

LCA Rapportage categorie 3 data Nationale Milieudatabase

Hoofdstuk 56 Conserveringswerken

Versie rapportage: Versie 2

Datum publicatie in de NMD: n.t.b.

Versie Bepalingsmethode: 1.1

Versie Ecoinvent database: 3.6

Opdrachtgever: Stichting Nationale Milieudatabase

Opdrachtnemer(s): SGS Search

RoyalHaskoning DHV

Auteur(s): Branco Schipper, SGS Search

Jasper Roosendaal, Bas Mentink, RHDHV

(Deel)producten / Productkaarten onderdeel LCA-rapportage	Toegevoegd / laatste geüpdatet (versie nr.)	Ecoinvent versie
Natlaksysteem	2	3.6 en 3.9.1
Metalliseersysteem	2	3.6 en 3.9.1
Thermisch verzinken	2	3.6 en 3.9.1
Duplexsysteem: Metalliseren en natlak	2	3.6 en 3.9.1
Duplexsysteem: Thermisch verzinken en natlak	2	3.6 en 3.9.1
Kathodisch beschermen met aluminium opofferingsanode	2	3.6 en 3.9.1
Verwijderingstechniek: Koperslak, hoogovenslak en smeltslakgrit	2	3.6 en 3.9.1
Verwijderingstechniek: Gebroken glas	2	3.6 en 3.9.1
Verwijderingstechniek: Staalgrit	2	3.6 en 3.9.1
Verwijderingstechniek: Gietijzergrit	2	3.6 en 3.9.1
Verwijderingstechniek: Bruine korund	2	3.6 en 3.9.1
Inductiereinigen natlak	2	3.6 en 3.9.1

Wijzigingenregister

Versie rapport	Datum	Opsteller	Peer Reviewer	Gewijzigde productkaarten	Toelichting
1	26-08-2021	Branco Schipper	Harry van Ewijk		Eerste versie met 4 conserveringstechnieken
2	8-1-2025	Branco Schipper		Verwijderingstechnieken natlak. Conserveringstechnieken geüpdatet en aangevuld	Toevoeging nader uitgewerkte verwijderingstechnieken natlak Herziening van onderhoudsregimes conserveringstechnieken, toevoeging duplex systemen en uitwerking van resultaten volgens set 1 en set 2.

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	4
1 Inleiding	5
1.1 Doelstelling en doelgroep	5
1.2 Verantwoording	6
1.3 Leeswijzer	6
2 Methode	7
2.1 Aanpak	7
2.2 Scope	7
2.3 Productbeschrijving	8
2.3.1 Natlak en metalliseren	8
2.3.2 Thermisch verzinken	8
2.3.3 Kathodisch beschermen met opofferingsanode	8
2.3.4 Duplex systemen	8
2.3.5 Verwijderingstechnieken natlaksysteem	9
2.3.6 Functionele eenheid	9
2.4 Systeemgrenzen	10
3 Levenscyclusinventarisatie (LCI)	11
3.1 Dataverzameling	11
3.2 Decompositie in materialen en processen	11
3.2.1 Natlaksysteem	12
3.2.2 Metalliseersysteem	15
3.2.3 Thermisch verzinken	18
3.2.4 Duplexsysteem: Metalliseren en natlak	21
3.2.5 Duplexsysteem: Thermisch verzinken en natlak	23
3.2.6 Kathodisch beschermen met aluminium opofferingsanode (kg)	26
3.2.7 Verwijderingstechnieken Natlak	29
4 Resultaten	48
4.1 Berekening milieuprofiel	48
4.2 Gebruiksaanwijzing resultaten	48
4.3 Gekarakteriseerde resultaten	49
4.4 Gewogen resultaten	61
4.5 Zwaartepuntsanalyse	71
4.5.1 Conserveringstechnieken	71
4.5.2 Verwijderingstechnieken	73
4.6 Verschillen set 1 en set 2	77
5 Referenties	79
Bijlage A Gekarakteriseerde resultaten per deelproduct	80
Bijlage B Schalingsformules	92

1 Inleiding

Deze LCA¹-rapportage beschrijft de uitgangspunten en resultaten voor de categorie 3 data in Hoofdstuk 56 in de Nationale Milieudatabase². 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'³. Met software-instrumenten zoals DuboCalc⁴ 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 krijgt⁵.

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

¹ LCA = Levenscyclusanalyse. Meer informatie, zie bijvoorbeeld <https://www.rivm.nl/life-cycle-assessment-lca/wat-is-lca>

² Meer informatie over de Nationale Milieudatabase: <https://milieudatabase.nl/>

³ Meer informatie over de Bepalingsmethode: <https://milieudatabase.nl/milieuprestatie/bepalingsmethode/>

⁴ Meer informatie over DuboCalc: <https://www.dubocalc.nl/>

⁵ 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 +A2:2019⁶.

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.

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.

⁶ 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 3.4
- Ecoinvent database versie 3.6

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
- Duplex: Metalliseren + Natlak
- Duplex: Thermisch verzinken + Natlak
- Kathodisch beschermen
- Verwijderingstechnieken natlaksysteem
 - Stralen:
 - Koperslag, hoogovenslak en smeltslak
 - Gebroken glas
 - Staalgrit
 - Gietijzergrit
 - Bruine korund
 - Inductiereinigen

Verschiede 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 kathodische bescherming doet zijn werk in het geval de verlaagde 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. Het metalliseersysteem is ook uitgewerkt zonder de natlaklaag, maar wordt niet vaak alleen toegepast, vanwege het minder fraaie uiterlijk.

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, leuningen, 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, zodat de anode kleiner - minder gewicht - hoeft te zijn.

2.3.4 Duplex systemen

Duplex systemen zijn een combinatie van meerdere conserveringstechnieken. Veelal betreft dit de combinatie van natlak met een metallische deklaag. Door deze dubbele techniek kan het stalen object ook beschermd als de natlaklaag beschadigd wordt, zonder dat frequent onderhoud nodig is.

2.3.5 Verwijderingstechnieken natlaksysteem

Na einde leven van een natlakconservering dient de verflaag te worden verwijderd, met het doel om een nieuwe conservering aan te brengen. De gebruikelijke techniek betreft zogenaamd gritstralen, waarbij kleine hoekige harde deeltjes (zoals glas of metaal) door middel van luchtdruk tegen het veroppervlak worden gestraald. In dit rapport zijn een vijf verschillende typen grit uitgewerkt. Hierin kan nog een onderscheid gemaakt worden tussen éénmalig straalgrit en meermalig (herbruikbaar) straalgrit. Een nieuwere ontwikkeling om natlakconservering te verwijderen betreft zogenaamd inductiereinigen. Hierbij wordt de verf verwijderd door een gerichte plaatselijke opwarming d.m.v. inductie.

2.3.6 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 m² van een metalen oppervlak
- Het thermisch verzinken van 1 m² metalen oppervlak met een laagdikte van 78 µm (=0,560 kg Zink)
- Het duplex conserveringssysteem voor beschermen van 1 m² van een metalen oppervlak
- Het kathodisch beschermen met opofferingsanode van 1 m² stalen uitwendig oppervlak gedurende 1 jaar
- De verwijderingstechniek voor het verwijderen van een natlaklaag van 1 m²

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	Finale afvalverwerking	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 CO₂, CO, NO_x (NO en NO₂), SO₂, C_xH_y 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, compleetheid, 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.

- Korte omschrijving: Natlaksysteem van epoxy met polyurethaan eindlaag (inclusief primer)
- Toepassing in het werk: wordt toegepast op staalconstructies
- (Functionele) Eenheid: m²
- Levensduur (jaar): 100 jaar inclusief onderhoud in atmosferische omstandigheden
- Gewicht (kg) van product per Functionele Eenheid (FE) : 0,366 kg/m²
- Laagdikte: 320 µm

Productiefase (A1-A3)

De primer en tussenlagen zijn gemaakt van een epoxybindmiddel, de toplaag juist van een polyurethaan (PUR) bindmiddel. Op basis van het Intron rapport en expertadvies zijn bijbehorende milieuprofielen geselecteerd. De verf wordt soms verdund voordat deze kan worden aangebracht. Er wordt uitgegaan van een verdunner van 80% xyleen en 20% ethylbenzeen. Hoeveel verdunner aan de verf wordt toegevoegd hangt af van de laag, de verf bevat ook oplosmiddel. Op basis van expertadvies is bepaald dat de primer 25% oplosmiddel bevat, de tussenlaag 20%, en de toplaag 40%. Dit is inclusief toegevoegde verdunner 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 zeil op locaties, niet de hal op de vloer. Emissies van verfdeeltjes naar water uit het rapport van SGS Intron zijn aangehouden. Na aanbrengen van het natlak verdakhet oplosmiddel. 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:

- 11, 36, 61, en 86 jaar na nieuwbouw of nieuwe conserveringssysteem: bijplekken van de roestige plekken (ca. 3% van het oppervlak).

- 25 en 75 jaar na nieuwbouw groot onderhoud. Dit houdt in bijplekken (ca.3% van het oppervlak) en compleet overlagen.
- 50 jaar na nieuwbouw, compleet vervangen: kaalstralen en opnieuw conserveren.

Dit houdt in dat de conservering zes maal wordt bijgewerkt, waarbij er twee maal en compleet nieuwe laag wordt aangebracht. En één keer in de levensduur van 100 jaar van een stalen constructie wordt het natlak in het geheel 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 koperslak/hoogovenslak/smeltslakgrit stralen verwijderd. Volgens experts van RWS wordt ca. 50-100 kg/m² (gemiddeld 75 kg/m²) smeltslakgrit gebruikt per vierkante meter. De productie van verschillende typen grit is uitgewerkt in 3.2.5. Er wordt verondersteld dat smeltslakgrit een gangbaar straalgrit is. Dit type grit is daarom toegepast in deze kaart.

Baten en lasten buiten de systeem grens (D)

Er worden geen materialen gerecycled, maar de verf wordt na verwijderen verbrand. De baten hiervan worden meegerekend in module D.

Tabel 2 Decompositie Natlaksysteem per 1 m²

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
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

Materiaal c.q. proces	Natlaksysteem					
	Fase	Milieuprofiel	Database/Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
						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	-	3,18	m2	Natlaksysteem wordt zes keer bijgewerkt (6 maal 3%), 2 keer overlaagd, en één keer volledig vervangen in de levensduur van 100 jaar van een stalen constructie.
Verwijderen verlaag met koperslak/hoogovenslak en/of smeltslakgrit	C1	A1 t/m B Koperslak, hoogovenslak en smeltslakgrit (zie 3.2.5.1)	-	1	m2	Koperslak/hoogovenslak/ smeltslakgrit word veronderstelt het gangbare straalgrit te zijn
Transport naar verwerking smeltslakgrit	C2	C2 Koperslak, hoogovenslak en smeltslakgrit (zie 3.2.5.1)	-	1	m2	
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
Verwerken smeltslakgrit	C3	C3 Koperslak, hoogovenslak en smeltslakgrit (zie 3.2.5.1)	-	1	m2	
Verbranden verfresten	C3	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)	Ecoinvent	0,366	kg	Aangebrachte verf en opgevangen verf overspray wordt verbrand
Stort smeltslakgrit	C4	C4 Koperslak, hoogovenslak en smeltslakgrit (zie 3.2.5.1)	-	1	m2	
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	Verfblik wordt gestort
Baten en lasten buiten de systeemgrens	D	D Koperslak, hoogovenslak en smeltslakgrit (zie 3.2.5.1)	-	1 * 4,18	m2	
Baten en lasten buiten de systeemgrens	D	0267-avD&Vermeden energieproductie AVI, o.b.v. FOSSIELE grondstoffen, 18% elektrisch en 31% thermisch (per MJ LHV)	NMD	0,366 * 10,14 * 4,18	MJ	

	Natlaksysteem					
Materiaal c.q. proces	Fase	Milieuprofiel	Database/Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
energieterugwinning verbranden verf						

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 verduurzamings wordt een metalliseerlaag aangebracht. Vervolgens kan daarbovenop een natlaklaag worden aangebracht, in dat geval spreekt men van een duplex systeem. Dit product betreft alleen de metalliseerlaag, het duplex systeem is ook uitgewerkt in dit hoofdstuk. De decompositie van het metalliseersysteem is weergegeven in Tabel 3.

- Korte omschrijving: Metallische opofferingslaag van zink en aluminium
- Toepassing in het werk: wordt toegepast op staalconstructies
- (Functionele) Eenheid: m²
- Levensduur (jaar): 100 jaar inclusief onderhoud in atmosferische omstandigheden
- Gewicht (kg) van product per Functionele Eenheid (FE) : 1 kg/m²
- Laagdikte: 150 µm, betreft klimaat klasse C3, voor klimaatklasse C4 en C5 moet 200 µm toegepast worden.

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.

Onderhoud (B) en levensduur

Het onderhoudsregime voorgesteld voor de metalliseerlaag is dat deze tijdens een levensduur van 100 jaar twee maal wordt overlaagd met een natlaksysteem (na 40 jaar en na 80 jaar). Na 80 jaar wordt de eerste natlaklaag niet verwijderd. Er wordt een laagdikte gebruikt van 240 µm (75% van natlaksysteem kaart). In de eerste 40 jaar is er bovendien sprake van afspoelen van het aluminium en zink. Beide metalen vormen een oxide laag door

reactie met zuurstof. Het zink gaat vervolgens ook nog een reactie aan met CO₂ waardoor een zink carbonaat ontstaat. Dit is de verbinding die afspoelt. Echter emissie van zinkcarbonaat of aluminium oxide is niet beschikbaar in ecoinvent 3.6. Zodoende wordt emissie van *Zinc* en *Aluminium* aangehouden. In ecoinvent 3.9.1 zijn wel vormen van zink oxide en aluminium oxide beschikbaar, voor de set 2 resultaten worden deze gebruikt. Er zijn twee scenario's uitgewerkt, emissie naar bodem, en emissie naar zoet water voor gevallen waarbij het object dicht bij een rivier of kanaal is geplaatst. Het uitgangspunt is dat 50% van de laagdikte afspoelt in de periode dat het blootgesteld is aan de elementen. Dit is een zeer conservatieve aanname (worst-case) en is gedaan in overleg met deskundige bij Rijkswaterstaat.

Sloop- en afvalfase (C1 – C4)

De metalliseerlaag zal gedurende de hele levensduur van de stalenconstructie blijven zitten en kan ook niet apart verwijderd 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 zinkaluminium legering niet opnieuw inzetbaar is. Er worden geen baten of lasten gerekend in module D.

Tabel 3 Decompositie Metalliseersysteem per 1 m²

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	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	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	kWh	Op basis van <i>Aluminium alloy, AlMg3 {RER}</i>
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	0,15	tkm	Transport 150km
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	
Afspoelen metalliseerlaag, zink (ecoinvent 3.6)	B	0429-emi&Zink, 100% emissie naar bodem, per kg of 0430-emi&Zink, 100% emissie naar water, per kg	NMD	0,85 * 0,5	kg	Twee scenario's, atmosferisch boven land, en atmosferisch bij kanalen en rivieren

Materiaal c.q. proces	Metalliseersysteem					
	Fase	Milieuprofiel	Database/Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Afspoelen metalliseerlaag, zink (ecoinvent 3.9.1)	B	Emission to soil: Zinc oxide of Emission to water, river: Zinc oxide	-	0,85 * 0,5	kg	Zelfde aannames, ecoinvent 3.9.1 versie
Afspoelen metalliseerlaag, aluminium (ecoinvent 3.6)	B	Emission to soil: Aluminium of Emission to water, river: Aluminium	-	0,15 * 0,5	kg	Twee scenario's, atmosferisch boven land, en atmosferisch bij kanalen en rivieren
Afspoelen metalliseerlaag, aluminium (ecoinvent 3.9.1)	B	Emission to soil: Aluminium oxide, fibrous forms of Emission to water, river: Aluminium oxide, fibrous forms	-	0,15 * 0,5	kg	Zelfde aannames, ecoinvent 3.9.1 versie
B Natlaklaag	B	A1-A5 Natlaksysteem	Tabel 2	2 * 0,75	m2	Overlagen met natlak na 40 jaar en 80 jaar
C1 natlak	C1	C1 Natlaksysteem	Tabel 2	2 * 0,75	m2	Aanstralen
C2 natlak	C2	C2 Natlaksysteem	Tabel 2	2 * 0,75	m2	
C3 natlak	C3	C3 Natlaksysteem	Tabel 2	2 * 0,75	m2	
C4 natlak	C4	C4 Natlaksysteem	Tabel 2	2 * 0,75	m2	
D natlak	D	D Natlaksysteem	Tabel 2	2 * 0,75	m2	De baten van module D natlaksysteem worden drie maal toegerekend. Twee maal extra voor baten als gevolg van onderhoud (B)

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 thermisch verzinkt oppervlak van 1 m². 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 78 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 dikkere laagdiktes hetzelfde verlies percentage van 50%.

- Korte omschrijving: Metallische opofferingslaag van zink
- Toepassing in het werk: wordt toegepast op staalconstructies
- (Functionele) Eenheid: m²
- Levensduur (jaar): 20-35 jaar afhankelijk van omstandigheden
- Gewicht (kg) van product per Functionele Eenheid (FE) : 0,56 kg/m²
- Laagdikte: 78 µm

Levensduurverwachting geldt voor onderdelen bij RWS die langs de snelweg en boven water liggen (strooizouten). Bij andere omstandigheden kan de levensduur anders zijn.

Productiefase (A1-A3)

Uitgangspunt hier is het aanbrengen van thermische verzinking via een zinkbad ('hot-dip' galvanisation). Uit praktijk gegevens van RWS blijkt dat geleiderails gemiddeld met een laagdikte van 78 µm zijn verzinkt. De eis volgens NEN-EN-ISO 1461 voor leuning en hekwerk (staal >3 mm <6 mm) is minstens 70 µm, maar in de praktijk is het vaak >80 µm. Zodoende is het uitgangspunt van 78 µm aangehouden, omdat dit voor veel situaties representatief is. 78 µm zink komt overeen met een gewicht van 0,560 kg/m². De daadwerkelijke laagdikte van een verzinkte constructie 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 78 µm is een vaak voorkomende laagdikte en dekt zoals gezegd een minimale gemiddelde laagdikte. Het eerste geselecteerde A1-A3 milieuprofiel is representatief voor het verzinken van stukken staal met een laagdikte tot 130 µm (en niet representatief voor vooraf verzinkt bandstaal (sendzimir)). Een schalingsprofiel vanuit ecoinvent is niet meer beschikbaar in EI3.6. In plaats daarvan is het profiel voor verzinken geschaald op basis van de laagdikte (78/130).

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 0,560 kg/m² bij een laagdikte van 78 µm.

Constructiefase (A5) en Sloop (C1)

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

Gebruiksphase (B)

Het zink reageert met zuurstof om een beschermende zinkoxide laag te vormen. Het zinkoxide reageert door met CO₂ om een zinkcarbonaat te vormen. De beschermende laag wordt een patinalaag genoemd. Deze laag verweert na verloop van tijd door invloed van het weer en milieu, maar ook beschadigingen. Het afgespoelde en verweerde zink(carbonaat) beland uiteindelijk in de bodem, waarvoor emissies zijn opgenomen in de LCA. De snelheid van het verweren is afhankelijk van de milieumomstandigheden, hiervoor zijn twee scenario's uitgewerkt met verschillende levensduur. Het is aannemelijk dat bij het einde van de levensduur 50% van het zink is verweerd en dus is verloren naar de omgeving. In de methode voor set 1 is geen emissie van zinkoxide beschikbaar, zodoende is uitgegaan van emissie van elementair zink. Voor set 2 (o.b.v. EF3.1) is wel zinkoxide beschikbaar als emissiestof, en deze wordt dan ook toegepast voor de set 2 berekening.

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*. 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 jaar⁷

⁷ Op basis van expertise Carolien Nieuwland, RWS

Tabel 4 Decompositie van 1 m² thermisch verzinken in zinkbad (laagdikte 78 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	(78/130) * 1	m2	1 m2 thermisch verzinken, profiel is representatief voor verzinken tot 130 µm. Recht evenredig geschaald om laagdikte van 78 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	0,084	tkm	150 km transport. Gewicht zinklaag 0,56 kg/m2 bij 78 µm.
Constructie	A5	-	-	-	-	Onderdeel van product waarop conservering wordt aangebracht.
Gebruik	B	0429-emi&Zink, 100% emissie naar bodem, per kg of 0430-emi&Zink, 100% emissie naar water, per kg	-	0,56 * 50%		50% emissie van zink naar omgeving. Twee scenario's, atmosferisch boven land, en atmosferisch bij kanalen en rivieren
Sloop	C1	-	-	-	-	Onderdeel van product waarop conservering wordt aangebracht.
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	0,014	tkm	Afstand afhankelijk van verwerkingsscenario. Maar 50 km transport meest waarschijnlijk. 0,56 kg/m2
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	0,95 * 0,56 * 0,5 = 0,266	kg	95% 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 * 0,56 * 0,5 * 0,95) + (0,01 * 0,56 * 0,5) = 0,0991	kg	1% stort + 32% verlies tijdens recycling = 32% stort en 68% recycling
Baten en lasten buiten systeemgrenzen – Recycling	D	0478-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	0,266	kg	68% recycling, vermeden zink productie

Tabel 5 Opbouw van 0478-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 Duplexsysteem: Metallisieren en natlak

Bij een duplexsysteem worden meerdere conserveringsmethodes gecombineerd voor optimale bescherming of esthetische eisen. Voor deze verduurzaming wordt een metalliseerlaag aangebracht en vervolgens daarbovenop een natlaklaag. 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 0,75 maal de inventarisatie van de natlaklaag toe te passen. Dit betreft een eerste benadering door conservering experts bij RWS. De decompositie van het metalliseersysteem is weergegeven in Tabel 6.

- Korte omschrijving: Metallische opofferingslaag van zinkaluminium met natlaksysteem
- Toepassing in het werk: wordt toegepast op staalconstructies
- (Functionele) Eenheid: m²
- Levensduur (jaar): 100 jaar inclusief onderhoud in atmosferische omstandigheden
- Gewicht (kg) van product per Functionele Eenheid (FE) : 1,27 kg/m²
- Laagdikte: 150+240 µm

Productie (A1-A3)

De productie van de duplex laag is een combinatie van A1-A3 van de metalliseerlaag en het natlaksysteem.

Constructiefase (A5)

Bij opbrengen van de metalliseer laag wordt elektriciteit gebruikt. Vervolgens wordt het natlak aangebracht.

Onderhoud (B) en levensduur

Het onderhoudsregime voorgesteld voor het duplexsysteem is dat deze tijdens een levensduur van 100 jaar twee maal wordt bijgeplekt (3% van oppervlak) en overlaagd (na 40 jaar en na 80 jaar). Er wordt een laagdikte gebruikt van 240 µm (75% van natlaksysteem kaart). Ondanks dat een natlaksysteem wordt toegepast, kan het voorkomen dat kleine onderdelen van de metallische laag worden blootgesteld, en dat naar verloop van tijd zinkaluminium afspoelt. In dat geval zullen beide metalen lokaal een oxide laag vormen door reactie met zuurstof. Het zink gaat vervolgens ook nog een reactie aan met CO₂ waardoor een zink carbonaat ontstaat. Dit is de verbinding die afspoelt. Echter emissie van zinkcarbonaat of aluminium oxide is niet beschikbaar in ecoinvent 3.6. Zodoende wordt emissie van *Zinc* en *Aluminium* aangehouden. In ecoinvent 3.9.1 zijn wel vormen van zink oxide en aluminium oxide beschikbaar, voor de set 2 resultaten worden deze gebruikt. Er zijn twee scenario's uitgewerkt, emissie naar bodem, en emissie naar zoet water voor gevallen waarbij het object dicht bij een rivier of kanaal is geplaatst. Het uitgangspunt is dat 1% van de aangebrachte opofferingslaag afspoelt in de periode dat het blootgesteld is aan de elementen.

Sloop- en afvalfase (C1 – C4)

De metalliseerlaag zal gedurende de hele levensduur van de stalenconstructie blijven zitten en kan ook niet apart verwijderd 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 zinkaluminium legering niet opnieuw inzetbaar is. Het natlak wordt verwijderd en verbrand op dezelfde manier als gedaan bij de individuele natlak kaart.

Tabel 6 Decompositie Duplexsysteem - Metallisieren en natlak per 1 m²

Materiaal c.q. proces	Metalliseersysteem					
	Fase	Milieuprofiel	Database/Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Metalliseren	A1-A3	A1-A3 Metalliseersysteem	NMD	1	m2	
Natlak	A1-A3	A1-A3 Natlaksysteem	NMD	0,75	m2	
Metalliseren	A4	A4 Metalliseersysteem	NMD	1	m2	
Natlak	A4	A4 Natlaksysteem	NMD	0,75	m2	
Metalliseren	A5	A5 Metalliseersysteem	NMD	1	m2	
Natlak	A5	A5 Natlaksysteem	NMD	0,75	m2	
Onderhoud	B	A1-A5 Natlaksysteem	NMD	2 * 1,03 * 0,75	m2	
Afspoelen metalliseerlaag, zink	B	0429-emi&Zink, 100% emissie naar bodem, per kg of 0430-emi&Zink, 100% emissie naar water, per kg	NMD	0,85 * 0,01	kg	1% afspoelen. Twee scenario's, atmosferisch boven land, en atmosferisch bij kanalen en rivieren
Afspoelen metalliseerlaag, zink (ecoinvent 3.9.1)	B	Emission to soil: Zinc oxide of Emission to water, river: Zinc oxide	-	0,85 * 0,01	kg	1% afspoelen. Zelfde aannames, ecoinvent 3.9.1 versie
Afspoelen metalliseerlaag, aluminium	B	Emission to soil: Aluminium of Emission to water, river: Aluminium	-	0,15 * 0,01	kg	1% afspoelen. Twee scenario's, atmosferisch boven land, en atmosferisch bij kanalen en rivieren

Materiaal c.q. proces	Metalliseersysteem					
	Fase	Milieuprofiel	Database/Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Afspoelen metalliseerlaag, aluminium (ecoinvent 3.9.1)	B	Emission to soil: Aluminium oxide, fibrous forms of Emission to water, river: Aluminium oxide, fibrous forms	-	0,15 * 0,01	kg	1% afspoelen. Zelfde aannames, ecoinvent 3.9.1 versie
Natlak	C1	C1 Natlak	NMD	3,06 * 0,75	m2	
Natlak	C2	C2 Natlak	NMD	3,06 * 0,75	m2	
Natlak	C3	C3 Natlak	NMD	3,06 * 0,75	m2	
Natlak	C4	C4 Natlak	NMD	3,06 * 0,75	m2	
Natlak	D	D Natlak	NMD	3,06 * 0,75	m2	

3.2.5 Duplexsysteem: Thermisch verzinken en natlak

Bij een duplexsysteem worden meerdere conserveringsmethodes gecombineerd voor optimale bescherming of esthetische eisen. Voor deze verduurzaming wordt een thermische zinklaag aangebracht en vervolgens daarbovenop een natlaklaag. Omdat de thermische zinklaag als conservering werkt is minder natlak nodig vergeleken met het geval wanneer alleen natlak wordt toegepast. Op basis van het SGS Intron rapport is besloten om 0,75 maal de inventarisatie van de natlaklaag toe te passen. Dit betreft een eerste benadering door conservering experts bij RWS. De decompositie van het metalliseersysteem is weergegeven in Tabel 6.

- Korte omschrijving: Metallische opofferingslaag van zink met natlaksysteem
- Toepassing in het werk: wordt toegepast op staalconstructies
- (Functionele) Eenheid: m²
- Levensduur (jaar): 100 jaar inclusief onderhoud in atmosferische omstandigheden
- Gewicht (kg) van product per Functionele Eenheid (FE) : 0,83 kg/m²
- Laagdikte: 78+240 µm

Productie (A1-A3)

De productie van de duplex laag is een combinatie van A1-A3 van thermisch verzinken en het natlaksysteem.

Constructiefase (A5)

A5 volgens de inventarisaties van thermisch verzinken en het natlaksysteem.

Onderhoud (B) en levensduur

Het onderhoudsregime voorgesteld voor het duplexsysteem is dat deze tijdens een levensduur van 100 jaar twee maal wordt bijgeplekt (3% van oppervlak) en overlaagd (na 25 jaar en na 75 jaar). Na 50 jaar wordt de hele natlaklaag verwijderd en opnieuw aangebracht. Er wordt een laagdikte gebruikt van 240 µm (75% van natlaksysteem kaart). Ondanks het natlaksysteem wordt toegepast, kan het voorkomen dat kleine onderdelen van de metallische laag worden blootgesteld, en dat naar verloop van tijd zink afspoelt. In dat geval zal het zink lokaal een oxide laag vormen door reactie met zuurstof. Het zink gaat vervolgens ook nog een reactie aan met CO₂ waardoor een zink carbonaat ontstaat. Dit is de verbinding die afspoelt. Echter emissie van zinkcarbonaat is niet beschikbaar in ecoinvent 3.6. Zodoende wordt emissie van *Zinc* aangehouden. In ecoinvent 3.9.1 is wel zinkoxide beschikbaar als emissiestof, en deze wordt dan ook toegepast voor de set 2 berekening. Er zijn twee scenario's uitgewerkt, emissie naar bodem, en emissie naar zoet water voor gevallen waarbij het object dicht bij een rivier of kanaal is geplaatst. Het uitgangspunt is dat 1% van de laagdikte afspoelt in de periode dat het blootgesteld is aan de elementen.

Sloop- en afvalfase (C1 – C4)

De zinklaag zal gedurende de hele levensduur van de stalenconstructie blijven zitten en kan ook niet apart losgemaakt worden van het staal. De laag zal bij recyclen van het staal in een EAF (electric arc furnace) deels vrijkomen als stof. Verder wordt de inventarisatie van het natlaksysteem naar verhouding toegepast.

Baten en lasten buiten de systeem grens (D)

Zink wordt teruggewonnen uit het EAF-stof volgens dezelfde modellering als bij de kaart voor thermisch verzinken. Ook de terugwinning door verbranden van het natlak wordt naar verhouding opgenomen.

