



Rijkswaterstaat



LCA Rapportage categorie 3 data Nationale Milieudatabase

Hoofdstuk 47 Kleine kunstwerken en gemalen

Datum: 31 maart 2020

Versie Bepalingsmethode: 3.0 met wijzigingsblad 1 juli 2019 en wijzigingsblad d.d. januari 2020

Versie Ecolnvent database: 3.5

Versie/datum rapportage:

Versie 1 – 21 december 2021 – Aanpassing t.b.v. consistentie (tekst toegevoegd fase C1)

Opdrachtgever	Rijkswaterstaat
Projectmanagement	Stichting Bouwkwiteit
Projectleiding	Rijkswaterstaat
Opdrachtnemers	IV-Infra, Tauw, LBP SIGHT
Projectnummer	RWS SO3-520 1272090

Auteurs	René Kraaijenbrink (LBP SIGHT)
---------	--------------------------------

LBP|SIGHT 

 **Tauw**

iv-Infra 

Inhoudsopgave

Verklarende woordenlijst en afkortingen	4
Bronnen	5
Normen.....	5
Literatuurlijst	5
1 Inleiding.....	6
1.1 Verantwoording	6
1.2 Doelstelling en doelgroep	6
2 Scope.....	7
2.1 Product- en/of Functionele eenheid.....	7
2.1.1 Productomschrijvingen	7
2.1.2 Functionele eenheid.....	7
2.1.3 Decompositie in deelproducten.....	8
2.1.4 Technische levensduur	9
2.2 Systeemgrenzen	9
3 Levenscyclusinventarisatie (LCI)	11
3.1 Dataverzameling	11
3.2 Kwalitatieve/kwantitatieve procesgegevens	11
3.2.1 Productiefase (A1-3)	11
3.2.2 Transportfase (A4)	13
3.2.3 Bouwfase (A5).....	14
3.2.4 Gebruiksfase (B1-5)	14
3.2.5 Sloop en verwerkingsfase (C1-4).....	15
3.2.6 Lasten en baten voorbij de systeemgrenzen (D)	17
4 Resultaten	18
4.1 Berekening milieuprofiel.....	18
4.2 LCA-rekenresultaten en schaduwrijzen	18
4.3 Zwaartepuntanalyse.....	20

Verklarende woordenlijst en afkortingen

EPD:	Environmental Product Declaration/Milieuverklaring voor producten
NMD:	Nationale Milieudatabase
RWS	Rijkswaterstaat
SBK-Bepalingsmethode:	De SBK-Bepalingsmethode Milieuprestatie Gebouwen en GWW-werken, versie 3.0, januari 2019, met wijzigingsblad van 1 juli 2019 en wijzigingsblad januari 2020
SBK	Stichting Bouwkwiteit
IMO	International Marine Organization

Bronnen

Normen

<i>EN15804</i>	NEN-EN 15804:2012 + A1 (2013) "Duurzaamheid van bouwwerken - Milieuverklaringen van producten - Basisregels voor de productgroep bouwproducten"
<i>ISO 14025</i>	ISO 14025:2010 "Environmental labels and declarations - Type III environmental declarations - Principles and procedures"
<i>ISO 14044</i>	ISO 14044:2006 "Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines"
<i>SBK Bepalingsmethode</i>	SBK Bepalingsmethode 'Milieuprestatie Gebouwen en GWW-werken' versie 3.0, januari 2019, met wijzigingsblad d.d. 1 juli 2019 en wijzigingsblad d.d. januari 2020.

Literatuurlijst

<i>IV Infra, 2019</i>	IV Infra memo 'LCA-sluideuren, Uitwerking CUAS'
<i>LBPSIGHT, 2019</i>	V056103aa.19GY4UX.rk_01_001_Staal in geluidsschermen, sluideuren en wegportalen
<i>Ermolaev G.V., A.V. Zaitsev, 2014</i>	Ermolaev G.V., A.V. Zaitsev. 2014. Combustion effects in laser-oxygen cutting: basic assumptions, numerical simulation and high speed visualization

1 Inleiding

In opdracht van Rijkswaterstaat (hierna: RWS) heeft TAUW, IV-Infra en LBP|SIGHT nieuwe categorie 3 (ongetoetste) productkaarten opgesteld voor geluidschermen, grote sluisdeuren, type rolsluisdeuren en wegportalen. Dit rapport beschrijft specifiek de LCA van grote 'roldeur' sluisdeuren, als onderdeel van het hiervoor benoemde overkoepelende project.

De basis voor het uitvoeren van deze LCA is de IV Infra memo 'LCA-sluisdeuren, Uitwerking CUAS' (IV Infra, 2019) waarin de gehele opbouw en decompositie van grote rolsluisdeuren is opgenomen.

1.1 Verantwoording

De LCA is uitgevoerd conform de eisen en richtlijnen uit de *SBK-Bepalingsmethode Milieuprestatie Gebouwen en GWW-werken (versie 3.0, januari 2019, met wijzigingsblad d.d. 1 juli 2019 en wijzigingsblad d.d. januari 2020)*. De Bepalingsmethode is gebaseerd op de *ISO 14040 - ISO14044* en de *NEN-EN 15804:2012 + A1 (2013)*¹.

De LCA is uitgevoerd in samenwerking tussen de opdrachtgever, TAUW, IV-Infra en LBP|SIGHT. De gegevensverzameling heeft plaatsgevonden in de periode van oktober tot december 2019, waarna aansluitende de berekeningen zijn uitgevoerd en het LCA-dossier is opgesteld. De LCA-uitvoerder is René Kraaijenbrink.

Het LCA-dossier dat in het kader van deze studie is opgesteld is niet volledig conform het SBK-toetsprotocol beoordeeld. Wel is de 'Pré-toets voor project-specifieke LCA voor GWW-werken' uitgevoerd ter onderbouwing van een zekere mate van betrouwbaarheid (zie bijlage III). Hiermee wordt binnen de context van deze studie gesteld dat het rapport en de LCA zodanig voldoet aan de methodische eisen, dat de toepassing als categorie 3 milieuprofiel verantwoord is. De Pré-toets is uitgevoerd door Dirk-Jan Simons (LBP|SIGHT).

1.2 Doelstelling en doelgroep

In deze studie zijn milieuprofielen opgesteld van grote sluisdeuren, type 'roldeur'. Het doel van de studie is het beschikbaar stellen van nieuwe categorie 3 (ongetoetste) productkaarten die als referentie producten in de NMD opgenomen kunnen worden. Ze vormen hiermee tevens de basis voor de beoordeling van specifieke LCA's bij eventuele aanbestedingen.

De doelgroepen voor de resultaten van deze studie zijn als volgt.

- RWS
- Gebruikers van Dubocalc
- Partijen die specifieke LCA's voor 'roldeur' sluisdeuren willen opstellen

¹ Alleen het optellen van milieu-impactscores tot een totaalscore (de MKI, zie hoofdstuk 4.6) valt buiten de ISO14044

2 Scope

2.1 Product- en/of Functionele eenheid

2.1.1 Productomschrijvingen

De grote sluisdeuren, type 'rolsluisdeur' zijn ondergebracht bij RAW 47.0 'Kleine Kunstwerken en Gemalen' – "Verzameling van kunstwerken die worden aangebracht ten behoeve van waterhuishouding en -regulering of het oversteken van waterwegen."

De opbouw van een sluisdeur is hierbij gedefinieerd als "Het geheel van kunstwerken ten behoeve van de waterhuishouding of -regulering zoals kleppen, schuiven, sluisdeuren, stuwen, duikers, omkastingen voor aandrijfmechanismen, terrassen en galerijen en bruggen inclusief bevestigingen, verbindingen en verankeringen."

