

## LCA Rapportage categorie 3 data Nationale Milieudatabase

### Hoofdstuk 56 Conserveringswerken

Datum rapportage:	26 augustus 2021
Versie rapportage:	1.0
Datum publicatie in de NMD:	n.t.b.
Versie Bepalingsmethode:	1.0 met wijzigingsblad d.d. oktober 2020
Versie Ecoinvent database:	3.5
Opdrachtgever:	Stichting Nationale Milieudatabase
Opdrachtnemer(s):	SGS Search RoyalHaskoning DHV
Auteur(s):	Branco Schipper, SGS Search Jasper Roosendaal, Bas Mentink, RHDHV

## Inhoudsopgave

<b>Inhoudsopgave</b> .....	<b>2</b>
<b>1 Inleiding</b> .....	<b>3</b>
1.1 Doelstelling en doelgroep .....	3
1.2 Verantwoording .....	4
1.3 Leeswijzer.....	4
<b>2 Methode</b> .....	<b>5</b>
2.1 Aanpak .....	5
2.2 Scope .....	5
2.3 Productbeschrijving .....	5
2.3.1 Natlak en metalliseren .....	5
2.3.2 Thermisch verzinken .....	6
2.3.3 Kathodisch beschermen met opofferingsanode .....	6
2.3.4 Functionele eenheid .....	6
2.4 Systeemgrenzen.....	7
<b>3 Levenscyclusinventarisatie (LCI)</b> .....	<b>8</b>
3.1 Dataverzameling.....	8
3.2 Decompositie in materialen en processen .....	8
3.2.1 Natlaksysteem .....	9
3.2.2 Metalliseersysteem.....	13
3.2.3 Thermisch verzinken .....	15
3.2.4 Kathodisch beschermen met aluminium opofferingsanode (kg) .....	18
<b>4 Resultaten</b> .....	<b>21</b>
4.1 Berekening milieuprofiel .....	21
4.2 Gekarakteriseerde resultaten .....	22
4.3 Gewogen resultaten .....	23
<b>5 Referenties</b> .....	<b>24</b>
<b>Bijlage A Gekarakteriseerde resultaten per deelproduct</b> .....	<b>25</b>
<b>Bijlage B Schalingsformule zinklaagdikte</b> .....	<b>29</b>

## 1 Inleiding

Deze LCA -rapportage beschrijft de uitgangspunten en resultaten voor de categorie 3 data in Hoofdstuk 56 in de Nationale Milieudatabase . Rijkswaterstaat en de Stichting Nationale Milieudatabase (Stichting NMD) zijn in 2020 gestart met het actualiseren van de categorie 3 data voor de Spoor-, Grond-, Weg- en Waterbouw (GWW) in de Nationale Milieudatabase (NMD). Per RAW-hoofdstuk of thematisch onderwerp wordt de categorie 3 data voor de GWW geactualiseerd. Deze rapportage beschrijft de uitkomsten daarvan.

De GWW-data in de Nationale Milieudatabase wordt gebruikt voor het berekenen van de MKI-waarde van materialen, producten en processen voor de realisatie van een GWW-werk. Deze MKI-waarde wordt berekend door middel van de bepalingen in de 'Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken . Met software-instrumenten zoals DuboCalc kan met behulp van de Nationale Milieudatabase de MKI-waarde voor een product, object en een compleet project berekend worden.

Opdrachtgevers in de GWW-sector gebruiken deze MKI-berekeningen om in de ontwerpfase van het project afwegingen te kunnen maken tussen verschillende materialen of ontwerpopties. Ze vergelijken dan de MKI-waarde van de verschillende oplossingen en kunnen vervolgens voor het duurzaamste materiaal (het product met de laagste MKI-waarde) kiezen. Ook kan in de aanbesteding van een project een gunningscriterium toegepast worden waarbij de inschrijver met de laagste MKI-waarde de hoogste fictieve korting krijgt .

Stichting NMD wil regelmatig de categorie 3 data in de Nationale Milieudatabase actualiseren en verbeteren. Hierop kan iedereen inspraak geven. In paragraaf 1.2 wordt toegelicht hoe verbeterpunten voor de categorie 3 data bij Stichting NMD kunnen worden aangedragen.

Categorie 3 data wordt automatisch geactualiseerd als Stichting NMD de Achtergrondprocessendatabase actualiseert, als gevolg van een update van de Ecoinvent database. Dit kan betekenen dat de waarden die in deze rapportage zijn beschreven, zullen verouderen. In dit rapport staat beschreven welke versies van de Ecoinvent database en van de Bepalingsmethode zijn gebruikt voor het opstellen van de data en deze rapportage. De meest actuele categorie 3 data kan altijd ingezien worden in de gevalideerde rekeninstrumenten, zoals DuboCalc.

### 1.1 Doelstelling en doelgroep

In deze studie zijn milieuprofielen opgesteld van conserveringswerken op basis van hoofdstuk 56 van de RAW Bepalingen 2020. Het doel van de studie is het aanvullen en verbeteren van de categorie 3 productkaarten in de Nationale Milieudatabase (NMD).

De onderhavige rapportage heeft tot doel om de gemaakte keuzes in materialen en milieudata te documenteren als verantwoording. De rapportage zal, naast de ingevoerde productkaarten, worden

---

LCA = Levenscyclusanalyse. Meer informatie, zie bijvoorbeeld <https://www.rivm.nl/life-cycle-assessment-lca/wat-is-lca>

Meer informatie over de Nationale Milieudatabase: <https://milieudatabase.nl/>

Meer informatie over de Bepalingsmethode: <https://milieudatabase.nl/milieuprestatie/bepalingsmethode/>

Meer informatie over DuboCalc: <https://www.dubocalc.nl/>

Meer informatie over het gebruik van de MKI-waarde als gunningscriterium: <https://www.dubocalc.nl/hoer-dubocalc-toepassen/>

aangeboden aan de NMD en via de rekeninstrumenten en de website beschikbaar worden gemaakt aan de sector.

De studie is opgesteld voor de volgende doelgroepen:

- Stichting NMD als beheerder van de NMD.
- Opdrachtgevers in de GWW-sector als basis voor referentieontwerpen, verkennende (ontwerp)studies en voor gebruik in aanbestedingen.
- Marktpartijen zoals ingenieurs- en adviesbureaus en aannemers actief in de GWW-sector als informatiebron voor het gebruik van de NMD-data via rekeninstrumenten.
- Opstellers van LCA's om inzicht te krijgen in de uitgangspunten van de categorie 3 data.

## 1.2 Verantwoording

De LCA is uitgevoerd conform de eisen en richtlijnen uit de *Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken versie 1.0 (juli 2020) inclusief het wijzigingsblad d.d. oktober 2020*, en het *NMD-toetsingsprotocol (versie 1.0, juli 2020)*. De Bepalingsmethode is gebaseerd op de *ISO 14040 - ISO14044* en de *NEN-EN 15804:2012 +A2:2019*.

De LCA is uitgevoerd in samenwerking met Rijkswaterstaat, Stichting Bouwkwiteit, LBP|SIGHT, SGS Search en Royal Haskoning DHV. De gegevensverzameling heeft plaatsgevonden in de periode van oktober 2020 tot maart 2021 waarna aansluitende de berekeningen zijn uitgevoerd en het LCA-dossier is opgesteld. Deze LCA is uitgevoerd door SGS Search.

Het LCA-dossier dat in het kader van deze studie is opgesteld is niet getoetst door een externe derde partij. Echter de studie is wel intern getoetst door een tweede team van deskundigen. In deze crosscheck is gekeken naar o.a. de uitgangspunten van productsamenstelling en materiaalgebruik op basis van ontwerp- en praktijkkennis. Ook is de rekenwijze gecontroleerd.

De productkaarten zoals deze op basis van deze studie zijn ingevoerd, zijn in beheer bij Stichting NMD. De studie is met de nodige zorgvuldigheid uitgevoerd. Indien echter een derde van mening is dat de ingevoerde productkaarten en/of de onderhavige rapportage fouten bevatten, dan kan er een verzoek tot rectificatie worden ingediend bij Stichting NMD. Deze zal een dergelijk verzoek conform haar procedures afwikkelen. Hiervoor kan een e-mail gestuurd worden aan [info@milieudatabase.nl](mailto:info@milieudatabase.nl).

## 1.3 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 wordt de methode voor de LCA beschreven. Hierin zijn onder andere de scope, systeemgrenzen en de functionele eenheid vastgelegd.

In hoofdstuk 3 staat de levenscyclusinventarisatie. De productbeschrijving, productsamenstelling en de inventarisatie van de levenscyclusanalyse komen hierin aan bod.

In hoofdstuk 4 zijn de resultaten en de gevoeligheidsanalyse beschreven.

---

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

## 2 Methode

### 2.1 Aanpak

Dit rapport beschrijft verschillende deelproducten, maar het rapport bevat geen hoofdproduct. Voor deze deelproducten wordt de volledige levenscyclus beschreven. Voor alle deelproducten geldt dat niet alle componenten tot in detail beschreven zijn. Voor ieder product zijn de belangrijkste componenten geïnterpreteerd. Het doel hierbij is om de producten te inventariseren die samen tenminste 80% van de milieu-impact bepalen.

Tenslotte, niet alle alternatieve deelproducten zijn meegenomen in de berekeningen. Ook hier is het doel dat de meegenomen deelproducten bij elkaar in 80% van de gevallen (projecten) worden toegepast.

De LCA-berekening is opgesteld met SimaPro v9.1 software. De toegepaste referentiedatabases zijn:

- Processendatabase Nationale Milieudatabase (NMD) versie 3.2
- Ecoinvent database versie 3.5

### 2.2 Scope

De studie is gericht op hoofdstuk 56 (conserveringswerken) van de Standaard RAW Bepalingen 2020 (CROW, 2020). Op basis van de prioritering van RAW-hoofdstukken en thema's die verdere uitwerking behoeven, zoals vastgesteld bij aanvang van dit project, zijn de volgende onderdelen meegenomen in deze studie:

- Natlak
- Metalliseren
- Thermisch verzinken
- Kathodisch beschermen

Verschiedene conserveringstechnieken zijn te combineren op hetzelfde oppervlak of verschillende onderdelen van één constructie. Zo is bijvoorbeeld metalliseren (specifieker: aluminiseren) in deze studie uitgewerkt in combinatie met natlak. Het is ook mogelijk om de romp van een schip primair met natlak te beschermen en tegelijkertijd kathodische bescherming toe te passen. De kathodisch bescherming doet zijn werk in het geval de verflaag schade oploopt en het metaal wordt blootgelegd.

