uiteindelijke keuze van een meer of minder CO<sub>2</sub>-emissie beperkend ontwerp. Vanuit de ontwerpfase heeft men invloed op keuzes in de realisatie- en gebruiksfase.

Tijdens de gebruiksfase heeft men minder invloed op de emissies, gezien de meeste impact op emissiereductie tijdens de ontwerpfase gerealiseerd kan worden. Tijdens het instandhouden van de tunnelverlichting kunnen bepaalde keuzes de levensduur positief beïnvloeden en een vermindering van de CO<sub>2</sub>-emissie ondersteunen. Van belang in deze fase is ook het initiële ontwerp. Als de ingezette elektronica op de specifieke dag bereikbaar is voor onderhoud, kan het personeel de werkzaamheden uitvoeren en de objecten kunnen te voet worden benaderd. Dit heeft dit een positieve invloed op de totale duurzaamheid van het project.

Tijdens de sloop- en verwerkingsfase heeft het bedrijf een geringe invloed. Wel kunnen adviezen al tijdens het ontwerp geuit worden (afhankelijk van contracttype) om het afdankproces te optimaliseren. Dat wil zeggen dat Croonwolter&dros middels de gebruikte materialen recycling of downcycling kan faciliteren.

## 4 KWANTIFICEREN EMISSIES

Dit hoofdstuk beschrijft:

- de dataverzameling;
- de functionele eenheid van de analyse, incl. uitsluitingen en invloedsfactoren;
- de berekende CO<sub>2</sub>-emissies.

### 4.1 Dataverzameling

#### Eisen datakwaliteit CO<sub>2</sub>-Prestatieladder

In een ketenanalyse wordt onderscheid gemaakt tussen primaire data (data van de werkelijke leveranciers (up) en gebruikers (down)) en secundaire data (algemene cijfers en eigen schattingen). Primaire data is altijd beter dan secundaire data, echter het GHG-protocol Scope 3 Standard (eis 4.B.2) stelt dat het voor een ketenanalyse niet nodig is direct uitgebreid gegevens op te vragen bij allerlei leveranciers. Voor een eerste versie is het voldoende om enkel cruciale data op te vragen. Wanneer hiervoor primaire data niet beschikbaar blijkt, door onvoldoende medewerking vanuit ketenpartners, mag secundaire data worden gebruikt. Voor alle relevante secundaire data dient de ketenanalyse in passende follow up te worden voorzien om later alsnog primaire data te krijgen.

#### Dataverzameling voor de ketenanalyse

Croonwolter&dros heeft bij haar interne experts informatie opgevraagd. Samen met de experts is gezocht naar de gegevens die nodig zijn voor het berekenen van de CO<sub>2</sub>-emissies. De experts beschikken over kennis over gebruikte materialen en hoeveelheden, mede als verschillende eigenschappen van de materialen. Daarnaast is informatie opgevraagd bij de leverancier van het SOF-systeem.

Verder zijn ook nog aanvullende bronnen geraadpleegd. De volledige lijst is te vinden in de bijlage.

### 4.2 Functionele eenheid

Om de CO<sub>2</sub>-emissies in Scope 3 te berekenen dient de functionele eenheid en bijbehorende systeemgrens voor de analyse bepaald te worden. Deze is in het tekstblok hieronder gedefinieerd.

De functionele eenheid (FE) is een beschrijving van de kernfunctie; het definieert de dienst van het product. Voor tunnelverlichting is de FE een combinatie van diensten, kwaliteitseisen en de dienstdoende periode. De functionele eenheid luidt:

**Vergelijking van twee systemen voor ingangsverlichting van een tunnel (100% standaard ledverlichting vs. Solar Optic Fiber gecombineerd met standaard ledverlichting) over een lengte van 100 meter van één tunnelingang met 2 rijstroken (eenrichtings-tunnel) over een periode van 25 jaar en een gemiddeld gebruikspatroon van de tunnel.**

Objecten horende bij de beveiliging van de tunnel, verlichting voor andere doeleinden (zoals Exit-signalering), asfalttype inrit tunnel, ondersteunende werkzaamheden bouw en onderhoud verlichting, etc. worden niet meegenomen (zie ook onderstaand bij "uitsluitingen").

#### Uitsluitingen

Voor deze ketenanalyse zijn de volgende uitsluitingen bepaald:

- De ketenstappen A1-A5 en B1-B5 zijn meegenomen in deze analyse, de andere ketenstappen worden in een vervolganalyse onderzocht.
- Het aanleggen van de tunnel zelf wordt niet meegenomen.
- De toevoer van stroom (van gelijk- naar wisselstroom) en wat dit betekent voor het project en de emissieresultaten, wordt niet meegenomen.

- Het type en de kleur van het asfalt bij de ingangen van de tunnel beïnvloeden de sterkte van de benodigde verlichting. Des te lichter het asfalt, des te minder verlichting is nodig. Dit aspect wordt echter niet meegenomen in de analyse.
- De bijhorende dienstgebouwen in en boven de tunnel worden niet meegenomen in de analyse.
- Andere verlichting (exit-signalering, wegsignalering, stoplichten, etc.) wordt niet meegenomen in de analyse.
- Verschillende kabeltypes (driver-, voeding-, data-, signaalkabel) zijn meegenomen als voedingskabel gezien vergelijkbaar doel, opbouw en gebruikt materiaal.