2.1.2 Functionele eenheid

In de RAW-bepaling en de functionele beschrijving is vastgelegd dat de referentie-eenheid waarin de milieu informatie voor sluisdeuren geleverd dient te worden '1 stuk' is. In de Memo die is opgesteld door IV-Infra is echter onderbouwd dat de hiermee geen invulling gegeven kan worden voor de productkaarten als referentiekader. Dit omdat er te veel ontwerpvariabelen zijn die het gewicht en de uitrusting van een sluisdeur bepalen. Zodoende worden in deze LCA de volgende functionele eenheden beschouwd:

- 1 kg - *Sluisdeur, type 'rolsluisdeur', herkomst Europa, per kg kaal constructie gewicht, met een technische levensduur van 100 jaar*
- 1 kg - *Sluisdeur, type 'rolsluisdeur', herkomst Oost-Azië, per kg kaal constructie gewicht, met een technische levensduur van 100 jaar*
- 1 kg - *Sluisdeur, type 'rolsluisdeur', herkomst Zuid-Amerika, per kg kaal constructie gewicht, met een technische levensduur van 100 jaar*
- 1 kg - *Sluisdeur, type 'rolsluisdeur', herkomst Onbepaald, per kg kaal constructie gewicht, met een technische levensduur van 100 jaar*

Op basis van deze functionele eenheden zal in dit rapport nog wel een vergelijking gemaakt worden op basis van de 'gewogen gemiddelde' grote rolsluisdeur die als referentieprojecten hebben gediend in de memo van IV-Infra.

In de onderstaande tabel is een decompositie opgenomen van 1 kg Sluisdeur, type 'rolsluisdeur', per kg kaal constructie gewicht.

Het '**kale constructiegewicht**' is gedefinieerd als de ruwe hoeveelheid constructiestaal (zijnde warmgewalste plaat en walsprofielen) die benodigd is op basis van de specifieke engineering van de sluisdeur (zie paragraaf 2.1 van de IV-Infra memo) exclusief het gewicht later in de productie toegevoegd zoals lasmateriaal, anodes, geleideblokken, conservering, et cetera.

Tabel 2.1 Decompositie van 1 kg Sluisdeur

Deelproducten	Hoeveelheid	Eenheid	CUAS*
Primaire- en secundaire staalconstructie	1,020E+0	kg	C
Kunststof; aanslagen en geleideblokken	2,170E-2	kg	U
Anodes	1,180E-2	kg	U
Conservering	1,761E-2	kg	S

Totaal transport gewicht_ 1,071E+0 kg

*Classificatie van deelproducten als onderdelen van de Constructie, Uitrusting, Afwerking of het Schilderwerk

2.1.3 Decompositie in deelproducten

In de onderstaande tabel is een decompositie van de *primaire- en secundaire staalconstructie* opgenomen.

Tabel 2.2 Decompositie van de primaire- en secundaire staalconstructie

1 kg Primaire- en secundaire staalconstructie	Hoeveelheid	Eenheid
Warmgewalst constructiestaal	9,804E-1	kg
Lasmateriaal	1,961E-2	kg

Totaal transport gewicht_ 1,000E+0 kg

In de onderstaande tabel is een decompositie van de *kunststof; aanslagen en geleideblokken* opgenomen.

Tabel 2.3 Decompositie van de kunststof aanslagen en geleideblokken

1 kg Kunststof; aanslagen en geleideblokken	Hoeveelheid	Eenheid
UHMWPE, geëxtrudeerd	1,000E+0	kg

Totaal transport gewicht_ 1,000E+0 kg

In de onderstaande tabel is een decompositie van de *anodes* opgenomen.

Tabel 2.4 Decompositie van de anodes

1 kg Anodes	Hoeveelheid	Eenheid
Aluminium, broodjes	1,000E+0	kg

Totaal transport gewicht_ 1,000E+0 kg

In de onderstaande tabel is een decompositie van de *conservering* opgenomen.

Tabel 2.5 Decompositie van de conservering

1 kg Conservering	Hoeveelheid	Eenheid
3-laags natlaksysteem	1,000E+0	kg

Totaal transport gewicht_ 1,000E+0 kg

2.1.4 Technische levensduur

Voor de sluisdeuren en de specifieke deelproducten worden de levensduren en (de daaruit volgende) vervangingsfrequentie gehanteerd zoals weergegeven in tabel 2.6.

Tabel 2.6 Levensduren en vervangingsfrequentie van deelproducten in een sluisdeur

(Deel)producten	RSL [jaar]	Aantal vervanging
Sluisdeur, type 'rolsluisdeur'	100	
- Primaire- en secundaire staalconstructie	100	0
- Kunststof; aanslagen en geleideblokken	15	5,66
- Anodes	15	5,66
- Conservering	20	4

Een verantwoording van de technische levensduur van de deel-producten is gegeven in de IV-Infra memo 'LCA-sluisdeuren, Uitwerking CUAS'.

Voor de conservering wordt door RWS een minimale levensduur van 20 jaar vereist. In de praktijk wordt de conservering, waar nodig, gerepareerd tijdens de onderhoudswerkzaamheden waarbij de kunststof aanslagen en geleideblokken en de anodes worden vervangen, of wordt deze overschilderd om de levensduur verder te verlengen. Omdat hier meerdere scenario's denkbaar zijn wordt in de context van deze LCA er conservatief vanuit gegaan dat het gehele conserveringssysteem iedere 20 jaar volledig wordt vervangen.

2.2 Systeemgrenzen

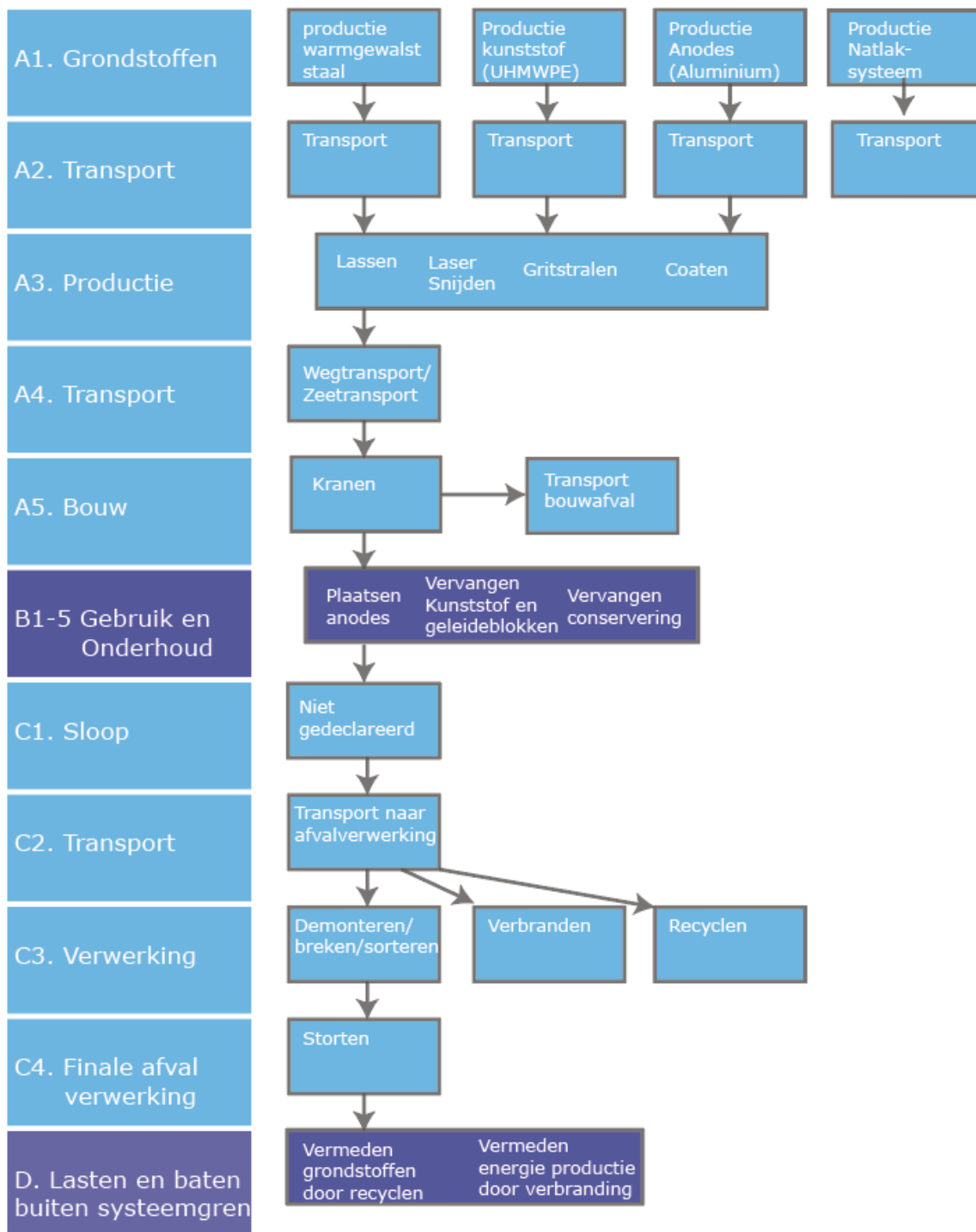
De processen die binnen de LCA worden bekeken zijn afgebakend met zogenaamde systeemgrenzen. De systeemgrenzen bepalen welke fasen en processen van de levenscyclus worden meegenomen in de LCA. In figuur 2.1, volgend uit de EN 15804 en de SBK-Bepalingsmethode, staat vastgelegd welke informatie er per levenscyclusfase beschouwd moet worden. In deze LCA is de milieu-impact over de gehele levenscyclus meegenomen.