### 2.3 Productbeschrijving

#### 2.3.1 Natlak en metalliseren

Stalen constructies die worden blootgesteld aan invloeden van weer, wind en water worden vaak afgewerkt met een afwerkingslaag om corrosie te voorkomen. Er zijn verschillende typen afwerkingslagen. In de GWW-sector worden met name natlaksystemen (verfcoating) vaak toegepast. In deze studie worden twee typen natlaksystemen beschouwd: een enkelvoudig natlaksysteem, en een natlaksysteem in combinatie met het metalliseren van het staal. Het natlaksysteem wordt

veelvuldig toegepast op tal van stalen GWW objecten – zoals bruggen, sluisdeuren en hekwerken. Het natlaksysteem heeft twee functies: het bieden van corrosiebescherming en kleur (cosmetische functie). Metalliseren wordt vaak in combinatie met een natlaksysteem toegepast – waarbij de metaallaag de corrosie-beschermende functie heeft en het natlak cosmetisch is. Dit systeem wordt toegepast op stalen objecten waar het onderhoud zo minimaal mogelijk dient te zijn – zoals bijvoorbeeld bij stalen bruggen.

### **2.3.2 Thermisch verzinken**

Thermisch verzinken is een conserveringsmethode waarbij een laag zink wordt aangebracht op een metalen oppervlak om het metaal, doorgaans staal, te beschermen tegen corrosie. De zinklaag reageert met lucht en water waarbij een reactie ontstaat tussen zinkhydroxide en koolstofdioxide. Het eindproduct van deze reactie is zinkcarbonaat, wat zorgt voor de bescherming tegen corrosie van het onderliggende metaal. Het thermisch verzinken van stalen objecten wordt typisch toegepast op producten zoals wegmeubilair, geleiderail, trappen, bordessen, looproosters, leuning, e.d. [9].

### **2.3.3 Kathodisch beschermen met opofferingsanode**

Kathodisch beschermen met opofferingsanode is een conserveringsmethode waarbij een metalen oppervlak wordt beschermd tegen corrosie door het toepassen van een opofferingsanode. De opofferingsanode beschermt het object door het principe van galvanische corrosie, waarbij het metaal van de anode wordt opgeofferd. Er zijn verschillende typen opofferingsanodes. In deze studie is een aluminiumanode uitgewerkt. Zink- en magnesium anodes zijn ook mogelijk maar deze beide worden niet bij RWS toegepast. Kathodisch beschermen met een opofferingsanode kan alleen toegepast worden op stalenobjecten in een (vochtige) bodem of in water – de omgeving moet geleidend zijn, en daarom zien we deze vorm van corrosiebescherming vaker terug in zoute milieus. Stalen sluisdeuren of damwanden kunnen bijvoorbeeld op deze manier beschermd worden. Kathodisch beschermen kan ook in combinatie met een natlak systeem worden toegepast.

### **2.3.4 Functionele eenheid**

In deze studie wordt geen hoofdproduct beschouwd, aangezien het aantal deelproducten minimaal is en een hoofdproduct geen verdere toevoeging biedt.

Voor de deelproducten worden de volgende functionele eenheden gehanteerd:

- Het natlaksysteem voor beschermen van 1 m<sup>2</sup> van een metalen oppervlak
- Het enkelzijdig thermisch verzinken van 1 m<sup>2</sup> metalen oppervlak met een laagdikte van 85 µm (=0,610 kg Zink)
- Het kathodisch beschermen met opofferingsanode van 1 m<sup>2</sup> stalen uitwendig oppervlak gedurende 1 jaar

## 2.4 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 tabel 3, volgend uit de *EN 15804* en de *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				Volgende productiesysteem
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	D
Winning van grondstoffen	Transport	Productie	Transport	Bouw- en installatie	Gebruik	Onderhoud	Reparatie	Vervangingen	Verbouwingen	Sloop	Transport	Afvalverwerking	Finaleafvalverwerking	Mogelijkheden voor hergebruik, terugwinning en recycling
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Tabel 1: Systeemgrenzen (X: Module meegenomen in LCA-studie, ND: module niet gedeclareerd)

In de gebruikte achtergrondprocessen zijn ten minste de volgende ingrepen meegenomen in de analyse:

- emissies naar de lucht bij het gebruik van thermische energie van CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub> (NO en NO<sub>2</sub>), SO<sub>2</sub>, C<sub>x</sub>H<sub>y</sub> en fijnstof (PM10 deeltjes < 10µm);
- emissies naar water van CZV, BZV, P-totaal, N-totaal en vaste stoffen (PM10: deeltjes < 10µm);
- emissies naar bodem van PAK en zware metalen.

### 3 Levenscyclusinventarisatie (LCI)

In dit hoofdstuk worden de productbeschrijving, productsamenstelling en de decompositie besproken van de onderdelen die horen bij conserveringswerken.

#### 3.1 Dataverzameling

Voor het bepalen van de productsamenstelling, het materiaalgebruik en de bijbehorende processen is gebruik gemaakt van ontwerp- en praktijkkennis van deskundigen van Royal Haskoning DHV en Rijkswaterstaat.

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*, *completeheid*, *representativiteit*, *consistentie* en *reproduceerbaarheid* van de gegevens.

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

#### 3.2 Decompositie in materialen en processen

Voor de beschouwde deelproducten zijn de input- en output stromen per levensfase/module geïnventariseerd. De berekende LCI is opgenomen in deze paragraaf waarbij is beschreven welke uitgangspunten hiertoe zijn gehanteerd. In Tabel 2 t/m Tabel 6 wordt per deelproduct aangegeven welke materialen, processen en referenties gehanteerd zijn.

In de tabellen wordt voor inzet van materieel (A5, C1) verwezen naar de LCA cat.3 rapportage Hoofdstuk 1000 t/m 8000 processen. Dat rapport is o.a. te downloaden via <https://milieudatabase.nl/database/nationalemilieudatabase/>



### 3.2.1 Natlaksysteem

Het uitgangspunt voor zowel het natlaksysteem als het metalliseersysteem is het rapport 'Milieuinformatie grootschalig onderhoud stalen objecten' [8] geschreven door SGS Intron. De nodige proceskaarten (aanbrengen van, en verwijderen d.m.v. staalgrit stralen en reinigen) uit het rapport zijn opnieuw volgens de huidige Bepalingsmethode gemodelleerd. Hierbij vormt het SGS Intron rapport de basis, maar zijn aanpassingen gemaakt aangaande de hoeveelheid verdunner, overspray en levensduur. Hoeveelheden komen daarom niet precies overeen maar sluiten verhoudingsgewijs zo goed mogelijk aan op de uitgangspunten van het SGS Intron rapport. De decompositie van het natlaksysteem is weergegeven in Tabel 2.

#### *Productiefase (A1-A3)*

De primer is gemaakt van een hars, de toplaag juist van een polyurethaan (PUR) schuim verf. De tussenlaag bestaat uit een mix van deze componenten. Op basis van het Intron rapport en expertadvies zijn bijbehorende milieuprofielen geselecteerd. De verven worden verdund voordat deze kan worden aangebracht. Er wordt uitgegaan van een verdunner van 80% xyleen en 20% ethylbenzeen. Hoeveel verdunner de verf bevat hangt af van de laag. Op basis van expertadvies is bepaald dat de primer 25% verdunner bevat, de tussenlaag 20%, en de toplaag 40%. Dit is inclusief toevoegingen vlak voor aanbrengen van de verf.

#### *Constructiefase (A5)*

Er is uitgegaan van een rendement van 75% bij het aanbrengen (25% overspray). De overspray wordt opgevangen met een doek. Emissies van verfdeeltjes naar water uit het rapport van SGS Intron zijn aangehouden. Na aanbrengen van het natlak zal de verdunner verdampen. Deze emissies naar lucht zijn opgenomen in fase A5. Voor elk toegevoegd oplosmiddel is een bijbehorende en gekarakteriseerde emissie naar lucht toegepast.

#### *Onderhoud (B) en levensduur*

De natlaklaag heeft een kortere levensduur dan de stalenconstructie waarop het is aangebracht. Het onderhoudsschema hangt echter af van de bereikbaarheid van het object. In deze berekening zijn we uitgegaan van de volgende onderhoudscycli op basis van expert kennis:

- 15 jaar na nieuwbouw of nieuwe conserveringssysteem: bijplekken van de roestige plekken (ca. 3% van het oppervlak). Vervolgens conservering volledig uitnutten;
- 35 jaar later (50 jaar na nieuwbouw) groot onderhoud. Conserveringssysteem compleet verwijderen en vervangen

Dit houdt in dat de conservering twee maal wordt bijgewerkt, en één keer in de levensduur van 100 jaar van een stalen constructie in het geheel wordt vervangen. De berekening weergegeven in de decompositietabel geldt dus voor een levensduur van 100 jaar.

#### Sloop- en afvalfase (C1 – C4)

Voordat een nieuwe natlaklaag kan worden aangebracht, moet de oude laag worden verwijderd. Om tevens een goede oppervlakte te krijgen waaraan het natlak goed kan binden wordt de oude laag met smeltslakgrit stralen verwijderd. Volgens experts van RWS wordt ca. 50-70 kg smeltslakgrit gebruikt per vierkante meter. Het smeltslakgrit wordt in het algemeen gemaakt van slakken uit de metaalindustrie en kolencentrales. Om smeltslakgrit te maken wordt vloeibaar slak (een afval- of bijproduct) in een bad water gegoten waardoor het instantaan kristalliseert en uit elkaar springt in kleine korrels. Vervolgens worden deze korrels gedroogd, gezeefd en eventueel verder gebroken. Er is helaas geen geschikt proces beschikbaar in ecoinvent of de NMD. Om de milieuprofiel van het smeltslakgrit te inventariseren is bij benadering het productie proces voor smeltslakgrit gemodelleerd. Er wordt aangenomen dat de droogstap de grootste milieuprofiel zal hebben, en dat water consumptie, zeven en eventueel breken een zeer beperkte impact hebben. Informatie over het drogen van het smeltslakgrit na het waterbad wordt gebaseerd op het ecoinvent proces voor productie van cement uit hoogovenslak. Hierin wordt 0,32 MJ warmte per kilogram slak gebruikt. Er wordt aangenomen dat dit representatief is voor de droogstap van het smeltslakgrit. Informatie over de perslucht waarmee het grit wordt gestraald wordt gebaseerd op een studie door CYM Materiales SA [15]. Hierin wordt uitgegaan van een consumptie van ongeveer 22,8 m<sup>3</sup> perslucht per m<sup>2</sup>, bij een productienorm van 10 m<sup>2</sup>/uur. Het energie verbruik is berekend aan de hand van Ecoinvent data van een compressor aangedreven door aan aggregaat (17,4713 MJ/m<sup>3</sup>). Het smeltslakgrit wordt in combinatie met verfdeeltjes opgevangen. Het smeltslakgrit kan eenmalig gebruikt worden, en wordt na gebruik gestort als gevaarlijk afval met resterende verfdeeltjes (C2-deponie)..

#### Baten en lasten buiten de systeem grens (D)

Er worden geen materialen gerecycled, maar de verf wordt na verwijderen verbrand. Het is niet bekend hoeveel energie hiermee wordt opgewekt, maar naar schatting is het effect minimaal en daarom niet meegenomen.