## Invloedsfactoren

De CO<sub>2</sub>-emissie per functionele eenheid wordt ook beïnvloed door andere invloedsfactoren. Deze factoren worden hieronder toegelicht.

- Het ontwerp van de tunnel. Het ontwerp beïnvloedt de CO<sub>2</sub>-uitstoot en bepaalt hoeveel materiaal er op hoofdlijnen nodig is, afhankelijk van de breedte van de tunnel. Een voorbeeld: zijn er 2 of 3 rijbanen nodig? De keuze beïnvloedt de hoeveelheid benodigde verlichting.
- Oriëntatie van de tunnel: De oriëntatie van de tunnel ten opzichte van de zon, heeft invloed op de werking van het SOF-systeem.
- Rijsnelheid. Hoe sneller hoe langer de ingangsverlichting naar binnen moet worden gebracht.
- Afstand tussen de locaties. Hoe groter de afstand tot de producent/ leverancier, hoe meer brandstofverbruik door transport van en naar de producent/ leverancier, hoe meer CO<sub>2</sub>-uitstoot. Hoe groter de afstand tussen locatie winning grondstoffen en producent, hoe meer CO<sub>2</sub>-uitstoot. Enzovoort.
- Keuze transport. De keuze van het type transport bepaalt de emissie in deze categorie.
- Logistiek en schaalvoordelen. Hoe beter de logistiek verloopt, hoe beter er doorgewerkt kan worden, hoe lager het brandstofverbruik van het materieel. Bij grote projecten kan doorgaans sneller worden gewerkt, dus dit levert ook een voordeel op voor de CO<sub>2</sub>-uitstoot.
- Beladingsgraad vrachtwagens. Hoe hoger de beladingsgraad, hoe lager de CO<sub>2</sub>-uitstoot van het transport.
- Onderhoud. Methode en frequentie van onderhoud heeft een belangrijke impact op de levensduur en daarmee de totale emissie binnen een bepaalde levensduur. De opzet is om levensverlengend onderhoud uit te voeren. Ten eerste worden meer inspecties gedaan of zullen falende componenten binnen de eisen hersteld worden. Wanneer het totale systeem langer operationeel gehouden kan worden, heeft dit een positief resultaat op de totale kosten en de uitstoot. Het is belangrijk om binnen de beschikbaarheidseisen het faalgedrag te beheren. Hierdoor kunnen herstelacties gecombineerd worden waardoor de tunnel minder vaak afgesloten hoeft te worden.

## 4.3 Berekende CO<sub>2</sub>-emissies

Deze paragraaf geeft de resultaten van de CO<sub>2</sub>-berekening weer. Het bijbehorende Excel document geeft een gedetailleerde beschrijving van de berekening van de CO<sub>2</sub>-emissies. Een gedetailleerde analyse van de resultaten vindt plaats in Hoofdstuk 5.

Onderstaande tabellen laten een overzicht zien van de impact van de verschillende ketenstappen per systeem. Hierbij is in lichtroze aangegeven welke informatie momenteel nog ontbreekt.

### Uitstoot standaard systeem met ledverlichting in ton CO<sub>2</sub>

Onderdeel	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	Totaal
Led Omnistar Schreder		1,0		0,0		-	-	-	Niet kwantificeerbaar	Niet kwantificeerbaar	1,0
Drivers		1,7		0,0		1.866,5	-	-			1.868,3
Glasvezel standaard		0,1		0,0		-	-	-			0,1
Bekabeling		0,6		0,0		-	-	-			0,6
Kabelgoot		18,5		0,2		-	-	-			18,7
Besturingssysteem		0,2		0,0		284,3	-	-			284,4
Maandelijkse inspectie controller	-	-	-	-	-	-	6,6	-			6,6
Maandelijkse inspectie schakelkast	-	-	-	-	-	-	6,6	-			6,6
4 keer/ jaar functionele testen	-	-	-	-	-	-	2,2	-			2,2
1 keer/ 3 jaar schoonmaken	-	-	-	-	-	-	0,9	-			0,9
Hoogwerkers	-	-	-	-	-	-	Buiten beschouwing		-		
Totale vervanging LED	-	-	-	-	-	-	-	5,3	5,3		
<b>Totaal (ton CO<sub>2</sub>)</b>											<b>2.194,8</b>

### Uitstoot SOF-systeem met ledverlichting in ton CO<sub>2</sub>

Onderdeel	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	Totaal
Led Omnistar Schreder		1,0		0,0		-			Niet kwantificeerbaar	Niet kwantificeerbaar	1,0
Drivers		1,7		0,0		560,0					561,7
Glasvezel standaard		0,1		0,0		-					0,1
Bekabeling		0,6		0,0		-					0,6
Kabelgoot		18,5		0,2		-					18,7
Besturingssysteem		0,2		0,0		284,3					284,4
Glasvezelkabel SOF		3,7		0,0		-					3,8
Afdekplaat glas lenzen		0,0		0,0		-					0,0
Plastic voor lenzen		1,4		0,0		-					1,4
Staal voor houders		3,7		0,0		-					3,7
Elektromotor		2,7		0,0		0,3			3,0		
Geanodiseerd aluminium frame		31,8		0,0		-			31,9		
Maandelijkse inspectie controller	-	-	-	-	-	-	6,6	-	6,6		
Maandelijkse inspectie schakelkast	-	-	-	-	-	-	6,6	-	6,6		
4 keer/ jaar functionele testen	-	-	-	-	-	-	2,2	-	2,2		
1 keer/ 3 jaar schoonmaken	-	-	-	-	-	-	0,9	-	0,9		
Hoogwerkers	-	-	-	-	-	-	Buiten beschouwing		-		
Jaarlijks schoonmaken lenssystemen SOF	-	-	-	-	-	-	0,3	-	0,3		
Totale vervanging LED	-	-	-	-	-	-	-	5,3	5,3		
Vervangen sensoren	-	-	-	-	-	-	Buiten beschouwing		-		
<b>Totaal (ton CO<sub>2</sub>)</b>											<b>932,1</b>