		Productiefase			Bouwfase		Gebruiksfase					Sloop- en verwerkingsfase				Volgend product systeem
		A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	D
		Winning van grondstoffen	Transport	Productie	Transport	Bouw- en installatieproces / aanslag	Gebruik	Onderhoud	Reparaties	Vervangingen	Verbouwingen	Sloop	Transport	Afvalverwerking	Finale afvalverwerking	Mogelijkheden voor hergebruik, terugwinning en recycling
EPD	Cradle-to-grave Functionele eenheid	X	X	X	X	X	X	X	ND	X	ND	X	X	X	X	X

Systeemgrenzen (X: Module meegenomen in de LCA-studie, ND.: Niet gedeclareerd)

Figuur 2.1 Overzicht van de systeemgrenzen

De stappen die zijn meegenomen in dit rapport zijn grafisch weergegeven in figuur 2.2.



Figuur 2.2 Grafisch overzicht van de systeemgrenzen

3 Levenscyclusinventarisatie (LCI)

3.1 Dataverzameling

Voor het berekenen van de levenscyclusanalyse zijn gegevens verzameld van de verschillende productieprocessen die binnen de systeemgrenzen van deze LCA-studie vallen. Hierbij is in de uitwerking aandacht besteed aan de *precisie, compleetheid, representativiteit, consistentie* en *reproduceerbaarheid* van de gegevens.

In deze studie is gebruik gemaakt van de NMD-processendatabase, versie 3.1 (2019) (gebaseerd op EcolInvent 3.5) of de EcolInvent 3.5 processendatabase (2018). Dit is de meest recente versie van de processendatabase, welke tijdens het uitvoeren van dit project beschikbaar is gekomen.

Vanuit deze processendatabase geeft de SBK-Bepalingsmethode tevens forfaitaire waarden voor de meest belangrijke achtergrondprocessen waarmee gerekend dient te worden als specifieke gegevens niet beschikbaar zijn. Het betreft hierbij voornamelijk de processen voor energieopwekking en transport.

3.2 Kwalitatieve/kwantitatieve procesgegevens

Voor de beschouwde product- en functionele eenheden zijn de input- en output stromen per levensfase/module geïnventariseerd. De berekende LCI is voor de relevante product- en functionele eenheden opgenomen in bijlage I waarbij is beschreven welke uitgangspunten er zijn gehanteerd en welke achtergrondprocessen in het model zijn toegepast. De basis van de LCI is de decompositie van de sluisdeuren zoals opgesteld door IV-Infra welke als bijlage met de memo 'LCA-sluisdeuren, Uitwerking CUAS' is meegestuurd.

3.2.1 Productiefase (A1-3)

Met betrekking tot het kwantificeren van de input- en outputstromen van de transportfase zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- De LCI van de deelproducten worden ten behoeve van de productkaart los berekend. Dit gebeurt wel op basis van de LCI van de totale sluisdeur zoals opgenomen in bijlage I
- Afhankelijk van de herkomst van de sluisdeur zijn er andere processen toegepast voor het warmgewalst constructiestaal. De onderbouwing van de keuze van deze processen is opgenomen in de LPB|SIGHT-notitie 'Staal in geluidsschermen, sluisdeuren en wegportalen' (LBPSIGHT, 2019)
- Het proces van het laser snijden is weergegeven per uur. Op basis van wetenschappelijke literatuur en een aanname voor wat betreft de gemiddelde te snijden oppervlakte bij een sluisdeur is de inzet van de laser snijmachine en het vermogen benaderd (Ermolaev G.V., A.V. Zaitsev, 2014)
- Het gritstralen is een oppervlaktebehandeling die wordt uitgevoerd op het staal voorafgaand aan het verven maar ook later ten behoeve van het verwijderen van een oude verf laag bij een vervangingscyclus (zie paragraaf 3.2.5). Op basis van gegevens van een leverancier van staalgrit is het proces gemodelleerd. Als voorbehandeling is het gritstralen meegenomen in het deelproduct 'Primaire en secundaire staalconstructie'

- Als verwijderingsproces voor een nieuwe laag conservering is het opgenomen in het specifieke afvalverwerkingsproces van de coating
- Voor het aanbrengen van de verflaag met een spuit, waren te weinig literatuurgegevens beschikbaar. In de NMD 3.1 was wel een proces beschikbaar echter deze werd als ongeschikt en niet plausibel beoordeeld (een benodigde energie input van 3,3 liter diesel per m² schilderwerk). Gezien de te verwachten beperkte impact van het werkelijke proces is ervoor gekozen deze uit te sluiten in deze LCA-studie
 - Uit de opgave van IV-Infra voor wat betreft de referentiesluisdeuren is een gemiddelde veroppervlakte van 1,227E-2 m² per kg kaal constructiegewicht

In de onderstaande tabel is een decompositie van *primaire- en secundaire staalconstructie* opgenomen.

Tabel 3.1 Decompositie van primaire- en secundaire staalconstructie

<i>1 kg Primaire- en secundaire staalconstructie</i>	Massa [kg]	Eenheid	Massa [kg]
Warmgewalst constructiestaal, in product	9,804E-1	Kg	9,804E-1
Lasmateriaal	3,659E-1	m ¹	1,961E-2
Lasersnijden staal met CO2-laser	3,990E-4	Uur	-
Stralen met staalgrit (voorbehandeling en reinigen oppervlakte)	1,203E-2	m ²	-
Warmgewalst constructiestaal, snijverliezen	4,902E-2	kg	4,902E-2
Totaal_			1,000E+0

In de onderstaande tabel is een decompositie van de *kunststof; aanslagen en geleideblokken*.

Tabel 3.2 Decompositie van de kunststof; aanslagen en geleideblokken

<i>1 kg Kunststof; aanslagen en geleideblokken</i>	Hoeveelheid	Eenheid	Massa [kg]
UHMWPE, geëxtrudeerd	1,000E+0	kg	1,000E+0
Totaal_			1,000E+0

In de onderstaande tabel is een decompositie van de *anodes*.

Tabel 3.3 Decompositie van de anodes

<i>1 kg Anodes</i>	Hoeveelheid	Eenheid	Massa [kg]
Aluminium, broodjes	1,000E+0	kg	1,000E+0
Totaal_			1,000E+0

In de onderstaande tabel is een decompositie van de *conservering*.