Tabel 7 Decompositie Duplexsysteem – Thermisch verzinken en natlak per 1 m²

Materiaal c.q. proces	Duplex systeem: Thermisch verzinken en natlak					
	Fase	Milieuprofiel	Database/Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Thermisch verzinken	A1-A3	A1-A3 Thermisch verzinken	NMD	1	m2	
Natlak	A1-A3	A1-A3 Natlaksysteem	NMD	0,75	m2	
Thermisch verzinken	A4	A4 Thermisch verzinken	NMD	1	m2	
Natlak	A4	A4 Natlaksysteem	NMD	0,75	m2	
Natlak	A5	A5 Natlaksysteem	NMD	0,75	m2	
Onderhoud	B	A1-A5, C1-C4 Natlaksysteem	NMD	3,06 * 0,75	m2	Twee keer onderhoud (bijplekken en overlagen) en 1 keer vervangen

Duplex systeem: Thermisch verzinken en natlak						
Materiaal c.q. proces	Fase	Milieuprofiel	Database/Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Afspoelen metalliseerlaag, zink	B	0429-emi&Zink, 100% emissie naar bodem, per kg of 0430-emi&Zink, 100% emissie naar water, per kg	NMD	0,56 * 0,01	kg	1% afspoelen. Twee scenario's, atmosferisch boven land, en atmosferisch bij kanalen en rivieren
Natlak	C1	C1 Natlak	NMD	0,75	m2	Verwijderen vervangende laag en bij tweede onderhoud aangebrachte laag
Natlak	C2	C2 Natlak	NMD	0,75	m2	
Transport naar verwerking zink	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	0,0277	tkm	Afstand afhankelijk van verwerkingsscenario. Maar 50 km transport meest waarschijnlijk. 0,56 kg/m2. 1% afgespoelt
Natlak	C3	C3 Natlak	NMD	0,75	m2	
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	$0,95 * 0,56 * 0,99$ = 0,526	kg	95% Recycling, waarvan 32% naar stort als EAF-stof
Natlak	C4	C4 Natlak	NMD	0,75	m2	
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	$(0,32 * 0,56 * 0,99 * 0,95) + (0,05 * 0,56 * 0,99)$ = 0,196	kg	1% stort + 32% verlies tijdens recycling = 32% stort en 68% recycling
Natlak	D	D Natlak	NMD	4,06 * 0,75	m2	4,06 maal is inclusief het onderhoud.
Baten en lasten buiten systeemgrenzen – Recycling	D	0478-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% efficientie)	NMD	0,526	kg	68% recycling, vermeden zink productie

3.2.6 Kathodisch beschermen met aluminium opofferingsanode (kg)

Kathodische bescherming is een elektrochemische methode 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 m² 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 0,25 kg/m² 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. Soms worden ook aluminium opofferingsanodes toegepast met een ijzer vervuiling die hoger is dan normaal wordt toegestaan, dit verminderd echter de effectiviteit van de opofferingsanode. Voor de LCA wordt uitgegaan dat een 0,25 kg anode wordt opgebruikt voor bescherming van 1 m² oppervlak gedurende 1 jaar. Daarna blijft 15% over welke wordt verwijderd en vervangen. Het totale gewicht per m² per jaar is dus $0,25/0,85 = 0,294$ 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; 0,25 kg per m² 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 m² per jaar.

Tabel 8 Decompositie van kathodisch beschermen, aluminium opofferingsanode per m² per jaar

1 m ² kathodische beschermen met aluminium opofferingsanode per jaar						
Materiaal of proces	Fase	Milieuprofiel	Database	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Productie primair aluminium	A1-A3	Aluminium, primary, ingot {IAI Area, EU27 & EFTA} market for Cut-off, U	Ecoinvent	$0,25 * 0,9596 / (1 - 0,15)$ = 0,282	kg	95,96% primair zuiver aluminium. ca. 0,25 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	$0,25 * 0,04 / (1 - 0,15)$ = 0,0118	kg	4% zink Ca. 0,25 kg per m2 per jaar lost op. Dit is ca. 85% van de anode.

1 m ² 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	$0,25 * 0,0004 / (1 - 0,15)$ = 0,000118	kg	0,04% indium Ca. 0,25 kg per m ² 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	$(150 \text{ km} + 0,5 * 424 \text{ km}) * (0,25/0,85)$ = 0,1065	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	$200 \text{ km} * 50\% * (0,25/0,85)$ = 0,0294	tkm	50% van 200km zeetransport Harwich - Rotterdam
Constructie	A5	Handwerk	-	-	-	
Oplossen aluminium naar zeewater	B	Aluminium <i>to oceanwater</i> (In ecoinvent 3.9.1: Aluminium oxide, fibrous forms <i>to oceanwater</i>)	-	$0,25 * 0,9596$ (EI3.6) $0,25 * 0,9596 / 0,5292$ (EI3.9.1)	kg	Per kg Al ₂ O ₃ is 52,92w% Al en de rest O.
Oplossen zink naar zeewater	B	Zinc <i>to oceanwater</i> (In ecoinvent 3.9.1: Zinc Oxide <i>to oceanwater</i>)	-	$0,25 * 0,04$ (EI3.6) $0,25 * 0,04 / 0,803391$ (EI3.9.1)	kg	Per kg ZnO is 80,3391w% Zn en de rest O.
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	0,00441	tkm	
Stort	C4	0239-sto&Stort aluminium (o.b.v. Waste aluminium {RoW} treatment of, sanitary landfill Cut-off, U)	NMD	0,0441	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	-	-	

3.2.7 Verwijderingstechnieken Natlak

3.2.7.1 *Koperslak, hoogovenslak en smeltslakgrit*

Koperslak (merknaam Bekagrit), hoogovenslak (merknaam Scorex) en smeltslakgrit zijn in basis straalgrit gebaseerd op slakken uit de metaalindustrie of kolencentrales. Verschillende grittypen hebben wel verschillende fysische eigenschappen zoals de dichtheid en hardheid, maar de milieupact verschilt niet of nauwelijks tussen deze straalmiddelen.

Productiefase (A1-A3)

Grit van koperslakken, hoogovenslakken en smeltslakken worden op een vergelijkbare wijze geproduceerd. Vloeibaar slak (een afval- of bijproduct) wordt in een bad water gegoten waardoor het instantaan kristalliseert en uit elkaar springt in kleine korrels. Vervolgens worden deze korrels gedroogd, gebroken, gezeefd en uiteindelijk verpakt. Het energieverbruik van de processtappen is door producent Sibelco geïnventariseerd. Gas wordt gebruikt om de korrels te drogen. Het elektraverbruik is een som van zeven, breken, verpakken en overige processen. Omdat het profiel voor hoogovenslakken geen transport bevat is 150 km als forfaitaire transportafstand toegevoegd in A2.

De hoeveelheid straalgrit nodig om een oppervlak te reinigen is afhankelijk van het type coatings en de laagdikte. Voor schoon gewalst staal met weinig walshuid is dit ca. 15 kg/m², dit type werk wordt meestal in een werkplaats uitgevoerd, niet in-situ. Voor het verwijderen van 'gewone' epoxy verfsystemen met een dikte van rond de 300 µm ligt het gebruik tussen de 50 - 100 kg/m². En voor oude glassflake coatings is het verbruik zelfs 300 kg/m². Glassflake coatings komen doorgaans niet veel voor. Voor deze LCA berekening gaan we uit van het verwijderen van epoxy verfsystemen in-situ, en een gritverbruik van 75 kg/m². Dit is een gemiddeld gebruik voor het verwijderen van een verfsysteem. De kaart is schaalbaar ingevoerd naar gewicht van straalgrit per m².

Transportfase (A4, C2)

Forfaitaire transport afstanden volgens de bepalingsmethode zijn toegepast:

- 150 km transport naar werk
- 50 km transport naar sorteercentrum voor recycling
- 100 km totaal naar stort

Gebruik (B)

Voorafgaand aan het stralen wordt het oppervlak eerst afgespoeld met water om vuil, zout e.d. af te spoelen. Het waterverbruik per dag is ongeveer 10 m³ per dag. In die tijd kan een oppervlak van 100 tot 150 m² worden gereinigd afhankelijk van de hoeveelheid en hardnekkigheid van de vervuiling. Dat is gelijk aan 65 tot 100 L/m². Het brandstofverbruik van de waterspuit is aangenomen 3 L diesel/uur te zijn.

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 15,2 m³ perslucht per m², bij een productienorm van 15 m²/uur. Het energie verbruik is berekend aan de hand van een Ecoinvent profiel voor perslucht (*Compressed air, 700 kPa gauge {RER} | compressed air production, 700 kPa gauge, >30kW, average generation | Cut-off, U*) gegenereerd met een compressor aangedreven door aan aggregaat. Het elektraverbruik is 0,212857143 kWh/m³ perslucht. Bij de genoemde productienorm leidt dat tot een energieverbruik van 17,4713 MJ/m².

Het smeltslakgrit wordt in combinatie met verfdeeltjes opgevangen.

Verwerkingsfase (C3 – C4) en baten en lasten buiten de systeem

Volgens het Landelijk Afvalbeheer Plan (LAP) dient straalgrit ten minste te worden gereinigd. Alleen als dat niet mogelijk is wordt het materiaal gestort. Het reinigen van straalgrit kan fysisch-mechanisch en/of middels thermisch reinigen. Er is aangenomen dat de verfdeeltjes van het straalgrit worden gescheiden d.m.v. flotatie en/of spoelen met water. Er is aangenomen dat er per 3 liter water/kg wordt verbruikt voor het reinigingsproces. Afvalwaterverwerking is tevens in beschouwing genomen. Van het energieverbruik voor de verwerkingsfase wordt aangenomen dat het vergelijkbaar is met het energieverbruik van productie. Alhoewel niet opnieuw gebroken hoeft te worden zijn andere stappen vergelijkbaar. Na reinigen en drogen kan kopergrit en hoogovengrit beide ingezet worden als wegfunderingsmateriaal.

Kopergrit en hoogovengrit zijn beide maar eenmalig inzetbaar als grit. Er is aangenomen dat 95% van het grit inzetbaar zal zijn als fundering, en dat 5% niet voldoende gereinigd kan worden of tijdens het stralen verloren gaat als stof. Hiervoor is 5% stort opgenomen.

Tabel 9 Decompositie Kopergrit, hoogovengrit en smeltslakgrit reinigen per 1 m²

Materiaal c.q. proces	Kopergrit, hoogovengrit, smeltslakgrit					
	Fase	Milieuprofiel	Database/Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Straalgrit	A1	0186-fab&Hoogovenslakmengsel (NVLB: C) (aangehouden = 0-waarden want 'vrij van milieulast', al is waarschijnlijk sprake van co-productie)	NMD	75	kg	Doorgaans ca. 50 - 100 kg per m ² verwijderen expoy verfsysteem

Materiaal c.q. proces	Kopergrit, hoogovengrit, smeltslakgrit					
	Fase	Milieuprofiel	Database/Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Transport slakken naar productielocatie	A2	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO} market group for transport, freight, lorry, unspecified Cut-off, U)	NMD	0,15 * 75	tkm	150 km forfaitair transport
Drogen grit	A3	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	0,00445 * 75	m ³	Gasverbruik varieert tussen ca. 3,5 – 6 m3/ton gedurende het jaar. Dit betreft een gemiddelde
Elektraverbruik breken, zeven, verpakken en andere productiestappen	A3	0124-pro&1 kWh, uit stopcontact (o.b.v. Electricity, low voltage {NL} market for Cut-off, U)	NMD	0,01055 * 75	kWh	Elektraverbruik varieert tussen ca. 9 – 13 kWh/ton afhankelijk van de gewenste korrelgrootte (beïnvloed stroomverbruik breken). Dit betreft een gemiddelde
Transport smeltslakgrit	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	0,15 * 75	tkm	Aanvoer smeltslakgrit, op basis van 150km
Smeltslakgrit stralen	B	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 ³ /m ² perslucht en verbruik van 0,76629 MJ/m ³ perslucht
Reinigen met water	B	XXXX Water, drinkwater (o.b.v. Tap water {RER} market group for Cut-off, U)	NMD	100	kg	100 liter. Op basis van 10000 L/dag, en productienorm van 100 m ² /dag.
Diesel verbruik reinigen met water	B	0114-pro&Dieselverbruik, per MJ (1-op-1 verwijzing naar Diesel, burned in building machine {GLO} market for Cut-off, U)	NMD	8,616	MJ	3L/uur, productienorm 100 m ² /dag (8 uur): 0,24 liter; 35,9 MJ/L
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	0,0525 * 75	tkm	Forfaitair transport
Elektraverbruik reinigen	C3	0124-pro&1 kWh, uit stopcontact (o.b.v. Electricity, low voltage {NL} market for Cut-off, U)	NMD	0,01055 * 75	kWh	Energieverbruik aangenomen gelijk te zijn aan productiestappen
Waterverbruik reinigen	C3	0289-fab&Water, drinkwater (o.b.v. Tap water {RER} market group for Cut-off, U)	NMD	3 * 75	kg	Aanname 3L/kg
Afvalwater reinigen	C3	Wastewater, average {Europe without Switzerland} market for wastewater, average Cut-off, U	Ecoinvent	0,003 * 75	m ³	
Drogen na reinigen	C3	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	0,00445 * 75	m ³	Energieverbruik aangenomen gelijk te zijn aan productiestappen
Stort straalgrit	C4	Waste paint {Europe without Switzerland} treatment of waste paint, sanitary landfill Cut-off, U Chemical waste, hazardous	Ecoinvent	0,05 * 75	kg	Vervuild straalgrit gaat naar C2-deponie

Materiaal c.q. proces	Kopergrit, hoogovengrit, smeltslakgrit					
	Fase	Milieuprofiel	Database/Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Baten en lasten buiten de systeemgrens	D	0280-reD&Module D, zand (o.b.v. Sand {RoW} gravel and quarry operation Cut-off, U)	NMD	0,95 * 75	kg	Grit kan worden ingezet als wegfundering. De grondstoffen equivalent hiervoor is zand.

3.2.7.2 Gebroken glas

Productiefase (A1-A3)

Gebroken glas scherven kunnen ook worden ingezet als straalgrit. Hiervoor kan zowel productieafval glasscherven uit de vlakglasindustrie als post-consumer glasscherven worden gebruikt. Post-consumer glas dienen eerst te worden gesorteerd en schoongemaakt voordat het kan worden ingezet als straalgrit. Scherven uit de vlakglasindustrie is egaal in kwaliteit en reeds schoon. Beide stromen moeten waarschijnlijk worden gebroken en gezeefd om de juiste maat en vorm te krijgen.

Het is niet bekend in welke mate post-consumer glas en glasscherven uit de vlakglasindustrie worden toegepast. In deze LCA is daarom een 50/50 verhouding aangehouden. Glasscherven uit de vlakglasindustrie komen vrij van milieulasten binnen, wel is een deel transport naar verwerking toegevoegd. Het verwerken van post-consumer glas is geïnventariseerd in het toegepaste ecoinvent proces evenals een aandeel transport. Volgens Sibelco is het energieverbruik van het tot grit maken van glasscherven vergelijkbaar met de acties die nodig zijn voor productie van koperslak en hoogovenslakken. Ook de glasscherven zullen gedroogd moeten worden na reinigen en of transport voordat deze kunnen worden verwerkt tot straalgrit. Het verbruik is gelijk voor verschillende straalmiddelen, er wordt 75 kg/m² aangehouden. Dit is een gemiddeld gebruik voor het verwijderen van een verfsysteem. De kaart is schaalbaar ingevoerd naar gewicht van straalgrit per m².

Transportfase (A4, C2)

Forfaitaire transport afstanden volgens de bepalingsmethode zijn toegepast:

- 150 km transport naar werk
- 50 km transport naar sorteercentrum voor recycling
- 100 km totaal naar stort

Gebruik (B)

Voorafgaand aan het stralen wordt het oppervlak eerst afgespoeld met water om vuil, zout e.d. af te spoelen. Het waterverbruik per dag is ongeveer 10 m³ per dag. In die tijd kan een oppervlak van 100 tot 150 m² worden gereinigd afhankelijk van de hoeveelheid en hardnekkigheid van de vervuiling. Dat is gelijk aan 65 tot 100 L/m². Het brandstofverbruik van de waterspuit is aangenomen 3 L diesel/uur te zijn.

Het energieverbruik van stralen is nagenoeg gelijk ongeacht het straalmiddel. Ondanks dat kleine verschillen in soortelijk gewicht wat tot een net ander energieverbruik kan leiden is het niet aannemelijk dat deze verschillen significant zijn.

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 15,2 m³ perslucht per m², bij een productienorm van 15 m²/uur. Het energie verbruik is berekend aan de hand van een Ecoinvent profiel voor perslucht (*Compressed air, 700 kPa gauge {RER} | compressed air production, 700 kPa gauge, >30kW, average generation | Cut-off, U*) gegenereerd met een compressor aangedreven door aan aggregaat. Het elektraverbruik is 0,212857143 kWh/m³ perslucht. Bij de genoemde productienorm leidt dat tot een energieverbruik van 17,4713 MJ/m².

Het gebroken glas wordt in combinatie met verfdeeltjes opgevangen.

Verwerkingsfase (C3 – C4) en baten en lasten buiten de systeem

Volgens het Landelijk Afvalbeheer Plan (LAP) dient straalgrit ten minste te worden gereinigd. Alleen als dat niet mogelijk is wordt het materiaal gestort. Het reinigen van straalgrit kan fysisch-mechanisch en/of middels thermisch reinigen. Er is aangenomen dat de verfdeeltjes van het straalgrit worden gescheiden d.m.v. flotatie en/of spoelen met water. Er is aangenomen dat er per 3 L water/kg wordt verbruikt voor het reinigingsproces. Afvalwaterverwerking is tevens in beschouwing genomen. Van het energieverbruik voor de verwerkingsfase wordt aangenomen dat het vergelijkbaar is met het energieverbruik van productie. Alhoewel niet opnieuw gebroken hoeft te worden zijn andere stappen vergelijkbaar. Na reinigen en drogen kan gebroken glas straalgrit ingezet worden als wegfunderingsmateriaal.

Gebroken glas is maar eenmalig inzetbaar als grit. Er is aangenomen dat 95% van het grit inzetbaar zal zijn als fundering, en dat 5% niet voldoende gereinigd kan worden en zal worden gestort.

Tabel 10 Decompositie Gebroken glas straalgrit reinigen per 1 m²

Materiaal c.q. proces	Gebroken glas					
	Fase	Milieuprofiel	Database/Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Gebroken glas – vlakglas industrie	A1-A3	Glass cullet, sorted {GLO} glass cullet, sorted, Recycled Content cut-off Cut-off, U	Ecoinvent	0,5 * 75	kg	50% glasscherven van vlakglasindustrie
Transport gebroken glas – vlakglas industrie naar productielocatie	A2	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO} market group for transport, freight, lorry, unspecified Cut-off, U)	NMD	0,15 * 75	tkm	150 km forfaitair

Materiaal c.q. proces	Gebroken glas					
	Fase	Milieuprofiel	Database/Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Gebroken glas – post-consumer	A1-A3	Glass cullet, sorted {GLO} market for Cut-off, U	Ecoinvent	0,5 * 75	kg	50% glasscherven post-consumer glas
Drogen glasscherven	A3	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	0,00445 * 75	m ³	Gasverbruik varieert tussen ca. 3,5 – 6 m3/ton gedurende het jaar. Dit betreft een gemiddelde
Elektraverbruik breken, zeven, verpakken en overige productiestappen	A3	0124-pro&1 kWh, uit stopcontact (o.b.v. Electricity, low voltage {NL} market for Cut-off, U)	NMD	0,01055 * 75	kWh	Elektraverbruik varieert tussen ca. 9 – 13 kWh/ton afhankelijk van de gewenste korrelgrootte (beïnvloed stroomverbruik breken). Dit betreft een gemiddelde
Transport smeltslakgrit	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	0,15 * 75	tkm	Aanvoer smeltslakgrit, op basis van 150km
Smeltslakgrit stralen	B	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 ³ /m ² perslucht en verbruik van 0,76629 MJ/m ³ perslucht
Reinigen met water	B	XXXX Water, drinkwater (o.b.v. Tap water {RER} market group for Cut-off, U)	NMD	100	kg	40 liter. Op basis van 10000 L/dag, en productienorm van 100 m ² /dag.
Diesel verbruik reinigen met water	B	0114-pro&Dieselverbruik, per MJ (1-op-1 verwijzing naar Diesel, burned in building machine {GLO} market for Cut-off, U)	NMD	8,616	MJ	3L/uur, productienorm 100 m ² /dag (8 uur): 0,24 liter; 35,9 MJ/L
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	0,0525 * 75	tkm	Forfaitair transport
Elektraverbruik reinigen	C3	0124-pro&1 kWh, uit stopcontact (o.b.v. Electricity, low voltage {NL} market for Cut-off, U)	NMD	0,01055 * 75	kWh	Energieverbruik aangenomen gelijk te zijn aan productiestappen
Waterverbruik reinigen	C3	0289-fab&Water, drinkwater (o.b.v. Tap water {RER} market group for Cut-off, U)	NMD	3 * 75	kg	Aanname 3L/kg
Afvalwater reinigen	C3	Wastewater, average {Europe without Switzerland} market for wastewater, average Cut-off, U	Ecoinvent	0,003 * 75	m ³	
Drogen na reinigen	C3	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	0,00445 * 75	m ³	Energieverbruik aangenomen gelijk te zijn aan productiestappen
Stort straalgrit	C4	Waste paint {Europe without Switzerland} treatment of waste paint, sanitary landfill Cut-off, U Chemical waste, hazardous	Ecoinvent	0,05 * 75	kg	Vervuild straalgrit gaat naar C2-deponie
Baten en lasten buiten de systeemgrens	D	0280-reD&Module D, zand (o.b.v. Sand {RoW} gravel and quarry operation Cut-off, U)	NMD	0,95 * 75	kg	Grit kan worden ingezet als wegfundering. De grondstoffen equivalent hiervoor is zand.

3.2.7.3 Staalgrit

Productiefase (A1-A3)

Staalgrit is een meermaals herbruikbaar straalgrit wat wordt verkregen door staal hagel (steel shot) te breken. Hagel wordt gemaakt van schroot wat wordt omgesmolten in een electric arc furnace (EAF). Het gesmolten staal wordt vervolgens geatomiseerd tot hagel. Atomiseren van staal kan via verschillende routes. Bijvoorbeeld door het smolten staal op een draaiende plaat te gieten waardoor het staal als druppels weggeschoten wordt. De ontstane druppels stollen in een onderliggend waterbad tot hagel. Een andere methode is door gesmolten staal te gieten en beschieten met een straal water, lucht of gas om zo deeltjes te verkrijgen. Ongeacht te methode wordt elektriciteit gebruikt om het staal tot bolletjes te vormen. Volgens Kruzhanov en Arnhold (2012) [19] wordt ca. 0,4 kWh/kg hagel elektra gebruikt om te atomiseren. Het hagel wordt gezeefd om de juiste grote korrels uit de mix te halen. Vervolgens wordt het shot getemperd om de elasticiteit en plasticiteit te vergroten. Hierbij wordt het hagel verwarmd en vervolgens laat men het staal geleidelijk afkoelen. De temperatuur waarnaar het staal wordt verwarmd bepaald de afname van hardheid. Om de energiebehoefte van het temperen te benaderen is aangenomen dat het staal wordt verwarmd tot 280 °C, dat is gemiddeld voor temperen (temperen gebeurt normaal bij 175 tot 390 °C). De warmtecapaciteit van staal is 530 J/K en er is aangenomen dat verwarmen met 90% efficiëntie gebeurt. Ten slotte wordt het hagel gebroken tot grit; het grit wordt wederom gezeefd om de juiste grote korrels te verkrijgen. Voor overige processen als het zeven is een energiebehoefte aangehouden uit Kruzhanov en Arnhold (2012) [19]: 0,2 kWh/kg. Het verbruik is gelijk voor verschillende straalmiddelen, er wordt 75 kg/m² aangehouden. Dit is een gemiddeld gebruik voor het verwijderen van een verfsysteem. De kaart is schaalbaar ingevoerd naar gewicht van straalgrit per m².

Transportfase (A4, C2)

Forfaitaire transport afstanden volgens de bepalingmethode zijn toegepast:

- 150 km transport naar werk
- 50 km transport naar sorteercentrum voor recycling
- 100 km totaal naar stort

Gebruik (B)

Voorafgaand aan het stralen wordt het oppervlak eerst afgespoeld met water om vuil, zout e.d. af te spoelen. Het waterverbruik per dag is ongeveer 10 m³ per dag. In die tijd kan een oppervlak van 100 tot 150 m² worden gereinigd afhankelijk van de hoeveelheid en hardnekkigheid van de vervuiling. Dat is gelijk aan 65 tot 100 l/m². Het brandstofverbruik van de waterspuit is aangenomen 3 l diesel/uur te zijn.

Het energieverbruik van stralen is nagenoeg gelijk ongeacht het straalmiddel. Ondanks dat kleine verschillen in soortelijk gewicht wat tot een net ander energieverbruik kan leiden is het niet aannemelijk dat deze verschillen significant zijn.

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 $15,2 \text{ m}^3$ perslucht per m^2 , bij een productienorm van $15 \text{ m}^2/\text{uur}$. Het energie verbruik is berekend aan de hand van een Ecoinvent profiel voor perslucht (*Compressed air, 700 kPa gauge {RER} | compressed air production, 700 kPa gauge, >30kW, average generation | Cut-off, U*) gegenereerd met een compressor aangedreven door aan aggregaat. Het elektraverbruik is $0,212857143 \text{ kWh/m}^3$ perslucht. Bij de genoemde productienorm leidt dat tot een energieverbruik van $17,4713 \text{ MJ/m}^2$.

Het staalgrit wordt in combinatie met verfdeeltjes opgevangen.

Verwerkingsfase (C3 – C4) en baten en lasten buiten de systeem

Staalgrit is meermalig inzetbaar grit. Om het te kunnen hergebruiken dient het echter gereinigd te worden. Het straalgrit (en verfdeeltjes) worden van elkaar gescheiden middels een cycloon, waarmee met gebruik van de zwaartekracht en centrifugale kracht (m.b.v. ronddraaide lucht) de lichtere verfdeeltjes van het slak gescheiden wordt. Het grit wordt gedragen in een luchtstroom de cycloon ingebracht, het energieverbruik wordt hiervoor ingeschat vergelijkbaar te zijn met de perslucht nodig voor het gebruikt ($17,4713 \text{ MJ} / 35 \text{ kg} = 0,5 \text{ MJ/kg}$ grit = $0,139 \text{ kWh/kg}$). Het energieverbruik van de cycloon zelf is ca. $0,25 - 1,5 \text{ kWh/1000 m}^3$ lucht [20]. Bij het uitgangspunt van $1,5 \text{ kWh/1000 m}^3$ en een luchtverbruik van $15,2 \text{ m}^3/35 \text{ kg}$ grit, komt dat neer op een verbruik van $0,651 \text{ Wh}$ elektra. Na reinigen wordt aangenomen dat opnieuw wordt gezeefd. Hiervoor is net als bij productie van grit van slakken $0,01055 \text{ kWh}$ toegerekend.

Er wordt aangenomen dat staalgrit totaal 30 keer kan worden ingezet als straalmiddel. Na meermaals gebruik blijft door slijtage van het grit uiteindelijk een soort stof over die vaak gestort wordt omdat er weinig mee gedaan kan worden. In sommige gevallen wordt het stof tot een soort briketten gemaakt die weer gesmolten worden voor nieuwe staalproductie. Per straalbeurt is dus gemiddeld 96,67% herbruikbaar, dit ronden we af naar 95%. We nemen aan dat 4% van het materiaal verloren gaat per inzet en dat de overige 1% wordt gerecycled. Het totale afvalscenario is dan 95% hergebruik, 1% recycling, 4% stort/verlies. Omdat er is uitgegaan van 100% secundair materiaal, vallen geen baten toe te rekenen aan recycling. Door verlies van secundair materiaal moet wel rekening gehouden met lasten.

Tabel 11 Decompositie staalgrit reinigen per 1 m²

Materiaal c.q. proces	Staalgrit					
	Fase	Milieuprofiel	Database/Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Staal productie in EAF	A1-A3	Steel, low-alloyed {RER} steel production, electric, low-alloyed Cut-off, U	NMD	75	kg	Doorgaans ca. 25 - 35 kg per m ² voor reinheidsgraad Sa 2,5. Worst case aanpak: 35 kg.
Atomiseren staal tot hagel	A1-A3	Electricity, low voltage {RER} market group for Cut-off, U	Ecoinvent	0,4 * 75	kWh	
Temperen hagel	A1-A3	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	(0,000530 MJ/K * 250 K / 31,7 MJ/Nm ³) / 90% * 75 = 0,00464 * 75	m ³	Gebaseerd op een warmtecapaciteit van 530 J/K, ΔT = 250 K (uitgaande van een start temperatuur van 30 °C, en verwarmen tot 280 °C), verbrandingswarmte van 31,7 MJ/m ³ , en een efficiëntie van 90%.
Breken hagel	A1-A3	0270-reC&Breken, per kg steenachtig (o.b.v. SBK Breken steenachtig MRPI)	NMD	75	kg	
Zeven en overige processen staalgrit productie	A1-A3	Electricity, low voltage {RER} market group for Cut-off, U	Ecoinvent	0,2 * 75	kWh	
Transport smeltslakgrit	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	0,15 * 75	tkm	Aanvoer smeltslakgrit, op basis van 150km
Smeltslakgrit stralen	B	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 ³ /m ² perslucht en verbruik van 0,76629 MJ/m ³ perslucht
Reinigen met water	B	XXXX Water, drinkwater (o.b.v. Tap water {RER} market group for Cut-off, U)	NMD	100	kg	100 liter. Op basis van 10000 L/dag, en productienorm van 100 m ² /dag.
Diesel verbruik reinigen met water	B	0114-pro&Dieselverbruik, per MJ (1-op-1 verwijzing naar Diesel, burned in building machine {GLO} market for Cut-off, U)	NMD	8,616	MJ	3L/uur, productienorm 100 m ² /dag (8 uur): 0,24 liter; 35,9 MJ/L
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	0,0505 * 75	tkm	Forfaitair transport
Elektraverbruik reinigen m.b.v. cycloon	C3	0124-pro&1 kWh, uit stopcontact (o.b.v. Electricity, low voltage {NL} market for Cut-off, U)	NMD	0,139651 * 75	kWh	Energieverbruik cycloon o.b.v. 0,139 kWh/kg voor toevoer en 0,651 Wh/kg voor cycloon zelf.
Elektraverbruik reinigen	C3	0124-pro&1 kWh, uit stopcontact (o.b.v. Electricity, low voltage {NL} market for Cut-off, U)	NMD	0,01055 * 75	kWh	Energieverbruik voor zeven en overige zaken. Aangenomen gelijk te zijn aan productiestappen hoogovengrit

Materiaal c.q. proces	Staalgrit					
	Fase	Milieuprofiel	Database/Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Stort staalgrit	C4	0253-sto&Stort staal (o.b.v. Scrap steel {Europe without Switzerland} treatment of scrap steel, inert material landfill Cut-off, U) Chemical waste, hazardous	NMD	0,04 * 75	kg	1% verlies
Baten en lasten buiten de systeemgrens – hergebruik	D	A1-A3 Staalgrit	-	0,95 * 75	kg	A1-A3 wordt voor 95% uitgespaard
Baten en lasten buiten de systeemgrens - recycling	D	0282-reD&Module D, staal, per kg NETTO geleverd ongelegeerd schroot (World Steel methode obv Steel, low-alloyed {RER&RoW} steel production, electric, low-alloyed Cut-off, U - Steel, unalloyed {RER&RoW} steel production, converter, unalloyed Cut-off, U)	NMD	-0,04 * 75	kg	Staalgrit wordt gerecycled tot nieuwe staalproducten. Vanwege inzet van 100% secundair materiaal en 4% verlies worden lasten toegerekend.