**Tabel 2 Decompositie Natlaksysteem per 1 m<sup>2</sup>**

Materiaal c.q. proces	Natlaksysteem					
	Fase	Milieuprofiel	Database/Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Primer & tussenlaag	A1-A3	Epoxy resin, liquid {RER}   market for epoxy resin, liquid   Cut-off, U	Ecoinvent	0,192	kg	120 µm primer + 50% van 120 µm tussenlaag + 25% overspray
Tussenlaag & toplaag	A1-A3	Polyurethane, flexible foam {RER}   market for polyurethane, flexible foam   Cut-off, U	Ecoinvent	0,174	kg	50% van 120 µm tussenlaag + 80 µm toplaag + 25% overspray
Verdunner	A1-A3	Xylene {RER}   market for xylene   Cut-off, U	Ecoinvent	115,2	g	Verdunner: 10% van verf. Allen voor onderhoud, 5% voor nieuwbouw. 80% xyleen, 15% ethyl benzeen
Verdunner	A1-A3	Ethyl benzene {RER}   market for ethyl benzene   Cut-off, U	Ecoinvent	28,8	g	Verdunner: 10% van verf. 10% Ethyl benzeen

Natlaksysteem						
Materiaal c.q. proces	Fase	Milieuprofiel	Database/Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Verpakking	A1-A3	Warmgewalst plaat- en bandstaal {GLO} 82,7% primair, 17,3% secundair	NMD	0,0255	kg	Aanname: 5% van verf
Transport	A4	0320-tra&Transport, vrachtwagen (>32 ton), euro 5, diesel, per tkm (o.b.v. Vrachtwagen (>32 ton), euro 5, diesel, per liter, c2)	NMD	0,0803	tkm	Transport 150km
Overspray verf emissies naar water	A5	Phenol	-	0,4186	g	Primer: 3,42 g per kg verf Tussenlaag: 3,25 g per kg verf Toplaag: 3,19 g per kg verf
Overspray verf emissies naar water	A5	Iron	-	0,3291	g	Proxy voor roest deeltjes Primer: 2,116 g per kg verf Tussenlaag: 3,09 g per kg verf Toplaag: 2,48 g per kg verf
Overspray verf emissies naar water	A5	Zinc	-	0,0173	g	Primer: 0,114 g per kg verf Tussenlaag: 0,16 g per kg verf Toplaag: 0,13 g per kg verf
Verdunner emissies naar lucht	A5	m-Xylene	-	115,2	g	80% xyleen
Verdunner emissies naar lucht	A5	Benzene, ethyl-	-	28,8	g	20% ethylbenzeen
Onderhoud	B	A1-A5 + C1-C4 Natlaksysteem	-	1,06	m2	Natlaksysteem wordt twee keer bijgewerkt (2 maal 3%), en één keer volledig vervangen in de levensduur van 100 jaar van een stalen constructie.
Reinigen met water	C1	XXXX Water, drinkwater (o.b.v. Tap water {RER}  market group for   Cut-off, U)	NMD	40	kg	40 liter
Diesel verbruik reinigen met water	C1	0114-pro&Dieselverbruik, per MJ (1-op-1 verwijzing naar Diesel, burned in building machine {GLO}  market for   Cut-off, U)	NMD	3,59	MJ	0,1 liter; 35,9 MJ/l
Smeltslakgrit	C1	0186-fab&Hoogovenslakmengsel (NVLB: C) (aangehouden = 0-waarden want 'vrij van milieulast', al is waarschijnlijk sprake van co-productie)	NMD	70	kg	Doorgaans ca. 50-70 kg per m <sup>2</sup> , worst case aanpak: 70 kg. Gebruikt smeltslakgrit wordt opgevangen
Drogen smeltslakgrit	C1	0111-pro&Aardgas, algemeen gebruik, per m3 (o.b.v. 31,7 MJ Heat, district or industrial, natural gas {RER}  market group for   Cut-off, U)	NMD	0,010095 * 70 = 0,70665	m <sup>3</sup>	Op basis van 0,32 MJ/kg, en 31,7 MJ/m <sup>3</sup>
Transport smeltslakgrit	C1	0320-tra&Transport, vrachtwagen (>32 ton), euro 5, diesel, per tkm (o.b.v. Vrachtwagen (>32 ton), euro 5, diesel, per liter, c2)	NMD	10,5	tkm	Aanvoer smeltslakgrit, op basis van 150km
Smeltslakgrit stralen	C1	0114-pro&Dieselverbruik, per MJ (1-op-1 verwijzing naar Diesel, burned in building machine {GLO}  market for   Cut-off, U)	NMD	17,4713	MJ	Bepaald op basis van 15,2 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> perslucht en verbruik van 0,76629 MJ/m <sup>3</sup> perslucht

Materiaal c.q. proces	Natlaksysteem					
	Fase	Milieuprofiel	Database/Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Staalgrit emissies naar lucht	C1	Silicate particles	-	0,7	kg	1% smeltslakgrit wordt als stof uitgestoten. Milieu-impact is niet gecategoriseerd.
Transport naar verwerking	C2	0320-tra&Transport, vrachtwagen (>32 ton), euro 5, diesel, per tkm (o.b.v. Vrachtwagen (>32 ton), euro 5, diesel, per liter, c2)	NMD	3,465	tkm	Transport 50 km van smeltslakgrit
Transport naar verwerking	C2	0320-tra&Transport, vrachtwagen (>32 ton), euro 5, diesel, per tkm (o.b.v. Vrachtwagen (>32 ton), euro 5, diesel, per liter, c2)	NMD	0,015	tkm	Transport 50 km van verfresten inclusief overspray en verpakking
Verbranden verfresten	C3	Waste paint {Europe without Switzerland} treatment of waste paint, hazardous waste incineration   Cut-off, U	Ecoinvent	0,366	kg	Aangebrachte verf en opgevangen verf overspray wordt verbrand
Verbranden verpakking	C4	0253-sto&Stort staal (o.b.v. Scrap steel {Europe without Switzerland} treatment of scrap steel, inert material landfill   Cut-off, U)	NMD	25,5	g	Verblik wordt gestort
Stort staalgrit	C4	Waste paint {Europe without Switzerland} treatment of waste paint, sanitary landfill   Cut-off, U Chemical waste, hazardous	Ecoinvent	69,3	kg	Vervuild staalgrit gaat naar C2-deponie

### 3.2.2 Metalliseersysteem

Ook bij het metalliseersysteem is uitgegaan van het rapport 'Milieuinformatie grootschalig onderhoud stalen objecten' [8] geschreven door SGS Intron. Voor deze verduurzamingslagen wordt eerst een metalliseerlaag aangebracht, waarover vervolgens eenzelfde soort natlak wordt aangebracht. Vanwege de metalliseerlaag is minder natlak nodig vergeleken met het geval wanneer alleen natlak wordt toegepast. Op basis van het SGS Intron rapport is besloten om naast de metaalliseerlaag, 0,9 maal de inventarisatie van de natlaklaag toe te passen. Dit sluit niet precies aan bij de inventarisatie gegeven door SGS Intron, maar is een eerste benadering. RWS vermoedt dat de laklaag op gemetalliseerd staal veel dunner kan zijn omdat die alleen nog een cosmetisch effect heeft – en overweegt de data op dit punt in de nabije toekomst aan te laten passen. De decompositie van het metalliseersysteem is weergegeven in Tabel 3.

#### Productie (A1-A3)

De productie van de precieze legering die wordt toegepast is niet gegeven in de beschikbare achtergrondatabases. In plaats daarvan is de inventarisatie bepaald op basis van de kaart *Aluminium alloy, AlMg3 {RER} production, cut-off, U* en de samenstelling van de legering. Het resultaat van deze aanname is gegeven in Tabel 3 bij fase A1-A3.

#### Constructiefase (A5)

Bij opbrengen van de metalliseer laag wordt elektriciteit gebruikt. Dit is opgenomen naast de inventarisatie van het natlaksysteem.

#### Onderhoud (B) en levensduur

De metalliseerlaag zal in de praktijk niet verwijderd worden gedurende de levensduur van de stalen constructie. De natlaklaag wordt wel onderhouden gedurende een levensduur van 100 jaar. Dit is meegenomen in de decompositie van de metalliseerlaag.

#### Sloop- en afvalfase (C1 – C4)

De metalliseerlaag zal gedurende de hele levensduur van de stalenconstructie blijven zitten en kan ook niet apart losgemaakt worden van het staal. De laag zal mogelijk bij recyclen van het staal in een EAF (electric arc furnace) deels vrijkomen als stof, of vermengen als legering met het staal. Dit recycle proces is onderdeel van het staal recycle proces en niet opgenomen in de decompositie. Verder wordt de inventarisatie van het natlaksysteem naar verhouding toegepast.

#### Baten en lasten buiten de systeem grens (D)

Mogelijk kan een klein deel van de metalliseerlaag worden teruggewonnen, maar aantallen zijn onbekend. Als worst-case benadering gaan we ervan uit dat de zink aluminium legering niet opnieuw inzetbaar is. Er worden geen baten of lasten gerekend in module D.

**Tabel 3 Decompositie Metalliseersysteem per 1 m<sup>2</sup>**

Materiaal c.q. proces	Metalliseersysteem					
	Fase	Milieuprofiel	Database/Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Metalliseerlaag, zink	A1-A3	0028-fab&Zink (o.b.v. Zinc {GLO}  market for   Cut-off, U; 100% primair, 0% secundair)	NMD	0,85 * 1,8	kg	Zink aandeel legering
Metalliseerlaag, aluminium	A1-A3	0151-fab&Aluminium (o.b.v. Aluminium, cast alloy {GLO}  market for   Cut-off, U; 20% primair, 80% scrap)	NMD	0,15 * 1,8	kg	Aluminium aandeel legering
Metalliseerlaag, productie	A1-A3	0124-pro&1 kWh, uit stopcontact (o.b.v. Electricity, low voltage {NL}  market for   Cut-off, U)	NMD	1,59 * 1,8	kWh	Op basis van <i>Aluminium alloy, AlMg3 {RER}</i>
Natlak	A1-A3	A1-A3 Natlaksysteem	Tabel 2	0,9	m2	Vanwege toepassing metalliseerlaag is er minder natlak nodig
Transport	A4	0320-tra&Transport, vrachtwagen (>32 ton), euro 5, diesel, per tkm (o.b.v. Vrachtwagen (>32 ton), euro 5, diesel, per liter, c2)	NMD	0,366	tkm	Transport 150km
Transport natlak	A4	A4 Natlaksysteem	Tabel 2	0,9	m2	
Stroom verbruik aanbrengen metalliseerlaag	A5	0124-pro&1 kWh, uit stopcontact (o.b.v. Electricity, low voltage {NL}  market for   Cut-off, U)	NMD	4,7	kWh	
A5 natlak	A5	A5 Natlaksysteem	Tabel 2	0,9	m2	
B natlak	B	B Natlaksysteem	Tabel 2	0,9	m2	
C1 natlak	C1	C1 Natlaksysteem	Tabel 2	0,9	m2	
C2 natlak	C2	C2 Natlaksysteem	Tabel 2	0,9	m2	
C3 natlak	C3	C3 Natlaksysteem	Tabel 2	0,9	m2	
C4 natlak	C4	C4 Natlaksysteem	Tabel 2	0,9	m2	

### 3.2.3 Thermisch verzinken

Deze kaart betreft enkel het zink van het verzinkingsproces, het stalen object wat verzinkt dient te worden is niet opgenomen. Het uitgangspunt is het enkelzijdig thermisch verzinken van 1 m<sup>2</sup> oppervlak. Het betreft een generiek profiel voor het verzinken van een object. Als data van een verzinkt object reeds beschikbaar, is er een voorkeur het specifieke object toe te passen. Het uitgangspunt van de decompositietabel is een deklaagdikte van 85 micrometer. De laagdikte van het zink wordt schaalbaar ingevoerd in de NMD; dit betreft lineaire schaling. De levensduur kan echter niet mee schalen met de laagdikte, en voor zink emissie in fase B geldt ook bij dickere laagdiktes hetzelfde verlies percentage van 75%.