Tabel 3.4 Decompositie van de conservering

<i>1 kg Conservering</i>	Hoeveelheid	Eenheid	Massa [kg]
3-laags natlaksysteem	1,000E+0	kg	1,000E+0
Totaal_			1,000E+0

3.2.2 Transportfase (A4)

Met betrekking tot het kwantificeren van de input- en outputstromen van de transportfase zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Overeenkomstig de product decompositie, wordt per 1 kg kaal constructiegewicht een transportgewicht gehanteerd voor 1,071 kg
- Op basis van de herkomst van de sluisdeuren, zijn de transportprocessen naar een gemiddeld Nederlands werk vastgesteld:
 - Herkomst *Europa*; gewogen gemiddelde transportafstand van warmgewalst band- en plaatstaal zoals voortkomend uit branchegemiddelde scenario informatie van het Staalfederatie LCA-project (categorie 2) → 513 km per vrachtwagen. Gezien de aard van het product is ervoor gekozen om het transport proces voor de primaire en secundaire staalconstructie te vervangen door binnenvaart. De overige deelproducten worden wel per vrachtwagen getransporteerd
 - Herkomst *Oost-Azië*; transportafstand bepaald op basis van zeetransport van haven Tianjin (China) naar haven Amsterdam → 11 080 Nautical mile (1 nautical mile = 1,852 km)
 - Herkomst *Zuid-Amerika*; transportafstand bepaald op basis van zeetransport van haven Rio de Janeiro (Brazilië) naar haven Amsterdam → 5 271 Nautical mile (1 nautical mile = 1,852 km)
 - Herkomst *Onbepaald*; gewogen gemiddelde transportafstand bepaald op basis van bovenstaande afstanden van specifieke regio's en de gemiddelde herkomst op basis van Worldsteel in figures "world trade in steel by area 2018, destination Europe"
- De volgende forfaitair processen uit de NMD 3.1 worden gehanteerd:
 - Wegtransport:
0001-transport, vrachtwagen (op basis van Transport, freight, lorry, unspecified {GLO}) market for | Cut-off, U)
 - Zeetransport:
XXXX Transport, vrachtschip, zee (op basis van Transport, freight, sea, transoceanic ship {GLO}) market for | Cut-off, U)
- Voor het zeetransport van de sluisdeuren worden zeer specifieke schepen ingezet, bijvoorbeeld een *semi-submersible heavy transport vessel*. Deze schepen hebben veelal een relatief hoge 'dead weight tonnage' welke niet volledig wordt benut bij het transport van de sluisdeuren. De gemiddelde impact per ton kilometer ligt hierbij hoger dan bij regulier bulktransport. Het aantal ton kilometers is transportfase A4 met een vaste factor van 8,1 verhoogd. Deze factor is berekend op basis van het door International Marine Organization (IMO) gehanteerde GHG-methode², waarbij de volgende uitgangspunten zijn gehanteerd:
 - Scheepstype: bulkcarrier 50.000 DWT
 - Gemiddelde beladingsgraad: 55 %
 - Beladingsgraad bij sluisdeuren: 5 %
 - Fuel consumption factor bij x % load: $F(x) = (0,442985 + x \cdot 0,557015)^{\frac{2}{3}}$
 - De berekening van de factor (F=8,1) op de tkm is opgenomen in bijlage 1

In de navolgende tabellen zijn de input en output stromen opgenomen waarmee het milieuprofiel is berekend:

2 <https://www.transportmeasures.org/en/wiki/manuals/sea/introduction-of-method/>

Tabel 3.5 Transportfase (A4): transport afstanden per proces

Proces	Eenheid	Europa	Oost-Azië	Zuid-Amerika	Onbepaald
Wegtransport	km	513			
Zeetransport	km		20 520	9 762	2 659

3.2.3 Bouwfase (A5)

Met betrekking tot het kwantificeren van de input- en outputstromen van de bouwfase zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- De bouwfase is voor alle regiovarianten hetzelfde
- Er wordt geen rekening gehouden met verliezen in de vorm van bouwafval tijdens de installatiefase
- Na het transport worden de sluisdeuren met twee kranen op hun uiteindelijke plek gepositioneerd. Per sluisdeur zijn er twee kranen benodigd die maximaal één werkdag opgesteld staan. Per sluisdeur wordt een kaal constructiegewicht gehanteerd van 750.000 kg (overeenkomstig de sluis van het project de Afsluitdijk)
- Het volgende forfaitaire proces uit de NMD 3.1 wordt gehanteerd:
 - Telekraan
0121-pro&Kraan hydr.tele. band, per uur (op basis van 263 kWh Diesel, burned in building machine {GLO}| market for | Cut-off, U)

In de navolgende tabellen zijn de input en output stromen opgenomen waarmee het milieuprofiel is berekend:

Tabel 3.6 Bouwfase (A5): 1 kg Sluisdeur, type 'rolsluisdeur', per kg kaal constructiegewicht

Proces	Eenheid	Hoeveelheid
Kranen	uur	2,133E-05

3.2.4 Gebruiksfase (B1-5)

Met betrekking tot het kwantificeren van de input- en outputstromen van de gebruiksfase zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- De gebruiksfase (B1) wordt niet gedeclareerd. Om afroesten van de stalen sluisdeuren in het water te voorkomen worden de sluisdeuren 3-laags gecoat. In de praktijk komt het voor dat deze coating beschadigd raakt. Om te voorkomen dat de sluisdeur ter plaatse van deze beschadiging gaat roesten worden over de gehele sluisdeur verspreid aluminium opofferingsanodes geplaatst. Deze anodes voorkomen het afroesten van het staal. Het gevolg hiervan is echter wel dat de aluminium anodes als emissie naar het (zee)water volledig verdwijnen. Als gevolg hiervan moeten gemiddeld om de 15 jaar nieuwe anodes geplaatst worden. De anodes lossen weliswaar op in het water (als emissies) maar er zijn geen milieueffecten die als gevolg van deze emissie in een rekenmethode worden gekarakteriseerd. Op basis hiervan is de keuze gemaakt om deze levensfase niet te declareren
- Onderhoud (B2) wordt niet gedeclareerd. Zoals eerder beschreven wordt voor de conservering een conservatieve levensduur gehanteerd. Hiermee is het uitsluiten van onderhoud in deze LCA voldoende afgedekt
- Reparaties (B3) worden niet gedeclareerd

- Vervangingen (B4) van de deelproducten worden overeenkomstig de technische levensduur meegenomen. Het gaat hierbij specifiek om het plaatsen van nieuwe aluminium anodes, het vervangen van de kunststof aanslagen en geleide blokken en het vervangen van de 3-laags conservering gedurende de 100-jarige levensduur van de sluisdeur. Hiertoe hoeft geen specifiek milieuprofiel te worden opgesteld en aan SBK te worden aangeleverd. De vervangingen worden in de rekentools specifiek berekend op basis van de specifieke levensduur van de deelproducten. Ten behoeve van de rapportage worden de vervangingen van de deelproducten overeenkomstig de in paragraaf 2.1.4 gehanteerde vervangingsfrequenties berekend
- Verbouwingen (B5) worden niet gedeclareerd

3.2.5 Sloop en verwerkingsfase (C1-4)

Met betrekking tot het kwantificeren van de input- en outputstromen van de sloop- en verwerkingsfase zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Per deelproduct is er een scenario opgesteld
- Voor de *Primaire- en secundaire staalconstructie* is geen passend forfaitair afvalscenario in de SBK Bepalingsmethode beschikbaar. Zodoende wordt in deze LCA het volgende scenario voorgesteld:
 - 99 % recycling
 - 1 % stort
 - Deze verhouding is opgesteld door het percentage hergebruik uit het forfaitaire scenario 'staal, zwaar' op te tellen bij het percentage recycling
- Voor de *Kunststof; aanslagen en geleideblokken* wordt het forfaitaire scenario 'kunststoffen, overig' gehanteerd:
 - 90 % AVI
 - 10 % recycling
 - De *Anodes* verdwijnen als emissie in het water. In de context van deze LCA wordt beschouwd dat deze volledig verdwijnen en er geen restanten verder verwerkt hoeven te worden
- De conservering wordt verwijderd door het verfoppervlak te gritstralen. Zoals beschreven in paragraaf 3.2.1 is het gritstralen voorafgaand aan het verven reeds opgenomen in de productiefase van de 'primaire en secundaire staalconstructie'. Voor de verf wordt het forfaitaire scenario 'coating op staal uit GWW I' gehanteerd:
 - 90 % stort
 - 10 % AVI