Ten eerste kijken wij naar de ketenstappen A1-5 en B2. Het is duidelijk te zien dat het nieuwe SOF-systeem incl. ledverlichting minder CO<sub>2</sub>-uitstoot heeft dan de standaard manier van verlichten middels Led (910,2 ton CO<sub>2</sub> versus 2.173,2 ton CO<sub>2</sub> voor één tunnelmond over een levensduur van 25 jaar), als we de ketenstappen A1-A5 en B1 in beschouwing nemen.

Het beeld verandert amper, kijkende naar de toegevoegde ketenstappen B2-B5. Voor de stappen B2 en B3 zijn grove aannames gedaan, gebaseerd op expertkennis (Coentunnel). Voor de stappen B4 en B5 zijn geen kwantitatieve aannames gedaan. Dit vooral omdat er geen betrouwbare en/ of realistische ervaringswaardes beschikbaar zijn. Deze ketenstappen dienen op een later moment opnieuw geanalyseerd te worden.

De ketenstappen B2 en B3 veroorzaken een totale emissie van 21,60 ton CO<sub>2</sub> voor de standaard verlichting (Led) en 21,87 ton CO<sub>2</sub> voor het SOF-systeem, ondersteund door ledverlichting. Het verschil is klein maar het SOF-systeem stoot op dit moment, kijkende naar deze specifieke stappen, meer emissie uit. Dit kan verklaard worden door de aanvullende onderhoud-, reparatie- en vervangingsstappen horende bij het SOF-systeem. Deze moeten aanvullend aan de reguliere stappen van de ledverlichting uitgevoerd worden.

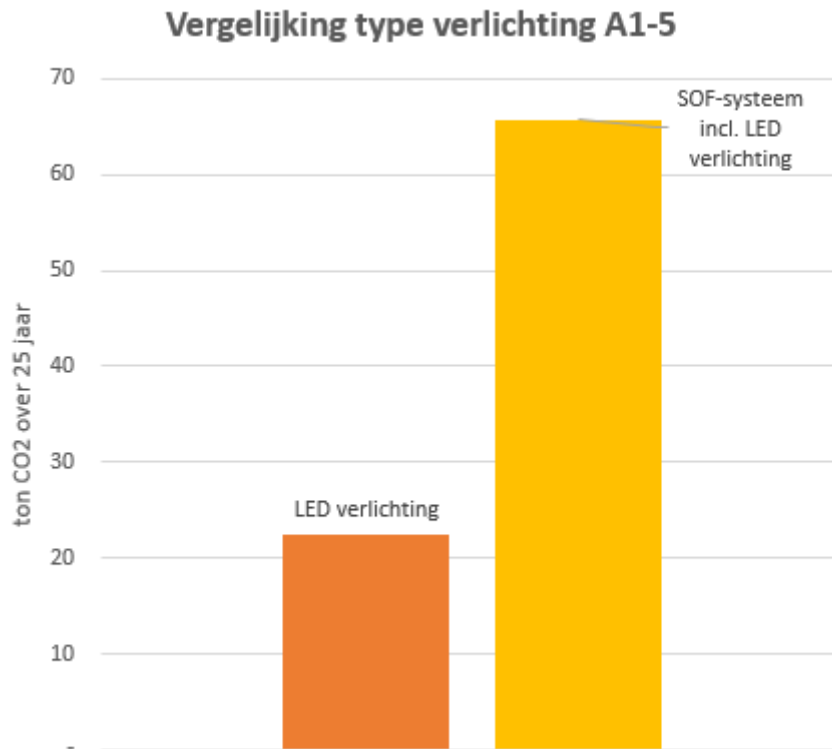
Bij deze conclusies moet worden opgemerkt dat er bij enkele ketenstappen nog informatie ontbreekt om de CO<sub>2</sub>-uistoot te berekenen. Het betreft hier echter dezelfde systeemonderdelen bij beide systemen, dus naar verwachting heeft dit weinig invloed op de uitkomsten van de analyse.

Tot slot, zijn er nog verschillende aannames gedaan in deze ketenanalyse. Komende periode zal aandacht worden besteed aan het verkrijgen van primaire data, om de ketenanalyse verder te verbeteren.