#### *Productiefase (A1-A3)*

Uitgangspunt hier is het aanbrengen van thermische verzinking via een zinkbad ('hot-dip' galvanisation). Volgens NEN-EN-ISO 1461 vereisen stalen voorwerpen met een dikte van > 6 mm een minimale gemiddelde deklaagdikte (van zink) van 85 micrometer. Dit komt overeen met 0,610 kg/m<sup>2</sup>. De laagdikte is afhankelijk van de dikte van het staal, en ook legeringselementen. Met dit afzonderlijke deelproduct kan eigenlijk niet bepaald worden welke laagdikte aan een stalen object zal binden, maar 85 µm is een vaak voorkomende laagdikte en dekt zoals gezegd een minimale gemiddelde laagdikte. Het eerste geselecteerde A1-A3 milieuprofiel is representatief voor het enkelzijdig verzinken van stukken staal met een laagdikte tot 130 µm (en niet representatief voor vooraf verzinkt bandstaal (sendzimir)). Een schalingsprofiel vanuit ecoinvent zal vervallen in E13.6. In plaats daarvan is het profiel voor verzinken geschaald op basis van de laagdikte (85/130).

#### *Transport (A4 en C2)*

In deze fasen rekenen we het transport van enkel de zinklaag toe, niet het object waarop de zinklaag is aangebracht. We gaan daarbij uit van forfaitaire transport afstanden en een gewicht van 0,610 kg/m<sup>2</sup> bij een laagdikte van 85 µm.

#### *Constructiefase (A5) en Sloop (C1)*

Niet van toepassing. Milieu-impact van de constructiefase behoort tot het object waarop de zinklaag is aangebracht.

#### *Gebruiksfase (B)*

Het zink reageert met zuurstof om een beschermende zinkoxide laag te vormen, de zogenoemde zinkpatina. Deze laag verweert na verloop van tijd door invloed van het weer en milieu, maar beschadigingen. Het afgespoelde en verweerde zink(oxide) beland uiteindelijk in de bodem, waarvoor emissies zijn opgenomen in de LCA. De snelheid van het verweren is afhankelijk van de milieuomstandigheden, hiervoor zijn twee scenario's uitgewerkt met verschillende levensduur. Het is aannemelijk dat bij het einde van de levensduur 75% van het zink is verweerd en dus is verloren naar de omgeving.

#### *Einde levensduur, afvalscenario en baten en lasten buiten systeemgrenzen (C3, C4 en D)*

Terugwinning van zink bij de recycling van verzinkt staalschroot vindt plaats door het stof dat vrijkomt in de elektrische boogoven/vlamboogoven (EAF-dust/stof) af te vangen en op te werken. Middels het Waelz proces wordt het EAF-stof opgewerkt tot Waelz oxide, wat grotendeels bestaat uit zink oxide (60-68%) en andere metaaloxiden (waaronder lood (5-7%) en ijzer (2,5-5,5%). De gemiddelde efficiency van het terugwinnen van zink uit het EAF-stof is 68%. Het overige zink blijft achter in het slak en wordt afgevoerd naar een deponie [10]. In een nieuw module D proces voor deze terugwinning van zink, representeren we het Waelz proces met *Zinc oxide {RER} | production | Cut-off, U* waarin zink schroot wordt gemaakt tot zink oxide, dit lijkt een adequaat proces aangezien het Waelz proces zink ook oxideert. Per kg zink oxide is 0,84526 kg zink benodigd. De input voor het verwerken van 1 kg zink uit EAF-stof tot zink oxide vereist dus de input van  $1/0,84526 = 1,245$  kg *Zinc oxide {RER} | production | Cut-off, U*. De equivalente grondstof van Waelz oxide die wordt uitgespaard is *Zinc concentrate {GLO} | market for | Cut-off, U*. Zink concentraat wordt opgewerkt tot metallisch zink. Per kg zink productie is 1,464 kg zink concentraat benodigd (68,3%). Dit percentage is vergelijkbaar met het aandeel zink in Waelz oxide, waarmee de grondstoffenequivalent verantwoord is. Zie ook Tabel 5 voor de opbouw van het module D proces.

#### Levensduur

De levensduur is sterk afhankelijk van de omgeving waarin de zinklaag zich bevindt. In kustgebieden gaat de beschermende laag veel minder lang mee. Zodoende zijn twee varianten van deze kaart opgesteld.

- Thermisch verzinken, toepassing landinwaarts, met een levensduur van 35 jaar
- Thermisch verzinken, toepassing in kustgebied, met een levensduur van 20 jaar

**Tabel 4 Decompositie van 1 m<sup>2</sup> thermisch verzinken in zinkbad (laagdikte 85 micrometer)**

Thermisch verzinken via zinkbad						
Materiaal of proces	Fase	Milieuprofiel	Database	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Verzinken (65 µm)	A1-A3	Zinc coat, pieces {RER}   zinc coating, pieces   Cut-off, U	Ecoinvent	(85/130) * 1	m2	1 m2 thermisch verzinken, profiel is representatief voor enkelzijdig verzinken tot 130 µm. Recht evenredig geschaald om laagdikte van 85 µm te benaderen.
Transport zinklaag (op verzinkt object)	A4	0320-tra&Transport, vrachtwagen (>32 ton), euro 5, diesel, per tkm (o.b.v. Vrachtwagen (>32 ton), euro 5, diesel, per liter, c2)	NMD	0,0915	tkm	150 km transport. Gewicht zinklaag 0,61 kg/m2 bij 85 µm.
Constructie	A5	-	-	-	-	Onderdeel van product waarop conservering wordt aangebracht.
Gebruik	B	Emissie van <i>Zinc</i> naar bodem	-	0,610 * 75%	-	75% emissie van zink naar omgeving
Sloop	C1	-	-	-	-	Onderdeel van product waarop conservering wordt aangebracht.

Op basis van expertise Carolien Nieuwland, RWS



Thermisch verzinken via zinkbad						
Materiaal of proces	Fase	Milieuprofiel	Database	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Transport naar verwerking	C2	0320-tra&Transport, vrachtwagen (>32 ton), euro 5, diesel, per tkm (o.b.v. Vrachtwagen (>32 ton), euro 5, diesel, per liter, c2)	NMD	0,00763	tkm	Afstand afhankelijk van verwerkingsscenario. Maar 50 km transport meest waarschijnlijk. 0,61 kg/m <sup>2</sup>
Afvalverwerking – Recyclen	C3	0315-reC&Sorteren en persen oud ijzer (o.b.v. Iron scrap, sorted, pressed {RER}  sorting and pressing of iron scrap   Cut-off, U)	NMD	0,99 * 0,61 * 0,25 = <b>0,151</b>	kg	99% Recycling, waarvan 32% naar stort als EAF-stof
Afvalverwerking – Stort	C4	0248-sto&Stort koper, lood, verzinkt staal, zink (o.b.v. Scrap tin sheet {CH}  treatment of, sanitary landfill   Cut-off, U)	NMD	(0,32 * 0,621 * 0,25 * 0,99 ) + (0,01 * 0,61 * 0,25) = <b>0,0507</b>	kg	1% stort + 32% verlies tijdens recycling = 32% stort en 68% recycling
Baten en lasten buiten systeemgrenzen – Recycling	D	XXXX-reD&Module D, Zink uit EAF-stof, per kg NETTO geleverd zink in EAF-stof (door recycling van verzinkt staal in EAF) (vermeden: Zinc concentrate {GLO}  market for   Cut-off, U en 68% efficiëntie)	NMD	0,151	kg	68% recycling, vermeden zink productie

**Tabel 5 Opbouw van XXXX-reD&Module D, Zink uit EAF-stof, per kg NETTO geleverd zink in EAF-stof (door recycling van verzinkt staal in EAF) (vermeden: Zinc concentrate {GLO}| market for | Cut-off, U en 68% efficiëntie)**

Materiaal of proces	Milieuprofiel	Hoeveelheid	Eenheid
Opwerking zink uit EAF-stof	Zinc oxide {RER}  production   Cut-off, U	1,245 * 0,68%	kg
Waelz oxide – grondstoffenequivalent	Zinc concentrate {GLO}  market for   Cut-off, U	1 * 0,68%	kg

### 3.2.4 Kathodisch beschermen met aluminium opofferingsanode (kg)

Kathodische bescherming is een elektrochemische conserveringsmethode om corrosie van metalen tegen te gaan. Het wordt veelal toegepast op sluisdeuren, damwanden en andere stalen kust- en overwerken welke zich onder water bevinden. Deze techniek is geschikt voor metaaloppervlakken die zich onderwater bevinden; bovenwater heeft een opofferingsanode geen effect. De opofferingsanode wordt bepaald a.d.h.v. het metaal wat beschermt dient te worden en de omgeving. Aluminium wordt meestal toegepast om stalen oppervlakken te beschermen [11][12]. Het uitgangspunt voor de functionele eenheid is bescherming van 1 m<sup>2</sup> oppervlak voor 1 jaar. Voor de omstandigheden is als uitgangspunt gekozen voor een zoutwater milieu. We gaan er vanuit dat kathodische beschermen de enige conserveringstechniek is die wordt toegepast (let op: zeeschepen worden altijd gecoat naast kathodische bescherming). Onder deze omstandigheden wordt 0,4 – 0,6 kg/m<sup>2</sup> aluminium per jaar opgebruikt [14]. De anode moet na verloop van tijd worden vervangen omdat deze grotendeels is opgelost. Het uitgangspunt is dat dit gebeurt als nog ca. 15% van het materiaal resteert. Bevestigingsmiddelen zijn buiten beschouwing gelaten.