3.2.7.4 Gietijzergrit

Productiefase (A1-A3)

Gietijzergrit is net als staalgrit een meermaals herbruikbaar straalgrit wat wordt verkregen door in dit geval gietijzer hagel te breken. Gietijzer hagel wordt in tegenstelling tot staal hagel gemaakt in een hoogoven (BOF). De rest van het productieproces is bijna identiek aan productie van gietijzergrit, met uitzonder van temperen. Het gesmolten ijzer wordt geatomiseerd tot hagel. Volgens Kruzhanov en Arnhold (2012) [19] wordt ca. 0,4 kWh/kg hagel elektra gebruikt om te atomiseren. Het hagel wordt gezeefd om de juiste grote korrels uit de mix te halen. Ten slotte wordt het hagel gebroken tot grit; het grit wordt wederom gezeefd om de juiste grote korrels te verkrijgen. Voor overige processen als het zeven is een energiebehoefte aangehouden uit Kruzhanov en Arnhold (2012)[19]: 0,2 kWh/kg. Het verbruik is gelijk voor verschillende straalmiddelen, er wordt 75 kg/m² aangehouden. Dit is een gemiddeld gebruik voor het verwijderen van een verfsysteem. De kaart is schaalbaar ingevoerd naar gewicht van straalgrit per m².

Transportfase (A4, C2)

Forfaitaire transport afstanden volgens de bepalingsmethode zijn toegepast:

- 150 km transport naar werk
- 50 km transport naar sorteercentrum voor recycling
- 100 km totaal naar stort

Gebruik (B)

Voorafgaand aan het stralen wordt het oppervlak eerst afgespoeld met water om vuil, zout e.d. af te spoelen. Het waterverbruik per dag is ongeveer 10 m³ per dag. In die tijd kan een oppervlak van 100 tot 150 m² worden gereinigd afhankelijk van de hoeveelheid en hardnekkigheid van de vervuiling. Dat is gelijk aan 65 tot 100 L/m². Het brandstofverbruik van de waterspuit is aangenomen 3 L diesel/uur te zijn.

Het energieverbruik van stralen is nagenoeg gelijk ongeacht het straalmiddel. Ondanks dat kleine verschillen in soortelijk gewicht wat tot een net ander energieverbruik kan leiden is het niet aannemelijk dat deze verschillen significant zijn.

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 15,2 m³ perslucht per m², bij een productienorm van 15 m²/uur. Het energie verbruik is berekend aan de hand van een Ecoinvent profiel voor perslucht (*Compressed air, 700 kPa gauge {RER} compressed air production, 700 kPa gauge, >30kW, average generation | Cut-off, U*) gegenereerd met een compressor aangedreven door aan aggregaat. Het elektraverbruik is 0,212857143 kWh/m³ perslucht. Bij de genoemde productienorm leidt dat tot een energieverbruik van 17,4713 MJ/m².

Het gietijzergrit wordt in combinatie met verfdeeltjes opgevangen.

Verwerkingsfase (C3 – C4) en baten en lasten buiten de systeem

Gietijzergrit is meermalig inzetbaar grit. Om het te kunnen hergebruiken dient het echter gereinigd te worden. Het straalgrit (en verfdeeltjes) worden van elkaar gescheiden middels een cycloon, waarmee met gebruik van de zwaartekracht en centrifugale kracht (m.b.v. ronddraaide lucht) de lichtere verfdeeltjes van het slak gescheiden wordt. Het grit wordt gedragen in een luchtstroom de cycloon ingebracht, het energieverbruik wordt hiervoor ingeschat vergelijkbaar te zijn met de perslucht nodig voor het gebruikt (17,4713 MJ / 35 kg =) 0,5 MJ/kg grit = 0,139 kWh/kg. Het energieverbruik van de cycloon zelf is ca. 0,25 – 1,5 kWh/1000 m³ lucht [20]. Bij een luchtverbruik van 15,2 m³/35 kg grit, komt dat neer op een verbruik van 0,651 Wh elektra. Na reinigen wordt aangenomen dat opnieuw wordt gezeefd. Hiervoor is net als bij productie van grit van slakken 0,01055 kWh toegerekend.

Er wordt aangenomen dat gietijzergrit totaal 30 keer kan worden ingezet als straalmiddel. Na meermaals gebruik blijft door slijtage van het grit uiteindelijk een soort stof over die vaak gestort wordt omdat er weinig mee gedaan kan worden. In sommige gevallen wordt het stof tot een soort briketten gemaakt die weer gesmolten worden voor nieuwe staalproductie. Per straalbeurt is dus gemiddeld 96,67% herbruikbaar, dit ronden we af naar 95%. We nemen aan dat 4% van het materiaal verloren gaat per inzet, en de overige 1% wordt gerecycled. Het totale afvalscenario is dan 95% hergebruik, 1% recycling, 4% stort/verlies.

Tabel 12 Decompositie gietijzergrit reinigen per 1 m²

Materiaal c.q. proces	Staalgrit					
	Fase	Milieuprofiel	Database/Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Gietijzer productie in EAF	A1-A3	0220-fab&Gietijzer (o.b.v. Cast iron {GLO} market for Cut-off, U; 61,3% primair, 38,7% secundair)	NMD	75	kg	Doorgaans ca. 25 - 35 kg per m ² voor reinheidsgraad Sa 2,5. Worst case aanpak: 35 kg.
Atomiseren gietijzer tot hagel	A1-A3	Electricity, low voltage {RER} market group for Cut-off, U	Ecoinvent	0,4 * 75	kWh	
Breken hagel	A1-A3	0270-reC&Breken, per kg steenachtig (o.b.v. SBK Breken steenachtig MRPI)	NMD	75	kg	
Zeven en overige processen gietijzergrit productie	A1-A3	Electricity, low voltage {RER} market group for Cut-off, U	Ecoinvent	0,2 * 75	kWh	
Transport smeltslakgrit	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	0,15 * 75	tkm	Aanvoer smeltslakgrit, op basis van 150km
Smeltslakgrit stralen	B	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 ³ /m ² perslucht en verbruik van 0,76629 MJ/m ³ perslucht
Reinigen met water	B	XXXX Water, drinkwater (o.b.v. Tap water {RER} market group for Cut-off, U)	NMD	100	kg	100 liter. Op basis van 10000 L/dag, en productienorm van 100 m ² /dag.
Diesel verbruik reinigen met water	B	0114-pro&Dieselverbruik, per MJ (1-op-1 verwijzing naar Diesel, burned in building machine {GLO} market for Cut-off, U)	NMD	8,616	MJ	3L/uur, productienorm 100 m ² /dag (8 uur): 0,24 liter; 35,9 MJ/L
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	0,0505 * 75	tkm	Forfaitair transport
Elektraverbruik reinigen m.b.v. cycloon	C3	0124-pro&1 kWh, uit stopcontact (o.b.v. Electricity, low voltage {NL} market for Cut-off, U)	NMD	0,139651 * 75	kWh	Energieverbruik cycloon o.b.v. 0,139 kWh/kg voor toevoer en 0,651 Wh/kg voor cycloon zelf.
Elektraverbruik reinigen	C3	0124-pro&1 kWh, uit stopcontact (o.b.v. Electricity, low voltage {NL} market for Cut-off, U)	NMD	0,01055 * 75	kWh	Energieverbruik aangenomen gelijk te zijn aan productiestappen hoogovengrit
Stort staalgrit	C4	0253-sto&Stort staal (o.b.v. Scrap steel {Europe without Switzerland} treatment of scrap steel, inert material landfill Cut-off, U) Chemical waste, hazardous	NMD	0,04 * 75	kg	4% verlies
Baten en lasten buiten de systeemgrens – hergebruik	D	A1-A3 gietijzergrit	-	0,95 * 75	kg	A1-A3 wordt voor 95% uitgespaard

Materiaal c.q. proces	Staalgrit					
	Fase	Milieuprofiel	Database/Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Baten en lasten buiten de systeemgrens - recycling	D	0282-reD&Module D, staal, per kg NETTO geleverd ongelegeerd schroot (World Steel methode obv Steel, low-alloyed {RER&RoW}) steel production, electric, low-alloyed Cut-off, U - Steel, unalloyed {RER&RoW}) steel production, converter, unalloyed Cut-off, U)	NMD	$(0,613 * 0,01 - 0,387 * 0,04) * 75$ $= - 0,00935 * 75$	kg	Gietijzergrit wordt gerecycled tot nieuwe producten.

3.2.7.5 Bruine korund

Productiefase (A1-A3)

Bruine korund wordt gemaakt van bauxiet. Bauxiet korrels worden gecalcineerd waarbij het erts wordt gezuiverd van verontreinigingen. Vervolgens wordt het gecalcineerde bauxiet samengesmolten met schroot en cokes in een EAF. Het samengesmolten blok wordt daarna tot grit gebroken om het bruine korund (ook wel Brown Fused Alumina) te krijgen. Het verbruik is gelijk voor verschillende straalmiddelen, er wordt 75 kg/m² aangehouden. Dit is een gemiddeld gebruik voor het verwijderen van een verfsysteem. De kaart is schaalbaar ingevoerd naar gewicht van straalgrit per m².

Bauxiet wordt op een aantal plekken in de wereld gewonnen. We nemen aan dat het ruwe bauxiet in Nederland (of elders in Europa) wordt gecalcineerd. Voor de transport afstand wordt uitgegaan van ene gemiddelde afstand van Kamsar (Guinea), Fremantle (Australië), Vila de Conde (Brazilië), Port Rhoades (Jamaica) en Paramaribo (Suriname) naar Rotterdam.

Volgens het ecoinvent profiel van bauxiet bevat het mineraal ca. 0,39 kg Al₂O₃ per kg (nat) bauxiet. Na het verwijderen van verontreinigingen bevat het gecalcineerd bauxiet ca. 85% Al₂O₃. Per kilogram gecalcineerd bauxiet is dus $(0,85 / 0,39 =)$ 2,18 kg ruw bauxiet nodig. Het energieverbruik van calcineren is afgeleid van Brough en Jouhara (2020) [16]. Zij vermelden een energieverbruik van 4,13 MJ/kg en 0,28 kg CO₂/kg gecalcineerd bauxiet emissies. Elektraverbruik en emissies van N₂O en methaan zijn afgeleid uit het ecoinvent proces voor calcineren van klei. Volgens het ecoinvent profiel van bauxiet is 1 kg nat bauxiet gelijk aan 0,88 kg bauxiet zonder water. Per kg gecalcineerd bauxiet zou dus $(0,12 * 2,18 =)$ 0,2616 kg water verdampen.

Volgens productiegegevens van producent Imexco wordt een mix van 80% gecalcineerd bauxiet, 16% ijzerschroot en 4% cokes samengesmolten in een EAF bij 2000 °C. Er is aangenomen dat hierbij verder geen verliezen optreden. De kapitaal goederen en het energieverbruik van deze stap zijn afgeleid uit het ecoinvent profiel voor EAF staal (Steel, low-alloyed {RER}) steel production, electric, low-alloyed | Cut-off, U). Na samensmelten wordt het blok verkregen materiaal gebroken en gezeefd tot bruine korund.

Transportfase (A4, C2)

Forfaitaire transport afstanden volgens de bepalingmethode zijn toegepast:

- 150 km transport naar werk
- 50 km transport naar sorteercentrum voor recycling
- 100 km totaal naar stort

Gebruik (B)

Voorafgaand aan het stralen wordt het oppervlak eerst afgespoeld met water om vuil, zout e.d. af te spoelen. Het waterverbruik per dag is ongeveer 10 m³ per dag. In die tijd kan een oppervlak van 100 tot 150 m² worden gereinigd afhankelijk van de hoeveelheid en hardnekkigheid van de vervuiling. Dat is gelijk aan 65 tot 100 L/m². Het brandstofverbruik van de waterspuit is aangenomen 3 L diesel/uur te zijn.

Het energieverbruik van stralen is nagenoeg gelijk ongeacht het straalmiddel. Ondanks dat kleine verschillen in soortelijk gewicht wat tot een net ander energieverbruik kan leiden is het niet aannemelijk dat deze verschillen significant zijn.

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 15,2 m³ perslucht per m², bij een productienorm van 15 m²/uur. Het energie verbruik is berekend aan de hand van een Ecoinvent profiel voor perslucht (*Compressed air, 700 kPa gauge {RER} | compressed air production, 700 kPa gauge, >30kW, average generation | Cut-off, U*) gegenereerd met een compressor aangedreven door aan aggregaat. Het elektraverbruik is 0,212857143 kWh/m³ perslucht. Bij de genoemde productienorm leidt dat tot een energieverbruik van 17,4713 MJ/m².

Het bruine korund wordt in combinatie met verfdeeltjes opgevangen.

Verwerkingsfase (C3 – C4) en baten en lasten buiten de systeem

Bruine korund is meermalig inzetbaar grit. Om het te kunnen hergebruiken dient het echter gereinigd te worden. Er is aangenomen dat thermische reiniging niet wordt toegepast omdat dit de hardheid van het materiaal kan beïnvloeden. Er is aangenomen dat de verfdeeltjes van het korund worden gescheiden d.m.v. flotatie en/of spoelen met water. Er is aangenomen dat er per 3 L water/kg wordt verbruikt voor het reinigingsproces. Afvalwaterverwerking is tevens in beschouwing genomen. Van het energieverbruik voor de verwerkingsfase wordt aangenomen dat het vergelijkbaar is met het energieverbruik van productie van hoogovengrit. Alhoewel niet opnieuw gebroken hoeft te worden zijn andere stappen vergelijkbaar. Na reinigen en drogen kan het korund ingezet worden als wegfunderingsmateriaal.

Er wordt aangenomen dat bruine korund totaal 7 keer kan worden ingezet als straalmiddel. Per straalbeurt is dus gemiddeld 85,71% herbruikbaar, dit ronden we af naar 85%. We nemen aan dat 1% van het materiaal verloren gaat per inzet. 14% wordt gerecycled. Het totale afvalscenario is dan 85% hergebruik, 14% recycling, 1% stort/verlies.

Tabel 13 Decompositie bruine korund straalgrit reinigen per 1 m²

Materiaal c.q. proces	Staalgrit					
	Fase	Milieuprofiel	Database/Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Bauxiet	A1	0523-fab&Bruine Korund (80% gecalcineerd bauxiet, 16% ijzerschroot en 4% cokes)	NMD	2,18 * 0,8 * 75	kg	Volgens het ecoinvent profiel van bauxiet bevat het mineraal ca. 0,39 kg Al ₂ O ₃ per kg (nat) bauxiet. Gecalcineerd bauxiet bevat ca. 85% Al ₂ O ₃ . Er is dus (0,85 / 0,39 =) 2,18 kg bauxiet nodig voor 1 kg gecalcineerd bauxiet
Transport bauxiet naar NL	A2	0404-tra&Transport, vrachtschip, bulk-droog, zee (o.b.v. Transport, freight, sea, bulk carrier for dry goods {GLO}) market for transport, freight, sea, bulk carrier for dry goods Cut-off, U)	NMD	22,4 * 0,8 * 75	tkm	Gemiddeld transport van Guinea, Australië, Brazilië, Jamaica en Suriname naar Rotterdam
Transport bauxiet in NL	A2	0320-tra&Transport, vrachtwagen (>32 ton), euro 5, diesel, per tkm (o.b.v. Vrachtwagen (>32 ton), euro 5, diesel, per liter, c2)	NMD	0,327 * 0,8 * 75	tkm	Vrachtransport in Nederland
Warmte behoefte calcineren	A3	Heat, district or industrial, natural gas {RoW} heat production, natural gas, at industrial furnace >100kW Cut-off, U	Ecoinvent	4,13 * 0,8 * 75	MJ	Energieverbruik volgens Brough en Jouhara (2020) [16]
Elektriciteitsverbruik calcineren	A3	Electricity, medium voltage {RER} market group for Cut-off, U	Ecoinvent	0,025 * 0,8 * 75	kWh	Afgeleid uit Calcined clay {RoW} calcined clay production Cut-off, U
Emissies calcineren	A3	Carbon dioxide	-	0,28 * 0,8 * 75	kg	Emissies volgens Brough en Jouhara (2020) [16]
Emissies calcineren	A3	Dinitrogen monoxide	-	1,2309E-6 * 0,8 * 75	kg	Afgeleid uit Calcined clay {RoW} calcined clay production Cut-off, U
Emissies calcineren	A3	Methane, fossil	-	6,1546E-6 * 0,8 * 75	kg	Afgeleid uit Calcined clay {RoW} calcined clay production Cut-off, U
Emissies calcineren	A3	Water/m3	-	0,0002616 * 0,8 * 75	m3	1 kg nat bauxiet staat gelijk aan 0,88 kg Bauxiet, zonder water. Tijdens het calcineren wordt dus 2,18 * 0,12 = 0,2616 kg water verdampt

Materiaal c.q. proces	Staalgrit					
	Fase	Milieuprofiel	Database/Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Ijzer schroot	A1-A3	Iron scrap, sorted, pressed {GLO} market for Cut-off, U	Ecoinvent	0,16 * 75	kg	
cokes	A1-A3	Petroleum coke {Europe without Switzerland} petroleum coke production, petroleum refinery operation Cut-off, U	Ecoinvent	0,04 * 75	kg	
EAF	A3	Electric arc furnace converter {RER} construction Cut-off, U	Ecoinvent	4E-11 * 75	p	Afgeleid uit Steel, low-alloyed {RER} steel production, electric, low-alloyed Cut-off, U
EAF	A3	Anode, for metal electrolysis {GLO} market for Cut-off, U	Ecoinvent	0,003 * 75	kg	Afgeleid uit Steel, low-alloyed {RER} steel production, electric, low-alloyed Cut-off, U
Elektriciteitsverbruik EAF	A3	Electricity, medium voltage {RER} market group for Cut-off, U	Ecoinvent	0,42361 * 75	kWh	Afgeleid uit Steel, low-alloyed {RER} steel production, electric, low-alloyed Cut-off, U
Breken	A3	0270-reC&Breken, per kg steenachtig (o.b.v. SBK Breken steenachtig MRPI)	NMD	75	kg	
Transport smeltslakgrit	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	0,15 * 75	tkm	Aanvoer smeltslakgrit, op basis van 150km
Smeltslakgrit stralen	B	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 m³/m² perslucht en verbruik van 0,76629 MJ/m³ perslucht
Reinigen met water	B	XXXX Water, drinkwater (o.b.v. Tap water {RER} market group for Cut-off, U)	NMD	100	kg	100 liter. Op basis van 10000 L/dag, en productienorm van 100 m²/dag.
Diesel verbruik reinigen met water	B	0114-pro&Dieselverbruik, per MJ (1-op-1 verwijzing naar Diesel, burned in building machine {GLO} market for Cut-off, U)	NMD	8,616	MJ	3L/uur, productienorm 100 m²/dag (8 uur): 0,24 liter; 35,9 MJ/L
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	0,0505 * 75	tkm	Forfaitair transport
Elektraverbruik reinigen	C3	0124-pro&1 kWh, uit stopcontact (o.b.v. Electricity, low voltage {NL} market for Cut-off, U)	NMD	0,01055 * 75	kWh	Energieverbruik aangenomen gelijk te zijn aan productiestappen hoogovengrit
WATERverbruik reinigen	C3	0289-fab&Water, drinkwater (o.b.v. Tap water {RER} market group for Cut-off, U)	NMD	3 * 75	kg	Aanname 3L/kg
Afvalwater reinigen	C3	Wastewater, average {Europe without Switzerland} market for wastewater, average Cut-off, U	Ecoinvent	0,003 * 75	m³	
Drogen na reinigen	C3	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	0,00445 * 75	m³	Energieverbruik aangenomen gelijk te zijn aan productiestappen hoogovengrit

	Staalgrit					
Materiaal c.q. proces	Fase	Milieuprofiel	Database/Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Stort staalgrit	C4	0299-sto&Stort verf (o.b.v. Waste paint {Europe without Switzerland} treatment of waste paint, sanitary landfill Cut-off, U) Chemical waste, hazardous	NMD	0,01 * 75	kg	1% verlies
Baten en lasten buiten de systeemgrens – hergebruik	D	A1-A3 Bruine Korund	-	0,85 * 75	kg	A1-A3 wordt voor 85% uitgespaard
Baten en lasten buiten de systeemgrens - recycling	D	0280-reD&Module D, zand (o.b.v. Sand {RoW} gravel and quarry operation Cut-off, U)	NMD	0,14 * 75	kg	Bruine korund kan als het niet meer geschikt is als straalmiddel, worden ingezet als wegfundering, waarmee zand wordt uitgespaard.

3.2.7.6 Inductiereinigen

Inductiereinigen is een techniek waarbij de verf wordt verwijderd door gerichte plaatselijke opwarming d.m.v. inductie. Hierdoor worden alleen de verflagen verwijderd van een metalen oppervlak. Het voordeel van deze techniek is dat er geen stof vrijkomt en ook geen straalmiddel nodig is. Volgens de theorie zou alleen de bovenste 0,3mm van het staal worden verhit tot 200 °C; het staal zelf wordt hierbij niet aangetast en eventuele conservering aan de andere zijde van het staal wordt ook niet beïnvloed. Uit de praktijk blijkt echter dat staal tot 12 mm diep soms ook 200 °C wordt. Het is een vrij nieuwe technologie, die wellicht nog verder ontwikkeld moet worden voor bredere toepasbaarheid. Vooralsnog is voor deze LCA uitgegaan van de theoretische uitgangspunten in de aangegeven bronnen.

Gebruiksfase (B)

Een inductiegenerator wekt de inductiestroom op, welke met de inductiekop op de conserveringslaag gericht kan worden. Het systeem heeft echter wel behoefte aan krachtstroom (met een voltage van 360-500 V). Desalniettemin is het stroomverbruik slechts 0,75 kWh/m². Bij het gebruik van de machine wordt veel warmte geproduceerd. Het systeem moet dan ook gekoeld worden met water. Waterkoeling zit inbegrepen in het systeem, maar er dient wel rekening mee gehouden te worden in de LCA. Voor het koelen is een constante stroom vers water van 12 liter per minuut bij 4 bar nodig [17]. Een pomp met die capaciteit gebruikt 180 W stroom [18]. Er is aangenomen dat met inductiereinigen circa 20 m² kan worden behandeld per uur. Dit is een 'worst-case' aanname voor deze techniek. Bij deze snelheid is dus (180/20 =) 9 Wh stroomnodig. Dit energieverbruik is omgerekend naar MJ vanwege het ecoinvent profiel voor een waterpomp.

Er wordt aangenomen dat voorafgaand aan het inductiereinigen het oppervlak eerst schoon wordt gemaakt met water, net als bij gebruik van straalmiddelen. Het waterverbruik per dag is ongeveer 10 m³ per dag. In die tijd kan een oppervlak van 100 tot 150 m² worden gereinigd afhankelijk van de hoeveelheid en hardnekkigheid van de vervuiling. Dat is gelijk aan 65 tot 100 L/m². Het brandstofverbruik van de waterspuit is aangenomen 3 L diesel/uur te zijn.

Zoals genoemd komt er geen straalmiddel kijken bij gebruik van de techniek. Echter omdat de techniek in ontwikkeling is, kan het voorkomen dat nog alle verfresten verwijderd worden. Daarom is ook een variant uitgewerkt waar eventuele achtergebleven verfresten met straalmiddel worden verwijderd. Het uitgangspunt is dat voor nastralen slechts 10% van de reguliere hoeveelheid straalmiddel nodig is.

Tabel 14 Decompositie inductie reinigen per 1 m² (exclusief nastralen)

Materiaal c.q. proces	Inductiereinigen (exclusief nastralen)					
	Fase	Milieuprofiel	Database/Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Reinigen met water	B	XXXX Water, drinkwater (o.b.v. Tap water {RER} market group for Cut-off, U)	NMD	100	kg	100 liter. Op basis van 10000 L/dag, en productienorm van 100 m ² /dag.

	Inductiereinigen (exclusief nastralen)					
Materiaal c.q. proces	Fase	Milieuprofiel	Database/Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Diesel verbruik reinigen met water	B	0114-pro&Dieselverbruik, per MJ (1-op-1 verwijzing naar Diesel, burned in building machine {GLO} market for Cut-off, U)	NMD	8,616	MJ	3L/uur, productienorm 100 m ² /dag (8 uur): 0,24 liter; 35,9 MJ/L
Elektraverbruik inductiereinigen	B	0124-pro&1 kWh, uit stopcontact (o.b.v. Electricity, low voltage {NL} market for Cut-off, U)	NMD	0,75	kWh	Betreft krachtstroom, wat volgens de definitie van ecoinvent onder een laag voltage valt. (vanaf 1kV spreekt men over medium voltage).
Waterpomp gebruik voor koelen	B	Water pump operation, electric {GLO} market for water pump operation, electric Cut-off, U	Ecoinvent	0,0324	MJ	180 W; 20 m ² /uur. 9 Wh voor koeling

Tabel 15 Decompositie inductie reinigen per 1 m² (inclusief nastralen)

	Inductiereinigen (inclusief nastralen met 20% Koperslak, hoogovenslak en smeltslakgrit)					
Materiaal c.q. proces	Fase	Milieuprofiel	Database/Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Reinigen met water	B	XXXX Water, drinkwater (o.b.v. Tap water {RER} market group for Cut-off, U)	NMD	100	kg	100 liter. Op basis van 10000 L/dag, en productienorm van 100 m ² /dag.
Diesel verbruik reinigen met water	B	0114-pro&Dieselverbruik, per MJ (1-op-1 verwijzing naar Diesel, burned in building machine {GLO} market for Cut-off, U)	NMD	8,616	MJ	3L/uur, productienorm 100 m ² /dag (8 uur): 0,24 liter; 35,9 MJ/L
Elektraverbruik inductiereinigen	B	0124-pro&1 kWh, uit stopcontact (o.b.v. Electricity, low voltage {NL} market for Cut-off, U)	NMD	0,75	kWh	Betreft krachtstroom, wat volgens de definitie van ecoinvent onder een laag voltage valt. (vanaf 1kV spreekt men over medium voltage).
Waterpomp gebruik voor koelen	B	Water pump operation, electric {GLO} market for water pump operation, electric Cut-off, U	Ecoinvent	0,0324	MJ	180 W; 20 m ² /uur. 9 Wh voor koeling
Nastralen met	B	Reinigen met kopergrit, hoogovengrit en smeltslakgrit per m ²	-	20%	m2	20% van oppervlak nastralen. Equivalent aan 15 kg/m2

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 9.5.
 - 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 Gebruiksaanwijzing resultaten

In dit hoofdstuk worden een aantal varianten van de resultaten weergegeven. Zo wordt naast de resultaten volgens 'set 1' ook 'set 2' weergegeven in aanloop naar de aanstaande invoer van de MKI weegset voor de resultaten volgens EN15804+A2. Omdat er veel variaties mogelijk zijn tussen de conserveringssystemen en verwijderingstechnieken van natlak is een modulaire opbouw van milieuverklaringen voorzien. De volgende resultaten kunnen worden onderscheiden

- Conserveringstechnieken inclusief gebruik straalgrit (o.b.v. smeltslakgrit)
- Deelproduct: Conserveringstechnieken exclusief gebruik straalgrit
- Deelproduct: Verwijderingstechnieken van natlak

De conserveringstechnieken exclusief straalgrit kunnen worden gecombineerd met een verwijderingstechniek naar eigen inzicht.

4.3 Gekarakteriseerde resultaten

Gekarakteriseerde resultaten zijn in Tabel 14 weergegeven per deelproduct per functionele eenheid. De uitgebreide gekarakteriseerde resultaten per levenscyclusfase zijn opgenomen in bijlage A.