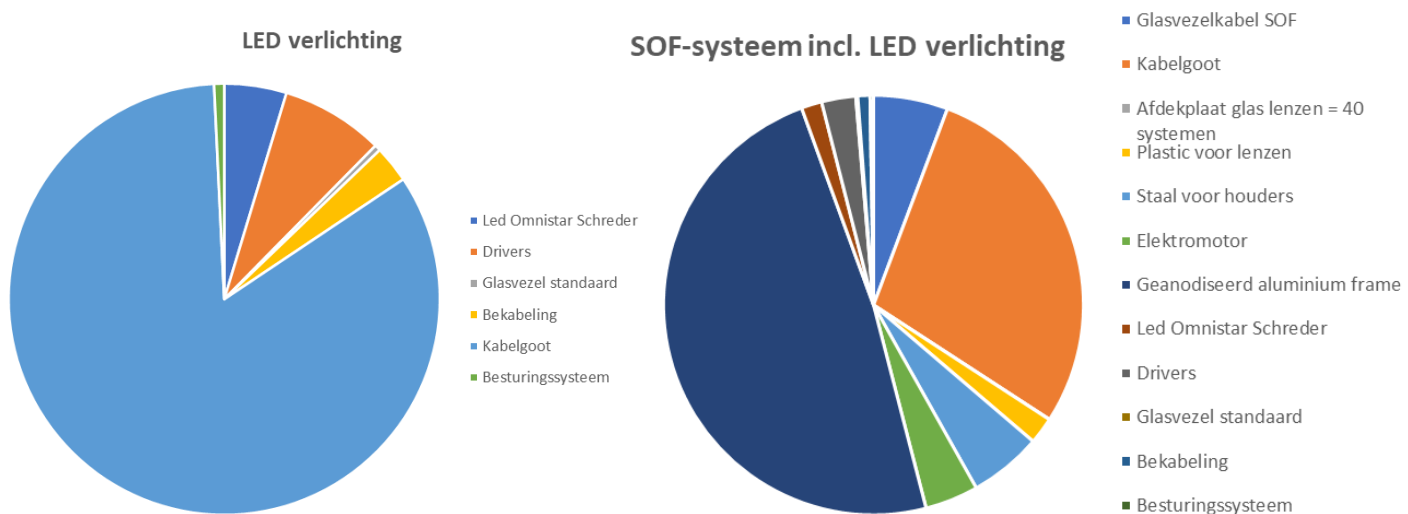
## 5 CONCLUSIE

Met onderhavig rapport is een vergelijkende analyse gedaan.

Uit de gegevens die momenteel bekend zijn, blijkt dat het SOF-systeem in de fases A1-A5 meer uitstoot heeft dan een 'standaard (Led)'-systeem. Dit komt tot uiting in onderstaande grafiek.

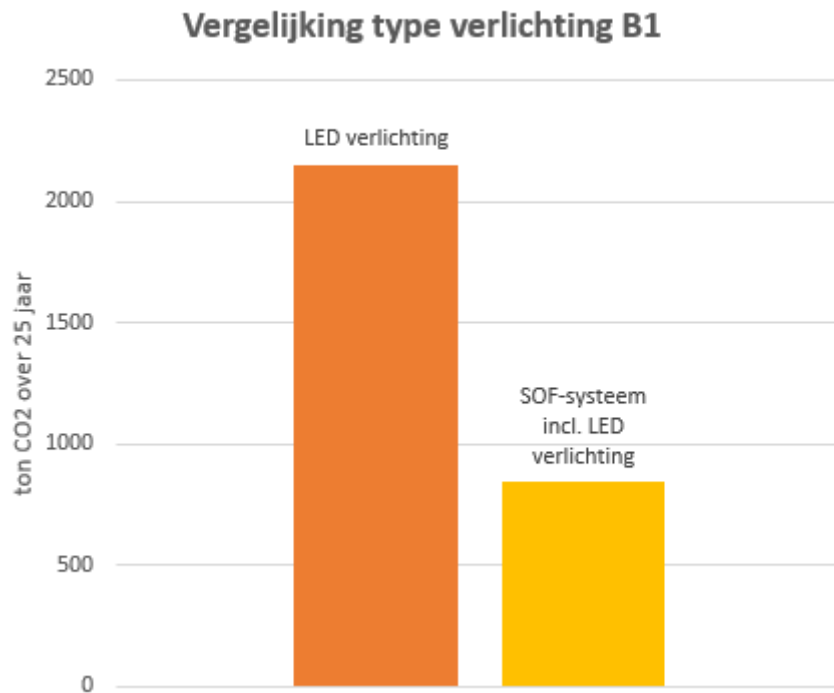


Echter, hierbij moet opgemerkt worden, dat de stappen A1-A5 voor beiden systemen nog niet volledig in beeld zijn.