#### *Productiefase (A1-A3)*

De aluminium opofferingsanode dient aan strikte samenstellingseisen te voldoen, anders loopt men het risico dat onvoldoende elektrisch potentiaal wordt behaald en de anode ineffectief is. Om die reden worden aluminium anodes enkel en alleen uit primaire grondstoffen vervaardigd [14]. De samenstelling moet 3 - 5,5% zink en 0,016 – 0,040% indium bevatten, waarbij de rest uit aluminium bestaat. Anodes mogen niet meer dan 0,1% Si, 0,09% Fe, 0,005% Cu, en 0,002% Cd 'vervuilende' elementen bevatten. Overige elementen mogen niet meer dan 0,02% per element bedragen, waarbij het maximum aantal overige elementen niet meer dan 0,1% van het gewicht mag zijn [13]. In deze LCA is het uitgangspunt een anode met 4% zink, 0,04% indium en 95,96% aluminium. Deze LCA is alleen representatief voor opofferingsanodes met de beschreven samenstelling. Er worden ook aluminium opofferingsanodes toegepast met een hoger dat toegestane ijzer vervuiling, welke daardoor minder effectief zijn. Voor de LCA wordt uitgegaan dat een 0,5 kg anode wordt opgebruikt voor bescherming van 1 m<sup>2</sup> oppervlak gedurende 1 jaar. Daarna blijft 15% over welke wordt verwijderd en vervangen. Het totale gewicht per m<sup>2</sup> per jaar is dus  $0,5/0,85 = 0,588$  kg.

#### *Transportfase (A4, C2)*

Anodes worden in o.a. Nederland en Engeland geproduceerd, maar komen soms ook uit verder gelegen productielocaties. Voor transport wordt uitgegaan dat 50% uit Nederland afkomstig is, en 50% uit Engeland wordt gehaald. Voor transport uit Engeland wordt uitgegaan van 200 km zeetransport (Harwich - Rotterdam) en 424 km vrachttransport (afstand Manchester (geografisch middelpunt Groot Brittannië) – Harwich) Forfaitaire transport afstanden volgens de bepalingsmethode zijn toegepast:

- 150 km naar de bouwplaats
- 100 km totaal naar stort

#### Constructiefase (A5)

De opofferingsanode wordt handmatig aangebracht. Hiervoor wordt geen milieuimpact toegerekend. Het transport van de monteur die de anode bevestigd is niet opgenomen, omdat dit per functionele eenheid afhankelijk is van de grootte van de anode, en de tijdsduur van de beschermende werking. Zelfs bij kleine oppervlakten en tijdsduren wordt dit transport al snel verwaarloosbaar.

#### Gebruiksfase (B1)

De aluminium anodes verdwijnen grotendeels als emissie naar het (zee)water; 0,5 kg per m<sup>2</sup> per jaar. Het aluminium lost op door de chemische reactie. De emissie van deze metalen is opgenomen in de gebruiksfase. Het indium ontbreekt bij de selectie van emissies naar het zeewater. Emissie van dit metaal is niet gekarakteriseerd. Opofferingsanodes dienen iedere 5 jaar te worden geïnspecteerd. Impact van transport van de monteur is grotendeels afhankelijk van de oppervlakte en de tijdsduur dat de anode beschermt, en ook of inspectie van meerdere anodes gecombineerd kan worden. Het transport wordt als insignificant beschouwd. Wanneer er kennis is over een specifiek inspectie regime – dan kan alsnog overwogen worden of de impact van het transport van de monteur relevant bijdraagt en aanvullend berekend wordt.

#### Einde levensduur, afvalscenario en baten en lasten buiten systeemgrenzen (C3, C4 en D)

De anodes lossen voor het grootste deel op in (zee)water. Afhankelijk van de grootte van de geplaatste anode moet op een bepaald moment een nieuwe anode geplaatst worden. Dit gebeurt tijdig, wanneer een deel van de anode nog aanwezig is. Het restant van de anode is niet geschikt om te recyclen en wordt volledig gestort. Aangezien anodes uit primair aluminium bestaan, omwille van exacte eis aan samenstelling, hoeven als gevolg van verlies van materiaal geen lasten toegerekend te worden in module D.

#### Levensduur

De levensduur is afhankelijk van de grootte van de geplaatste anode en de omstandigheid. Zodoende is deze kaart ingericht als een verbruik van aluminium anode per m<sup>2</sup> per jaar.

**Tabel 6 Decompositie van kathodisch beschermen, aluminium opofferingsanode per m<sup>2</sup> per jaar**

Materiaal of proces	1 m <sup>2</sup> kathodische beschermen met aluminium opofferingsanode per jaar					
	Fase	Milieuprofiel	Database	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Productie primair aluminium	A1-A3	Aluminium, primary, ingot {IAI Area, EU27 & EFTA} market for   Cut-off, U	Ecoinvent	$0,5 * 0,9596 / (1-0,15) = 0,564$	kg	95,96% primair zuiver aluminium. ca. 0,5 kg per m2 per jaar lost op. Dit is ca. 85% van de anode.
Productie primair zink	A1-A3	0028-fab&Zink (o.b.v. Zinc {GLO} market for   Cut-off, U; 100% primair, 0% secundair)	NMD	$0,5 * 0,04 / (1-0,15) = 0,0235$	kg	4% zink Ca. 0,5 kg per m2 per jaar lost op. Dit is ca. 85% van de anode.

1 m <sup>2</sup> kathodische beschermen met aluminium opofferingsanode per jaar						
Materiaal of proces	Fase	Milieuprofiel	Database	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Productie primair indium	A1-A3	Indium {GLO}  market for   Cut-off, U	Ecoinvent	$0,5 * 0,0004 / (1-0,15)$ = 0,000235	kg	0,04% indium Ca. 0,5 kg per m <sup>2</sup> per jaar lost op. Dit is ca. 85% van de anode.
Transport	A4	0320-tra&Transport, vrachtwagen (>32 ton), euro 5, diesel, per tkm (o.b.v. Vrachtwagen (>32 ton), euro 5, diesel, per liter, c2)	NMD	$(150 \text{ km} + 0,5 * 424 \text{ km}) * (0,5/0,85)$ = 0,213	tkm	150 km transport + 50% 424km uit Manchester (geografisch middelpunt Groot-Brittannië)
Transport	A4	0290-tra&Transport, vrachtschip, zee (o.b.v. Transport, freight, sea, transoceanic ship {GLO}  market for   Cut-off, U)	NMD	$200 \text{ km} * 50\% * (0,5/0,85)$ = 0,0588	tkm	50% van 200km zeetransport Harwich - Rotterdam
Constructie	A5	Handwerk	-	-	-	
Oplossen aluminium naar zeewater	B	Aluminium to oceanwater	-	$0,5 * 0,9596$	kg	
Oplossen zink naar zeewater	B	Zinc to oceanwater	-	$0,5 * 0,04$	kg	
Sloop	C1	Handwerk	-	-	-	
Transport	C2	0320-tra&Transport, vrachtwagen (>32 ton), euro 5, diesel, per tkm (o.b.v. Vrachtwagen (>32 ton), euro 5, diesel, per liter, c2)	NMD	0,0088	tkm	
Stort	C4	0239-sto&Stort aluminium (o.b.v. Waste aluminium {RoW}  treatment of, sanitary landfill   Cut-off, U)	NMD	0,0882	kg	15% blijft over en wordt gestort
Baten en lasten buiten systeemgrenzen	D	Materiaal gaat compleet op in water over tijd, en bevat geen secundair materiaal. Restant wordt niet gerecycled.	NMD	-	-	

## 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 Bepalingsmethode Milieuprestaties Bouwwerken.
- De milieu-ingrepen zijn berekend met de methoden die zijn omschreven in NEN-EN 15804 aangevuld met karakterisatiefactoren uit de CML-VLCA-rekenmethode (versie juli 2020, NMD 3.2).
- 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 9.1.
  - Ecoinvent processen zijn doorgerekend inclusief infrastructuurprocessen en kapitaalgoederen.
  - Ecoinvent processen zijn doorgerekend exclusief lange termijn (>100 jaar) emissies.
- Conform paragraaf 3.5 van de Bepalingsmethode zijn deze effectcategorieën omgerekend naar een milieukosten indicator (MKI) in euro's.

## 4.2 Gekarakteriseerde resultaten

Gekarakteriseerde resultaten zijn in Tabel 7 weergegeven per deelproduct per functionele eenheid. De uitgebreide gekarakteriseerde resultaten per levenscyclusfase zijn opgenomen in bijlage A.

**Tabel 7 Gekarakteriseerde resultaten deelproducten per functionele eenheid**

Effectcategorie	Eenheid	Natlak-systeem, inclusief onderhoud gedurende 100 jaar	Metalliseer systeem, inclusief onderhoud gedurende 100 jaar	Thermisch verzinken (85 µm)	Kathodisch beschermen, aluminium
		Per m <sup>2</sup>	Per m <sup>2</sup>	Per m <sup>2</sup>	Per m <sup>2</sup> per jaar
1 abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	1,74E-05	1,05E-02	4,25E-03	2,57E-04
2 abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	1,35E-01	2,13E-01	3,17E-02	3,38E-02
4 global warming (GWP)	kg CO2 eq	3,06E+01	4,10E+01	4,64E+00	5,59E+00
5 ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	2,21E-06	2,56E-06	3,42E-07	3,46E-07
6 photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	3,22E-01	2,95E-01	2,28E-03	3,37E-03
7 acidification (AP)	kg SO2 eq	7,53E-02	1,59E-01	3,93E-02	3,75E-02
8 eutrophication (EP)	kg PO4--- eq	1,50E-02	2,98E-02	6,21E-03	3,02E-03
9 human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	6,92E+00	1,11E+01	1,99E+00	1,17E+01
10 Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	2,18E+00	2,11E+00	2,19E+01	4,97E-02
12 Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	2,11E+03	2,51E+03	3,57E+03	2,60E+03
14 Ecotoxicity, terrestic (TETP)	kg 1,4-DB eq	1,68E-02	2,40E-01	1,13E+01	1,89E-02
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	4,02E+00	2,12E+01	6,31E+00	2,42E+01
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	2,51E+02	3,92E+02	5,83E+01	6,95E+01
104. Water, fresh water use (m3)	m3	1,81E-01	2,69E-01	4,54E-02	1,38E-01
106 Waste, hazardous (kg)	kg	2,16E-04	5,79E-03	2,14E-03	3,91E-04
105 Waste, non hazardous (kg)	kg	1,44E+02	1,30E+02	5,92E-01	1,49E+00
107 Waste, radioactive (kg)	kg	7,43E-04	1,00E-03	1,22E-04	2,49E-04

### 4.3 Gewogen resultaten

Het wegen van resultaten is een proces waarbij de resultaten van verschillende milieueffectcategorieën worden omgezet naar een 1 punt' score zodat ze integraal beschouwd kunnen worden. In deze studie wordt, conform de bepalingsmethode milieuprestatie gebouwen en GWW werken, gebruikgemaakt van de Milieu Kosten Indicator (MKI) om de verschillende effectcategorieën te wegen tot één eindpunt. In Tabel 8 worden de gewogen resultaten per deelproduct per functionele eenheid weergegeven. Daarin is te zien dat de MKI van metalliseren in combinatie met natlak een hogere MKI per m<sup>2</sup> heeft dan natlak. Dat heeft te maken met de relatief hoge hoeveelheid natlak die voor deze berekening van het metalliseersysteem gerekend is. Als die hoeveelheid natlak lager is, dan is de impact van het metalliseren met natlak lager dan het toepassen van enkel natlak.