Tabel 3.7 Einde-levensfase scenario - Primaire- en secundaire staalconstructie (C1-C4)

Scenario informatie		Recycling staalschroot (inclusief eventueel aangebrachte zinklaag en organische coating)
C1	Sloop / Demontage	
	Algemene omschrijving	<i>De sloopfase van de staalconstructie/sluisdeur is gelijkgesteld aan de aanleg (A5).</i>
C2	Transport naar verwerker	
	Algemene omschrijving	<i>Forfaitaire transportafstand in overeenstemming met de SBK Bepalingsmethode. Wel wordt als transport methode afgeweken omdat de sluisdeur over water naar de verwerker kan worden afgevoerd</i>

Scenario informatie		Recycling staalschroot (inclusief eventueel aangebrachte zinklaag en organische coating)
	1. Voertuig type/ Gemiddelde milieuklasse in 2016	XXXX Transport, vrachtschip, zee (o.b.v. Transport, freight, sea, transoceanic ship {GLO}) market for Cut-off, U) (bron: NMD 3.1)
	2. Transport afstand naar verwerker	50 km (recycling) / 100 km (stort)
C3	Afvalverwerking	
	Algemene omschrijving	Er wordt van uitgegaan dat al het staalschroot dat vrijkomt uit een bouwwerk ten behoeve van recycling, nog moet worden gesorteerd en samengeperst bij een recycling-/sorteerbedrijf
	Achtergrondproces	Iron scrap, sorted, pressed {RER} sorting and pressing of iron scrap Cut-off, U) (bron: Ecoinvent 3.5)
C4	Finale afvalverwerking/-verwijdering	
	Achtergrondproces	0253-sto&Stort staal (o.b.v. Scrap steel {Europe without Switzerland}) treatment of scrap steel, inert material landfill Cut-off, U) (bron: NMD 3.1)

Tabel 3.8 Einde-levensfase scenario - Kunststof; aanslagen en geleideblokken (C1-C4)

Scenario informatie		Recycling staalschroot (inclusief eventueel aangebrachte zinklaag en organische coating)
C1	Sloop / Demontage	
	Algemene omschrijving	Opgenomen in slooproces gehele sluisdeur
C2	Transport naar verwerker	
	Algemene omschrijving	Forfaitaire scenario 'kunststoffen, overig' in overeenstemming met de SBK Bepalingsmethode
	1. Voertuig type/ Gemiddelde milieuklasse in 2016	Transport, freight, lorry > 32 metric ton, (30 ton GVW). 5 % Euro 3/3 % Euro 4/52 % Euro 5/40 % Euro 6 (bron: NMD 3.1)
	2. Transport afstand naar verwerker	50 km (recycling) / 150 km (AVI)
	3. Gemiddelde beladingsgraad	50 %
	4. Dichtheid getransporteerde goederen	≈ 950 kg/m ³
C3	Afvalverwerking	
	Algemene omschrijving	Conform forfaitaire scenario 10 % naar recycling
	Achtergrondproces	0286-reC&verwerking kunststof voor recycling (o.b.v. Waste polyethylene, for recycling, sorted {Europe without Switzerland}) treatment of waste polyethylene, for recycling, unsorted, sorting Cut-off, U) (bron: NMD 3.1)
	Algemene omschrijving	Conform forfaitaire scenario 90 % naar AVI
	Achtergrondproces	0264-avC&Verbranden kunststoffen (28,67 MJ/kg) (o.b.v. mix 21 % PE, 21 % PP, 20 % PVC, 17 % PS en 21 % mixture) (bron: NMD 3.1)

Tabel 3.9 Einde-levensfase scenario – Conservering (C1-C4)

Scenario informatie		Recycling staalschroot (inclusief eventueel aangebrachte zinklaag en organische coating)
C1	Sloop / Demontage	
	Algemene omschrijving	De conservering wordt verwijderd door het verfoppervlak te gritstralen. Zoals beschreven in paragraaf 3.2.1 is het gritstralen

Scenario informatie		Recycling staalschroot (inclusief eventueel aangebrachte zinklaag en organische coating)
		voorafgaand aan het verven reeds opgenomen in de productiefase van de 'primaire en secundaire staalconstructie'
C2	Transport naar verwerker	
	Algemene omschrijving	<i>Forfaitaire scenario 'coating op staal uit GWW' in overeenstemming met de SBK Bepalingsmethode</i>
	1. Voertuig type/ Gemiddelde milieuklasse in 2016	<i>Transport, freight, lorry > 32 metric ton, (30 ton GVW). 5 % Euro 3/3 % Euro 4/52 % Euro 5/40 % Euro 6 (bron: NMD 3.1)</i>
	2. Transport afstand naar verwerker	<i>150 km (AVI) / 100 km (stort)</i>
	3. Gemiddelde beladingsgraad	<i>50 %</i>
	4. Dichtheid getransporteerde goederen	<i>≈ 950 kg/m³</i>
C3	Afvalverwerking	
	Algemene omschrijving	<i>Conform forfaitaire scenario 10 % naar AVI</i>
	Achtergrondproces	<i>0266-avC&Verbranden verf (10,14 MJ/kg) (o.b.v. Waste paint {Europe without Switzerland} treatment of waste paint, municipal incineration Cut-off, U)</i>
C4	Finale afvalverwerking/-verwijdering	
	Algemene omschrijving	<i>Conform forfaitaire scenario 90 % naar stort</i>
	Achtergrondproces	<i>Waste paint {Europe without Switzerland} treatment of waste paint, inert material landfill Cut-off, U</i>

3.2.6 Lasten en baten voorbij de systeemgrenzen (D)

Door de eindelevensduur scenario's zijn er meerdere processen die voorbij de systeemgrenzen lasten en/of baten introduceren. Om de lasten en baten in module D op een juiste wijze te berekenen zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd.

Tabel 3.10 Staalschroot - Lasten en baten voorbij de systeemgrenzen (D)

Scenario informatie	'1 kg Staalschroot, per kg netto output'
1. Materiaal voor recycling	Staalschroot
2. End-of-waste	Het moment van end-of-waste wordt bereikt nadat het staalschroot bij een recyclingbedrijf is gesorteerd overeenkomstig de criteria uit verordening (EU) Nr. 333/2011 ³
3. Grondstoffen equivalent (punt van substitutie)	0282-reD&Module D, staal, per kg NETTO geleverd schroot (vermeden: Pig iron {GLO} production Cut-off, U)

3 Verordening (EU) Nummer 333/2011 van de Raad van 31 maart 2011 tot vaststelling van criteria die bepalen wanneer bepaalde soorten metaalschroot niet langer als afval worden aangemerkt overeenkomstig Richtlijn 2008/98/EG van het Europees Parlement en de Raad

4 Resultaten

4.1 Berekening milieuprofiel

In deze LCA zijn de volgende rekenprocedures toegepast:

- De berekeningen in deze LCA zijn gemaakt volgens de eisen en richtlijnen van NEN-EN 15804 en de SBK-bepalingsmethode Milieuprestaties Gebouwen en GWW-werken
- De milieu-ingrepen zijn berekend met de methoden die zijn omschreven in NEN-EN 15804 aangevuld met karakterisatiefactoren uit de CML-VLCA-rekenmethode (versie 25-05-2018, NMD 2.2)
 - Voor ieder proces dat is doorgerekend, zijn de volgende rekenresultaten opgenomen in respectievelijk bijlage xx
 - Milieueffectenbeoordeling
 - Totale stoffenlijst (geaggregeerde LCI)
 - Niet-gekaracteriseerde ingrepen
- Indien van toepassing zijn de regels voor allocatie bij multi-input, -output, recycling- en hergebruikprocessen uit NEN-EN 15804 gevolgd, overeenkomstig de NEN-EN-ISO 14044
- De LCA-berekeningen zijn uitgevoerd met SimaPro 9.0
 - EcolInvent processen zijn doorgerekend inclusief infrastructuurprocessen en kapitaalgoederen
 - EcolInvent processen zijn doorgerekend exclusief lange termijn (> 100 jaar) emissies

4.2 LCA-rekenresultaten en schaduwrijzen

Tabel 4.1 bevat de totale rekenresultaten van de functionele eenheden over alle gedeclareerde levenscyclusfasen. Ook is de schaduwrijzen die behoort bij het milieuprofiel opgenomen in tabel 4.1.