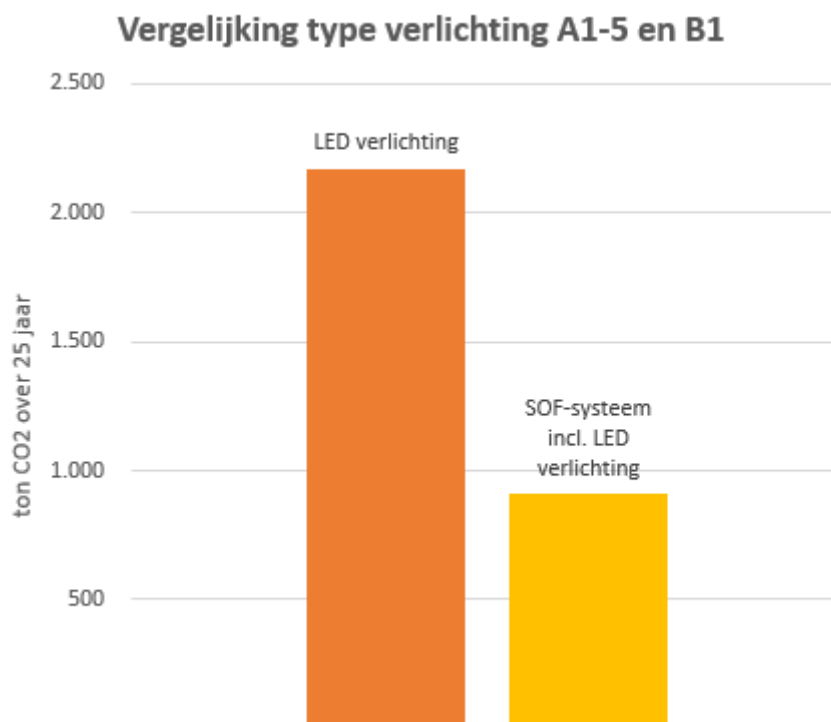
Hieronder volgt per systeem de verdeling over de uitstoot per onderdeel (ketenstappen A1-A5):

Gedurende de gebruiksfase van de tunnel, zal het SOF-systeem een aanzienlijke besparing opleveren. Gerekend is met een levensduur/gebruiksfase van 25 jaar en het verbruik van grijze stroom. Dit geeft het



volgende beeld:

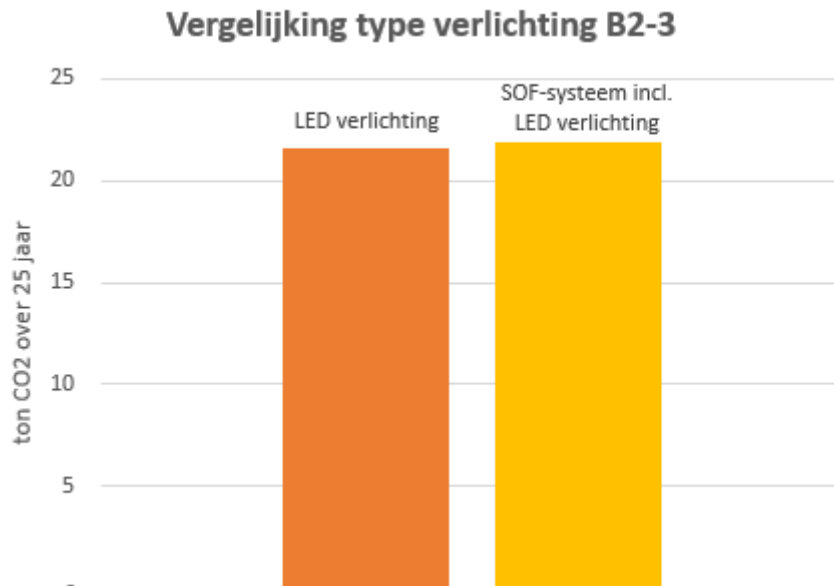
Als we deze grafieken samenvatten in één grafiek die de fases A1-B1 meeneemt, lijkt het SOF-systeem (redundant uitgevoerd met standaard Led) momenteel tot minder CO<sub>2</sub>-uitstoot te leiden dan een 'standaard'-systeem. Dit komt doordat in de gebruiksfase van de keten van ingangsverlichting de meeste CO<sub>2</sub>-uitstoot





plaatsvindt.

Kijkende naar de ketenstappen B2 en B3 (B4 en B5 zijn kwantitatief nog niet analyseerbaar), wijzigt het totale resultaat amper. Er komen dezelfde werkstappen aan bod bij allebei de varianten, slechts bij het SOF-systeem vindt aanvullend hieraan nog onderhoud, reparatie of vervanging bij de lenssystemen



(bovengronds) plaats.

Het eindresultaat dient echter nog verder onderzocht te worden nadat voor alle ketenstappen de informatie en data beschikbaar zijn. Op basis van de huidige berekening lijkt er door de implementatie van het SOF-systeem met ledverlichting een besparing te kunnen worden gerealiseerd op CO<sub>2</sub>-uitstoot van bijna 60% ten opzichte van een systeem met enkel ledverlichting. Voor een gedetailleerdere toelichting betreffende de werkelijk bepaalde reductiedoelstelling wordt verwezen naar het Energie actieplan 2018 - 2020. Of deze ambitieuze reductiedoelstelling behaald wordt, wordt in de periodieke voortgangsrapportages gedocumenteerd.

Naar verwachting (op basis van expert judgement) zal een verbeterd inzicht in de nu nog ontbrekende ketenstappen (behorende tot A1-A5 en B1-B5) echter niet leiden tot een andere conclusie dan reeds hierboven vermeld. Op basis van de nu bekende gegevens leidt implementatie van een SOF-systeem tot een aanzienlijke reductie in de keten.