Onderstaande tabel laten de gewogen resultaten per deelproduct per functionele eenheid zien.

**Tabel 8 Gewogen resultaten deelproducten per functionele eenheid**

Effectcategorie	Eenheid	Natlak-systeem, inclusief onderhoud gedurende 100 jaar	Metalliseer systeem, inclusief onderhoud gedurende 100 jaar	Thermisch verzinken (85 µm)	Kathodisch beschermen, aluminium
		Per m <sup>2</sup>	Per m <sup>2</sup>	Per m <sup>2</sup>	Per m <sup>2</sup> per jaar
<b>Totaal</b>	euro	<b>€ 3,53</b>	<b>€ 4,91</b>	<b>€ 2,33</b>	<b>€ 1,78</b>
1 abiotic depletion, non fuel (AD)	euro	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
2 abiotic depletion, fuel (AD)	euro	€ 0,02	€ 0,03	€ 0,01	€ 0,01
4 global warming (GWP)	euro	€ 1,53	€ 2,05	€ 0,23	€ 0,28
5 ozone layer depletion (ODP)	euro	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
6 photochemical oxidation (POCP)	euro	€ 0,64	€ 0,59	€ 0,00	€ 0,01
7 acidification (AP)	euro	€ 0,30	€ 0,63	€ 0,16	€ 0,15
8 eutrophication (EP)	euro	€ 0,14	€ 0,27	€ 0,06	€ 0,03
9 human toxicity (HT)	euro	€ 0,62	€ 1,00	€ 0,18	€ 1,05
10 Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	euro	€ 0,07	€ 0,06	€ 0,66	€ 0,00
12 Ecotoxicity, marine water (MAETP)	euro	€ 0,21	€ 0,25	€ 0,36	€ 0,26
14 Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	euro	€ 0,00	€ 0,01	€ 0,68	€ 0,00

## 5 Referenties

- [1] NEN-EN-ISO 14040 Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework (ISO 14040:2006,IDT), juli 2006
- [2] NEN-EN-ISO 14044 Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines (ISO 14044:2006,IDT), juli 2006
- [3] NEN-EN 15804+A2:2019 Duurzaamheid van bouwwerken – Milieuverklaringen van producten – Basisregels voor de productgroep bouwproducten, november 2019
- [4] Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken versie 1.0, juli 2020 met wijzigingsblad d.d. oktober 2020
- [5] Processendatabase Nationale Milieudatabase (NMD) versie 3.2
- [6] Ecoinvent Database versie 3.5
- [7] CROW, 2015. Standaard RAW Bepalingen 2015
- [8] SGS Intron, Milieuinformatie grootschalig onderhoud stalen objecten. 27-07-2016
- [9] Infosheet staal conserveren - concept - De Vos, Van Offenbeek, RWS, augustus 2020
- [10] WMB Consultancy - Inventarisatie uitgevoerde onderzoeken rondom terugwinning van zink bij de recycling van verzinkt staal(schroot). Nr. 50040051303. 31 maart 2008, via <https://www.afvalcirculair.nl/onderwerpen/linkportaal/publicaties/downloads/downloads-diverse/terugwinning-zink/>
- [11] LCA sluisdeuren categorie 3, Kraaijbrink, Levels-Vermeer, LBP Sight, 17 maart 2020
- [12] Memo uitwerking sluisdeuren, van Lierop, IV-infra, 25 november 2019
- [13] RTD 1029 Eisen aan kathodische bescherming voor waterbouwkundige staalconstructies, RWS, 6 november 2020
- [14] Persoonlijke communicatie Joost Gulikers, expert conserveringswerken RWS, februari 2021
- [15] Study of costs and performances between Steel Abrasive and Sand, CYM Materiales SA



## Bijlage A Gekarakteriseerde resultaten per deelproduct

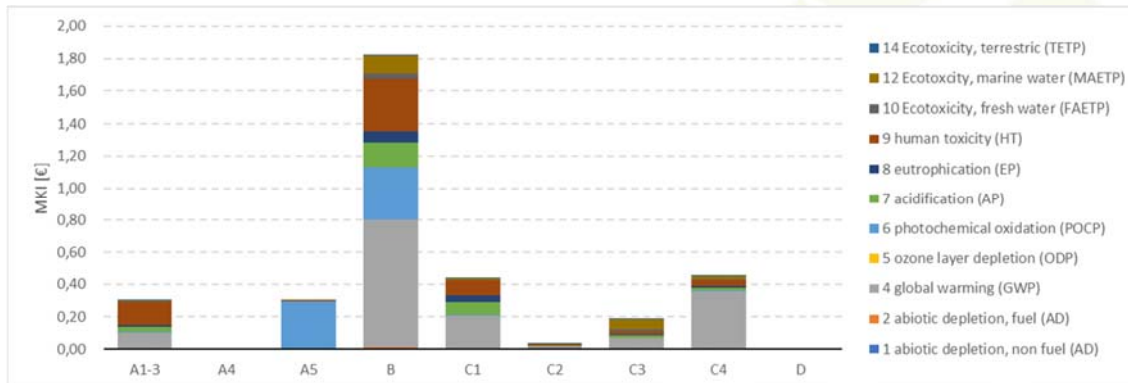
### Natlaksysteem

De grootste bijdrage van het natlaksysteem zit in fase B, waarin de impact van het onderhoud van de natlaklaag is berekend. In feite wordt in fase B alle andere fasen opgeteld. De eigenlijk bepalende factoren zitten dus in fase A1-A3, A5, C1 en C3. De MKI waarde van fase A5 kan worden verklaard door het proces van aanbrengen, daar gaat ook veel materiaal verloren als emissie door overspray, maar ook zeker omdat de gebruikte verdunners in de verf zullen verdampen en zodoende als emissie naar de lucht vrijkomen. De productie van deze verdunners worden in A1-A3 meegenomen evenals de productie van de verf zelf. De MKI van fase C1 kan worden verklaard door inzet van staalgrit om de verflaag te verwijderen. In fase C3 ziet men de milieupact van het verbranden van verf.

#### Natlaksysteem

Calculation:	Analyse
Results:	Impact assessment
Product:	1 m2 Staalconstructies, Natlaksysteem (of project 26.19.00693 LCA SBK RWS Kwaliteitsverbetering GWW data)
Method:	SBK Bepalingsmethode, dec 2019 (NMD 3.1) V3.04 / MKI-SBK single-score
Indicator:	Characterisation
Skip categories:	With result = 0
Exclude infrastructure processes:	No
Exclude long-term emissions:	Yes
Sorted on item:	Impact category
Sort order:	Ascending

Impact category	Unit	Total	A1-3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D	MKI
1 abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	1,74E-05	4,28E-06	1,32E-08	0,00E+00	8,97E-06	2,50E-06	5,70E-07	1,35E-07	9,63E-07	0,00E+00	€ 3,53
2 abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	1,35E-01	2,01E-02	5,19E-05	0,00E+00	6,96E-02	3,13E-02	2,25E-03	2,94E-03	8,99E-03	0,00E+00	€ 0,00
4 global warming (GWP)	kg CO2 eq	3,06E+01	2,00E+00	6,86E-03	0,00E+00	1,58E+01	4,10E+00	2,97E-01	1,36E+00	7,10E+00	0,00E+00	€ 0,02
5 ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	2,21E-06	1,00E-07	1,36E-09	0,00E+00	1,14E-06	6,93E-07	5,91E-08	1,87E-08	1,99E-07	0,00E+00	€ 1,53
6 photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	3,22E-01	1,71E-03	4,33E-06	1,49E-01	1,66E-01	2,73E-03	1,88E-04	1,05E-03	1,74E-03	0,00E+00	€ 0,00
7 acidification (AP)	kg SO2 eq	7,53E-02	7,74E-03	2,50E-05	0,00E+00	3,88E-02	1,89E-02	1,08E-03	3,84E-03	4,96E-03	0,00E+00	€ 0,64
8 eutrophication (EP)	kg PO4--- eq	1,50E-02	1,39E-03	5,10E-06	0,00E+00	7,73E-03	4,10E-03	2,21E-04	4,20E-04	1,16E-03	0,00E+00	€ 0,30
9 human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	6,92E+00	1,55E+00	2,42E-03	3,12E-02	3,56E+00	1,09E+00	1,05E-01	1,74E-01	4,04E-01	0,00E+00	€ 0,14
10 Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	2,18E+00	2,59E-01	1,56E-04	1,01E-01	1,12E+00	3,09E-02	6,75E-03	5,00E-01	1,62E-01	0,00E+00	€ 0,62
12 Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	2,11E+03	3,10E+01	4,08E-01	2,39E-01	1,09E+03	8,95E+01	1,77E+01	6,66E+02	2,21E+02	0,00E+00	€ 0,07
14 Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	1,68E-02	2,25E-03	1,43E-05	1,17E-07	8,63E-03	3,41E-03	6,20E-04	4,66E-04	1,39E-03	0,00E+00	€ 0,21
PERT	MJ	4,02E+00	1,29E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,07E+00	2,51E-01	0,00E+00	1,03E-01	3,04E-01	0,00E+00	€ 0,00
PENRT	MJ	2,51E+02	4,45E+01	0,00E+00	0,00E+00	1,29E+02	5,29E+01	0,00E+00	4,79E+00	1,99E+01	0,00E+00	€ 0,00
Water consumption (FW)	m3	1,81E-01	3,45E-02	0,00E+00	0,00E+00	9,34E-02	3,59E-02	0,00E+00	-1,15E-03	1,88E-02	0,00E+00	€ 0,00
Hazardous waste (HWD)	kg	2,16E-04	1,54E-05	0,00E+00	0,00E+00	1,11E-04	3,94E-05	0,00E+00	3,57E-05	1,45E-05	0,00E+00	€ 0,00
Non hazardous waste (NHWD)	kg	1,44E+02	1,08E-01	0,00E+00	0,00E+00	7,38E+01	4,01E-02	0,00E+00	3,93E-02	6,95E+01	0,00E+00	€ 0,00
Radioactive waste (RWD)	kg	7,43E-04	2,74E-05	0,00E+00	0,00E+00	3,82E-04	2,10E-04	0,00E+00	9,59E-06	1,14E-04	0,00E+00	€ 0,00
MKI	Euro	€ 3,53	€ 0,30	€ 0,00	€ 0,30	€ 1,82	€ 0,44	€ 0,03	€ 0,19	€ 0,45	€ 0,00	€ 3,53