Tabel 16 Gekarakteriseerde resultaten 'set 1' deelproducten conserveringstechnieken per functionele eenheid

Effectcategorie	Eenheid	Natlak-systeem, inclusief onderhoud gedurende 100 jaar	Metalliseer systeem, boven land, inclusief onderhoud gedurende 100 jaar	Metalliseer systeem, nabij water, inclusief onderhoud gedurende 100 jaar	Thermisch verzinken (78 µm), boven land	Thermisch verzinken (78 µm), nabij water	Kathodisch beschermen, aluminium anode
		Per m ²	Per m ²	Per m ²	Per m ²	Per m ²	Per m ² per jaar
1 abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	4,64E-04	6,65E-02	6,65E-02	3,94E-02	3,94E-02	1,29E-03
2 abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	3,28E-01	1,71E-01	1,71E-01	2,25E-02	2,25E-02	1,80E-02
4 global warming (GWP)	kg CO ₂ eq	4,65E+01	2,41E+01	2,41E+01	3,14E+00	3,14E+00	2,79E+00
5 ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	5,72E-06	2,49E-06	2,49E-06	3,47E-07	3,47E-07	2,26E-07
6 photochemical oxidation (POCP)	kg C ₂ H ₄	6,50E-01	2,35E-01	2,35E-01	1,17E-03	1,17E-03	1,67E-03
7 acidification (AP)	kg SO ₂ eq	1,86E-01	9,95E-02	9,95E-02	2,16E-02	2,16E-02	1,79E-02
8 eutrophication (EP)	kg PO ₄ ---eq	4,83E-02	2,23E-02	2,23E-02	2,79E-03	2,79E-03	1,38E-03
9 human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	1,85E+01	1,00E+01	1,01E+01	1,91E+00	1,96E+00	5,86E+00
10 Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	1,95E+00	2,11E+01	3,98E+01	1,35E+01	2,58E+01	2,94E-02
12 Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	1,15E+03	3,84E+03	6,64E+03	2,25E+03	4,10E+03	1,30E+03
14 Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	7,37E-02	1,05E+01	6,02E-02	6,90E+00	1,43E-02	8,36E-03
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	1,66E+01	1,80E+01	1,80E+01	6,26E+00	6,26E+00	1,21E+01
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	7,12E+02	3,62E+02	3,62E+02	4,92E+01	4,92E+01	3,80E+01
104. Water, fresh water use (m ³)	m ³	3,62E-01	2,51E-01	2,51E-01	7,08E-02	7,08E-02	6,94E-02
106 Waste, hazardous (kg)	kg	1,25E-03	9,27E-03	9,27E-03	6,22E-03	6,22E-03	1,85E-04
105 Waste, non hazardous (kg)	kg	3,03E+01	1,16E+01	1,16E+01	6,27E-01	6,27E-01	8,37E-01
107 Waste, radioactive (kg)	kg	2,73E-03	1,30E-03	1,30E-03	1,96E-04	1,96E-04	1,44E-04

Tabel 17 Gekarakteriseerde resultaten 'set 1' deelproducten duplex conserveringstechnieken per functionele eenheid

<i>Effectcategorie</i>	<i>Eenheid</i>	Duplex systeem: Metaliseren en natlak, boven land	Duplex systeem: Metaliseren en natlak, nabij water	Duplex systeem: Thermisch verzinken en natlak, boven land	Duplex systeem: Thermisch verzinken en natlak, nabij water
		Per m ²	Per m ²	Per m ²	Per m ²
1 abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	1,20E-01	1,20E-01	3,05E-02	3,05E-02
2 abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	2,58E-01	2,58E-01	2,62E-01	2,62E-01
4 global warming (GWP)	kg CO2 eq	3,64E+01	3,64E+01	3,71E+01	3,71E+01
5 ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	3,80E-06	3,80E-06	4,52E-06	4,52E-06
6 photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	3,60E-01	3,60E-01	4,75E-01	4,75E-01
7 acidification (AP)	kg SO2 eq	1,57E-01	1,57E-01	1,56E-01	1,56E-01
8 eutrophication (EP)	kg PO4--- eq	3,45E-02	3,45E-02	3,79E-02	3,79E-02
9 human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	1,57E+01	1,57E+01	1,52E+01	1,52E+01
10 Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	1,78E+00	2,15E+00	1,80E+00	2,05E+00
12 Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	1,31E+03	1,36E+03	1,10E+03	1,14E+03
14 Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	2,98E-01	8,88E-02	2,06E-01	6,85E-02
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	2,74E+01	2,74E+01	1,85E+01	1,85E+01
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	5,48E+02	5,48E+02	5,69E+02	5,69E+02
104. Water, fresh water use (m3)	m3	3,98E-01	3,98E-01	3,34E-01	3,34E-01
106 Waste, hazardous (kg)	kg	1,65E-02	1,65E-02	7,12E-03	7,12E-03
105 Waste, non hazardous (kg)	kg	1,79E+01	1,79E+01	2,28E+01	2,28E+01
107 Waste, radioactive (kg)	kg	2,02E-03	2,02E-03	2,18E-03	2,18E-03

Tabel 18 Gekarakteriseerde resultaten 'set 1' deelproducten conserveringstechnieken excl. gebruik straalgrit per functionele eenheid

Effectcategorie	Eenheid	Natlak-systeem, inclusief onderhoud gedurende 100 jaar (excl. straalgrit)	Metalliseer systeem, boven land, inclusief onderhoud gedurende 100 jaar (excl. straalgrit)	Metalliseer systeem, nabij water, inclusief onderhoud gedurende 100 jaar (excl. straalgrit)
		Per m ²	Per m ²	Per m ²
1 abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	4,32E-05	6,64E-02	6,64E-02
2 abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	3,96E-02	8,43E-02	8,43E-02
4 global warming (GWP)	kg CO ₂ eq	5,71E+00	1,18E+01	1,18E+01
5 ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	2,61E-07	6,54E-07	6,54E-07
6 photochemical oxidation (POCP)	kg C ₂ H ₄	3,10E-01	2,28E-01	2,28E-01
7 acidification (AP)	kg SO ₂ eq	1,74E-02	4,56E-02	4,56E-02
8 eutrophication (EP)	kg PO ₄ --- eq	2,93E-03	7,11E-03	7,11E-03
9 human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	3,67E+00	6,08E+00	6,15E+00
10 Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	8,01E-01	2,10E+01	3,97E+01
12 Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	1,02E+02	3,50E+03	6,30E+03
14 Ecotoxicity, terrestic (TETP)	kg 1,4-DB eq	5,92E-03	1,05E+01	3,81E-02
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	3,14E+00	1,43E+01	1,43E+01
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	8,76E+01	1,75E+02	1,75E+02
104. Water, fresh water use (m ³)	m ³	7,95E-02	1,79E-01	1,79E-01
106 Waste, hazardous (kg)	kg	2,43E-05	8,85E-03	8,85E-03
105 Waste, non hazardous (kg)	kg	3,83E-01	1,02E+00	1,02E+00
107 Waste, radioactive (kg)	kg	6,22E-05	3,73E-04	3,73E-04

**Tabel 19 Gekarakteriseerde resultaten 'set 1' deelproducten duplex conserveringstechnieken
excl. gebruik straalgrit per functionele eenheid**

Effectcategorie	Eenheid	Duplex systeem: Metaliseren en natlak, boven land, inclusief onderhoud (excl. straalgrit)	Duplex systeem: Metaliseren en natlak, nabij water, inclusief onderhoud (excl. straalgrit)	Duplex systeem: Thermisch verzinken en natlak, boven land, inclusief onderhoud (excl. straalgrit)	Duplex systeem: Thermisch verzinken en natlak, nabij water, inclusief onderhoud (excl. straalgrit)
		Per m ²	Per m ²	Per m ²	Per m ²
1 abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	1,19E-01	1,19E-01	3,02E-02	3,03E-02
2 abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	1,25E-01	1,25E-01	8,53E-02	8,61E-02
4 global warming (GWP)	kg CO ₂ eq	1,76E+01	1,76E+01	1,19E+01	1,21E+01
5 ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	9,97E-07	9,97E-07	7,88E-07	8,00E-07
6 photochemical oxidation (POCP)	kg C ₂ H ₄	3,49E-01	3,49E-01	4,60E-01	4,60E-01
7 acidification (AP)	kg SO ₂ eq	7,41E-02	7,41E-02	4,48E-02	4,72E-02
8 eutrophication (EP)	kg PO ₄ --- eq	1,13E-02	1,13E-02	6,70E-03	7,09E-03
9 human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	9,63E+00	9,63E+00	6,99E+00	7,19E+00
10 Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	1,60E+00	1,98E+00	1,56E+00	1,81E+00
12 Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	7,86E+02	8,42E+02	4,01E+02	4,51E+02
14 Ecotoxicity, terrestic (TETP)	kg 1,4-DB eq	2,64E-01	5,50E-02	1,60E-01	2,37E-02
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	2,18E+01	2,18E+01	1,06E+01	1,10E+01
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	2,62E+02	2,62E+02	1,88E+02	1,89E+02
104. Water, fresh water use (m ³)	m ³	2,88E-01	2,88E-01	3,52E-02	1,88E-01
106 Waste, hazardous (kg)	kg	1,59E-02	1,59E-02	6,25E-03	6,26E-03
105 Waste, non hazardous (kg)	kg	1,65E+00	1,65E+00	1,25E+00	1,31E+00
107 Waste, radioactive (kg)	kg	5,93E-04	5,93E-04	2,72E-04	2,95E-04

Tabel 20 Gekarakteriseerde resultaten 'set 1' verwijderen verflagen met straalgrit (75 kg/m²) per m²

Effectcategorie	Eenheid	Verlaag verwijderen met kopergrit, hoogovengrit en smeltslakgrit	Verlaag verwijderen met Gebroken glas	Verlaag verwijderen met Staalgrit	Verlaag verwijderen met Gietijzergrit	Verlaag verwijderen met Bruin Korund
		Per m ²	Per m ²	Per m ²	Per m ²	Per m ²
1 abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	9,06E-05	1,05E-04	1,20E-04	1,27E-04	1,26E-04
2 abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	5,87E-02	6,07E-02	1,29E-01	1,45E-01	9,89E-02
4 global warming (GWP)	kg CO ₂ eq	8,31E+00	8,90E+00	1,80E+01	1,99E+01	1,53E+01
5 ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	1,24E-06	1,28E-06	1,56E-06	1,65E-06	1,90E-06
6 photochemical oxidation (POCP)	kg C ₂ H ₄	4,87E-03	5,13E-03	1,45E-02	1,61E-02	7,85E-03
7 acidification (AP)	kg SO ₂ eq	3,61E-02	3,75E-02	6,57E-02	7,42E-02	8,50E-02
8 eutrophication (EP)	kg PO ₄ ---eq	1,03E-02	1,07E-02	1,18E-02	1,31E-02	1,53E-02
9 human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	2,66E+00	5,03E+00	6,38E+00	7,82E+00	4,75E+00
10 Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	7,93E-02	8,64E-02	9,17E-02	1,42E-01	1,40E-01
12 Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	2,29E+02	2,51E+02	3,21E+02	4,34E+02	4,87E+02
14 Ecotoxicity, terrestic (TETP)	kg 1,4-DB eq	1,51E-02	1,62E-02	8,31E-02	2,51E-01	2,14E-02
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	2,51E+00	2,80E+00	1,71E+01	1,77E+01	9,74E+00
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	1,26E+02	1,31E+02	2,52E+02	2,78E+02	2,26E+02
104. Water, fresh water use (m3)	m3	4,33E-02	4,90E-02	2,27E-01	2,09E-01	1,70E-01
106 Waste, hazardous (kg)	kg	2,87E-04	2,97E-04	7,93E-04	8,71E-04	3,34E-04
105 Waste, non hazardous (kg)	kg	7,36E+00	8,59E+00	6,40E+00	6,55E+00	3,63E+00
107 Waste, radioactive (kg)	kg	6,25E-04	6,53E-04	9,00E-04	9,15E-04	1,08E-03

Tabel 21 Gekarakteriseerde resultaten 'set 1' verwijderen verflagen met inductiereinigingen per m²

<i>Effectcategorie</i>	<i>Eenheid</i>	Verlaag verwijderen met Inductiereinigingen (excl. nastralen)	Verlaag verwijderen met Inductiereinigingen (incl. nastralen)
		Per m ²	Per m ²
1 abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	4,19E-06	2,58E-05
2 abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	9,08E-03	3,30E-02
4 global warming (GWP)	kg CO2 eq	1,30E+00	4,80E+00
5 ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	1,63E-07	7,26E-07
6 photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	8,90E-04	3,73E-03
7 acidification (AP)	kg SO2 eq	6,99E-03	2,80E-02
8 eutrophication (EP)	kg PO4--- eq	1,55E-03	6,74E-03
9 human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	3,61E-01	1,57E+00
10 Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	5,87E-03	3,13E-02
12 Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	2,15E+01	1,01E+02
14 Ecotoxicity, terrestic (TETP)	kg 1,4-DB eq	3,37E-03	7,78E-03
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	8,38E-01	1,53E+00
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	1,91E+01	7,16E+01
104. Water, fresh water use (m3)	m3	1,05E-01	1,85E-01
106 Waste, hazardous (kg)	kg	3,56E-05	1,62E-04
105 Waste, non hazardous (kg)	kg	3,95E-02	1,55E+00
107 Waste, radioactive (kg)	kg	9,23E-05	3,95E-04

Tabel 22 Gekarakteriseerde resultaten 'set 2' deelproducten conserveringstechnieken per functionele eenheid

Effectcategorie	Eenheid	Natlak-systeem, inclusief onderhoud gedurende 100 jaar	Metalliseer systeem, boven land, inclusief onderhoud gedurende 100 jaar	Metalliseer systeem, nabij water, inclusief onderhoud gedurende 100 jaar	Thermisch verzinken (78 µm), boven land	Thermisch verzinken (78 µm), nabij water	Kathodisch beschermen, aluminium anode
		Per m ²	Per m ²	Per m ²	Per m ²	Per m ²	Per m ² per jaar
051. Climate change	kg CO2 eq	5,16E+01	2,50E+01	2,50E+01	3,32E+00	3,32E+00	2,85E+00
052. Climate change - Fossil	kg CO2 eq	5,11E+01	2,47E+01	2,47E+01	3,21E+00	3,21E+00	2,79E+00
053. Climate change - Biogenic	kg CO2 eq	4,83E-01	2,70E-01	2,70E-01	9,84E-02	9,84E-02	1,18E-02
054. Climate change - Luluc	kg CO2 eq	6,50E-02	3,50E-02	3,50E-02	7,52E-03	7,52E-03	4,89E-02
055. Ozone depletion	kg CFC11 eq	2,97E-06	1,42E-06	1,42E-06	1,09E-07	1,09E-07	6,24E-08
056. Acidification	mol H+ eq	2,37E-01	1,18E-01	1,18E-01	2,60E-02	2,60E-02	2,05E-02
057. Eutrophication, freshwater	kg P eq	2,14E-03	1,08E-03	1,08E-03	2,05E-04	2,05E-04	1,20E-04
058. Eutrophication, marine	kg N eq	1,03E-01	4,42E-02	4,42E-02	4,87E-03	4,87E-03	2,59E-03
059. Eutrophication, terrestrial	mol N eq	9,54E-01	4,23E-01	4,23E-01	5,98E-02	5,98E-02	2,87E-02
060. Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq	1,35E+00	5,09E-01	5,09E-01	1,56E-02	1,56E-02	1,07E-02
061. Resource use, minerals, metals	kg Sb eq	1,27E-04	1,35E-03	1,35E-03	7,62E-04	7,62E-04	2,90E-05
062. Resource use, fossils	MJ	7,41E+02	3,62E+02	3,62E+02	4,32E+01	4,32E+01	3,53E+01
063. Water use	m3 depriv.	8,84E+00	6,24E+00	6,24E+00	2,03E+00	2,03E+00	7,32E-01
064. Particulate matter	disease inc.	5,03E-06	2,00E-06	2,00E-06	2,17E-07	2,17E-07	2,13E-07
065. Ionising radiation	kBq U-235 eq	4,38E-01	4,73E-01	4,73E-01	1,95E-01	1,95E-01	1,21E-01
066. Ecotoxicity, freshwater	CTUe	7,49E+02	1,40E+03	4,17E+03	7,02E+02	2,45E+03	8,85E+02
067. Human toxicity, cancer	CTUh	7,30E-08	4,06E-08	4,06E-08	1,24E-08	1,24E-08	7,14E-09
068. Human toxicity, non-cancer	CTUh	4,61E-07	5,88E-07	5,79E-07	3,05E-07	3,05E-07	8,04E-08
069. Land use	Pt	2,10E+02	9,59E+01	9,59E+01	1,77E+01	1,77E+01	3,56E+00

Tabel 23 Gekarakteriseerde resultaten 'set 2' deelproducten duplex conserveringstechnieken per functionele eenheid

<i>Effectcategorie</i>	<i>Eenheid</i>	Duplex systeem: Metaliseren en natlak, boven land	Duplex systeem: Metaliseren en natlak, nabij water	Duplex systeem: Thermisch verzinken en natlak, boven land	Duplex systeem: Thermisch verzinken en natlak, nabij water
		Per m ²	Per m ²	Per m ²	Per m ²
051. Climate change	kg CO ₂ eq	3,48E+01	3,48E+01	4,10E+01	4,10E+01
052. Climate change - Fossil	kg CO ₂ eq	3,44E+01	3,44E+01	4,05E+01	4,05E+01
053. Climate change - Biogenic	kg CO ₂ eq	3,62E-01	3,62E-01	4,51E-01	4,51E-01
054. Climate change - Luluc	kg CO ₂ eq	4,73E-02	4,73E-02	5,48E-02	5,48E-02
055. Ozone depletion	kg CFC11 eq	1,98E-06	1,98E-06	2,27E-06	2,27E-06
056. Acidification	mol H ⁺ eq	1,63E-01	1,63E-01	1,98E-01	1,98E-01
057. Eutrophication, freshwater	kg P eq	1,49E-03	1,49E-03	1,76E-03	1,76E-03
058. Eutrophication, marine	kg N eq	6,38E-02	6,38E-02	7,99E-02	7,99E-02
059. Eutrophication, terrestrial	mol N eq	6,05E-01	6,05E-01	7,54E-01	7,54E-01
060. Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq	7,66E-01	7,66E-01	1,00E+00	1,00E+00
061. Resource use, minerals, metals	kg Sb eq	1,37E-03	1,37E-03	6,61E-04	6,61E-04
062. Resource use, fossils	MJ	5,03E+02	5,03E+02	5,84E+02	5,84E+02
063. Water use	m ³ depriv.	7,92E+00	7,92E+00	8,43E+00	8,43E+00
064. Particulate matter	disease inc.	2,95E-06	2,95E-06	3,88E-06	3,88E-06
065. Ionising radiation	kBq U-235 eq	5,56E-01	5,56E-01	5,17E-01	5,17E-01
066. Ecotoxicity, freshwater	CTUe	8,15E+02	8,70E+02	7,24E+02	7,59E+02
067. Human toxicity, cancer	CTUh	5,45E-08	5,45E-08	6,41E-08	6,41E-08
068. Human toxicity, non-cancer	CTUh	6,58E-07	6,58E-07	6,03E-07	6,03E-07
069. Land use	Pt	1,36E+02	1,36E+02	1,70E+02	1,70E+02

Tabel 24 Gekarakteriseerde resultaten 'set 2' deelproducten conserveringstechnieken excl. gebruik straalgrit per functionele eenheid

<i>Effectcategorie</i>	<i>Eenheid</i>	Natlak-systeem, inclusief onderhoud gedurende 100 jaar (excl. straalgrit)	Metalliseer systeem, boven land, inclusief onderhoud gedurende 100 jaar (excl. straalgrit)	Metalliseer systeem, nabij water, inclusief onderhoud gedurende 100 jaar (excl. straalgrit)
		Per m ²	Per m ²	Per m ²
051. Climate change	kg CO2 eq	1,19E+01	1,07E+01	1,07E+01
052. Climate change - Fossil	kg CO2 eq	1,18E+01	1,06E+01	1,06E+01
053. Climate change - Biogenic	kg CO2 eq	9,24E-02	1,30E-01	1,30E-01
054. Climate change - Luluc	kg CO2 eq	5,17E-03	1,35E-02	1,35E-02
055. Ozone depletion	kg CFC11 eq	6,24E-07	5,79E-07	5,79E-07
056. Acidification	mol H+ eq	4,09E-02	4,74E-02	4,74E-02
057. Eutrophication, freshwater	kg P eq	4,31E-04	4,67E-04	4,67E-04
058. Eutrophication, marine	kg N eq	7,55E-03	9,93E-03	9,93E-03
059. Eutrophication, terrestrial	mol N eq	7,91E-02	1,09E-01	1,09E-01
060. Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq	1,08E+00	4,10E-01	4,10E-01
061. Resource use, minerals, metals	kg Sb eq	6,66E-05	1,32E-03	1,32E-03
062. Resource use, fossils	MJ	1,81E+02	1,61E+02	1,61E+02
063. Water use	m3 depriv.	6,67E+00	5,46E+00	5,46E+00
064. Particulate matter	disease inc.	6,52E-07	4,27E-07	4,27E-07
065. Ionising radiation	kBq U-235 eq	1,90E-01	3,84E-01	3,84E-01
066. Ecotoxicity, freshwater	CTUe	3,86E+02	1,27E+03	4,04E+03
067. Human toxicity, cancer	CTUh	5,69E-08	3,49E-08	3,49E-08
068. Human toxicity, non-cancer	CTUh	1,48E-07	4,76E-07	4,66E-07
069. Land use	Pt	1,76E+01	2,67E+01	2,67E+01

**Tabel 25 Gekarakteriseerde resultaten 'set 2' deelproducten duplex conserveringstechnieken
excl. gebruik straalgrit per functionele eenheid**

<i>Effectcategorie</i>	<i>Eenheid</i>	Duplex systeem: Metaliseren en natlak, boven land, inclusief onderhoud (excl. straalgrit)	Duplex systeem: Metaliseren en natlak, nabij water, inclusief onderhoud (excl. straalgrit)	Duplex systeem: Thermisch verzinken en natlak, boven land, inclusief onderhoud (excl. straalgrit)	Duplex systeem: Thermisch verzinken en natlak, nabij water, inclusief onderhoud (excl. straalgrit)
		Per m ²	Per m ²	Per m ²	Per m ²
051. Climate change	kg CO ₂ eq	1,30E+01	1,30E+01	1,20E+01	1,20E+01
052. Climate change - Fossil	kg CO ₂ eq	1,28E+01	1,28E+01	1,19E+01	1,19E+01
053. Climate change - Biogenic	kg CO ₂ eq	1,47E-01	1,47E-01	1,66E-01	1,66E-01
054. Climate change - Luluc	kg CO ₂ eq	1,45E-02	1,45E-02	1,12E-02	1,12E-02
055. Ozone depletion	kg CFC11 eq	6,98E-07	6,98E-07	5,67E-07	5,67E-07
056. Acidification	mol H ⁺ eq	5,52E-02	5,52E-02	5,53E-02	5,53E-02
057. Eutrophication, freshwater	kg P eq	5,49E-04	5,49E-04	5,08E-04	5,08E-04
058. Eutrophication, marine	kg N eq	1,14E-02	1,14E-02	1,03E-02	1,03E-02
059. Eutrophication, terrestrial	mol N eq	1,24E-01	1,24E-01	1,16E-01	1,16E-01
060. Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq	6,15E-01	6,15E-01	8,02E-01	8,02E-01
061. Resource use, minerals, metals	kg Sb eq	1,34E-03	1,34E-03	6,17E-04	6,17E-04
062. Resource use, fossils	MJ	1,96E+02	1,96E+02	1,76E+02	1,76E+02
063. Water use	m ³ depriv.	6,73E+00	6,73E+00	6,84E+00	6,84E+00
064. Particulate matter	disease inc.	5,51E-07	5,51E-07	6,89E-07	6,89E-07
065. Ionising radiation	kBq U-235 eq	4,20E-01	4,20E-01	3,37E-01	3,37E-01
066. Ecotoxicity, freshwater	CTU _e	6,15E+02	6,71E+02	4,59E+02	4,94E+02
067. Human toxicity, cancer	CTU _h	4,57E-08	4,57E-08	5,23E-08	5,23E-08
068. Human toxicity, non-cancer	CTU _h	4,86E-07	4,86E-07	3,75E-07	3,75E-07
069. Land use	Pt	3,01E+01	3,01E+01	2,93E+01	2,93E+01

Tabel 26 Gekarakteriseerde resultaten 'set 2' verwijderen verflagen met straalgrit (75 kg/m²) per m²

<i>Effectcategorie</i>	<i>Eenheid</i>	Verlaag verwijderen met kopergrit, hoogovengrit en smeltslakgrit	Verlaag verwijderen met Gebroken glas	Verlaag verwijderen met Staalgrit	Verlaag verwijderen met Gietijzergrit	Verlaag verwijderen met Bruin Korund
		Per m ²	Per m ²	Per m ²	Per m ²	Per m ²
051. Climate change	kg CO2 eq	9,50E+00	1,03E+01	1,65E+01	1,91E+01	1,64E+01
052. Climate change - Fossil	kg CO2 eq	9,40E+00	9,89E+00	1,65E+01	1,91E+01	1,62E+01
053. Climate change - Biogenic	kg CO2 eq	9,34E-02	3,69E-01	-5,76E-03	-1,39E-02	1,53E-01
054. Climate change - Luluc	kg CO2 eq	1,43E-02	1,50E-02	1,03E-02	1,35E-02	1,66E-02
055. Ozone depletion	kg CFC11 eq	5,60E-07	5,65E-07	8,80E-07	8,99E-07	4,65E-07
056. Acidification	mol H+ eq	4,68E-02	4,85E-02	6,23E-02	7,60E-02	1,02E-01
057. Eutrophication, freshwater	kg P eq	4,10E-04	4,18E-04	4,78E-05	4,16E-04	5,91E-04
058. Eutrophication, marine	kg N eq	2,29E-02	2,35E-02	2,11E-02	2,46E-02	3,40E-02
059. Eutrophication, terrestrial	mol N eq	2,09E-01	2,16E-01	2,42E-01	2,74E-01	3,38E-01
060. Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq	6,58E-02	6,78E-02	8,44E-02	9,72E-02	1,05E-01
061. Resource use, minerals, metals	kg Sb eq	1,44E-05	1,57E-05	2,08E-05	2,36E-05	2,21E-05
062. Resource use, fossils	MJ	1,34E+02	1,38E+02	2,34E+02	2,63E+02	2,21E+02
063. Water use	m3 depriv.	5,20E-01	7,25E-01	2,02E+00	2,32E+00	1,49E+00
064. Particulate matter	disease inc.	1,05E-06	1,08E-06	1,37E-06	1,64E-06	1,17E-06
065. Ionising radiation	kBq U-235 eq	5,93E-02	7,15E-02	3,24E-01	2,69E-01	4,28E-01
066. Ecotoxicity, freshwater	CTUe	8,70E+01	9,18E+01	8,55E+01	1,15E+02	9,83E+01
067. Human toxicity, cancer	CTUh	3,85E-09	4,55E-09	7,45E-08	8,88E-08	5,76E-09
068. Human toxicity, non-cancer	CTUh	7,49E-08	7,95E-08	-1,37E-07	1,14E-06	9,23E-08
069. Land use	Pt	4,61E+01	5,00E+01	4,70E+01	5,28E+01	4,96E+01

Tabel 27 Gekarakteriseerde resultaten 'set 2' verwijderen verflagen met inductiereinigen per m²

<i>Effectcategorie</i>	<i>Eenheid</i>	Verlaag verwijderen met Inductiereinigen (excl. nastralen)	Verlaag verwijderen met Inductiereinigen (incl. nastralen)
		Per m ²	Per m ²
051. Climate change	kg CO2 eq	1,28E+00	5,19E+00
052. Climate change - Fossil	kg CO2 eq	1,28E+00	5,17E+00
053. Climate change - Biogenic	kg CO2 eq	8,95E-04	2,05E-02
054. Climate change - Luluc	kg CO2 eq	1,86E-04	3,31E-03
055. Ozone depletion	kg CFC11 eq	5,14E-08	1,96E-07
056. Acidification	mol H+ eq	8,74E-03	3,66E-02
057. Eutrophication, freshwater	kg P eq	1,30E-05	1,04E-04
058. Eutrophication, marine	kg N eq	3,86E-03	1,70E-02
059. Eutrophication, terrestrial	mol N eq	4,21E-02	1,77E-01
060. Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq	1,25E-02	5,31E-02
061. Resource use, minerals, metals	kg Sb eq	1,05E-06	4,74E-06
062. Resource use, fossils	MJ	1,83E+01	7,14E+01
063. Water use	m3 depriv.	1,96E-01	4,48E-01
064. Particulate matter	disease inc.	2,25E-07	9,48E-07
065. Ionising radiation	kBq U-235 eq	1,58E-02	3,56E-02
066. Ecotoxicity, freshwater	CTUe	8,27E+00	3,82E+01
067. Human toxicity, cancer	CTUh	4,55E-10	1,93E-09
068. Human toxicity, non-cancer	CTUh	5,42E-09	2,59E-08
069. Land use	Pt	1,16E+00	1,22E+01

4.4 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 17 worden de gewogen resultaten per deelproduct per functionele eenheid weergegeven.