## Groene stroom

De CO<sub>2</sub>-reductie is gebaseerd op het feit dat tijdens het gebruik van het SOF-systeem minder energie (grijze stroom) wordt gebruikt. Vanaf 2018 koopt Rijkswaterstaat echter groene stroom in (minimaal 70% met Nederlandse oorsprong). Dit heeft gevolgen voor de berekening van de CO<sub>2</sub>-uitstoot en de conclusie van de ketenanalyse. De CO<sub>2</sub>-uitstoot van de gebruiksfase (B1) zal hiermee vervallen, waardoor een traditioneel systeem qua CO<sub>2</sub>-uitstoot beter scoort dan de variant waarbij ledverlichting wordt gecombineerd met SOF. Echter, hierbij moeten twee kanttekeningen geplaatst worden:

- Als het SOF-systeem niet redundant uitgevoerd hoeft te worden (met ledverlichting) ziet de business case er anders (positiever) uit voor het SOF-systeem.
- Vanuit de trias energetica zou het SOF-systeem de voorkeur hebben boven een systeem met traditioneel ledverlichting. Trias energetica gaat namelijk uit van:
  1. Beperken energievraag.
  2. Gebruik duurzame energie.
  3. Fossiele brandstoffen zo schoon en efficiënt mogelijk gebruiken.

## 6 REFLECTIE

### 6.1 Dataverzameling

De analyse is voor een belangrijk deel gebaseerd op primaire data die aangeleverd is door Croonwolter&dros en leveranciers, zoals projectgegevens en technische specificaties. Daarnaast is gebruik gemaakt van secundaire data (algemene cijfers, aannames en expertkennis). In de bijlage zijn de verschillende bronnen weergegeven.

### 6.2 Representativiteit van functionele eenheid

De ketenanalyse is representatief ten aanzien van:

- Gebruikte standaardverlichting. De in Nederland meest gebruikte tunnelverlichting (ledverlichting) is gekozen om het meest omvattende beeld betreffende de vergelijking van de emissies van de standaardvariant en de innovatie te geven.
- Levensduur. Een van de opties was een keuze voor een standaard en vrij gebruikelijke levensduur van een tunnel van 50 jaar. Weliswaar worden tunnels regelmatig gerepareerd en onderhouden. Echter, de onderdelen van de twee systemen die in deze ketenanalyse worden vergeleken hebben doorgaans een levensduur van 25 jaar. Vandaar is 25 jaar als levensduur aangehouden.
- Functionele eenheid tunnel. De keuze van de grootte van de tunnel (2 rijstroken, eenrichtings-tunnel) is vrij standaard in de meeste tunnels in Nederland.
- Uitsluitingen. De gekozen uitsluitingen (de scope van de ketenanalyse) zijn logische keuzes, kijkende naar het doel van deze analyse. Doel is om twee verlichtingstypes met elkaar te vergelijken, onafhankelijk van bijhorende dienstgebouwen, type van stroom, hoeveelheid signaleringen, markeringen en dergelijke.

De ketenanalyse is niet (geheel) representatief ten aanzien van:

- Transportafstanden. Afhankelijk van de locatie van de desbetreffende tunnel, variëren ook de transportafstanden naar de productielocatie en van daar naar de aanleglocatie. De gemaakte aannames zijn daarom niet representatief.
- Secundaire data. De analyse is voor een belangrijk deel gebaseerd op secundaire data die aangeleverd is door experts en aannames. De gegevens zijn gebaseerd op ervaringsdeskundigheid. Op deze manier is geprobeerd een representatief beeld weer te geven.
- Gehele keten. In de ketenanalyse zijn nu (nog) niet alle ketenstappen meegenomen, maar is gefocust op de ketenstappen waarin de meeste emissies worden verwacht. De andere stappen zullen in een later stadium worden toegevoegd.

### 6.3 Aanbevelingen voor verbeteringen ketenanalyse

#### Uitbreiden stappen tot een complete analyse

Nu zijn slechts de stappen A1-5 en B1-B5 uitgewerkt, waarbij B2-B5 slechts kwalitatief beschreven zijn. In de volgende fase van de ketenanalyse (de vervolganalyse) zullen deze en andere stappen verder behandeld worden.

#### Opvragen gegevens over technische specificaties

Tot nu toe zijn aannames gedaan over specificaties van bepaalde onderdelen en activiteiten zoals gewichten, afmetingen, vermogens en afstanden. Bij een vervolgonderzoek wordt geadviseerd primaire gegevens op te vragen bij (hoofd- of onder)aannemers en producenten/ leveranciers.

#### Opvragen gegevens over transport

Tot nu toe zijn grotendeels aannames gedaan betreffende de logistieke situatie (afstanden en gebruikte vervoermiddelen). Bij een voortzetting van de ketenanalyse wordt aanbevolen om werkelijke gegevens op te vragen.

## Verbeteren materiaalgegevens

Voor de CO<sub>2</sub>-emissies van de materialen is grotendeels uitgegaan van SimaPro en internetbronnen in plaats van primaire bronnen. Ook andere bronnen, zoals andere CO<sub>2</sub>-ketenanalyses of branchegegevens kunnen de ketenanalyse verder verbeteren.

## 6.4 Maatschappelijk voortschrijdend inzicht

Maatschappelijk voortschrijdend inzicht is een eis die de CO<sub>2</sub>-Prestatieladder stelt aan ketenanalyses. Binnen deze term draait het om het belang van de ketenanalyse voor zowel Croonwolter&dros als het belang van de ketenanalyse voor de markt/maatschappij.