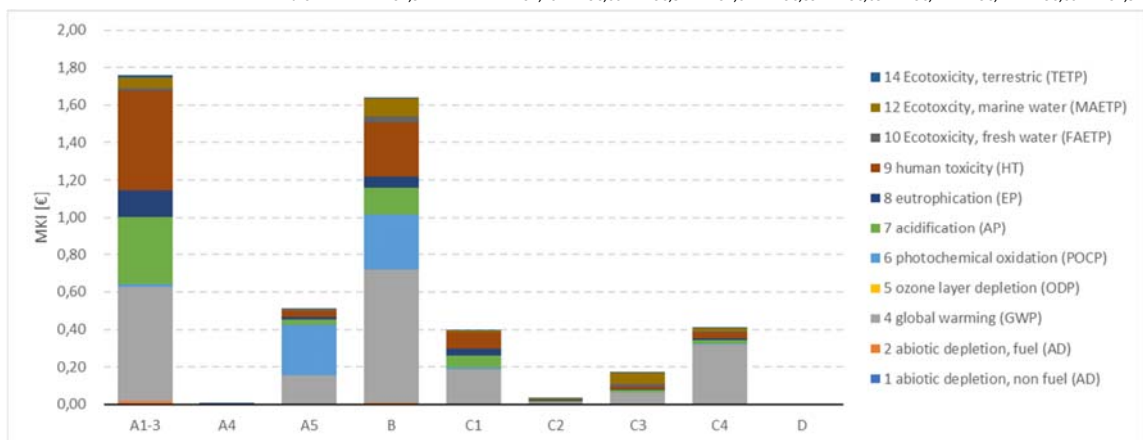
## Metalliseersysteem

Het wezenlijke verschil van het metalliseersysteem met het natlak systeem is dat een metallische laag wordt aangebracht en minder natlak nodig is. Dit verhoogt de impact van fase A1-A3, productie van de metallische laag is milieu impactvol, en reduceert impact in fasen B, C1 en C3 enigszins (factor 0,9). In fase A5 is hier ook het aanbrengen van de metalliseerlaag meegenomen, waarbij elektriciteit wordt gebruikt.

### Metalliseersysteem

Calculation:	Analyse
Results:	Impact assessment
Product:	1 m2 Staalconstructies, Metalliseersysteem (of project 26.19.00693 LCA SBK RWS Kwaliteitsverbetering GWW data)
Method:	SBK Bepalingsmethode, dec 2019 (NMD 3.1) V3.04 / MKI-SBK single-score
Indicator:	Characterisation
Skip categories:	With result = 0
Exclude infrastructure processes:	No
Exclude long-term emissions:	Yes
Sorted on item:	Impact category
Sort order:	Ascending

Impact category	Unit	Total	A1-3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D	MKI
1 abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	1,05E-02	1,05E-02	5,61E-08	2,79E-06	8,08E-06	2,25E-06	5,13E-07	1,21E-07	8,66E-07	0,00E+00	€ 4,91
2 abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	2,13E-01	8,72E-02	2,21E-04	2,23E-02	6,27E-02	2,82E-02	2,02E-03	2,64E-03	8,09E-03	0,00E+00	€ 0,00
4 global warming (GWP)	kg CO2 eq	4,10E+01	1,22E+01	2,92E-02	3,01E+00	1,42E+01	3,69E+00	2,67E-01	1,23E+00	6,39E+00	0,00E+00	€ 0,03
5 ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	2,56E-06	5,01E-07	5,81E-09	1,62E-07	1,02E-06	6,24E-07	5,32E-08	1,68E-08	1,79E-07	0,00E+00	€ 2,05
6 photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	2,95E-01	6,57E-03	1,84E-05	1,34E-01	1,49E-01	2,45E-03	1,69E-04	9,44E-04	1,57E-03	0,00E+00	€ 0,00
7 acidification (AP)	kg SO2 eq	1,59E-01	9,03E-02	1,07E-04	7,51E-03	3,49E-02	1,70E-02	9,76E-04	3,46E-03	4,47E-03	0,00E+00	€ 0,59
8 eutrophication (EP)	kg PO4--- eq	2,98E-02	1,58E-02	2,17E-05	1,72E-03	6,96E-03	3,69E-03	1,99E-04	3,78E-04	1,05E-03	0,00E+00	€ 0,63
9 human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	1,11E+01	5,94E+00	1,03E-02	3,41E-01	3,20E+00	9,78E-01	9,42E-02	1,56E-01	3,64E-01	0,00E+00	€ 0,27
10 Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	2,11E+00	3,72E-01	6,64E-04	9,94E-02	1,01E+00	2,78E-02	6,07E-03	4,50E-01	1,46E-01	0,00E+00	€ 1,00
12 Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	2,51E+03	5,93E+02	1,74E+00	3,69E+01	9,79E+02	8,06E+01	1,59E+01	5,99E+02	1,99E+02	0,00E+00	€ 0,06
14 Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	2,40E-01	2,11E-01	6,10E-05	1,54E-02	7,77E-03	3,07E-03	5,58E-04	4,20E-04	1,25E-03	0,00E+00	€ 0,25
PERT	MJ	2,12E+01	1,42E+01	0,00E+00	4,50E+00	1,86E+00	2,26E-01	0,00E+00	9,29E-02	2,74E-01	0,00E+00	€ 0,01
PENRT	MJ	3,92E+02	1,62E+02	0,00E+00	4,39E+01	1,16E+02	4,76E+01	0,00E+00	4,31E+00	1,79E+01	0,00E+00	€ 0,00
Water consumption (FW)	m3	2,69E-01	1,05E-01	0,00E+00	3,12E-02	8,40E-02	3,23E-02	0,00E+00	-1,03E-03	1,69E-02	0,00E+00	€ 0,00
Hazardous waste (HWD)	kg	5,79E-03	5,50E-03	0,00E+00	1,17E-04	1,00E-04	3,55E-05	0,00E+00	3,21E-05	1,31E-05	0,00E+00	€ 0,00
Non hazardous waste (NHWD)	kg	1,30E+02	1,07E+00	0,00E+00	1,14E-01	6,65E+01	3,61E-02	0,00E+00	3,54E-02	6,25E+01	0,00E+00	€ 0,00
Radioactive waste (RWD)	kg	1,00E-03	2,53E-04	0,00E+00	1,07E-04	3,44E-04	1,89E-04	0,00E+00	8,63E-06	1,02E-04	0,00E+00	€ 0,00
MKI	Euro	€ 4,91	€ 1,76	€ 0,00	€ 0,51	€ 1,64	€ 0,39	€ 0,03	€ 0,17	€ 0,41	€ 0,00	€ 4,91



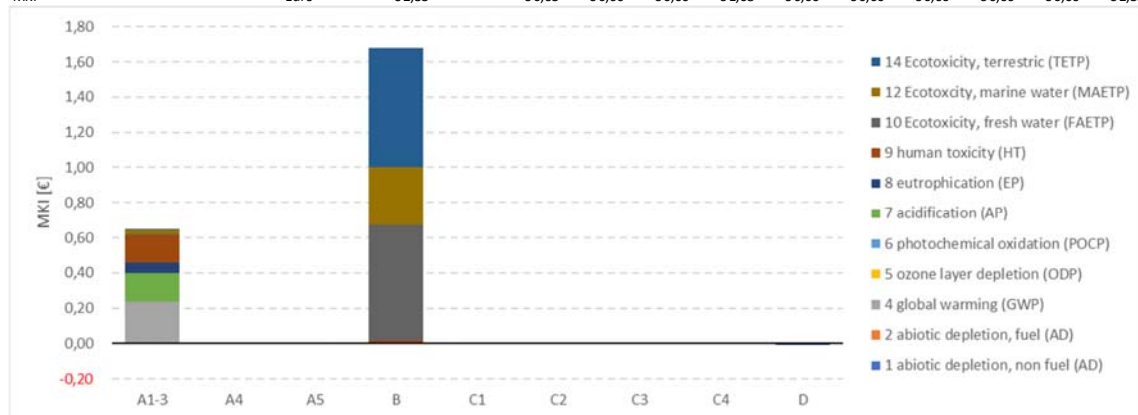
### Thermisch verzinken (85µm)

De grootste milieupact wordt veroorzaakt door uitloging/emissie van zink tijdens gebruik. Uitloging zorgt vooral voor een effect in ecotoxiciteit impact categorieën. Ook het productie proces geeft een significantie bijdrage aan de milieupact. Bij het productieproces wordt het zink vloeibaar gemaakt, waarvoor veel energie nodig is. Een deel van het zink kan worden teruggewonnen als het staal wordt gerecycled in een vlamboogoven. De baten hiervan zijn echter zeer klein.

#### Verzinken (85 µm)

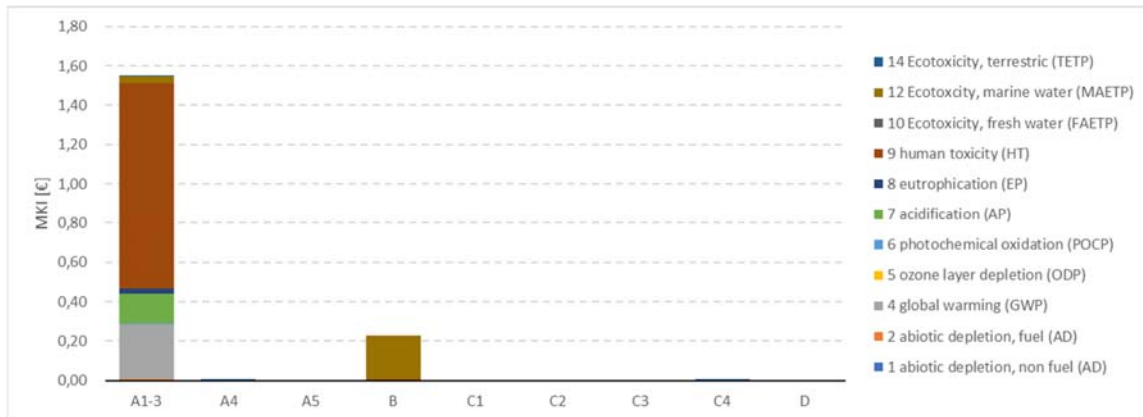
Calculation:	Analyse
Results:	Effectbeoordeling
Product:	1 m2 _Totaal Thermisch verzinken in zinkbad (85 µm) (van project 26.20.00411 LCA RWS Perceel 1 (met RHDHV))
Methode:	SBK Bepalingsmethode, jul 2020 (NMD 3.2) V3.04 / MKI-SBK single-score
Indicator:	Karakterisatie
Skip categories:	Met resultaat = 0
Sluit infrastructuurprocessen uit:	Nee
Sluit lange termijnemissies uit:	Ja
Sorted on item:	Effectcategorie
Sort order:	Oplopend