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

Tabel 28 Gewogen resultaten ('set 1') deelproducten conserveringstechnieken per functionele eenheid

Effectcategorie	Eenheid	Natlak-systeem, inclusief onderhoud gedurende 100 jaar	Metalliseer systeem, boven land, inclusief onderhoud gedurende 100 jaar	Metalliseer systeem, nabij water, inclusief onderhoud gedurende 100 jaar	Thermisch verzinken (78 µm), boven land	Thermisch verzinken (78 µm), nabij water	Kathodisch beschermen, aluminium anode
		Per m ²	Per m ²	Per m ²	Per m ²	Per m ²	Per m ² per jaar
Totaal	euro	€ 6,70	€ 4,86	€ 5,08	€ 1,50	€ 1,64	€ 0,89
1 abiotic depletion, non fuel (AD)	euro	€ 0,00	€ 0,01	€ 0,01	€ 0,01	€ 0,01	€ 0,00
2 abiotic depletion, fuel (AD)	euro	€ 0,05	€ 0,03	€ 0,03	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
4 global warming (GWP)	euro	€ 2,32	€ 1,20	€ 1,20	€ 0,16	€ 0,16	€ 0,14
5 ozone layer depletion (ODP)	euro	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
6 photochemical oxidation (POCP)	euro	€ 1,30	€ 0,47	€ 0,47	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
7 acidification (AP)	euro	€ 0,74	€ 0,40	€ 0,40	€ 0,09	€ 0,09	€ 0,07
8 eutrophication (EP)	euro	€ 0,43	€ 0,20	€ 0,20	€ 0,03	€ 0,03	€ 0,01
9 human toxicity (HT)	euro	€ 1,66	€ 0,90	€ 0,91	€ 0,17	€ 0,18	€ 0,53
10 Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	euro	€ 0,06	€ 0,63	€ 1,20	€ 0,40	€ 0,77	€ 0,00
12 Ecotoxicity, marine water (MAETP)	euro	€ 0,12	€ 0,38	€ 0,66	€ 0,23	€ 0,41	€ 0,13
14 Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	euro	€ 0,00	€ 0,63	€ 0,00	€ 0,41	€ 0,00	€ 0,00

Tabel 29 Gewogen resultaten ('set 1') deelproducten duplex conserveringstechnieken per functionele eenheid

Effectcategorie	Eenheid	Duplex systeem: Metaliseren en natlak, boven land	Duplex systeem: Metaliseren en natlak, nabij water	Duplex systeem: Thermisch verzinken en natlak, boven land	Duplex systeem: Thermisch verzinken en natlak, nabij water
		Per m ²	Per m ²	Per m ²	Per m ²
Totaal	euro	€ 5,15	€ 5,16	€ 5,36	€ 5,36
1 abiotic depletion, non fuel (AD)	euro	€ 0,02	€ 0,02	€ 0,00	€ 0,00
2 abiotic depletion, fuel (AD)	euro	€ 0,04	€ 0,04	€ 0,04	€ 0,04
4 global warming (GWP)	euro	€ 1,82	€ 1,82	€ 1,85	€ 1,85
5 ozone layer depletion (ODP)	euro	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
6 photochemical oxidation (POCP)	euro	€ 0,72	€ 0,72	€ 0,95	€ 0,95
7 acidification (AP)	euro	€ 0,63	€ 0,63	€ 0,63	€ 0,63
8 eutrophication (EP)	euro	€ 0,31	€ 0,31	€ 0,34	€ 0,34
9 human toxicity (HT)	euro	€ 1,41	€ 1,41	€ 1,37	€ 1,37
10 Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	euro	€ 0,05	€ 0,06	€ 0,05	€ 0,06
12 Ecotoxicity, marine water (MAETP)	euro	€ 0,13	€ 0,14	€ 0,11	€ 0,11
14 Ecotoxicity, terrestic (TETP)	euro	€ 0,02	€ 0,01	€ 0,01	€ 0,00

Tabel 30 Gewogen resultaten ('set 1') deelproducten conserveringstechnieken excl. gebruik straalgrit per functionele eenheid

Effectcategorie	Eenheid	Natlak-systeem, inclusief onderhoud gedurende 100 jaar (excl. straalgrit)	Metalliseer systeem, boven land, inclusief onderhoud gedurende 100 jaar (excl. straalgrit)	Metalliseer systeem, nabij water, inclusief onderhoud gedurende 100 jaar (excl. straalgrit)
		Per m ²	Per m ²	Per m ²
Totaal	euro	€ 1,37	€ 3,47	€ 3,69
1 abiotic depletion, non fuel (AD)	euro	€ 0,00	€ 0,01	€ 0,01
2 abiotic depletion, fuel (AD)	euro	€ 0,01	€ 0,01	€ 0,01
4 global warming (GWP)	euro	€ 0,29	€ 0,59	€ 0,59
5 ozone layer depletion (ODP)	euro	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
6 photochemical oxidation (POCP)	euro	€ 0,62	€ 0,46	€ 0,46
7 acidification (AP)	euro	€ 0,07	€ 0,18	€ 0,18
8 eutrophication (EP)	euro	€ 0,03	€ 0,06	€ 0,06
9 human toxicity (HT)	euro	€ 0,33	€ 0,55	€ 0,55
10 Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	euro	€ 0,02	€ 0,63	€ 1,19
12 Ecotoxicity, marine water (MAETP)	euro	€ 0,01	€ 0,35	€ 0,63
14 Ecotoxicity, terrestic (TETP)	euro	€ 0,00	€ 0,63	€ 0,00

Tabel 31 Gewogen resultaten ('set 1') deelproducten duplex conserveringstechnieken excl. gebruik straalgrit per functionele eenheid

Effectcategorie	Eenheid	Duplex systeem: Metaliseren en natlak, boven land, inclusief onderhoud (excl. straalgrit)	Duplex systeem: Metaliseren en natlak, nabij water, inclusief onderhoud (excl. straalgrit)	Duplex systeem: Thermisch verzinken en natlak, boven land, inclusief onderhoud (excl. straalgrit)	Duplex systeem: Thermisch verzinken en natlak, nabij water, inclusief onderhoud (excl. straalgrit)
		Per m ²	Per m ²	Per m ²	Per m ²
Totaal	euro	€ 3,03	€ 3,03	€ 2,50	€ 2,55
1 abiotic depletion, non fuel (AD)	euro	€ 0,02	€ 0,02	€ 0,00	€ 0,00
2 abiotic depletion, fuel (AD)	euro	€ 0,02	€ 0,02	€ 0,01	€ 0,01
4 global warming (GWP)	euro	€ 0,88	€ 0,88	€ 0,60	€ 0,61
5 ozone layer depletion (ODP)	euro	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
6 photochemical oxidation (POCP)	euro	€ 0,70	€ 0,70	€ 0,92	€ 0,92
7 acidification (AP)	euro	€ 0,30	€ 0,30	€ 0,18	€ 0,19
8 eutrophication (EP)	euro	€ 0,10	€ 0,10	€ 0,06	€ 0,06
9 human toxicity (HT)	euro	€ 0,87	€ 0,87	€ 0,63	€ 0,65
10 Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	euro	€ 0,05	€ 0,06	€ 0,05	€ 0,05
12 Ecotoxicity, marine water (MAETP)	euro	€ 0,08	€ 0,08	€ 0,04	€ 0,05
14 Ecotoxicity, terrestic (TETP)	euro	€ 0,02	€ 0,00	€ 0,01	€ 0,00

Tabel 32 Gewogen resultaten ('set 1') verwijderen verflagen met straalgrit (75 kg/m²) per m²

Effectcategorie	Eenheid	Verlaag verwijderen met kopergrit, hoogovengrit en smeltslakgrit	Verlaag verwijderen met Gebroken glas	Verlaag verwijderen met Staalgrit	Verlaag verwijderen met Gietijzergrit	Verlaag verwijderen met Bruin Korund
		Per m ²	Per m ²	Per m ²	Per m ²	Per m ²
Totaal	euro	€ 0,94	€ 1,19	€ 1,94	€ 2,23	€ 1,76
1 abiotic depletion, non fuel (AD)	euro	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
2 abiotic depletion, fuel (AD)	euro	€ 0,01	€ 0,01	€ 0,02	€ 0,02	€ 0,02
4 global warming (GWP)	euro	€ 0,42	€ 0,45	€ 0,90	€ 1,00	€ 0,76
5 ozone layer depletion (ODP)	euro	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
6 photochemical oxidation (POCP)	euro	€ 0,01	€ 0,01	€ 0,03	€ 0,03	€ 0,02
7 acidification (AP)	euro	€ 0,14	€ 0,15	€ 0,26	€ 0,30	€ 0,34
8 eutrophication (EP)	euro	€ 0,09	€ 0,10	€ 0,11	€ 0,12	€ 0,14
9 human toxicity (HT)	euro	€ 0,24	€ 0,45	€ 0,57	€ 0,70	€ 0,43
10 Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	euro	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
12 Ecotoxicity, marine water (MAETP)	euro	€ 0,02	€ 0,03	€ 0,03	€ 0,04	€ 0,05
14 Ecotoxicity, terrestic (TETP)	euro	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,02	€ 0,00

Tabel 33 Gewogen resultaten ('set 1') verwijderen verflagen met inductiereinigen per m²

Effectcategorie	Eenheid	Verlaag verwijderen met Inductiereinigen (excl. nastralen)	Verlaag verwijderen met Inductiereinigen (incl. nastralen)
		Per m ²	Per m ²
Totaal	euro	€ 0,15	€ 0,58
1 abiotic depletion, non fuel (AD)	euro	€ 0,00	€ 0,00
2 abiotic depletion, fuel (AD)	euro	€ 0,00	€ 0,01
4 global warming (GWP)	euro	€ 0,07	€ 0,24
5 ozone layer depletion (ODP)	euro	€ 0,00	€ 0,00
6 photochemical oxidation (POCP)	euro	€ 0,00	€ 0,01
7 acidification (AP)	euro	€ 0,03	€ 0,11
8 eutrophication (EP)	euro	€ 0,01	€ 0,06
9 human toxicity (HT)	euro	€ 0,03	€ 0,14
10 Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	euro	€ 0,00	€ 0,00
12 Ecotoxicity, marine water (MAETP)	euro	€ 0,00	€ 0,01
14 Ecotoxicity, terrestic (TETP)	euro	€ 0,00	€ 0,00

Tabel 34 Gewogen resultaten ('set 2') deelproducten conserveringstechnieken per functionele eenheid

Effectcategorie	Eenheid	Natlak-systeem, inclusief onderhoud gedurende 100 jaar	Metalliseer systeem, boven land, inclusief onderhoud gedurende 100 jaar	Metalliseer systeem, nabij water, inclusief onderhoud gedurende 100 jaar	Thermisch verzinken (78 µm), boven land	Thermisch verzinken (78 µm), nabij water	Kathodisch beschermen, aluminium anode
		Per m ²	Per m ²	Per m ²	Per m ²	Per m ²	Per m ² per jaar
Total	Euro	€ 11,76	€ 5,46	€ 5,82	€ 0,76	€ 0,98	€ 0,64
052. Climate change - Fossil	Euro	€ 5,92	€ 2,86	€ 2,86	€ 0,37	€ 0,37	€ 0,32
053. Climate change - Biogenic	Euro	€ 0,06	€ 0,03	€ 0,03	€ 0,01	€ 0,01	€ 0,00
054. Climate change - Luluc	Euro	€ 0,01	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,01
055. Ozone depletion	Euro	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
056. Acidification	Euro	€ 0,09	€ 0,05	€ 0,05	€ 0,01	€ 0,01	€ 0,01
057. Eutrophication, freshwater	Euro	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
058. Eutrophication, marine	Euro	€ 0,34	€ 0,15	€ 0,15	€ 0,02	€ 0,02	€ 0,01
059. Eutrophication, terrestrial	Euro	€ 0,34	€ 0,15	€ 0,15	€ 0,02	€ 0,02	€ 0,01
060. Photochemical ozone formation	Euro	€ 1,65	€ 0,62	€ 0,62	€ 0,02	€ 0,02	€ 0,01
061. Resource use, minerals, metals	Euro	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
062. Resource use, fossils	Euro	€ 0,24	€ 0,12	€ 0,12	€ 0,01	€ 0,01	€ 0,01
063. Water use	Euro	€ 0,04	€ 0,03	€ 0,03	€ 0,01	€ 0,01	€ 0,00
064. Particulate matter	Euro	€ 2,76	€ 1,10	€ 1,10	€ 0,12	€ 0,12	€ 0,12
065. Ionising radiation	Euro	€ 0,02	€ 0,02	€ 0,02	€ 0,01	€ 0,01	€ 0,01
066. Ecotoxicity, freshwater	Euro	€ 0,10	€ 0,18	€ 0,54	€ 0,09	€ 0,32	€ 0,12
067. Human toxicity, cancer	Euro	€ 0,08	€ 0,04	€ 0,04	€ 0,01	€ 0,01	€ 0,01
068. Human toxicity, non-cancer	Euro	€ 0,07	€ 0,09	€ 0,09	€ 0,05	€ 0,04	€ 0,01
069. Land use	Euro	€ 0,02	€ 0,01	€ 0,01	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00

Tabel 35 Gewogen resultaten ('set 2') deelproducten duplex conserveringstechnieken per functionele eenheid

<i>Effectcategorie</i>	<i>Eenheid</i>	Duplex systeem: Metaliseren en natlak, boven land	Duplex systeem: Metaliseren en natlak, nabij water	Duplex systeem: Thermisch verzinken en natlak, boven land	Duplex systeem: Thermisch verzinken en natlak, nabij water
		Per m ²	Per m ²	Per m ²	Per m ²
Total	Euro	€ 7,60	€ 7,61	€ 9,25	€ 9,25
052. Climate change - Fossil	Euro	€ 3,99	€ 3,99	€ 4,69	€ 4,69
053. Climate change - Biogenic	Euro	€ 0,04	€ 0,04	€ 0,05	€ 0,05
054. Climate change - Luluc	Euro	€ 0,01	€ 0,01	€ 0,01	€ 0,01
055. Ozone depletion	Euro	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
056. Acidification	Euro	€ 0,06	€ 0,06	€ 0,08	€ 0,08
057. Eutrophication, freshwater	Euro	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
058. Eutrophication, marine	Euro	€ 0,21	€ 0,21	€ 0,26	€ 0,26
059. Eutrophication, terrestrial	Euro	€ 0,22	€ 0,22	€ 0,27	€ 0,27
060. Photochemical ozone formation	Euro	€ 0,93	€ 0,93	€ 1,22	€ 1,22
061. Resource use, minerals, metals	Euro	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
062. Resource use, fossils	Euro	€ 0,17	€ 0,17	€ 0,19	€ 0,19
063. Water use	Euro	€ 0,04	€ 0,04	€ 0,04	€ 0,04
064. Particulate matter	Euro	€ 1,62	€ 1,62	€ 2,13	€ 2,13
065. Ionising radiation	Euro	€ 0,03	€ 0,03	€ 0,03	€ 0,03
066. Ecotoxicity, freshwater	Euro	€ 0,11	€ 0,11	€ 0,09	€ 0,10
067. Human toxicity, cancer	Euro	€ 0,06	€ 0,06	€ 0,07	€ 0,07
068. Human toxicity, non-cancer	Euro	€ 0,10	€ 0,10	€ 0,09	€ 0,09
069. Land use	Euro	€ 0,01	€ 0,01	€ 0,01	€ 0,01

Tabel 36 Gewogen resultaten ('set 2') deelproducten conserveringstechnieken excl. gebruik straalgrit per functionele eenheid

<i>Effectcategorie</i>	<i>Eenheid</i>	Natlak-systeem, inclusief onderhoud gedurende 100 jaar (excl. straalgrit)	Metalliseer systeem, boven land, inclusief onderhoud gedurende 100 jaar (excl. straalgrit)	Metalliseer systeem, nabij water, inclusief onderhoud gedurende 100 jaar (excl. straalgrit)
		Per m ²	Per m ²	Per m ²
Total	Euro	€ 3,36	€ 2,45	€ 2,81
052. Climate change - Fossil	Euro	€ 1,37	€ 1,23	€ 1,23
053. Climate change - Biogenic	Euro	€ 0,01	€ 0,02	€ 0,02
054. Climate change - Luluc	Euro	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
055. Ozone depletion	Euro	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
056. Acidification	Euro	€ 0,02	€ 0,02	€ 0,02
057. Eutrophication, freshwater	Euro	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
058. Eutrophication, marine	Euro	€ 0,02	€ 0,03	€ 0,03
059. Eutrophication, terrestrial	Euro	€ 0,03	€ 0,04	€ 0,04
060. Photochemical ozone formation	Euro	€ 1,32	€ 0,50	€ 0,50
061. Resource use, minerals, metals	Euro	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
062. Resource use, fossils	Euro	€ 0,06	€ 0,05	€ 0,05
063. Water use	Euro	€ 0,03	€ 0,03	€ 0,03
064. Particulate matter	Euro	€ 0,36	€ 0,23	€ 0,23
065. Ionising radiation	Euro	€ 0,01	€ 0,02	€ 0,02
066. Ecotoxicity, freshwater	Euro	€ 0,05	€ 0,16	€ 0,52
067. Human toxicity, cancer	Euro	€ 0,06	€ 0,04	€ 0,04
068. Human toxicity, non-cancer	Euro	€ 0,02	€ 0,07	€ 0,07
069. Land use	Euro	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00

Tabel 37 Gewogen resultaten ('set 2') deelproducten duplex conserveringstechnieken excl. gebruik straalgrit per functionele eenheid

<i>Effectcategorie</i>	<i>Eenheid</i>	Duplex systeem: Metaliseren en natlak, boven land, inclusief onderhoud (excl. straalgrit)	Duplex systeem: Metaliseren en natlak, nabij water, inclusief onderhoud (excl. straalgrit)	Duplex systeem: Thermisch verzinken en natlak, boven land, inclusief onderhoud (excl. straalgrit)	Duplex systeem: Thermisch verzinken en natlak, nabij water, inclusief onderhoud (excl. straalgrit)
		Per m ²	Per m ²	Per m ²	Per m ²
Total	Euro	€ 2,99	€ 3,00	€ 3,14	€ 3,14
052. Climate change - Fossil	Euro	€ 1,49	€ 1,49	€ 1,38	€ 1,38
053. Climate change - Biogenic	Euro	€ 0,02	€ 0,02	€ 0,02	€ 0,02
054. Climate change - Luluc	Euro	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
055. Ozone depletion	Euro	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
056. Acidification	Euro	€ 0,02	€ 0,02	€ 0,02	€ 0,02
057. Eutrophication, freshwater	Euro	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
058. Eutrophication, marine	Euro	€ 0,04	€ 0,04	€ 0,03	€ 0,03
059. Eutrophication, terrestrial	Euro	€ 0,04	€ 0,04	€ 0,04	€ 0,04
060. Photochemical ozone formation	Euro	€ 0,75	€ 0,75	€ 0,98	€ 0,98
061. Resource use, minerals, metals	Euro	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
062. Resource use, fossils	Euro	€ 0,06	€ 0,06	€ 0,06	€ 0,06
063. Water use	Euro	€ 0,03	€ 0,03	€ 0,03	€ 0,03
064. Particulate matter	Euro	€ 0,30	€ 0,30	€ 0,38	€ 0,38
065. Ionising radiation	Euro	€ 0,02	€ 0,02	€ 0,02	€ 0,02
066. Ecotoxicity, freshwater	Euro	€ 0,08	€ 0,09	€ 0,06	€ 0,06
067. Human toxicity, cancer	Euro	€ 0,05	€ 0,05	€ 0,06	€ 0,06
068. Human toxicity, non-cancer	Euro	€ 0,07	€ 0,07	€ 0,06	€ 0,06
069. Land use	Euro	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00

Tabel 38 Gewogen resultaten ('set 2') verwijderen verflagen met straalgrit (75 kg/m²) per m²

<i>Effectcategorie</i>	<i>Eenheid</i>	Verlaag verwijderen met kopergrit, hoogovengrit en smeltslakgrit	Verlaag verwijderen met Gebroken glas	Verlaag verwijderen met Staalgrit	Verlaag verwijderen met Gietijzergrit	Verlaag verwijderen met Bruin Korund
		Per m ²	Per m ²	Per m ²	Per m ²	Per m ²
Total	Euro	€ 2,01	€ 2,13	€ 3,13	€ 3,85	€ 3,09
052. Climate change - Fossil	Euro	€ 1,09	€ 1,15	€ 1,91	€ 2,22	€ 1,88
053. Climate change - Biogenic	Euro	€ 0,01	€ 0,04	€ -0,00	€ -0,00	€ 0,02
054. Climate change - Luluc	Euro	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
055. Ozone depletion	Euro	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
056. Acidification	Euro	€ 0,02	€ 0,02	€ 0,02	€ 0,03	€ 0,04
057. Eutrophication, freshwater	Euro	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
058. Eutrophication, marine	Euro	€ 0,07	€ 0,08	€ 0,07	€ 0,08	€ 0,11
059. Eutrophication, terrestrial	Euro	€ 0,08	€ 0,08	€ 0,09	€ 0,10	€ 0,12
060. Photochemical ozone formation	Euro	€ 0,08	€ 0,08	€ 0,10	€ 0,12	€ 0,13
061. Resource use, minerals, metals	Euro	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
062. Resource use, fossils	Euro	€ 0,04	€ 0,05	€ 0,08	€ 0,09	€ 0,07
063. Water use	Euro	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,01	€ 0,01	€ 0,01
064. Particulate matter	Euro	€ 0,58	€ 0,59	€ 0,76	€ 0,90	€ 0,64
065. Ionising radiation	Euro	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,02	€ 0,01	€ 0,02
066. Ecotoxicity, freshwater	Euro	€ 0,01	€ 0,01	€ 0,01	€ 0,01	€ 0,01
067. Human toxicity, cancer	Euro	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,08	€ 0,10	€ 0,01
068. Human toxicity, non-cancer	Euro	€ 0,01	€ 0,01	€ -0,02	€ 0,17	€ 0,01
069. Land use	Euro	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00

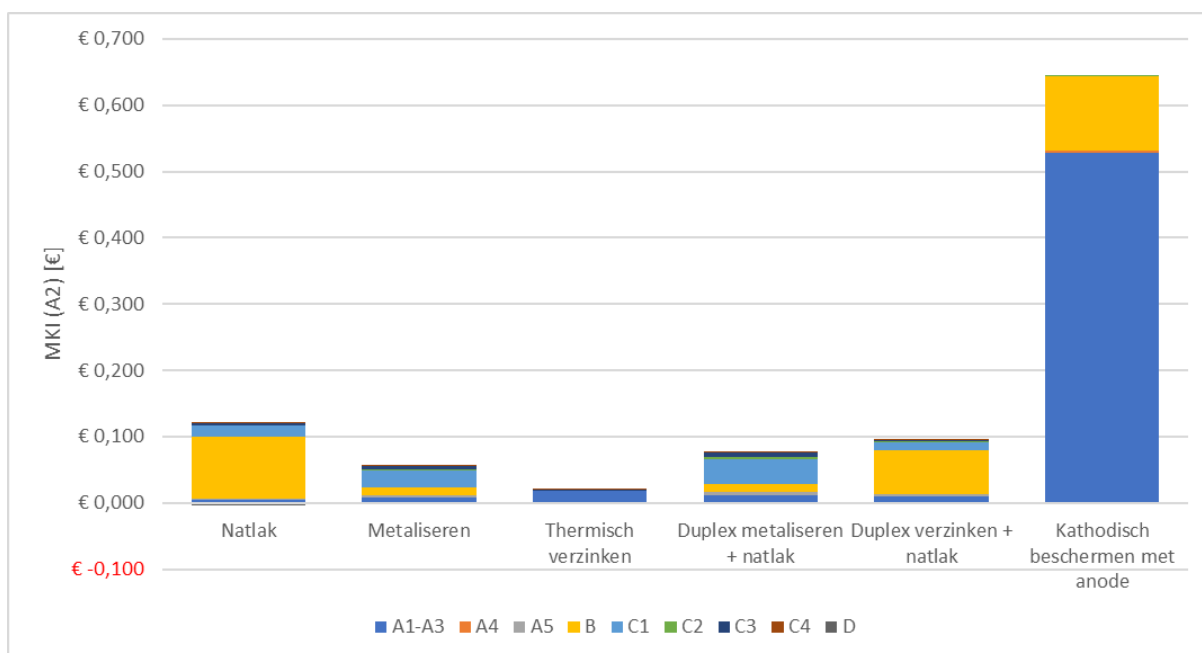
Tabel 39 Gewogen resultaten ('set 2') verwijderen verflagen met inductiereinigen per m²

<i>Effectcategorie</i>	<i>Eenheid</i>	Verlaag verwijderen met Inductiereinigen (excl. nastralen)	Verlaag verwijderen met Inductiereinigen (incl. nastralen)
		Per m ²	Per m ²
Total	Euro	€ 0,33	€ 1,36
052. Climate change - Fossil	Euro	€ 0,15	€ 0,60
053. Climate change - Biogenic	Euro	€ 0,00	€ 0,00
054. Climate change - Luluc	Euro	€ 0,00	€ 0,00
055. Ozone depletion	Euro	€ 0,00	€ 0,00
056. Acidification	Euro	€ 0,00	€ 0,01
057. Eutrophication, freshwater	Euro	€ 0,00	€ 0,00
058. Eutrophication, marine	Euro	€ 0,01	€ 0,06
059. Eutrophication, terrestrial	Euro	€ 0,02	€ 0,06
060. Photochemical ozone formation	Euro	€ 0,02	€ 0,06
061. Resource use, minerals, metals	Euro	€ 0,00	€ 0,00
062. Resource use, fossils	Euro	€ 0,01	€ 0,02
063. Water use	Euro	€ 0,00	€ 0,00
064. Particulate matter	Euro	€ 0,12	€ 0,52
065. Ionising radiation	Euro	€ 0,00	€ 0,00
066. Ecotoxicity, freshwater	Euro	€ 0,00	€ 0,00
067. Human toxicity, cancer	Euro	€ 0,00	€ 0,00
068. Human toxicity, non-cancer	Euro	€ 0,00	€ 0,00
069. Land use	Euro	€ 0,00	€ 0,00

4.5 Zwaartepuntsanalyse

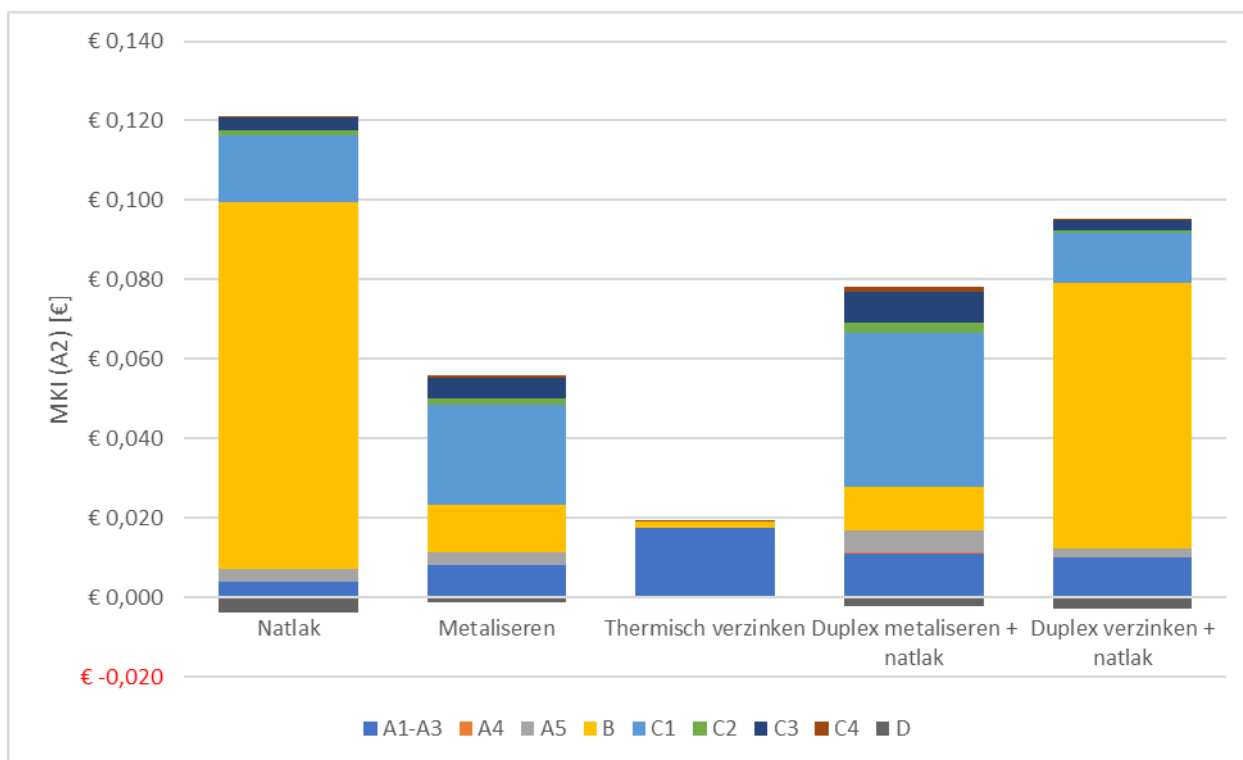
4.5.1 Conserveringstechnieken

In deze paragraaf wordt kort stilgestaan bij de verschillen tussen de conserveringstechnieken en straalgrits. Daarbij wordt uitgegaan van de gewogen resultaten volgens set 2.



Figuur 1 Zwaartepuntsanalyse module A-D conserveringstechnieken in MKI ('set 2') per m²/jaar

In Figuur 1 worden de conserveringstechnieken naast elkaar vergeleken op basis van de gewogen score in m²/jaar. De conserveringstechnieken zijn uitgewerkt inclusief onderhoudsregimes, maar met verschillende levensduren. Voor verzinken is uitgegaan van een levensduur van 40 jaar. Alhoewel de score voor kathodisch beschermen met opofferingsanode een lage score had, is deze techniek uitgewerkt in verbruik van anode per m² per jaar. Dat levert de hoogste MKI score op wanneer wordt gecorrigeerd voor levensduur. Deze MKI is bijna volledig het gevolg van de milieueffecten van productie van de anode, deze wordt namelijk van 100% primair aluminium en zink gemaakt.



Figuur 2 Zwaartepuntsanalyse module A-D conserveringstechnieken in MKI ('set 2') per m²/jaar

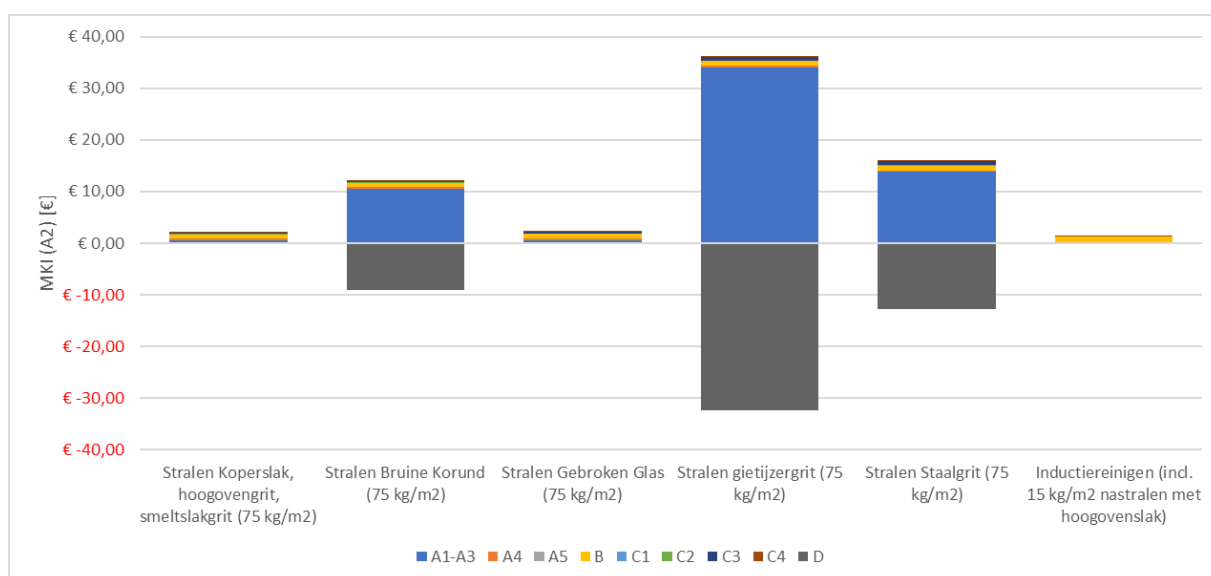
Om het onderscheid tussen de andere conserveringstechnieken beter te kunnen duiden, zijn in Figuur 2 dezelfde resultaten weergegeven zonder het resultaat van kathodisch beschermen. Hieruit worden een paar verschillen duidelijk. Zo is te zien dat natlak de laagste score heeft in A1-A3, de productie van de metallische lagen veroorzaakt meer milieu-impact, en de duplex systemen maken gebruik van een dubbele bescherm laag. De keerzijde is dat natlak een intensiever onderhoudsregime behoeft en dat is te zien in de MKI score van module B. Module B bevat zowel het aanbrengen van nieuwe natlak als het verwijderen van de vorige laag, waarbij veel straalgrit nodig is.