### Aangrijpingspunten voor CO<sub>2</sub>-reductie

Deze analyse geeft inzicht in de emissies per ketenstap. Uiteindelijk zal deze de gehele keten in kaart brengen van de winning van grondstoffen tot en met het onderhoud van de verlichting. Dit levert aangrijpingspunten op voor CO<sub>2</sub>-reductie. Deze zijn zeer relevant omdat er ook in de toekomst nieuwe tunnels aangelegd worden en bestaande tunnelverlichting vervangen zal worden. Door inzicht te verkrijgen in de emissies van verschillende verlichtingssystemen, kan een overwogen ontwerpkeuze gemaakt worden om de CO<sub>2</sub>-emissie te reduceren.

### Stimulans voor de markt

Croonwolter&dros is marktleider op het gebied van industriële automatisering van infrastructurele werken. Met het publiceren van een ketenanalyse voor verschillende verlichtingssystemen stimuleert het bedrijf de markt om zelf goed in kaart te brengen hoeveel CO<sub>2</sub>-emissies uitgestoten worden bij welke verlichtingsvarianten. Ook stimuleert ze de markt om na te denken over de gewenste CO<sub>2</sub>-reductieprogramma's.

### Innoverende rol

Zoals beschreven geeft deze analyse inzicht in de emissies per ketenstap en daarmee inzicht in de grote emissiebronnen in de keten. Dit inzicht kan het bedrijf gebruiken om te bepalen op welke innovaties de maatschappij zich moet richten om uiteindelijk te komen tot de meest effectieve CO<sub>2</sub>-reducerende oplossingen.

## BIJLAGE 1 EISEN EN METHODIEK

### Eisen vanuit CO<sub>2</sub>-Prestatieladder

De ketenanalyse is opgesteld conform de eisen van de CO<sub>2</sub>-Prestatieladder (Handboek CO<sub>2</sub>-Prestatieladder 3.0, 10 juni 2015).

De CO<sub>2</sub>-Prestatieladder stelt de volgende (rand)voorwaarden:

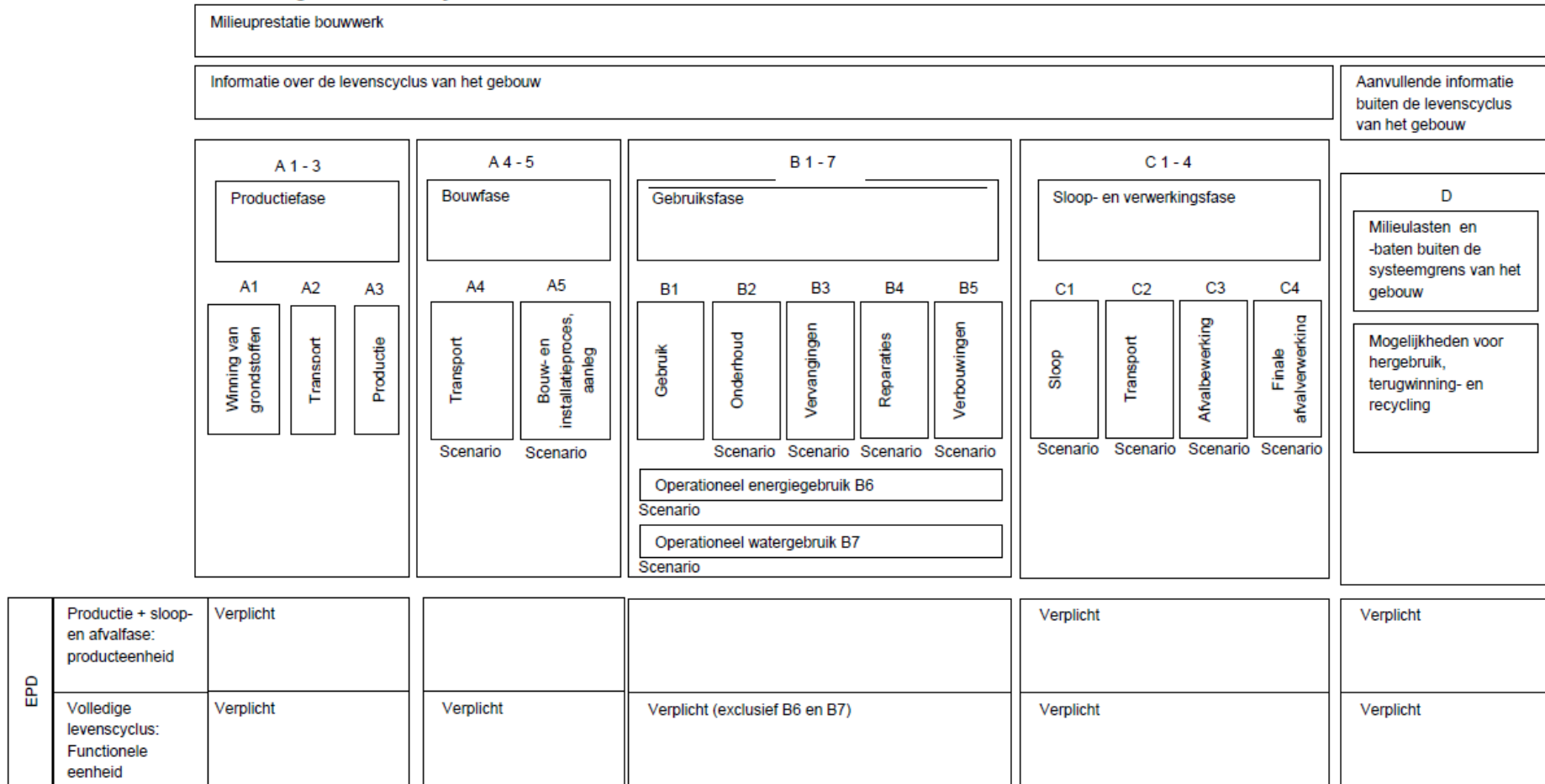
- a. De ketenanalyses dienen betrekking te hebben op de projectenportefeuille. Dit is gewaarborgd door het uitvoeren van de PMC-analyse.
- b. Het bedrijf dient eigen analyses uit te (laten) voeren. Het meeliften bij de uitvoering van een betaalde opdracht van een klant is niet toegestaan.
- c. Er dient één ketenanalyse te worden gemaakt voor een van de twee meest materiële emissies én één andere ketenanalyse voor een van de zes meest materiële emissies uit de rangorde. Dit is gewaarborgd door het uitvoeren van de PMC-analyse.
- d. A Corporate Accounting and Reporting Standard (Hoofdstuk 4 Setting Operational Boundaries) geeft de herkenbare structuur van elke ketenanalyse:
  - a. Beschrijf de betreffende keten.
  - b. Bepaal welke scope 3 categorieën relevant zijn.
  - c. Identificeer de partners in de keten.
  - d. Kwantificeer de scope 3 emissies.
  - e. Het resultaat van de analyse dient een aanvulling te zijn op de bestaande (gepubliceerde) kennis en inzichten en dient bij te dragen aan het voortschrijdend maatschappelijk inzicht.