Aansluitend bevat tabel 4.2 de Milieu Kosten Indicator (MKI) van de profielen geprojecteerd of de verschillende referentieprojecten die zijn gehanteerd, in de memo van IV Infra, bij het vaststellen van de decompositie, de materiaal en proces stromen en de relevante scenario's per levensfase.

De uitgebreide gekarakteriseerde resultaten per levensfase zijn opgenomen in bijlage 2.

Tabel 4.1 Rekenresultaten per functionele eenheid (A1-3, A4, A5, B4, C2, C3, C4 en D)

		„Sluisdeur, type 'rolsluisdeur', herkomst Europa, per kg kaal constructie gewicht, met een technische levensduur van 100 jaar	„Sluisdeur, type 'rolsluisdeur', herkomst onbepaald, per kg kaal constructie gewicht, met een technische levensduur van 100 jaar	„Sluisdeur, type 'rolsluisdeur', herkomst Oost-Azië, per kg kaal constructie gewicht, met een technische levensduur van 100 jaar	„Sluisdeur, type 'rolsluisdeur', herkomst Zuid-Amerika, per kg kaal constructie gewicht, met een technische levensduur van 100 jaar
Milieueffect categorie					
Abiotic depletion, non fuel	kg Sb eq.	7,455E-06	7,277E-06	7,760E-06	7,469E-06
Abiotic depletion, fuel	kg Sb eq.	2,053E-02	2,265E-02	3,780E-02	2,875E-02
Global warming (gwp100)	kg CO2 eq.	3,203E+00	3,524E+00	5,715E+00	4,406E+00
Ozone layer depletion (odp)	kg CFK-11 eq.	1,721E-07	1,975E-07	5,426E-07	3,337E-07
Photochemical oxidation	kg ethyleen eq.	1,071E-02	1,103E-02	1,340E-02	1,198E-02
Acidification	kg SO2 eq.	1,559E-02	2,228E-02	6,798E-02	4,049E-02
Eutrophication	kg PO4- eq.	1,775E-03	2,318E-03	6,431E-03	3,955E-03
Human toxicity	kg 1,4-DCB eq.	2,214E+00	2,368E+00	3,384E+00	2,777E+00
Fresh water aquatic ecotox.	kg 1,4-DCB eq.	8,557E-02	8,845E-02	1,063E-01	9,571E-02
Marine aquatic ecotoxicity	kg 1,4-DCB eq.	1,408E+02	1,565E+02	2,426E+02	1,915E+02
Terrestrial ecotoxicity	kg 1,4-DCB eq.	1,906E-02	1,949E-02	2,267E-02	2,076E-02
Informatie over grondstoffen gebruik					
renewable energy, excluding usage as material	MJ	4,376E+00	4,307E+00	4,993E+00	4,560E+00
renewable energy, used as material	MJ	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
Total renewable energy	MJ	4,376E+00	4,307E+00	4,993E+00	4,560E+00
non renewable energy, excluding usage as material	MJ	3,598E+01	3,932E+01	7,258E+01	5,255E+01
non renewable energy, used as material	MJ	5,040E+00	5,040E+00	5,040E+00	5,040E+00
Total non renewable energy	MJ	4,102E+01	4,436E+01	7,762E+01	5,759E+01
Total energy	MJ	4,539E+01	4,867E+01	8,261E+01	6,215E+01
Secondary material use	kg	1,918E-01	1,918E-01	1,918E-01	1,918E-01
Renewable secondary fuel use	MJ	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
Non renewable secondary fuel use	MJ	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
Water, fresh water use	m3	3,811E-03	3,958E-02	1,868E-02	9,049E-03
Informatie over afval					
Waste, non hazardous	kg	1,311E-01	2,424E-01	2,356E-01	1,861E-02
Waste, hazardous	kg	2,460E-05	9,713E-05	1,090E-04	4,703E-05
Waste, radioactive	kg	3,916E-05	4,091E-05	5,187E-05	1,159E-05
Informatie over andere output					
Materialen voor hergebruik	kg	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
Materialen voor recycling	kg	1,074E+00	1,074E+00	1,074E+00	1,074E+00
Materialen voor energie	kg	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00	0,000E+00
Geëxporteerde energie	MJ	2,076E+00	2,076E+00	2,076E+00	2,076E+00
Weging (1-puntsscore)					
Milieu Kosten Indicator	€	0,480	0,544	0,982	0,720
		88,2%	100,0%	180,3%	132,2%

Tabel 4.2 Stalen sluisdeuren, type 'rolsluisdeur' (A1-3, A4, A5, B4, C2, C3, C4 en D): MKI van referentieprojecten bij verschillende herkomst

Project	Kaal constructie gewicht [kg]	Herkomst			
		Europa	Onbepaald	Oost-Azië	Zuid-Amerika
Ijmuiden	2.800.000	€ 1.344.602	€ 1.524.440	€ 2.749.138	€ 2.014.860
Terneuzen	1.700.000	€ 816.366	€ 925.553	€ 1.669.119	€ 1.223.308
Afsluitdijk	750.000	€ 360.161	€ 408.332	€ 736.376	€ 539.695

De rekenresultaten over de volledige levenscyclus en op het gebied van de Milieu Kosten Indicator (MKI) laten zien dat de productie met een herkomst in Europa de minste milieu impact introduceert. Wanneer herkomst 'onbepaald' als referentie wordt gehanteerd is er een beperkte reductie van 12,1 % haalbaar bij een herkomst in Europa. Hierbij dient te worden opgemerkt dat herkomst 'onbepaalde' feitelijk een gemiddeld milieuprofiel is. Een herkomst van Zuid-Amerika en Oost-Azië resulteert respectievelijk in een 32 % en een 80 % hogere milieubelasting ten opzichte van de referentie. Er zit over de volledige levenscyclus een factor 2,1 verschil in de MKI tussen regio Europa en regio Oost-Azië. Dit is grotendeels toe te kennen aan de grotere transportafstanden.

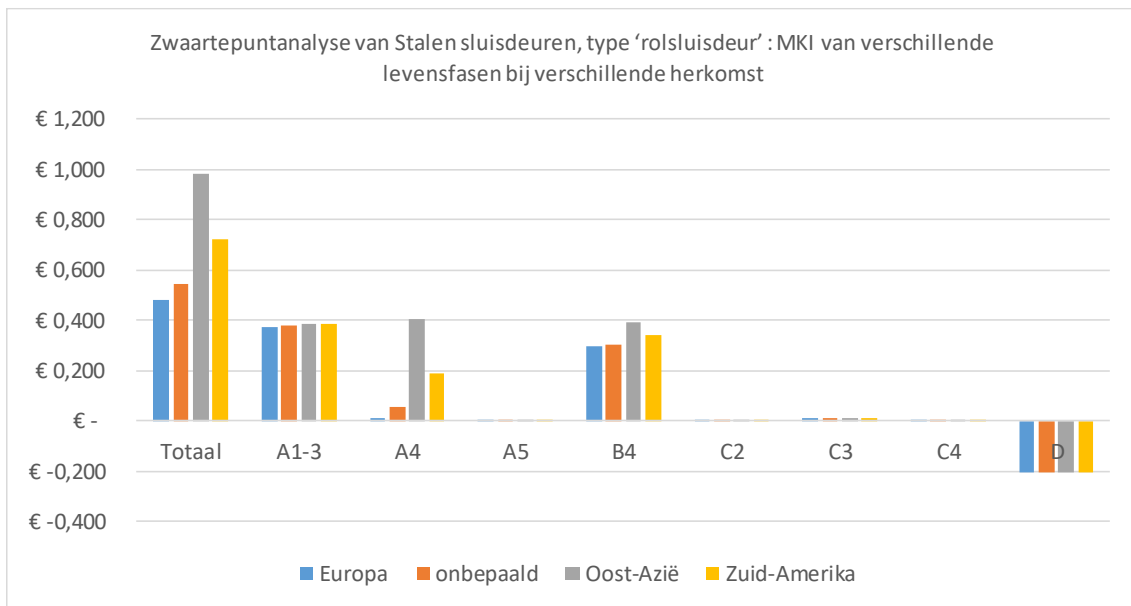
Als herkomst 'onbepaald' als referentie wordt gehanteerd, en de gebruiksfase (B4) **niet** wordt beschouwd, is er een beperkte reductie van 22,8 % haalbaar bij een herkomst in Europa. Een herkomst van Zuid-Amerika en Oost-Azië resulteert respectievelijk in een 59 % en een 147 % hogere milieubelasting ten opzichte van de referentie. Er zit in dit geval een factor 3,2 verschil in de MKI tussen regio Europa en regio Oost-Azië.