Verder valt op dat de MKI score in module B bij het duplex systeem met metalliseren kleiner is dan het duplex systeem met verzinken, terwijl de score in C1 juist hoger is. Dit is ook te zien in het systeem met metalliseren. Deze verschillen hebben te maken met een afwijkend onderhoudsregime. De metalliseersystemen worden na 40 en 80 jaar overlaagd met natlak, en deze wordt pas aan het eind van de levensduur verwijderd, de score voor het verwijderen valt daarbij in module C1. Het duplex systeem met verzinken wordt na 25 jaar overlaagd met natlak, na 50 jaar worden de originele natlak laag en de nieuwe laag verwijderd, waarmee het verwijderen in module B valt. Vervolgens wordt er na 50 jaar en 75 jaar nog een nieuwe natlaklaag aangebracht. Door het verwijderen in het onderhoudsregime en het hogere totaal aantal natlaklagen tijdens de levensduur is de score in module B van het duplex systeem met verzinken hoger dan dezelfde module bij metalliseren.

Voor de totale score per jaar zien we dat de duplex systemen beter score dan het natlak systeem ondanks dat er meer materiaal nodig is om de staalconstructie te beschermen. Het duplex systeem maakt een minder intensief onderhoudsregime mogelijk. Zelfs als het natlak wordt beschadigd, beschermt de tweede laag de staalconstructie. Bij een systeem met enkel natlak, moet de laag vaker worden onderhouden om corrosie te voorkomen.

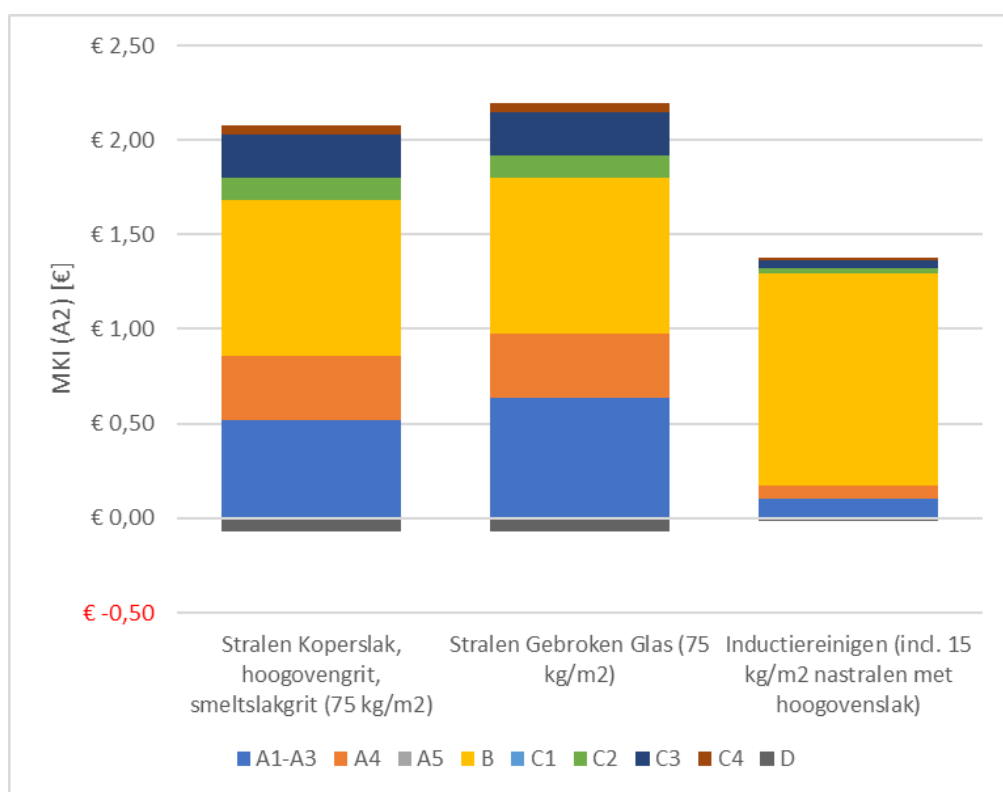
Thermische verzinken heeft veruit de laagste MKI score van de technieken. Alhoewel geen onderhoud is opgenomen in de LCA, wordt uitgegaan van een kortere levensduur. Een stalen voorwerp kan wel opnieuw worden verzinkt, wat feitelijk meegenomen wordt in figuur 2 omdat het een MKI score per jaar betreft. Bij thermisch verzinken is wel sprake van afspoelen van zink naar de omgeving, wat is weergegeven in de MKI score van module B. Uit het verschil tussen de score in module B bij thermisch verzinken en de andere scores in module B kan je concluderen dat de impact van afspoeling van zink naar het milieu klein is vergeleken met het (meermaals) verwijderen en opnieuw aanbrengen van natlak bij alle andere conserveringstechnieken.

4.5.2 Verwijderingstechnieken



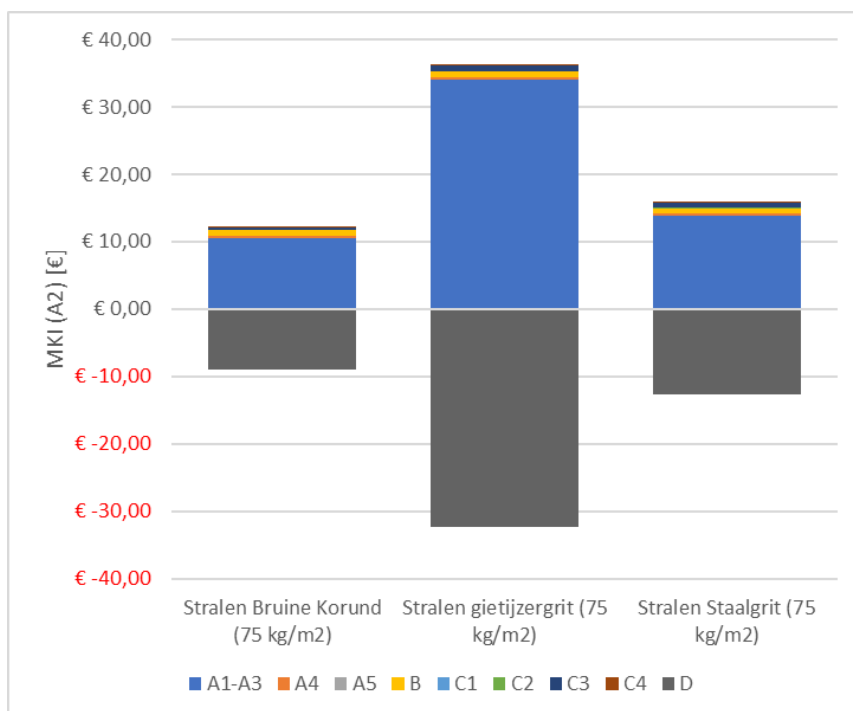
Figuur 3 Zwaartepuntsanalyse module A-D verwijderingstechnieken in MKI ('set 2') per m²

In Figuur 3 worden de zwaartepunten van de verwijderingstechnieken naast elkaar gelegd op basis van de modules A t/m D. Het verschil tussen eenmalige en meermalige grits wordt hier heel duidelijk aangetoond. De meermalige grits hebben hoge milieu-impact bij productie, maar kunnen na het eerste gebruik opnieuw worden ingezet. Om de verschillen beter te kunnen duiden zijn hieronder nog een aantal figuren weergegeven.



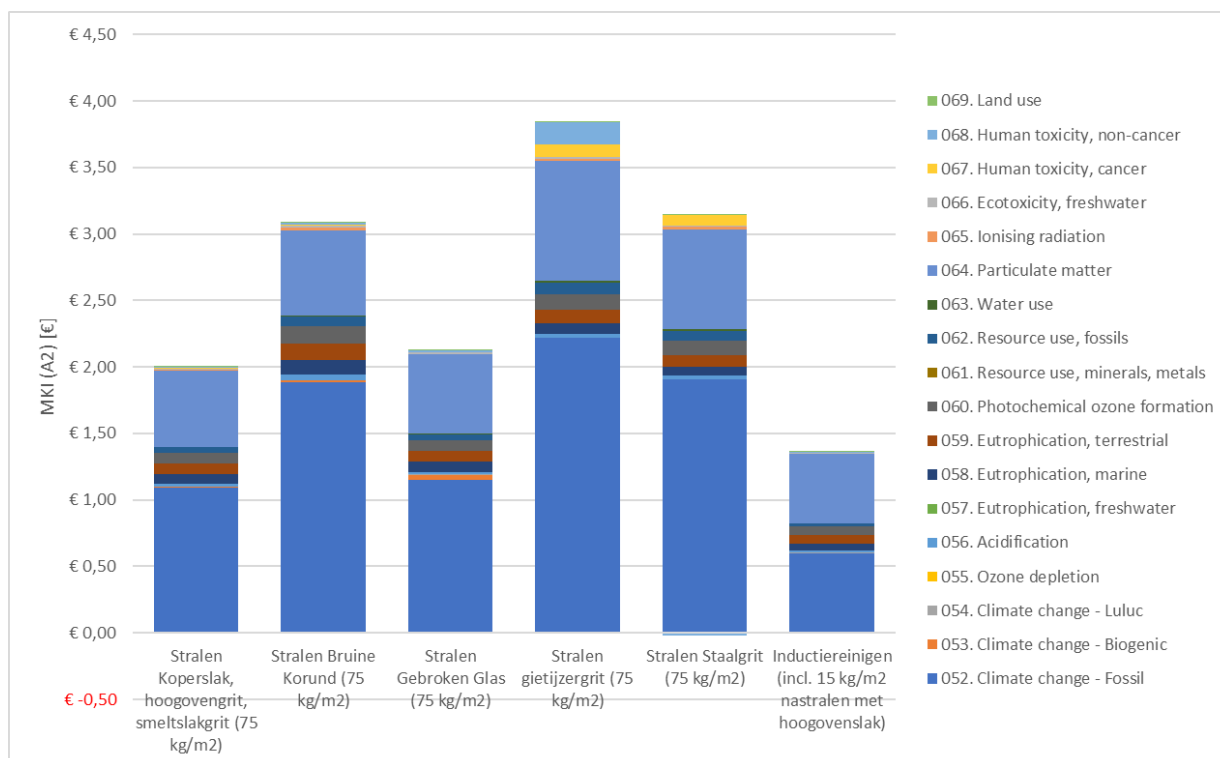
Figuur 4 Zwaartepuntsanalyse module A-D eenmalige straalgrits in MKI ('set 2') per m²

In Figuur 4 worden de resultaten van eenmalige straalgrits vergeleken met inductiereinigen (incl. nastralen). Bij alle technieken speelt voornamelijk module B een grote rol. Dit betreft voornamelijk het energieverbruik voor het stralen dan wel inductiereinigen. De productie, transport en afvalverwerking van het eenmalig straalgrit veroorzaakt een zelfde orde-grote milieu-impact als het energieverbruik van het stralen. Dit is anders bij het inductiereinigen waarvoor minder materiaal nodig is, maar een hoger energieverbruik behoeft.



Figuur 5 Zwaartepuntsanalyse module A-D meermalige straalgrits in MKI ('set 2') per m²

In Figuur 5 worden de resultaten van de meermalige grits vergeleken. Zoals al opviel aan Figuur 3 is dat productie van het grit een hoge MKI score heeft. Dit wordt echter gecompenseert omdat het straalgrit meerdere keren kan worden ingezet. Zodoende is de MKI score van module D van de straalgrits bijna even groot als de A1-A3 score: ca. 6/7^{de} en 29/30^{ste} voor respectievelijk bruine korund en gietijzer/staal.

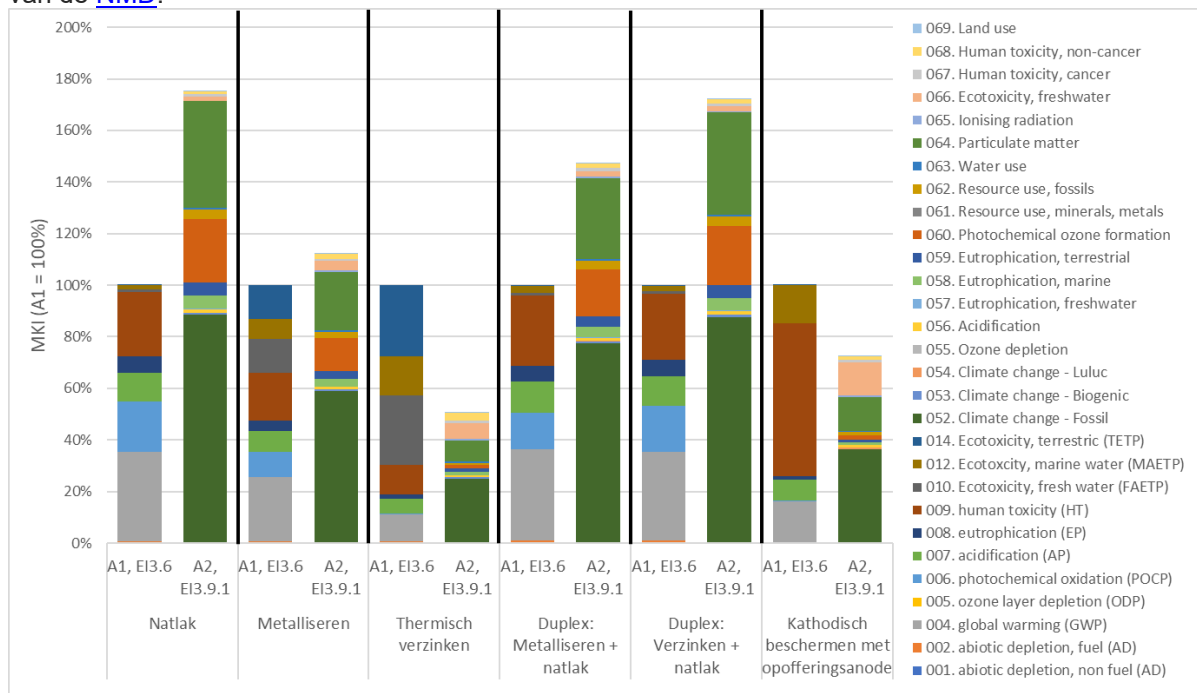


Figuur 6 Zwaartepuntsanalyse per impactcategorie verwijderstechnieken in MKI ('set 2') per m²

In Figuur 6 worden de resultaten van alle verwijderingstechnieken nog eens vergeleken verdeeld naar de impactcategorieën volgens set 2. In deze weergave liggen de scores visueel dicht bij elkaar, al zijn significante verschillen te zien. Bij alle technieken wordt de MKI score vooral bepaald door de impactcategorieën Climate Change en Particulate matter. Uit deze vergelijking wordt duidelijk dat de baten van meermalige inzetbaarheid niet opweegt tegen de milieu-impact voor productie van meermalige grits. Aangezien de eenmalige grits worden gemaakt van afvalstoffen uit de metaal en glas industrie wordt geen milieu-impact toegerekend aan het materiaal zelf – alleen de bewerkingen van afvalstof tot straalgrit spelen mee bij de productie.

4.6 Verschillen set 1 en set 2

In dit categorie 3 rapport zijn zowel de resultaten volgens set 1 als set 2 uitgewerkt. Omdat tijdens het schrijven van dit rapport nog niet helemaal is voorzien wanneer de precieze overgang van set 1 naar set 2 plaats zal vinden wordt een extra duiding gegeven aan de verschillen tussen de resultaten van de twee methoden. Voor extra uitleg over de overgang van A1 naar A2 verwijzen we naar de website van de [NMD](#).

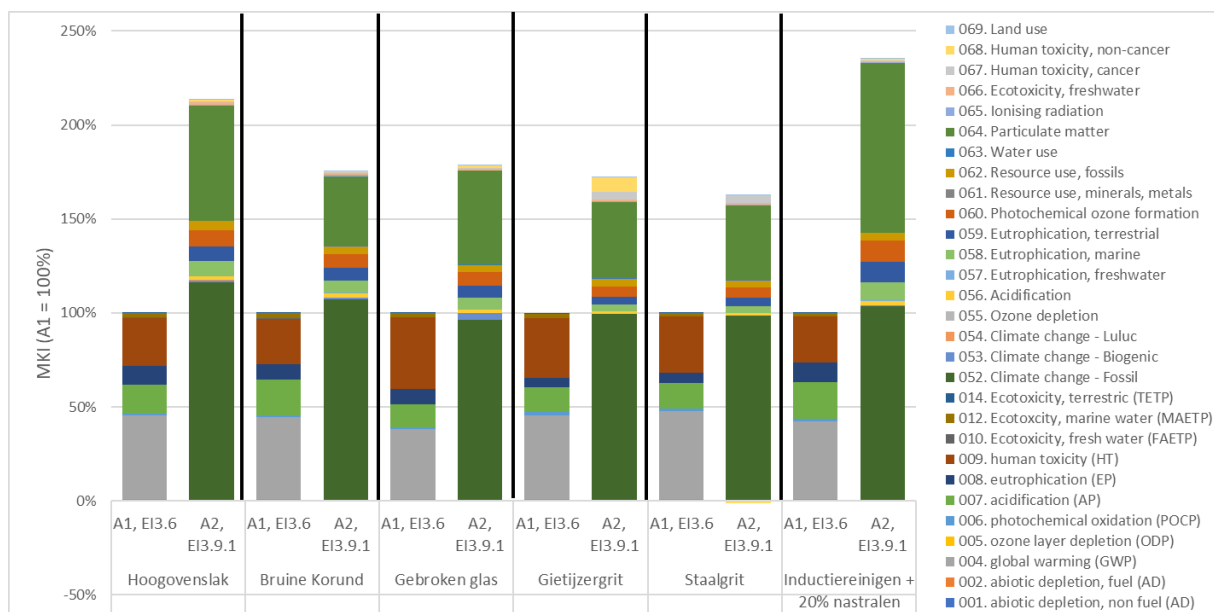


Figuur 7 Vergelijking resultaten MKI A1 en MKI A2 voor conserveringstechnieken (index: MKI A1 = 100%)

In Figuur 7 worden de MKI resultaten volgens set 1 (A1) en set 2 (A2) naast elkaar gezet voor alle conserveringstechnieken uitgesplitst naar de impactcategorieën waarbij elke MKI score is teruggerekend naar 100% op basis van de resultaten van MKI A1. Hierin zijn een aantal opvallende verschillen te zien. Waar natlak een toename van de totale MKI ziet, en dit ook geldt voor de duplex systemen waar ook natlak wordt toegepast, neemt de MKI van thermisch verzinken en kathodisch beschermen met opofferingsanode juist af. In de MKI score van metallisieren waar ook deels natlak wordt toegepast blijft de score nagenoeg gelijk.

De stijging is uit te leggen door de hogere weegfactor voor CO₂ uitstoot (A1, grijs (004); A2, donker groen (052)) en doordat meer milieu-impactcategorieën worden meegewogen in set 2. De lagere MKI scores in A2 van thermisch verzinken en kathodisch beschermen is een gevolg van lagere MKI scores voor metalen. De MKI volgens set 1 van metalen werd voornamelijk bepaald door milieu-impactcategorieën als humane toxiciteit (A1, bruin (009); A2, groen (064), grijs (067) geel (068)) en ecotoxiciteit (A1, donker grijs (010), oker (012), donkerblauw (014); A2, licht oranje (066)). Deze emissies hebben door verbeterd wetenschappelijk inzicht lagere karakterisatiefactoren wat inhoudt dat de totale milieupact ook lager is. Dit effect speelt ook mee voor de uitloging/afspoelen van metaal naar de omgeving, de milieu-impact hiervan is lager volgens de A2 methode. Voor de techniek metallisieren zorgen de hogere score voor het natlak en de lagere score voor metallisieren en afspoelen ervoor dat de score per saldo bijna gelijk is.

De diverse relatieve verschillen in MKI tussen de twee methoden zorgen uiteindelijk niet voor een verandering van volgorde van laagste MKI tot hoogste MKI.



Figuur 8 Vergelijking resultaten MKI A1 en MKI A2 voor verwijderstechnieken (index: MKI A1 = 100%)

De vergelijking van MKI resultaten tussen set 1 en set 2 van de verwijderstechnieken is weergegeven in Figuur 8. Voor alle de straalgrits en het inductiereinigen neemt de MKI volgens set 2 toe. Alhoewel er kleine verschillen tussen de technieken zit, is de algemene tendens hetzelfde. De toename is een gevolg van een zwaarder gewogen CO₂ emissies en een toename van het aantal milieueffecten waarmee de MKI wordt bepaald. De MKI score van inductiereinigen groeit harder dan de andere technieken omdat het energieverbruik hier hoger ligt en de MKI hiervan harder groeit dan metalen of secundaire materialen (die vrij van milieulast zijn).

Ook voor de verwijderstechnieken geldt dat de volgorde van laagste MKI naar hoogste MKI gelijk is voor beide methoden.

5 Referenties

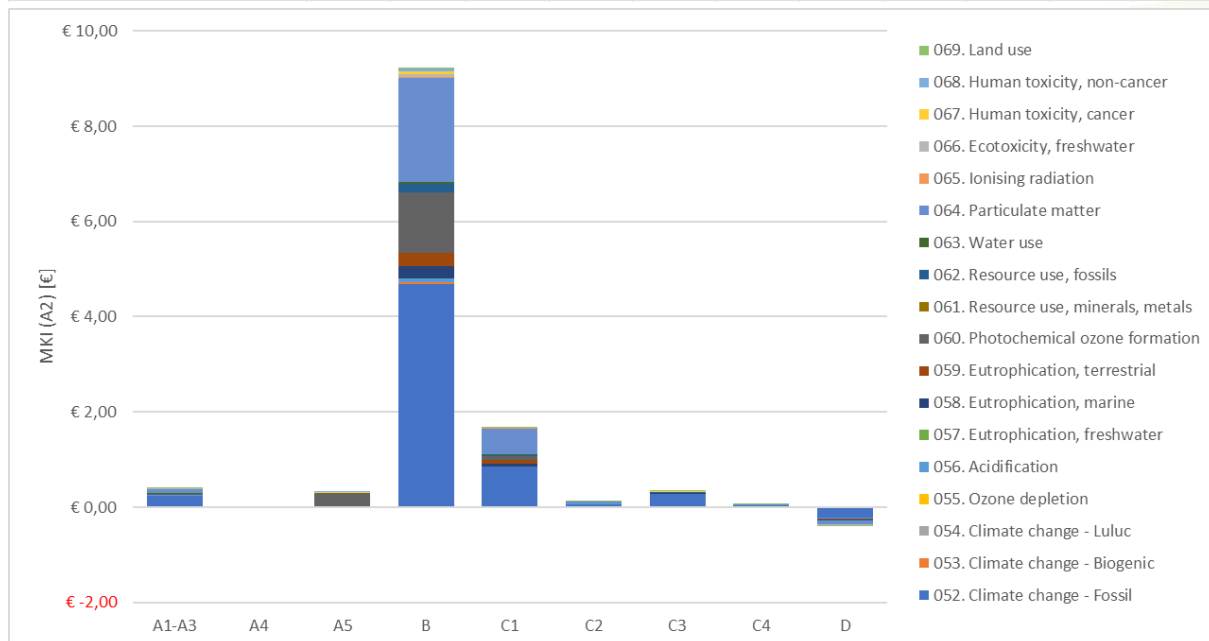
- [1] NEN-EN-ISO 14040 Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework (ISO 14040:2006,IDT), juli 2006
- [2] NEN-EN-ISO 14044 Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines (ISO 14044:2006,IDT), juli 2006
- [3] NEN-EN 15804+A2:2019 Duurzaamheid 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] Documentatie Havenbedrijf Rotterdam, verkregen via persoonlijke communicatie Rijkswaterstaat
- [15] Study of costs and performances between Steel Abrasive and Sand, CYM Materiales SA
- [16] The aluminium industry: A review on state-of-the-art technologies, environmental impacts and possibilities for waste heat recovery, D. Brough and H. Jouhara, 2020, doi: 10.1016/j.ijft.2019.100007
- [17] Inductiereiniging / Inductie ontlakken, Den Sterken Steen BV, via <https://densterkensteen.nl/producten/inductiereiniging/>
- [18] UP9/A heavy duty water pressure system 12 l/min, Marco, via <https://items.marco.it/en/up9-a-heavy-duty-water-pressure-system-12-l-min.html>
- [19] Energy consumption in powder metallurgical manufacturing, V. Kruzhanov en V. Arnhold, februari 2012, Powder Metallurgy, doi:10.1179/174329012X13318077875722
- [20] (Stof-, Multi-, Natte-)Cycloon/Vortexscheiding, Kenniscentrum InfoMil, via <https://www.infomil.nl/onderwerpen/lucht-water/lucht/digitale-ner/luchtemissie/overzicht-factsheets/factsheets/cycloon-stofcycloon/>

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 natlakraag is berekend. In fase B is met name productie en gebruik van het straalgrit een belangrijke factor, maar ook het opnieuw aanbrengen van een nieuwe verlaag speelt een rol. De MKI waarde van fase A5 kan worden verklaard door het proces van aanbrengen, daar gaat ook materiaal verloren als emissie door overspray, maar ook zeker omdat de gebruikte oplosmiddelen in de verf zullen verdampen en zodoende als emissie naar de lucht vrijkomen. De productie van deze oplosmiddelen 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 verlaag te verwijderen. In fase C3 ziet men de milieupact van het verbranden van verf.

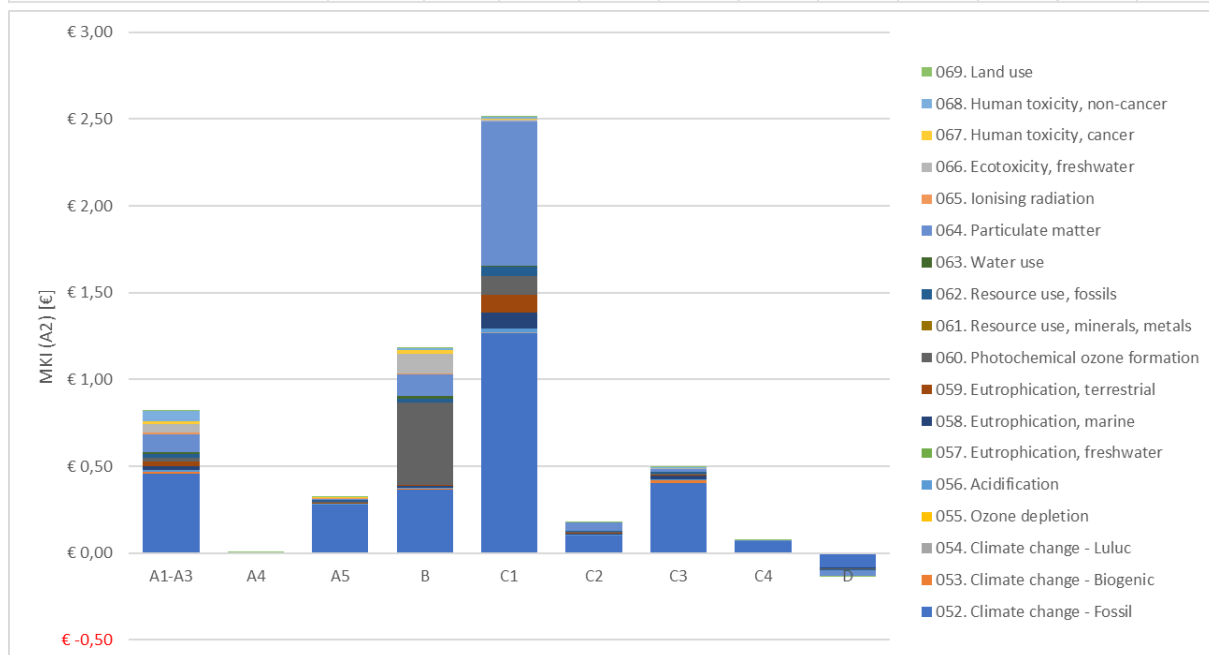
Schade categorie	Eenheid	Totaal	A1-A3 Natl	A4 Natlaks	A5 Natlaks	B Natlaks	C1 Natlak-	C2 Natlaks	C3 Natlaks	C4 Natlaks	D Natlak- &
Totaal	Euro	€ 11,76	€ 0,40	€ 0,00	€ 0,32	€ 9,23	€ 1,68	€ 0,12	€ 0,33	€ 0,05	€ -0,37
051. Climate change	kg CO2 eq	5,16E+01	2,12E+00	8,01E-03	0,00E+00	4,07E+01	7,29E+00	5,89E-01	2,42E+00	3,87E-01	-1,94E+00
052. Climate change - Fossil	kg CO2 eq	5,11E+01	2,09E+00	8,00E-03	0,00E+00	4,03E+01	7,27E+00	5,86E-01	2,33E+00	3,87E-01	-1,94E+00
053. Climate change - Biogenic	kg CO2 eq	4,83E-01	2,21E-02	4,18E-06	0,00E+00	3,70E-01	6,61E-03	9,12E-04	8,66E-02	2,86E-04	-4,06E-03
054. Climate change - Luluc	kg CO2 eq	6,50E-02	1,24E-03	2,33E-06	0,00E+00	5,06E-02	1,23E-02	2,08E-03	2,49E-04	3,25E-05	-1,55E-03
055. Ozone depletion	kg CFC11 eq	2,97E-06	1,57E-07	1,76E-10	0,00E+00	2,29E-06	3,25E-07	1,04E-08	2,27E-07	1,04E-09	-4,89E-08
056. Acidification	mol H+ eq	2,37E-01	9,77E-03	3,06E-05	0,00E+00	1,87E-01	4,26E-02	2,80E-03	3,29E-03	3,15E-04	-9,16E-03
057. Eutrophication, freshwater	kg P eq	2,14E-03	1,03E-04	4,89E-08	0,00E+00	1,66E-03	5,32E-05	5,82E-06	3,60E-04	6,52E-07	-4,40E-05
058. Eutrophication, marine	kg N eq	1,03E-01	1,80E-03	1,17E-05	0,00E+00	8,05E-02	1,79E-02	1,07E-03	4,40E-03	1,16E-04	-2,78E-03
059. Eutrophication, terrestrial	mol N eq	9,54E-01	1,88E-02	1,25E-04	0,00E+00	7,50E-01	1,94E-01	1,14E-02	1,03E-02	1,26E-03	-3,19E-02
060. Photochemical ozone formation	kg NMVOC	1,35E+00	7,50E-03	4,80E-05	2,51E-01	1,04E+00	6,05E-02	3,88E-03	3,11E-03	5,21E-04	-9,97E-03
061. Resource use, minerals, metals	kg Sb eq	1,27E-04	1,59E-05	1,25E-08	0,00E+00	1,01E-04	1,24E-05	1,83E-06	1,62E-06	9,12E-08	-6,35E-06
062. Resource use, fossils	MJ	7,41E+02	4,55E+01	1,16E-01	0,00E+00	5,83E+02	1,04E+02	8,39E+00	2,42E+01	9,60E-01	-2,61E+01
063. Water use	m3 depriv.	8,84E+00	1,61E+00	5,22E-04	0,00E+00	7,36E+00	5,58E-01	5,15E-02	5,19E-02	4,17E-02	-8,34E-01
064. Particulate matter	disease inc	5,03E-06	1,55E-07	7,03E-10	0,00E+00	3,95E-06	1,01E-06	5,78E-08	1,53E-08	6,74E-09	-1,65E-07
065. Ionising radiation	kBq U-235 eq	4,38E-01	4,55E-02	4,40E-05	0,00E+00	3,60E-01	4,02E-02	3,27E-03	2,36E-02	5,29E-04	-3,56E-02
066. Ecotoxicity, freshwater	CTUe	7,49E+02	8,46E+01	5,20E-02	7,39E+00	5,75E+02	5,67E+01	6,19E+00	2,53E+01	4,99E-01	-6,12E+00
067. Human toxicity, cancer	CTUh	7,30E-08	3,18E-09	2,48E-12	9,36E-09	5,64E-08	2,99E-09	3,10E-10	1,84E-09	4,93E-11	-1,08E-09
068. Human toxicity, non-cancer	CTUh	4,61E-07	2,49E-08	5,08E-11	7,35E-09	3,61E-07	4,93E-08	6,73E-09	2,44E-08	8,58E-10	-1,35E-08
069. Land use	Pt	2,10E+02	4,06E+00	1,23E-01	0,00E+00	1,75E+02	4,08E+01	6,63E+00	1,31E+00	2,18E+00	-1,97E+01



Metalliseersysteem

Het wezenlijke verschil van het metalliseersysteem met het natlak systeem is dat een metallische laag wordt aangebracht waardoor de A1-A3 score hoger ligt. Tegelijkertijd is een minder intensief onderhoudsregime nodig Na 40 jaar en 80 jaar wordt de zinkaluminium laag overlaagd met natlak die pas aan het einde van de levensduur wordt verwijderd. Dit verklaart het zwaartepunt in module B en C1.