Effectcategorie	Eenheid	Totaal	A1-3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D	MKI
1 abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	4,25E-03	4,66E-03	1,48E-08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,24E-09	7,07E-08	6,48E-10	-4,11E-04	€ 2,33
2 abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	3,17E-02	3,11E-02	5,85E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,88E-06	2,47E-05	5,59E-06	4,72E-04	€ 0,00
4 global warming (GWP)	kg CO2 eq	4,64E+00	4,58E+00	7,73E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,44E-04	3,69E-03	4,48E-04	4,50E-02	€ 0,01
5 ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	3,42E-07	3,32E-07	1,54E-09	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,28E-10	4,70E-10	1,39E-10	7,55E-09	€ 0,23
6 photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	2,28E-03	2,30E-03	4,88E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,07E-07	3,06E-06	4,47E-07	-3,26E-05	€ 0,00
7 acidification (AP)	kg SO2 eq	3,93E-02	3,95E-02	2,82E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,35E-06	3,33E-05	3,05E-06	-2,82E-04	€ 0,00
8 eutrophication (EP)	kg PO4--- eq	6,21E-03	6,53E-03	5,74E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,79E-07	7,48E-06	6,44E-07	-3,30E-04	€ 0,16
9 human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	1,99E+00	1,78E+00	2,72E-03	0,00E+00	1,93E-01	0,00E+00	2,27E-04	3,59E-03	3,79E-04	1,15E-02	€ 0,06
10 Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	2,19E+01	8,44E-02	1,76E-04	0,00E+00	2,18E+01	0,00E+00	1,46E-05	5,29E-05	1,22E-04	4,63E-04	€ 0,18
12 Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	3,57E+03	2,71E+02	4,59E-01	0,00E+00	3,30E+03	0,00E+00	3,83E-02	2,61E-01	3,18E-02	2,33E+00	€ 0,66
14 Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	1,13E+01	9,36E-02	1,61E-05	0,00E+00	1,13E+01	0,00E+00	1,34E-06	1,19E-05	9,35E-07	6,38E-04	€ 0,36
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	6,31E+00	6,22E+00	2,09E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,74E-04	7,85E-03	7,07E-04	8,08E-02	€ 0,68
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	5,83E+01	5,69E+01	1,34E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,11E-02	5,63E-02	1,38E-02	1,15E+00	€ 0,00
104. Water, fresh water use (m3)	m3	4,54E-02	4,55E-02	2,71E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,26E-06	2,65E-05	1,56E-05	-2,03E-04	€ 0,00
106 Waste, hazardous (kg)	kg	2,14E-03	2,14E-03	9,47E-07	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	7,89E-08	1,08E-07	6,28E-09	1,28E-06	€ 0,00
105 Waste, non hazardous (kg)	kg	5,92E-01	5,26E-01	1,10E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	9,20E-04	1,46E-03	4,99E-02	2,59E-03	€ 0,00
107 Waste, radioactive (kg)	kg	1,22E-04	1,19E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,22E-07	9,13E-08	3,15E-06	€ 0,00
MKI	Euro	€ 2,33	€ 0,65	€ 0,00	€ 0,00	€ 1,68	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 2,33



## Kathodisch beschermen, aluminiumanode

De grootste impact van toepassing van kathodische bescherming met een aluminium opofferingsanode ligt bij de productie van de anode. De anode wordt vervaardigd uit primair aluminium, wat bekend staat om de hoge energiebehoefte bij productie. Door het over tijd oplossen van de anode naar het zeewater is er in de gebruiksfase tevens sprake van milieupact, hier in de vorm van toxiciteit in zeewater. Dit betreft de impact van emissie van zink. Impact door emissie van aluminium is in de methode niet gekarakteriseerd. Alhoewel significant, de hoogte milieupact ligt overduidelijk bij productie.



### Kathodisch beschermen, Aluminium

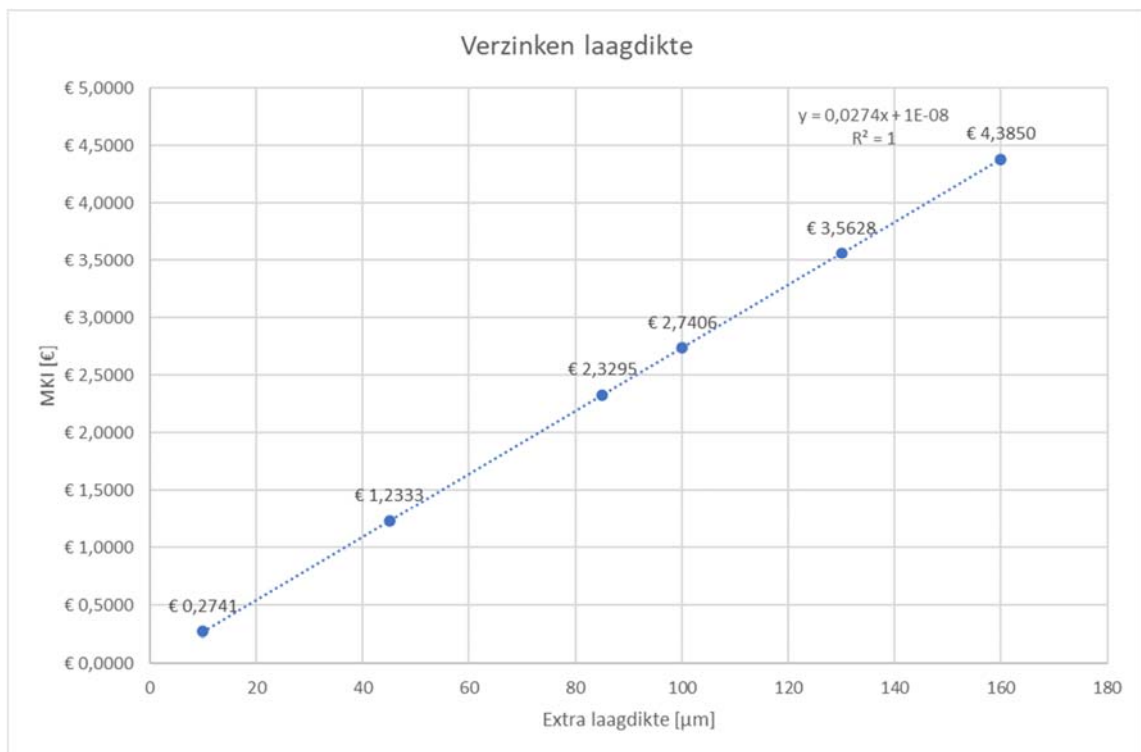
Calculation: Analyse  
 Results: Effectbeoordeling  
 Product: 1 m2\_Totaal Kathodisch beschermen, Aluminiumanode (van project 26.20.00411 LCA RWS Perceel 1 (met RHDHV))  
 Methode: SBK Bepalingsmethode, jul 2020 (NMD 3.2) V3.04 / MKI-SBK single-score  
 Indicator: Karakterisatie  
 Skip categories: Met resultaat = 0  
 Sluit infrastructuurprocessen uit: Nee  
 Sluit lange termijnemissies uit: Ja  
 Sorted on item: Effectcategorie  
 Sort order: Oplopend

Effectcategorie	Eenheid	Totaal	Totaal Ka	A1-A3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D	MKI
1 abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	2,57E-04	0,00E+00	2,57E-04	3,47E-08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,43E-09	0,00E+00	2,17E-09	0,00E+00	€ 1,78
2 abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	3,38E-02	0,00E+00	3,36E-02	1,41E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,64E-06	0,00E+00	2,81E-05	0,00E+00	€ 0,00
4 global warming (GWP)	kg CO2 eq	5,59E+00	0,00E+00	5,57E+00	1,87E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	7,45E-04	0,00E+00	3,49E-03	0,00E+00	€ 0,01
5 ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	3,46E-07	0,00E+00	3,42E-07	3,68E-09	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,48E-10	0,00E+00	3,63E-10	0,00E+00	€ 0,28
6 photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	3,37E-03	0,00E+00	3,36E-03	1,21E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,70E-07	0,00E+00	2,33E-06	0,00E+00	€ 0,00
7 acidification (AP)	kg SO2 eq	3,75E-02	0,00E+00	3,74E-02	7,96E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,72E-06	0,00E+00	1,95E-05	0,00E+00	€ 0,01
8 eutrophication (EP)	kg PO4--- eq	3,02E-03	0,00E+00	3,01E-03	1,46E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,54E-07	0,00E+00	2,63E-06	0,00E+00	€ 0,15
9 human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	1,17E+01	0,00E+00	1,16E+01	6,64E-03	0,00E+00	6,40E-02	0,00E+00	2,63E-04	0,00E+00	1,26E-03	0,00E+00	€ 0,03
10 Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	4,97E-02	0,00E+00	4,93E-02	4,14E-04	0,00E+00	3,52E-23	0,00E+00	1,69E-05	0,00E+00	4,17E-05	0,00E+00	€ 1,05
12 Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	2,60E+03	0,00E+00	3,56E+02	1,10E+00	0,00E+00	2,24E+03	0,00E+00	4,43E-02	0,00E+00	1,02E-01	0,00E+00	€ 0,00
14 Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	1,89E-02	0,00E+00	1,89E-02	3,85E-05	0,00E+00	3,90E-22	0,00E+00	1,56E-06	0,00E+00	6,56E-06	0,00E+00	€ 0,26
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	2,42E+01	0,00E+00	2,42E+01	5,08E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,02E-04	0,00E+00	2,89E-03	0,00E+00	€ 0,00
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	6,95E+01	0,00E+00	6,91E+01	3,21E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,29E-02	0,00E+00	5,61E-02	0,00E+00	€ 0,00
104. Water, fresh water use (m3)	m3	1,38E-01	0,00E+00	1,38E-01	6,51E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,62E-06	0,00E+00	3,90E-05	0,00E+00	€ 0,00
106 Waste, hazardous (kg)	kg	3,91E-04	0,00E+00	3,89E-04	2,21E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	9,13E-08	0,00E+00	5,15E-08	0,00E+00	€ 0,00
105 Waste, non hazardous (kg)	kg	1,49E+00	0,00E+00	1,37E+00	2,57E-02	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,06E-03	0,00E+00	8,97E-02	0,00E+00	€ 0,00
107 Waste, radioactive (kg)	kg	2,49E-04	0,00E+00	2,49E-04	6,25E-08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,23E-07	0,00E+00	€ 0,00
MKI	Euro	€ 1,78		€ 1,55	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,23	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 1,78

## Bijlage B Schalingsformule zinklaagdikte

Op basis van enkele aanvullende laagdiktes voor thermisch verzinken is een schalingsformule bepaald. De invoermodule van de NMD heeft vier opties voor schaling. Het is echter overduidelijk dat het lineaire schaling betreft in dit geval. Met onderstaande data is een schalingsformule bepaald:  $y = 0,027406 x$ . Waarbij  $x$  is gegeven in  $\mu\text{m}$ .

Laagdikte [ $\mu\text{m}$ ]	MKI
10	€ 0,2741
45	€ 1,2333
85	€ 2,3295
100	€ 2,7406
130	€ 3,5628
160	€ 4,3850



De kaart voor verzinken wordt ingevoerd met een standaard dikte van  $85 \mu\text{m}$ , een minimum van  $5 \mu\text{m}$ , en een maximum van  $200 \mu\text{m}$ .