4.3 Zwaartepuntanalyse

Om inzichtelijk te krijgen welke processen de belangrijkste bijdragen leveren aan het milieuprofiel is een zwaartepuntenanalyse gemaakt (zie tabel 4.3 en 4.4). Dit is in eerste instantie gedaan op het niveau van de levensfasen.

Tabel 4.3 Zwaartepuntanalyse - levensfasen in tabelvorm

Herkomst	Totaal	A1-3	A4	A5	B4	C2	C3	C4	D
Europa	€ 0,480	€ 0,372	€ 0,009	€ 0,000	€ 0,294	€ 0,000	€ 0,010	€ 0,000	€ -0,206
onbepaald	€ 0,544	€ 0,382	€ 0,052	€ 0,000	€ 0,305	€ 0,000	€ 0,010	€ 0,000	€ -0,206
Oost-Azië	€ 0,982	€ 0,384	€ 0,402	€ 0,000	€ 0,390	€ 0,000	€ 0,010	€ 0,000	€ -0,206
Zuid-Amerika	€ 0,720	€ 0,384	€ 0,191	€ 0,000	€ 0,339	€ 0,000	€ 0,010	€ 0,000	€ -0,206



Figuur 4.1 Zwaartepuntanalyse – levensfasen in grafiekvorm

In de zwaartepuntanalyse is te zien dat de initiële productiefase en de vervangingen in de gebruiksfase bijna een evenredig groot aandeel hebben in het complete milieuprofiel van de sluisdeuren.

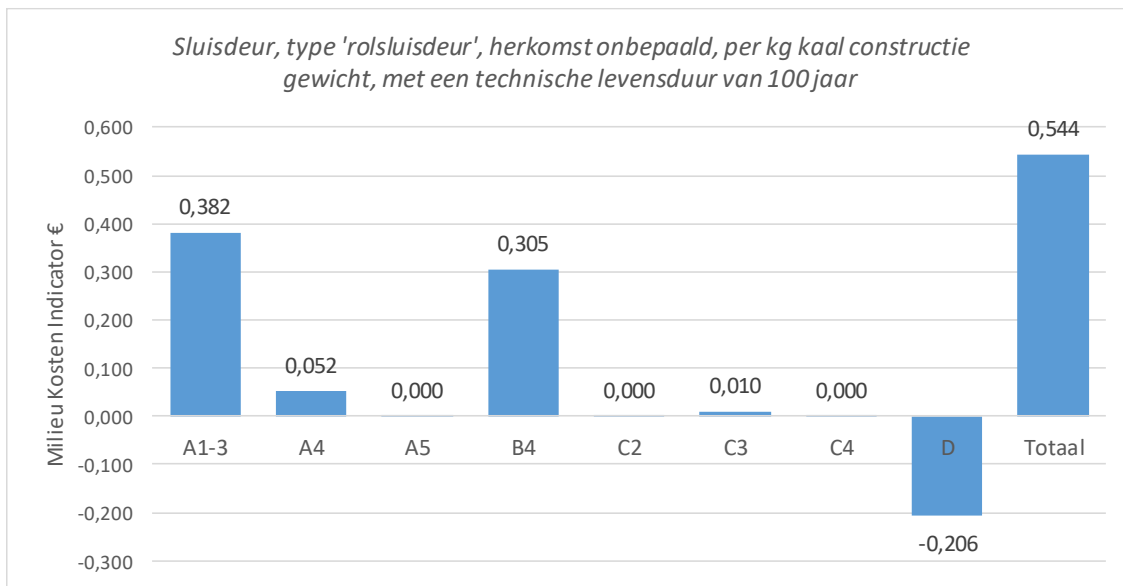
Zoals verwacht is de bijdrage van de transportfase afhankelijk van de herkomst. Per regio is deze circa:

- 2 % bij Europa
- 10 % bij een *onbepaalde herkomst*
- 41 % bij Oost-Azië
- 27 % bij Zuid-Amerika

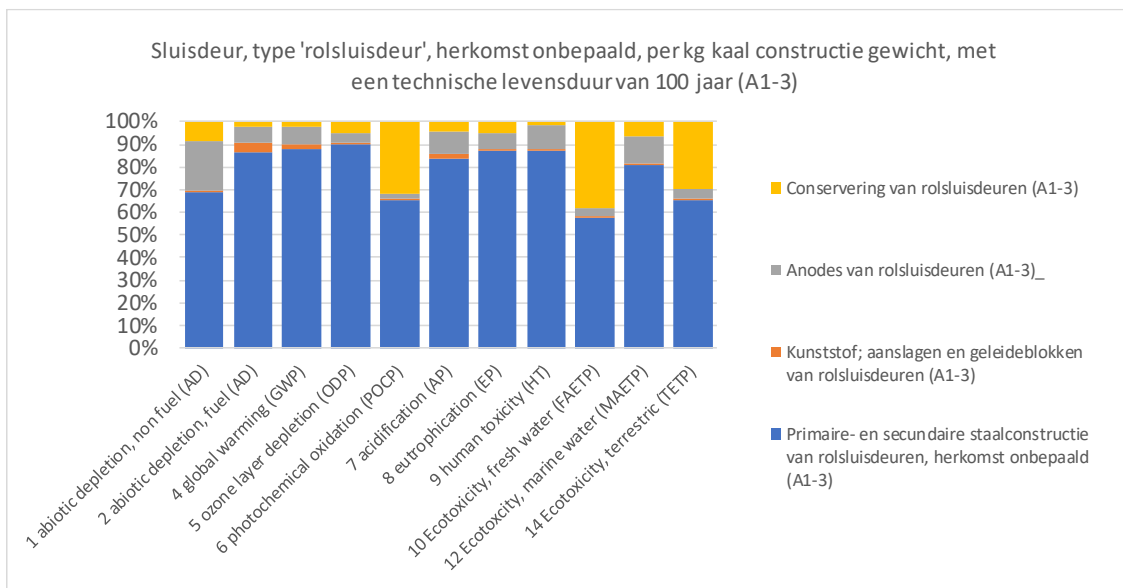
Op basis van de bovenstaande informatie is er specifiek voor gekozen om ook de productiefase en de vervangingen in de gebruiksfase verder uit te lichten (zie respectievelijk figuur 4.2, 4.3 en 4.4). Hiervoor wordt enkel gekeken naar het profiel met de onbepaalde herkomst.

De zwaartepunt analyse laat voor de productiefase zien dat bij de meeste milieueffecten de productie van de stalen constructie de hoogste bijdrage heeft met minimaal 60 %. Bij klimaatverandering en humane toxiciteit (de twee dominante milieueffecten in de opbouw van de MKI) is dit zelfs 80 %.