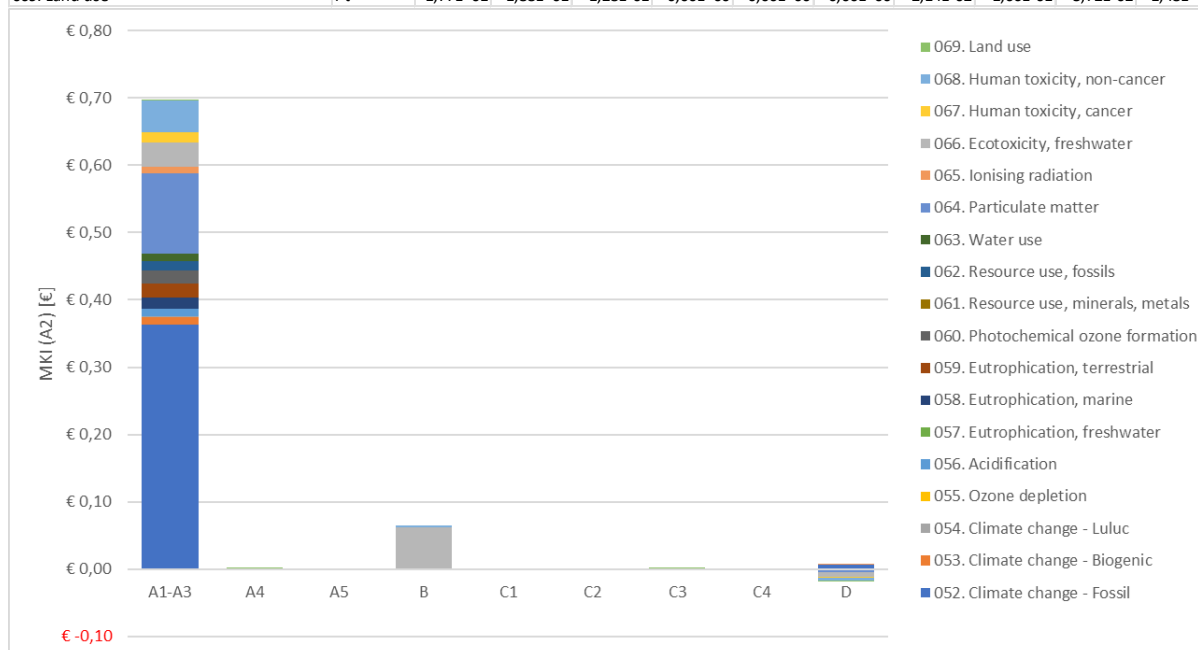
051. Climate change	kg CO2 eq	2,50E+01	4,04E+00	1,50E-02	2,42E+00	3,19E+00	1,09E+01	8,83E-01	3,63E+00	5,81E-01	-6,98E-01
052. Climate change - Fossil	kg CO2 eq	2,47E+01	3,93E+00	1,49E-02	2,42E+00	3,15E+00	1,09E+01	8,79E-01	3,50E+00	5,80E-01	-6,96E-01
053. Climate change - Biogenic	kg CO2 eq	2,70E-01	9,66E-02	7,80E-06	4,84E-10	3,31E-02	9,91E-03	1,37E-03	1,30E-01	4,28E-04	-1,46E-03
054. Climate change - Luluc	kg CO2 eq	3,50E-02	1,15E-02	4,35E-06	1,20E-04	1,87E-03	1,85E-02	3,13E-03	3,73E-04	4,88E-05	-5,58E-04
055. Ozone depletion	kg CFC11 eq	1,42E-06	1,23E-07	3,29E-10	2,31E-07	2,36E-07	4,88E-07	1,56E-08	3,40E-07	1,56E-09	-1,76E-08
056. Acidification	mol H+ eq	1,18E-01	2,89E-02	5,72E-05	3,77E-03	1,47E-02	6,39E-02	4,21E-03	4,93E-03	4,73E-04	-3,29E-03
057. Eutrophication, freshwater	kg P eq	1,08E-03	2,67E-04	9,12E-08	4,47E-05	1,55E-04	7,98E-05	8,73E-06	5,40E-04	9,78E-07	-1,58E-05
058. Eutrophication, marine	kg N eq	4,42E-02	6,24E-03	2,18E-05	9,64E-04	2,71E-03	2,69E-02	1,60E-03	6,60E-03	1,75E-04	-9,97E-04
059. Eutrophication, terrestrial	mol N eq	4,23E-01	6,97E-02	2,34E-04	1,09E-02	2,84E-02	2,91E-01	1,70E-02	1,55E-02	1,89E-03	-1,14E-02
060. Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq	5,09E-01	1,93E-02	8,96E-05	3,07E-03	3,88E-01	9,08E-02	5,82E-03	4,66E-03	7,81E-04	-3,58E-03
061. Resource use, minerals, metals	kg Sb eq	1,35E-03	1,30E-03	2,34E-08	3,10E-06	2,39E-05	1,85E-05	2,75E-06	2,44E-06	1,37E-07	-2,28E-06
062. Resource use, fossils	MJ	3,62E+02	5,60E+01	2,17E-01	4,01E+01	6,85E+01	1,56E+02	1,26E+01	3,63E+01	1,44E+00	-9,36E+00
063. Water use	m3 depriv.	6,24E+00	2,73E+00	9,75E-04	3,33E-01	2,42E+00	8,37E-01	7,72E-02	7,78E-02	6,26E-02	-2,99E-01
064. Particulate matter	disease inc.	2,00E-06	1,81E-07	1,31E-09	1,06E-08	2,33E-07	1,51E-06	8,68E-08	2,29E-08	1,01E-08	-5,91E-08
065. Ionising radiation	kBq U-235 eq	4,73E-01	2,57E-01	8,21E-05	5,88E-02	6,83E-02	6,03E-02	4,91E-03	3,54E-02	7,93E-04	-1,28E-02
066. Ecotoxicity, freshwater	CTUe	1,40E+03	3,71E+02	9,70E-02	1,72E+01	8,80E+02	8,51E+01	9,28E+00	3,79E+01	7,49E-01	-2,20E+00
067. Human toxicity, cancer	CTUh	4,06E-08	1,41E-08	4,63E-12	3,31E-10	1,88E-08	4,48E-09	4,65E-10	2,76E-09	7,40E-11	-3,86E-10
068. Human toxicity, non-cancer	CTUh	5,88E-07	3,94E-07	9,48E-11	1,04E-08	6,62E-08	7,39E-08	1,01E-08	3,66E-08	1,29E-09	-4,84E-09
069. Land use	Pt	9,59E+01	1,85E+01	2,29E-01	1,69E+00	6,28E+00	6,11E+01	9,94E+00	1,97E+00	3,27E+00	-7,08E+00



Thermisch verzinken (78µm)

De grootste milieupact wordt veroorzaakt door productie en aanbrengen van de zinklaag. 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. Ook uitloging speelt een rol in de impactcategorie ecotoxiciteit.

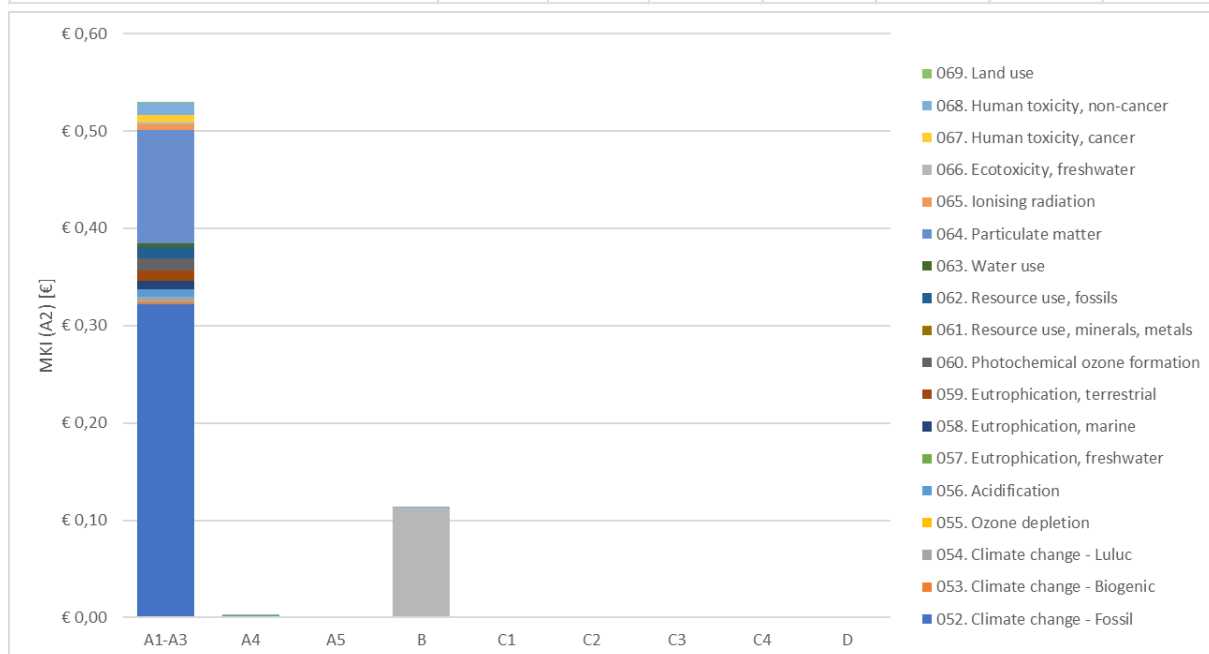
051. Climate change	kg CO2 eq	3,32E+00	3,24E+00	8,37E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,40E-03	6,78E-03	1,10E-03	5,87E-02
052. Climate change - Fossil	kg CO2 eq	3,21E+00	3,13E+00	8,37E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,39E-03	6,89E-03	1,05E-03	5,81E-02
053. Climate change - Biogenic	kg CO2 eq	9,84E-02	9,77E-02	4,37E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	7,28E-07	-1,20E-04	4,41E-05	7,29E-04
054. Climate change - Luluc	kg CO2 eq	7,52E-03	7,61E-03	2,43E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,06E-07	1,01E-05	2,54E-07	-9,98E-05
055. Ozone depletion	kg CFC11 eq	1,09E-07	1,05E-07	1,84E-10	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,07E-11	1,09E-10	3,06E-11	3,63E-09
056. Acidification	mol H+ eq	2,60E-02	2,65E-02	3,20E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,33E-06	7,72E-05	6,86E-06	-6,01E-04
057. Eutrophication, freshwater	kg P eq	2,05E-04	2,16E-04	5,11E-08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	8,51E-09	3,14E-07	8,88E-09	-1,14E-05
058. Eutrophication, marine	kg N eq	4,87E-03	4,97E-03	1,22E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,03E-06	1,76E-05	2,88E-06	-1,37E-04
059. Eutrophication, terrestrial	mol N eq	5,98E-02	6,10E-02	1,31E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,18E-05	2,01E-04	3,13E-05	-1,62E-03
060. Photochemical ozone formation	kg NMVOC	1,56E-02	1,57E-02	5,02E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	8,36E-06	6,02E-05	1,16E-05	-3,16E-04
061. Resource use, minerals, metals	kg Sb eq	7,62E-04	9,58E-04	1,31E-08	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,18E-09	4,24E-07	2,56E-09	-1,97E-04
062. Resource use, fossils	MJ	4,32E+01	4,17E+01	1,22E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,03E-02	9,34E-02	2,41E-02	1,23E+00
063. Water use	m3 depriv.	2,03E+00	2,07E+00	5,46E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	9,10E-05	1,28E-03	1,38E-04	-4,52E-02
064. Particulate matter	disease inc	2,17E-07	2,18E-07	7,34E-10	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,22E-10	1,06E-09	1,67E-10	-3,73E-09
065. Ionising radiation	kBq U-235 eq	1,95E-01	1,91E-01	4,60E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	7,66E-06	2,49E-04	3,46E-05	3,18E-03
066. Ecotoxicity, freshwater	CTUe	7,02E+02	2,73E+02	5,43E-02	0,00E+00	4,82E+02	0,00E+00	9,05E-03	7,32E-02	8,47E-01	-5,39E+01
067. Human toxicity, cancer	CTUh	1,24E-08	1,40E-08	2,59E-12	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,32E-13	1,05E-11	1,09E-12	-1,59E-09
068. Human toxicity, non-cancer	CTUh	3,05E-07	3,20E-07	5,31E-11	0,00E+00	1,17E-08	0,00E+00	8,85E-12	4,74E-10	8,24E-11	-2,73E-08
069. Land use	Pt	1,77E+01	1,88E+01	1,28E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,14E-02	1,66E-01	5,72E-02	-1,48E+00



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 effect is volgens de methode van set 2 echter zeer beperkt.

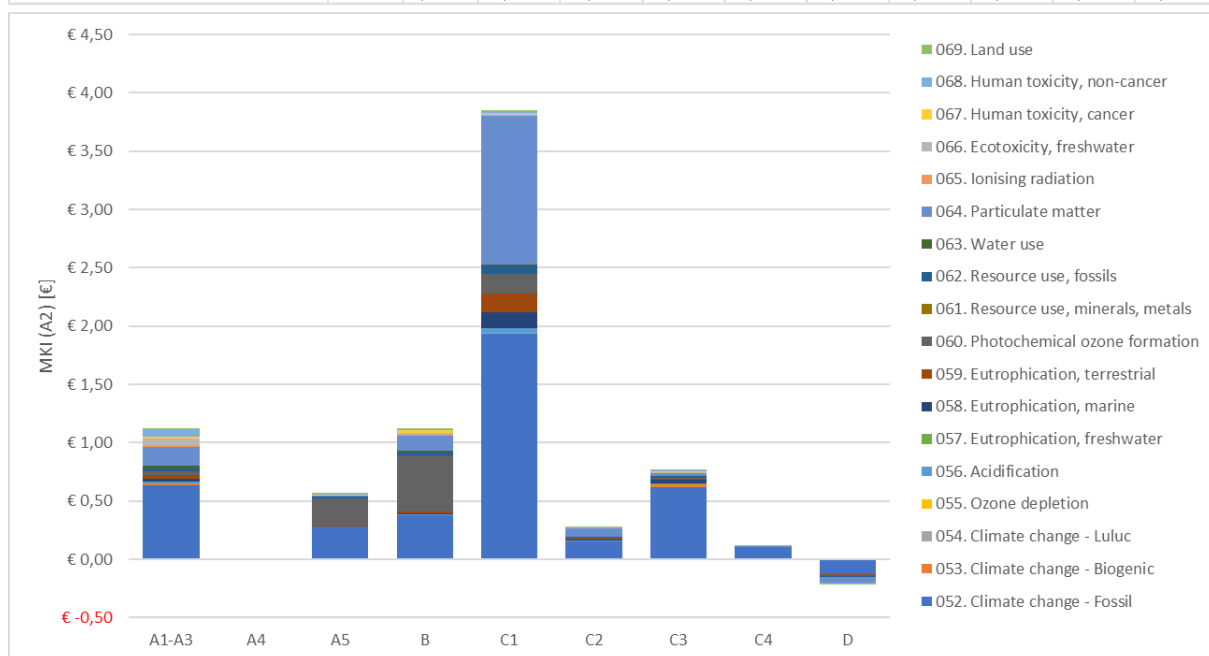
Schade categorie	Eenheid	Totaal	A1-A3 Kath	A4 Kathodi	B Kathodisc	C2 Kathodi	C4 Kathodis
Totaal	Euro	€ 0,64	€ 0,53	€ 0,00	€ 0,11	8,46E-05	€ 0,00
051. Climate change	kg CO2 eq	2,85E+00	2,84E+00	1,09E-02	0,00E+00	4,40E-04	1,75E-03
052. Climate change - Fossil	kg CO2 eq	2,79E+00	2,78E+00	1,09E-02	0,00E+00	4,40E-04	1,73E-03
053. Climate change - Biogenic	kg CO2 eq	1,18E-02	1,17E-02	5,48E-06	0,00E+00	2,30E-07	1,89E-05
054. Climate change - Luluc	kg CO2 eq	4,89E-02	4,89E-02	3,32E-06	0,00E+00	1,28E-07	1,86E-06
055. Ozone depletion	kg CFC11 eq	6,24E-08	6,22E-08	2,38E-10	0,00E+00	9,69E-12	1,99E-11
056. Acidification	mol H+ eq	2,05E-02	2,04E-02	4,95E-05	0,00E+00	1,68E-06	1,10E-05
057. Eutrophication, freshwater	kg P eq	1,20E-04	1,19E-04	6,60E-08	0,00E+00	2,68E-09	5,62E-08
058. Eutrophication, marine	kg N eq	2,59E-03	2,57E-03	1,77E-05	0,00E+00	6,41E-07	2,76E-06
059. Eutrophication, terrestrial	mol N eq	2,87E-02	2,85E-02	1,91E-04	0,00E+00	6,88E-06	3,05E-05
060. Photochemical ozone formation	kg NMVOC	1,07E-02	1,06E-02	7,03E-05	0,00E+00	2,64E-06	1,01E-05
061. Resource use, minerals, metals	kg Sb eq	2,90E-05	2,89E-05	1,69E-08	0,00E+00	6,87E-10	3,47E-09
062. Resource use, fossils	MJ	3,53E+01	3,51E+01	1,58E-01	0,00E+00	6,39E-03	2,47E-02
063. Water use	m3 depriv.	7,32E-01	7,30E-01	7,02E-04	0,00E+00	2,87E-05	6,61E-04
064. Particulate matter	disease inc	2,13E-07	2,12E-07	9,40E-10	0,00E+00	3,86E-11	1,70E-10
065. Ionising radiation	kBq U-235 eq	1,21E-01	1,21E-01	5,90E-05	0,00E+00	2,41E-06	4,15E-05
066. Ecotoxicity, freshwater	CTUe	8,85E+02	1,60E+01	7,07E-02	8,69E+02	2,85E-03	3,65E-01
067. Human toxicity, cancer	CTUh	7,14E-09	7,13E-09	3,41E-12	0,00E+00	1,36E-13	1,55E-12
068. Human toxicity, non-cancer	CTUh	8,04E-08	7,98E-08	6,84E-11	5,50E-10	2,79E-12	1,99E-11
069. Land use	Pt	3,56E+00	3,36E+00	1,63E-01	0,00E+00	6,74E-03	3,05E-02



Duplex: Metalliseren + natlak

Net als bij de milieuverklaring voor metalliseren zien we een zwaartepunt in module B en C1. Omdat van het begin af aan ook een natlak laag wordt toegepast is de impact in module A1-A3 relatief groter.

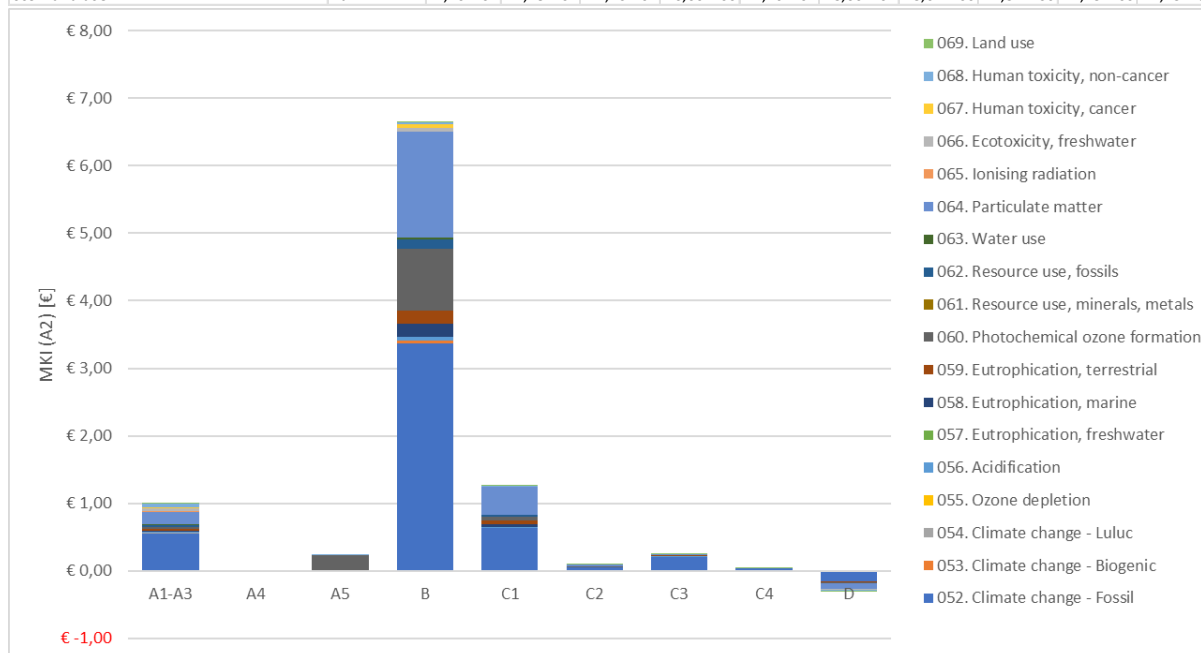
051. Climate change	kg CO2 eq	3,48E+01	5,63E+00	2,10E-02	2,42E+00	3,28E+00	1,67E+01	1,35E+00	5,55E+00	8,89E-01	-1,07E+00
052. Climate change - Fossil	kg CO2 eq	3,44E+01	5,50E+00	2,09E-02	2,42E+00	3,25E+00	1,67E+01	1,34E+00	5,35E+00	8,88E-01	-1,06E+00
053. Climate change - Biogenic	kg CO2 eq	3,62E-01	1,13E-01	1,09E-05	4,84E-10	3,41E-02	1,52E-02	2,09E-03	1,99E-01	6,55E-04	-2,23E-03
054. Climate change - Luluc	kg CO2 eq	4,73E-02	1,25E-02	6,10E-06	1,20E-04	1,92E-03	2,82E-02	4,78E-03	5,70E-04	7,46E-05	-8,54E-04
055. Ozone depletion	kg CFC11	1,98E-06	2,42E-07	4,62E-10	2,31E-07	2,43E-07	7,47E-07	2,39E-08	5,21E-07	2,39E-09	-2,69E-08
056. Acidification	mol H+ eq	1,63E-01	3,62E-02	8,01E-05	3,77E-03	1,51E-02	9,77E-02	6,44E-03	7,55E-03	7,23E-04	-5,03E-03
057. Eutrophication, freshwater	kg P eq	1,49E-03	3,45E-04	1,28E-07	4,47E-05	1,59E-04	1,22E-04	1,34E-05	8,27E-04	1,50E-06	-2,42E-05
058. Eutrophication, marine	kg N eq	6,38E-02	7,59E-03	3,06E-05	9,64E-04	2,79E-03	4,12E-02	2,45E-03	1,01E-02	2,67E-04	-1,53E-03
059. Eutrophication, terrestrial	mol N eq	6,05E-01	8,38E-02	3,28E-04	1,09E-02	2,93E-02	4,45E-01	2,61E-02	2,37E-02	2,89E-03	-1,75E-02
060. Photochemical ozone formation	kg NMVOC	7,66E-01	2,49E-02	1,26E-04	1,91E-01	3,99E-01	1,39E-01	8,91E-03	7,13E-03	1,19E-03	-5,47E-03
061. Resource use, minerals, metals	kg Sb eq	1,37E-03	1,31E-03	3,27E-08	3,10E-06	2,46E-05	2,84E-05	4,21E-06	3,73E-06	2,09E-07	-3,49E-06
062. Resource use, fossils	MJ	5,03E+02	9,01E+01	3,05E-01	4,01E+01	7,05E+01	2,39E+02	1,93E+01	5,55E+01	2,20E+00	-1,43E+01
063. Water use	m3 depriv	7,92E+00	3,94E+00	1,37E-03	3,33E-01	2,49E+00	1,28E+00	1,18E-01	1,19E-01	9,57E-02	-4,58E-01
064. Particulate matter	disease in	2,95E-06	2,97E-07	1,84E-09	1,06E-08	2,40E-07	2,31E-06	1,33E-07	3,50E-08	1,55E-08	-9,04E-08
065. Ionising radiation	kBq U-235	5,56E-01	2,91E-01	1,15E-04	5,88E-02	7,04E-02	9,23E-02	7,51E-03	5,42E-02	1,21E-03	-1,96E-02
066. Ecotoxicity, freshwater	CTUe	8,15E+02	4,35E+02	1,36E-01	2,28E+01	1,57E+02	1,30E+02	1,42E+01	5,80E+01	1,15E+00	-3,36E+00
067. Human toxicity, cancer	CTUh	5,45E-08	1,65E-08	6,48E-12	7,35E-09	1,94E-08	6,86E-09	7,12E-10	4,22E-09	1,13E-10	-5,91E-10
068. Human toxicity, non-cancer	CTUh	6,58E-07	4,13E-07	1,33E-10	1,59E-08	5,02E-08	1,13E-07	1,55E-08	5,61E-08	1,97E-09	-7,40E-09
069. Land use	Pt	1,36E+02	2,15E+01	3,21E-01	1,69E+00	6,47E+00	9,36E+01	1,52E+01	3,02E+00	5,01E+00	-1,08E+01



Duplex: Thermisch verzinken + natlak

Vergelijkbaar met de milieuverklaring voor natlak ligt het zwaartepunt van het duplex systeem met thermisch verzinken in module B. De natlak laag wordt gedurende 100 jaar overlaagd en één keer helemaal vervangen, wat onder deze module valt. Ook is de score in A1-A3 relatief gezien hoger in vergelijking met het natlak systeem omdat twee beschermingslagen worden toegepast.