Verder zijn de ketenanalyses, conform de CO<sub>2</sub>-prestatieladder, opgesteld volgens de richtlijnen uit de GHG Protocol Scope 3 Standard.

### Methodiek ketenanalyse

De ketenanalyse is opgedeeld volgens de hoofdmodules van de Europese bepalingmethoden EN 15804 en de EN 159786 met inpassing van voor Nederland toepasselijke scenario's (2014). Toepassing van deze methoden is gebruikelijk voor bouwprojecten. Onderstaand figuur beschrijft de verschillende ketenfases die de methodiek onderscheidt.

**Figuur 2. Levenscyclusfasen EPD**



## BIJLAGE 2 BRONNEN

Bron	Inhoud
Croonwolter&dros Technisch specialisten en publicaties. <a href="https://www.Croonwolter&amp;dros.nl/nl/infra/oplossingen/d-e-energieneutrale-tunnel">https://www.Croonwolter&amp;dros.nl/nl/infra/oplossingen/d-e-energieneutrale-tunnel</a>	Gegevens en hoeveelheden over standaard gebruikte verlichting en innovatie (SOF-systeem)
Producent SOF-systeem	Technische specificaties SOF-systeem
Schreder Omnistar tunnelverlichting <a href="https://www.schreder.com/products/omnistar-tunnel">https://www.schreder.com/products/omnistar-tunnel</a>	Technische specificaties en LCA-gegevens ledverlichting
SimaPro LCA-programma Versie 8.4.0.0	Gedetailleerde lijst gebruikte materialen beschikbaar in het rekenmodel
OTAR (tijdschrift) Tunnelprogramma <a href="https://content.yudu.com/web/1r3p1/0A1rI5s/OTAR1804/flash/resources/index.htm">https://content.yudu.com/web/1r3p1/0A1rI5s/OTAR1804/flash/resources/index.htm</a>	Achtergrondinformatie nieuw SOF-systeem
Duurzaam bedrijfsleven <a href="https://www.duurzaambedrijfsleven.nl/stad-van-de-toekomst/28975/gewoon-bouwen-die-energieneutrale-tunnel?utm_source=nieuwsbrief&amp;utm_medium=email&amp;utm_campaign=Daily+Focus+22+Juni">https://www.duurzaambedrijfsleven.nl/stad-van-de-toekomst/28975/gewoon-bouwen-die-energieneutrale-tunnel?utm_source=nieuwsbrief&amp;utm_medium=email&amp;utm_campaign=Daily+Focus+22+Juni</a>	Achtergrondinformatie nieuw SOF-systeem
De techniek achter Nederland <a href="https://www.detechniekachternederland.nl/article/mobiliteit/infratechniek-verkeer/energieneutrale-tunnel">https://www.detechniekachternederland.nl/article/mobiliteit/infratechniek-verkeer/energieneutrale-tunnel</a>	Achtergrondinformatie nieuw SOF-systeem
SKAO <a href="http://www.co2emissiefactoren.nl">www.co2emissiefactoren.nl</a>	Emissiefactor grijze stroom

## COLOFON

KETENANALYSE SOLAR OPTIC FIBRE  
CO2-PRESTATIELADDER

**KLANT**

Croonwolter&dros

**AUTEUR**

Cindy Goorts

**PROJECTNUMMER**

C05011.000470

**ONZE REFERENTIE**

083683100 B

**DATUM**

11 december 2018

**STATUS**

Definitief

**GECONTROLEERD DOOR**

O. Sminia  
Innovatiemanager Croonwolter&dros

**VRIJGEGEVEN DOOR**

C.W.J. Goorts MSc  
Adviseur Milieu en Duurzaamheid

**Arcadis Nederland B.V.**

Postbus 1018  
5200 BA 's-Hertogenbosch  
Nederland  
+31 (0)88 4261 261

[www.arcadis.com](http://www.arcadis.com)