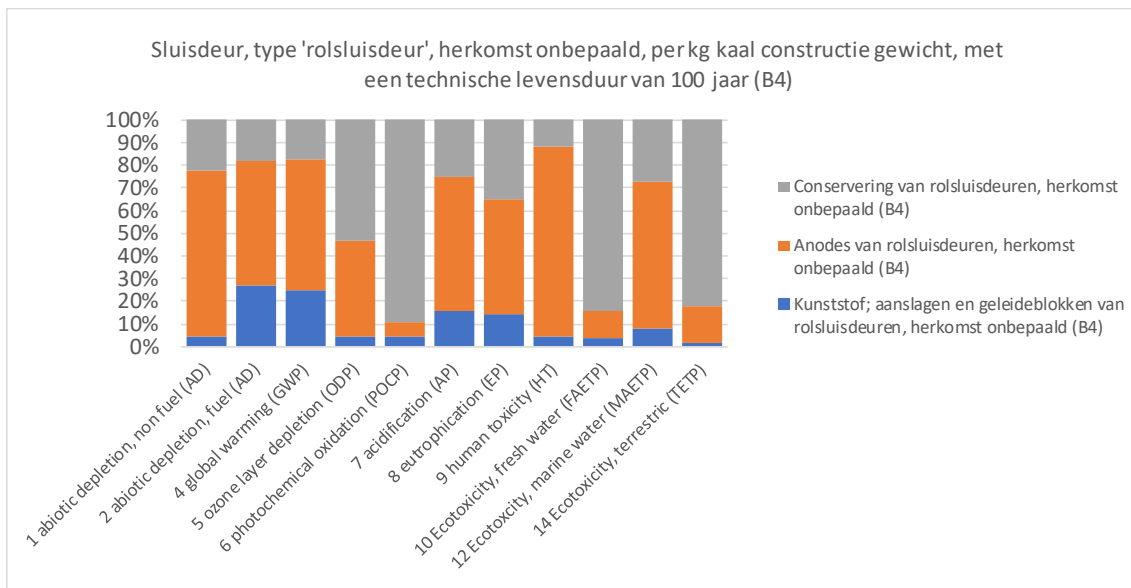
In de gebruiksfase zijn de vervangingen van de conservering en de anodes de dominante processen met een gezamenlijke bijdrage van minimaal 80 % in de meeste milieueffecten.



Figuur 4.2 Zwaartepuntanalyse – Bijdrage per levensfase aan totale MKI, herkomst onbepaald

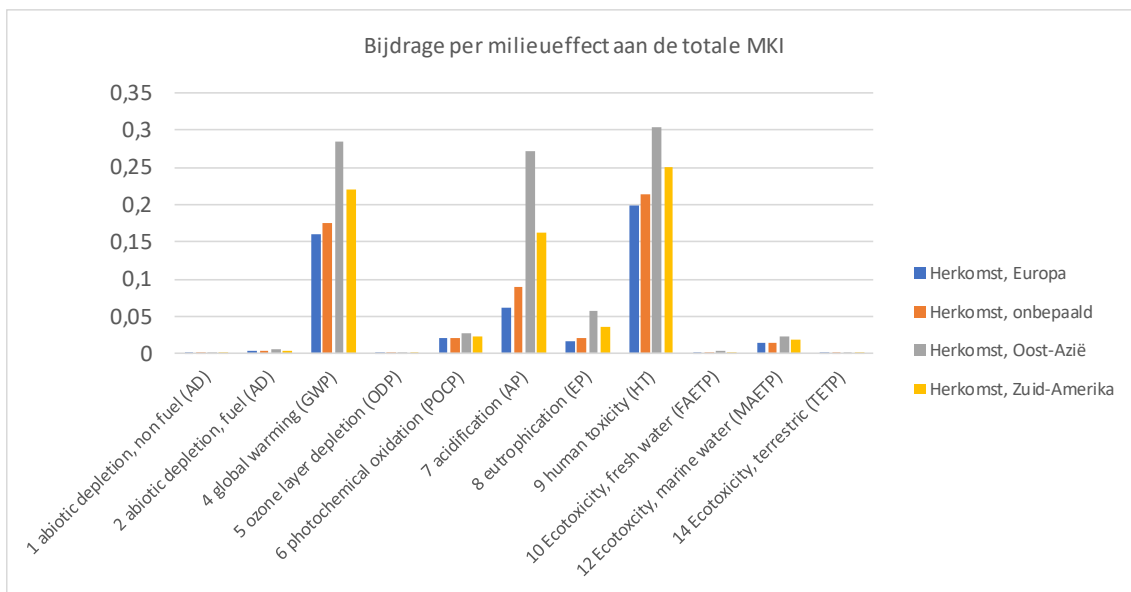


Figuur 4.3 Zwaartepuntanalyse – productiefase (A1-3)



Figuur 4.4 Zwaartepuntanalyse – vervangingen in de gebruiksfase (B4)

Voor de volledigheid en ter informatie is in de navolgende tabel de opbouw te zien van de bijdrage van de verschillende milieueffecten aan de totale MKI.



Figuur 4.5 Bijdrage van specifieke milieueffecten aan de totale MKI

Bevindingen vanuit de zwaartepuntanalyse

Bij aanvang van het project heerste de verwachting dat er grotere verschillen te zien zouden zijn bij verschillende herkomst van het staal zelf. Dit blijkt in het voorbeeld van de sluisdeuren mee te vallen. Zonder een uitgebreide (en specifieke) analyse te doen van specifiek de productie van de stalen halffabricaten kan hier wel het volgende over gezegd worden: Voor de productie van staal wordt in Ecolnvent gedifferentieerd per regio. In de achtergrondprocessen zit het verschil hierbij in de productiemix van elektriciteit en enkele brandstoffen van het oxystaalproces (het proces waarbij ruwijzer uit de hoogoven wordt omgezet in staal).

Echter voor de meest dominante input processen van het staal, zijnde de hoogoven, de productie van cokes en de productie van Sinter ijzer, zijn er geen regiospecifieke data beschikbaar (dus op de achtergrond zijn die voor alle regio's gelijk). Verdere regiospecifieke differentiatie is echter niet realistisch. Naast het feit dat deze processen niet uitgesplitst in EcoInvent beschikbaar zijn geldt ook dat niet alle productielocaties van stalen halffabricaten integrale fabrieken zijn met een eigen hoogoven, cokes-, sinter- en/of pellet-fabriek. Het komt in de praktijk dus ook veelvuldig voor dat deze grondstoffen door staalproducenten van de wereldmarkt gekocht worden.

Boven op de beperkte verschillen tussen de stalen halffabricaten komt uiteraard wel de bijdrage van de transportfase (A4) zelf die significant kan bijdragen. De verschillen die dan overblijven tussen de regio's worden over de volledige levenscyclus (in relatieve zin) iets gedempt door de vervanging van deelproducten gedurende de 100-jarige levenscyclus. Specifiek de nieuw benodigde anodes hebben op MKI-niveau een grote bijdrage.

Bijlage I

Kwantificatie energie- en materiaalstromen en achtergrondprocessen

Bijlage 1 - LCI Sluisdeuren_v2.xlsx

Bijlage II

LCA Rekenresultaten

Bijlage 2a - Sluisdeuren_rekenresultaten - Europa_v2.xlsx

Bijlage 2b - Sluisdeuren_rekenresultaten - Onbepaald_v2.xlsx

Bijlage 2c - Sluisdeuren_rekenresultaten - Oost-Azië_v2.xlsx

Bijlage 2d - Sluisdeuren_rekenresultaten - Zuid-Amerika_v2.xlsx

Bijlage 2e - Sluisdeuren_rekenresultaten - Totaal_v2.xlsx

Bijlage III

Pré-toets voor project-specifieke LCA voor GWW-werken

Bijlage IV

IV Infra memo 'LCA-sluisdeuren, Uitwerking CUAS'

Bijlage V

V056103aa.19GY4UX.rk_01_001_Staal in geluidsschermen, sluisdeuren en wegportalen

Bijlage VI

Zwaartepuntanalyse_v2