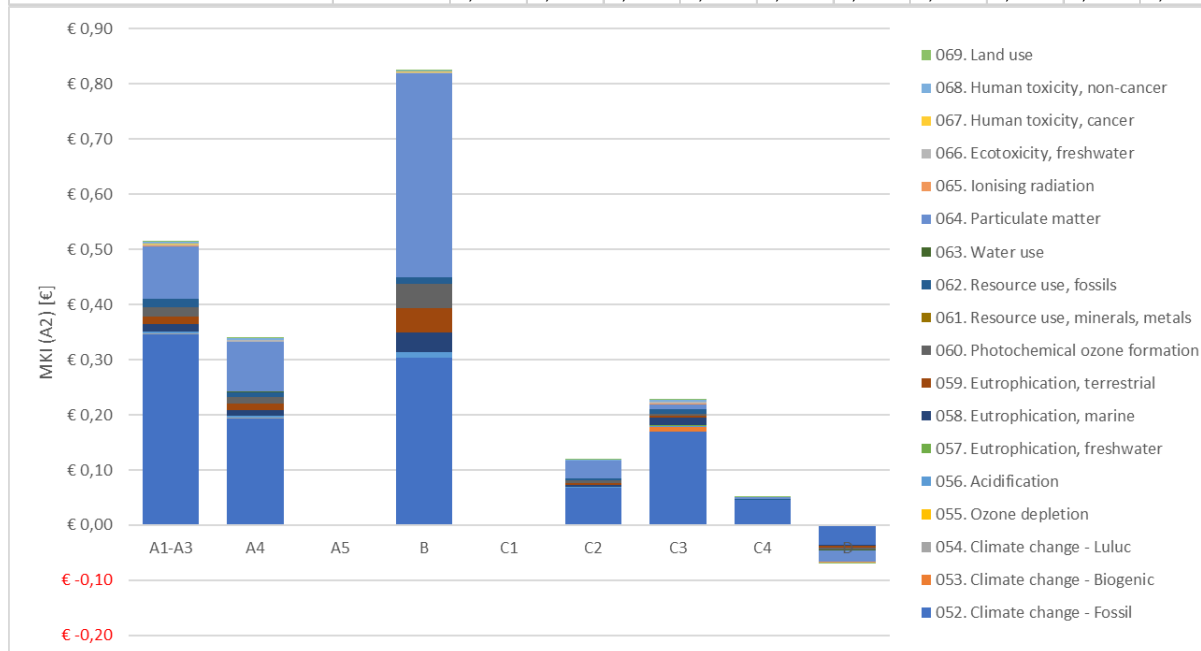
051. Climate change	kg CO2 eq	4,10E+01	4,83E+00	1,44E-02	0,00E+00	2,94E+01	5,47E+00	4,44E-01	1,83E+00	2,93E-01	-1,30E+00
052. Climate change - Fossil	kg CO2 eq	4,05E+01	4,70E+00	1,44E-02	0,00E+00	2,91E+01	5,46E+00	4,42E-01	1,76E+00	2,92E-01	-1,30E+00
053. Climate change - Biogenic	kg CO2 eq	4,51E-01	1,14E-01	7,50E-06	0,00E+00	2,67E-01	4,96E-03	6,86E-04	6,47E-02	3,01E-04	-1,51E-03
054. Climate change - Luluc	kg CO2 eq	5,48E-02	8,54E-03	4,18E-06	0,00E+00	3,65E-02	9,23E-03	1,56E-03	2,06E-04	2,49E-05	-1,33E-03
055. Ozone depletion	kg CFC11 eq	2,27E-06	2,23E-07	3,17E-10	0,00E+00	1,66E-06	2,44E-07	7,88E-09	1,70E-07	8,41E-10	-2,85E-08
056. Acidification	mol H+ eq	1,98E-01	3,38E-02	5,49E-05	0,00E+00	1,35E-01	3,19E-02	2,11E-03	2,62E-03	2,50E-04	-7,87E-03
057. Eutrophication, freshwater	kg P eq	1,76E-03	2,94E-04	8,77E-08	0,00E+00	1,20E-03	3,99E-05	4,38E-06	2,71E-04	5,06E-07	-5,47E-05
058. Eutrophication, marine	kg N eq	7,99E-02	6,32E-03	2,10E-05	0,00E+00	5,81E-02	1,35E-02	8,03E-04	3,33E-03	9,30E-05	-2,30E-03
059. Eutrophication, terrestrial	mol N eq	7,54E-01	7,52E-02	2,25E-04	0,00E+00	5,41E-01	1,45E-01	8,57E-03	8,16E-03	1,01E-03	-2,64E-02
060. Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq	1,00E+00	2,14E-02	8,62E-05	1,88E-01	7,49E-01	4,54E-02	2,93E-03	2,45E-03	4,13E-04	-7,89E-03
061. Resource use, minerals, metals	kg Sb eq	6,61E-04	9,70E-04	2,25E-08	0,00E+00	7,31E-05	9,27E-06	1,38E-06	2,06E-06	7,35E-08	-3,95E-04
062. Resource use, fossils	MJ	5,84E+02	7,58E+01	2,09E-01	0,00E+00	4,21E+02	7,82E+01	6,33E+00	1,83E+01	7,67E-01	-1,66E+01
063. Water use	m3 depriv.	8,43E+00	3,28E+00	9,37E-04	0,00E+00	5,31E+00	4,18E-01	3,88E-02	4,14E-02	3,16E-02	-6,97E-01
064. Particulate matter	disease inc.	3,88E-06	3,35E-07	1,26E-09	0,00E+00	2,85E-06	7,55E-07	4,36E-08	1,35E-08	5,38E-09	-1,27E-07
065. Ionising radiation	kBq U-235 eq	5,17E-01	2,25E-01	7,89E-05	0,00E+00	2,60E-01	3,02E-02	2,47E-03	1,82E-02	4,65E-04	-1,97E-02
066. Ecotoxicity, freshwater	CTUe	7,24E+02	3,37E+02	9,33E-02	5,54E+00	4,24E+02	4,25E+01	4,66E+00	1,91E+01	2,05E+00	-1,11E+02
067. Human toxicity, cancer	CTUh	6,41E-08	1,64E-08	4,45E-12	7,02E-09	4,07E-08	2,24E-09	2,33E-10	1,40E-09	3,92E-11	-3,93E-09
068. Human toxicity, non-cancer	CTUh	6,03E-07	3,39E-07	9,12E-11	5,51E-09	2,61E-07	3,70E-08	5,07E-09	1,93E-08	8,07E-10	-6,40E-08
069. Land use	Pt	1,70E+02	2,18E+01	2,20E-01	0,00E+00	1,26E+02	3,06E+01	5,01E+00	1,31E+00	1,75E+00	-1,73E+01



Straalmiddel: Koperslak, hoogovenslak en smeltslakgrit

Het zwaartepunt van koperslak achtige straalmiddelen zit voornamelijk in de gebruiksfase (d.w.z. het energieverbruik van het stralen), maar ook de productie en transport van het middel speelt een relatief grote bijdrage.

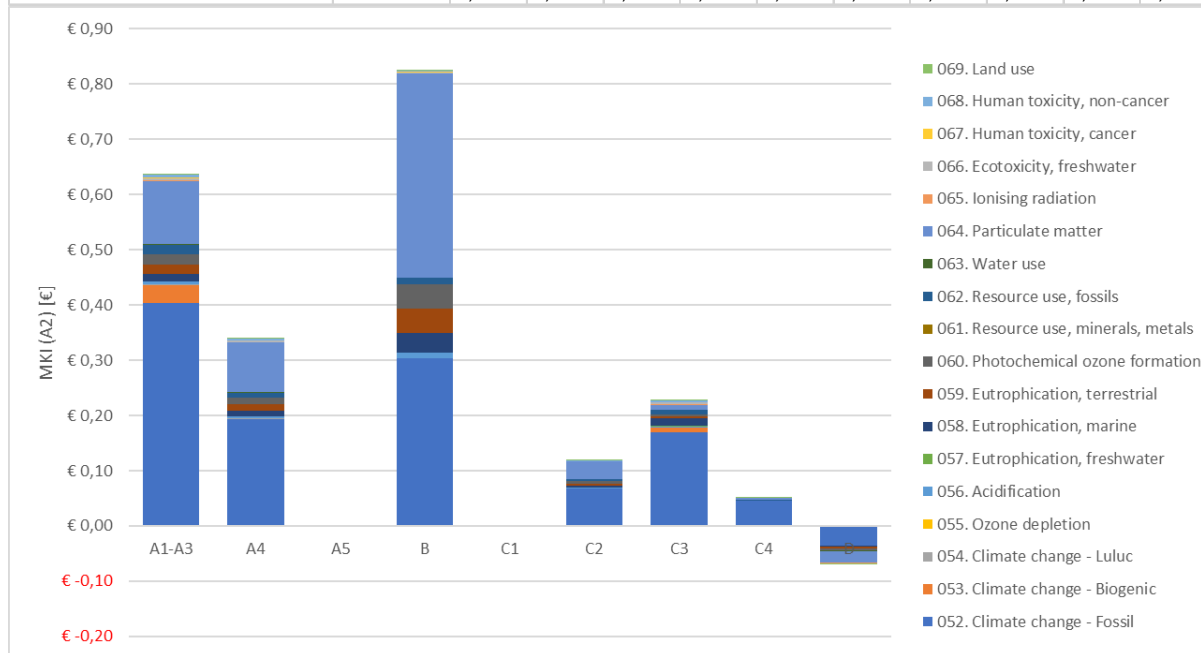
Damage category	Unit	Total	A1-A3 Bek	A4 transp	A5 straalg	B Straalgri	C1 straalg	C2 transp	C3 Reinige	C4 Stort e	D Scorex/t
Total	Euro	€ 2,01	€ 0,52	€ 0,34	€ 0,00	€ 0,82	€ 0,00	€ 0,12	€ 0,23	€ 0,05	€ -0,07
051. Climate change	kg CO2 eq	9,50E+00	2,99E+00	1,68E+00	0,00E+00	2,62E+00	0,00E+00	5,87E-01	1,54E+00	3,87E-01	-3,05E-01
052. Climate change - Fossil	kg CO2 eq	9,40E+00	2,99E+00	1,67E+00	0,00E+00	2,62E+00	0,00E+00	5,84E-01	1,45E+00	3,87E-01	-3,03E-01
053. Climate change - Biogenic	kg CO2 eq	9,34E-02	2,77E-03	2,60E-03	0,00E+00	1,24E-03	0,00E+00	9,11E-04	8,66E-02	2,86E-04	-9,39E-04
054. Climate change - Luluc	kg CO2 eq	1,43E-02	6,01E-03	5,95E-03	0,00E+00	3,45E-04	0,00E+00	2,08E-03	2,46E-04	3,24E-05	-3,61E-04
055. Ozone depletion	kg CFC11 eq	5,60E-07	2,54E-07	2,97E-08	0,00E+00	4,20E-08	0,00E+00	1,04E-08	2,27E-07	1,04E-09	-3,21E-09
056. Acidification	mol H+ eq	4,68E-02	1,04E-02	8,00E-03	0,00E+00	2,42E-02	0,00E+00	2,80E-03	3,21E-03	3,14E-04	-2,09E-03
057. Eutrophication, freshwater	kg P eq	4,10E-04	2,50E-05	1,66E-05	0,00E+00	1,16E-05	0,00E+00	5,81E-06	3,60E-04	6,50E-07	-1,02E-05
058. Eutrophication, marine	kg N eq	2,29E-02	3,76E-03	3,04E-03	0,00E+00	1,11E-02	0,00E+00	1,06E-03	4,36E-03	1,16E-04	-6,25E-04
059. Eutrophication, terrestrial	mol N eq	2,09E-01	4,04E-02	3,24E-02	0,00E+00	1,21E-01	0,00E+00	1,13E-02	9,97E-03	1,25E-03	-7,18E-03
060. Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq	6,58E-02	1,35E-02	1,11E-02	0,00E+00	3,59E-02	0,00E+00	3,87E-03	3,01E-03	5,19E-04	-2,15E-03
061. Resource use, minerals, metals	kg Sb eq	1,44E-05	6,07E-06	5,23E-06	0,00E+00	1,07E-06	0,00E+00	1,83E-06	1,61E-06	9,10E-08	-1,48E-06
062. Resource use, fossils	MJ	1,34E+02	4,59E+01	2,39E+01	0,00E+00	3,45E+01	0,00E+00	8,37E+00	2,41E+01	9,56E-01	-3,75E+00
063. Water use	m3 depriv.	5,20E-01	2,09E-01	1,47E-01	0,00E+00	2,02E-01	0,00E+00	5,14E-02	5,56E-02	4,15E-02	-1,87E-01
064. Particulate matter	disease inc.	1,05E-06	1,71E-07	1,65E-07	0,00E+00	6,71E-07	0,00E+00	5,77E-08	1,46E-08	6,71E-09	-3,89E-08
065. Ionising radiation	kBq U-235 eq	5,93E-02	2,02E-02	9,33E-03	0,00E+00	1,07E-02	0,00E+00	3,27E-03	2,35E-02	5,28E-04	-8,30E-03
066. Ecotoxicity, freshwater	CTUe	8,70E+01	2,27E+01	1,77E+01	0,00E+00	1,63E+01	0,00E+00	6,18E+00	2,50E+01	4,97E-01	-1,40E+00
067. Human toxicity, cancer	CTUh	3,85E-09	1,18E-09	8,84E-10	0,00E+00	9,28E-10	0,00E+00	3,10E-10	7,44E-10	4,93E-11	-2,39E-10
068. Human toxicity, non-cancer	CTUh	7,49E-08	2,28E-08	1,92E-08	0,00E+00	7,29E-09	0,00E+00	6,72E-09	2,11E-08	8,57E-10	-3,06E-09
069. Land use	Pt	4,61E+01	1,95E+01	1,89E+01	0,00E+00	2,40E+00	0,00E+00	6,61E+00	1,29E+00	2,17E+00	-4,69E+00



Straalmiddel: Gebroken glas

Het zwaartepunt van het straalmiddel gebroken glas is vergelijkbaar met hoogovenslak: zowel de gebruiksfase als de product en het transport spelen een significante rol.

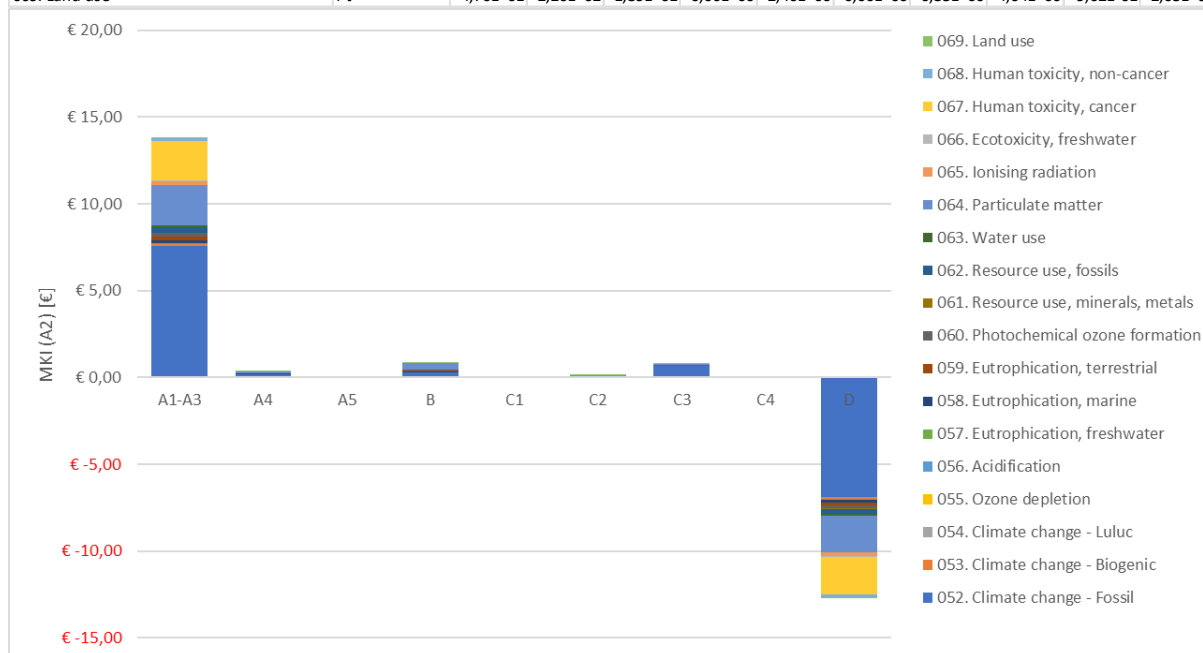
Damage category	Unit	Total	A1-A3 Get	A4 transp	A5 straalg	B Straalgri	C1 straalg	C2 transp	C3 Reinig	C4 Stort e	D Gebroke
Total	Euro	€ 2,13	€ 0,64	€ 0,34	€ 0,00	€ 0,82	€ 0,00	€ 0,12	€ 0,23	€ 0,05	€ -0,07
051. Climate change	kg CO2 eq	1,03E+01	3,77E+00	1,68E+00	0,00E+00	2,62E+00	0,00E+00	5,87E-01	1,54E+00	3,87E-01	-3,05E-01
052. Climate change - Fossil	kg CO2 eq	9,89E+00	3,48E+00	1,67E+00	0,00E+00	2,62E+00	0,00E+00	5,84E-01	1,45E+00	3,87E-01	-3,03E-01
053. Climate change - Biogenic	kg CO2 eq	3,69E-01	2,78E-01	2,60E-03	0,00E+00	1,24E-03	0,00E+00	9,11E-04	8,66E-02	2,86E-04	-9,39E-04
054. Climate change - Luluc	kg CO2 eq	1,50E-02	6,66E-03	5,95E-03	0,00E+00	3,45E-04	0,00E+00	2,08E-03	2,46E-04	3,24E-05	-3,61E-04
055. Ozone depletion	kg CFC11 eq	5,65E-07	2,59E-07	2,97E-08	0,00E+00	4,20E-08	0,00E+00	1,04E-08	2,27E-07	1,04E-09	-3,21E-09
056. Acidification	mol H+ eq	4,85E-02	1,21E-02	8,00E-03	0,00E+00	2,42E-02	0,00E+00	2,80E-03	3,21E-03	3,14E-04	-2,09E-03
057. Eutrophication, freshwater	kg P eq	4,18E-04	3,36E-05	1,66E-05	0,00E+00	1,16E-05	0,00E+00	5,81E-06	3,60E-04	6,50E-07	-1,02E-05
058. Eutrophication, marine	kg N eq	2,35E-02	4,43E-03	3,04E-03	0,00E+00	1,11E-02	0,00E+00	1,06E-03	4,36E-03	1,16E-04	-6,25E-04
059. Eutrophication, terrestrial	mol N eq	2,16E-01	4,65E-02	3,24E-02	0,00E+00	1,21E-01	0,00E+00	1,13E-02	9,97E-03	1,25E-03	-7,18E-03
060. Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq	6,78E-02	1,56E-02	1,11E-02	0,00E+00	3,59E-02	0,00E+00	3,87E-03	3,01E-03	5,19E-04	-2,15E-03
061. Resource use, minerals, metals	kg Sb eq	1,57E-05	7,35E-06	5,23E-06	0,00E+00	1,07E-06	0,00E+00	1,83E-06	1,61E-06	9,10E-08	-1,48E-06
062. Resource use, fossils	MJ	1,38E+02	5,04E+01	2,39E+01	0,00E+00	3,45E+01	0,00E+00	8,37E+00	2,41E+01	9,56E-01	-3,75E+00
063. Water use	m3 depriv.	7,25E-01	4,14E-01	1,47E-01	0,00E+00	2,02E-01	0,00E+00	5,14E-02	5,56E-02	4,15E-02	-1,87E-01
064. Particulate matter	disease inc.	1,08E-06	2,05E-07	1,65E-07	0,00E+00	6,71E-07	0,00E+00	5,77E-08	1,46E-08	6,71E-09	-3,89E-08
065. Ionising radiation	kBq U-235 eq	7,15E-02	3,25E-02	9,33E-03	0,00E+00	1,07E-02	0,00E+00	3,27E-03	2,35E-02	5,28E-04	-8,30E-03
066. Ecotoxicity, freshwater	CTUe	9,18E+01	2,76E+01	1,77E+01	0,00E+00	1,63E+01	0,00E+00	6,18E+00	2,50E+01	4,97E-01	-1,40E+00
067. Human toxicity, cancer	CTUh	4,55E-09	1,87E-09	8,84E-10	0,00E+00	9,28E-10	0,00E+00	3,10E-10	7,44E-10	4,93E-11	-2,39E-10
068. Human toxicity, non-cancer	CTUh	7,95E-08	2,74E-08	1,92E-08	0,00E+00	7,29E-09	0,00E+00	6,72E-09	2,11E-08	8,57E-10	-3,06E-09
069. Land use	Pt	5,00E+01	2,33E+01	1,89E+01	0,00E+00	2,40E+00	0,00E+00	6,61E+00	1,29E+00	2,17E+00	-4,69E+00



Straalmiddel: Staalgrit

Het zwaartepunt van staalgrit ligt beduidend bij de productie van het staal, maar bij het recycleren en hergebruik van het staalgrit in module D wordt deze milieupact grotendeels tenietgedaan.

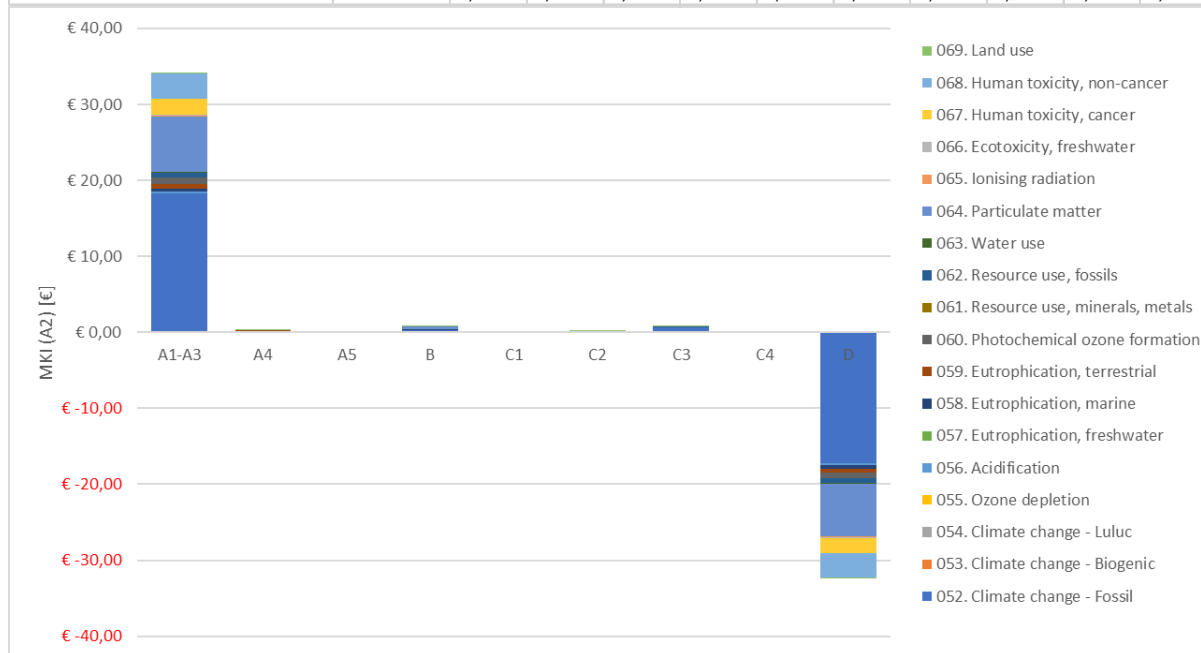
Schade categorie	Eenheid	Totaal	A1-A3 Ste	A4 transp	A5 straalg	B Straalgrit	C1 straalg	C2 transp	C3 Reinige	C4 stort st	D Steel gri
Totaal	Euro	€ 3,13	€ 13,78	€ 0,34	€ 0,00	€ 0,82	€ 0,00	€ 0,11	€ 0,77	€ 0,00	€ -12,70
051. Climate change	kg CO2 eq	1,65E+01	6,60E+01	1,68E+00	0,00E+00	2,62E+00	0,00E+00	5,65E-01	5,79E+00	1,83E-02	-6,03E+01
052. Climate change - Fossil	kg CO2 eq	1,65E+01	6,54E+01	1,67E+00	0,00E+00	2,62E+00	0,00E+00	5,62E-01	5,79E+00	1,82E-02	-5,96E+01
053. Climate change - Biogenic	kg CO2 eq	-5,76E-03	5,95E-01	2,60E-03	0,00E+00	1,24E-03	0,00E+00	8,77E-04	1,16E-09	1,04E-05	-6,06E-01
054. Climate change - Luluc	kg CO2 eq	1,03E-02	5,37E-02	5,95E-03	0,00E+00	3,45E-04	0,00E+00	2,00E-03	2,88E-04	1,10E-05	-5,20E-02
055. Ozone depletion	kg CFC11 eq	8,80E-07	2,96E-06	2,97E-08	0,00E+00	4,20E-08	0,00E+00	1,00E-08	5,53E-07	5,28E-10	-2,72E-06
056. Acidification	mol H+ eq	6,23E-02	2,24E-01	8,00E-03	0,00E+00	2,42E-02	0,00E+00	2,69E-03	9,01E-03	1,37E-04	-2,06E-01
057. Eutrophication, freshwater	kg P eq	4,78E-05	2,54E-03	1,66E-05	0,00E+00	1,16E-05	0,00E+00	5,59E-06	1,07E-04	1,78E-07	-2,64E-03
058. Eutrophication, marine	kg N eq	2,11E-02	4,66E-02	3,04E-03	0,00E+00	1,11E-02	0,00E+00	1,02E-03	2,30E-03	5,24E-05	-4,30E-02
059. Eutrophication, terrestrial	mol N eq	2,42E-01	5,32E-01	3,24E-02	0,00E+00	1,21E-01	0,00E+00	1,09E-02	2,61E-02	5,65E-04	-4,81E-01
060. Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq	8,44E-02	1,68E-01	1,11E-02	0,00E+00	3,59E-02	0,00E+00	3,72E-03	7,34E-03	1,97E-04	-1,42E-01
061. Resource use, minerals, metals	kg Sb eq	2,08E-05	2,57E-04	5,23E-06	0,00E+00	1,07E-06	0,00E+00	1,76E-06	7,41E-06	2,53E-08	-2,52E-04
062. Resource use, fossils	MJ	2,34E+02	9,92E+02	2,39E+01	0,00E+00	3,45E+01	0,00E+00	8,05E+00	9,60E+01	4,54E-01	-9,21E+02
063. Water use	m3 depriv.	2,02E+00	2,47E+01	1,47E-01	0,00E+00	2,02E-01	0,00E+00	4,94E-02	7,96E-01	2,04E-02	-2,39E+01
064. Particulate matter	disease inc.	1,37E-06	4,25E-06	1,65E-07	0,00E+00	6,71E-07	0,00E+00	5,55E-08	2,53E-08	3,00E-09	-3,80E-06
065. Ionising radiation	kBq U-235 eq	3,24E-01	4,10E+00	9,33E-03	0,00E+00	1,07E-02	0,00E+00	3,14E-03	1,40E-01	1,20E-04	-3,94E+00
066. Ecotoxicity, freshwater	CTUe	8,55E+01	5,91E+02	1,77E+01	0,00E+00	1,63E+01	0,00E+00	5,94E+00	4,12E+01	2,13E-01	-5,87E+02
067. Human toxicity, cancer	CTUh	7,45E-08	2,03E-06	8,84E-10	0,00E+00	9,28E-10	0,00E+00	2,98E-10	7,91E-10	7,76E-11	-1,96E-06
068. Human toxicity, non-cancer	CTUh	-1,37E-07	1,11E-06	1,92E-08	0,00E+00	7,29E-09	0,00E+00	6,47E-09	2,48E-08	9,71E-11	-1,31E-06
069. Land use	Pt	4,70E+01	2,20E+02	1,89E+01	0,00E+00	2,40E+00	0,00E+00	6,35E+00	4,04E+00	9,02E-01	-2,05E+02



Straalmiddel: Gietijzergrit

Net als bij staalgrit, ligt het zwaartepunt van gietijzergrit met name in de productiefase, en wordt deze impact grotendeels teniet gedaan in module D omdat het gietijzergrit meermaals inzetbaar is.

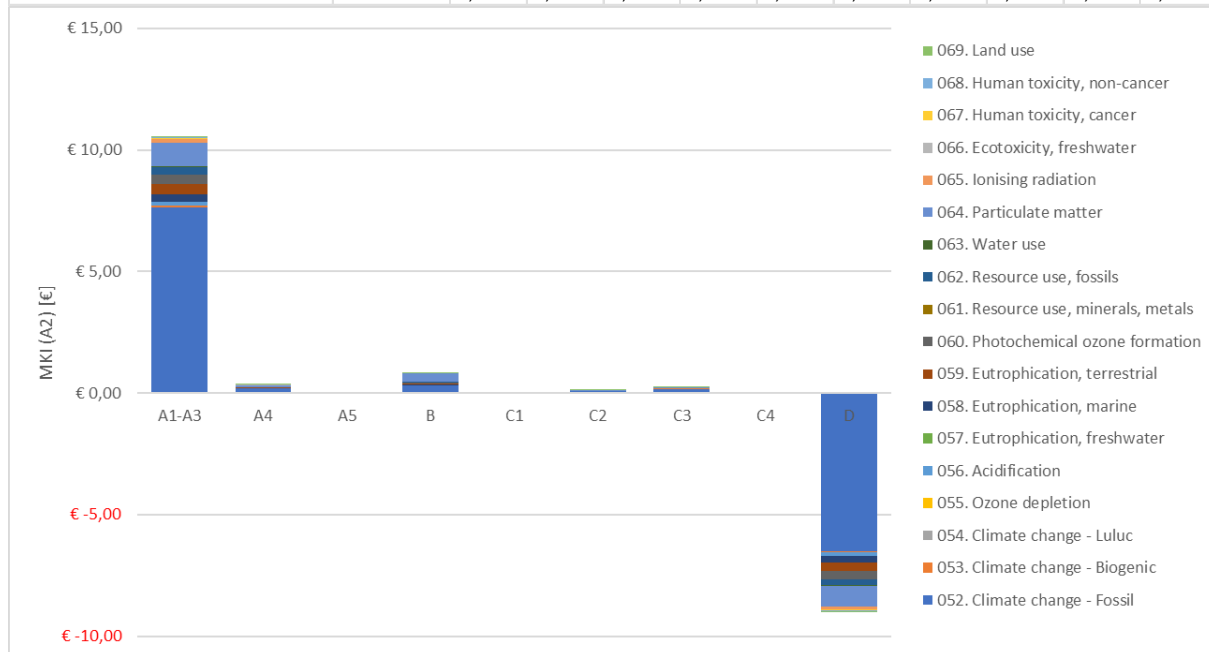
Damage category	Unit	Total	A1-A3 Gie	A4 transp	A5 straalg	B Straalgri	C1 straalg	C2 transp	C3 Reinige	C4 stort st	D Gietijze
Total	Euro	€ 3,85	€ 34,06	€ 0,34	€ 0,00	€ 0,82	€ 0,00	€ 0,11	€ 0,77	€ 0,00	€ -32,27
051. Climate change	kg CO2 eq	1,91E+01	1,57E+02	1,68E+00	0,00E+00	2,62E+00	0,00E+00	5,65E-01	5,79E+00	1,83E-02	-1,49E+02
052. Climate change - Fossil	kg CO2 eq	1,91E+01	1,57E+02	1,67E+00	0,00E+00	2,62E+00	0,00E+00	5,62E-01	5,79E+00	1,82E-02	-1,49E+02
053. Climate change - Biogenic	kg CO2 eq	-1,39E-02	-1,84E-01	2,60E-03	0,00E+00	1,24E-03	0,00E+00	8,77E-04	1,16E-09	1,04E-05	1,65E-01
054. Climate change - Luluc	kg CO2 eq	1,35E-02	1,02E-01	5,95E-03	0,00E+00	3,45E-04	0,00E+00	2,00E-03	2,88E-04	1,10E-05	-9,71E-02
055. Ozone depletion	kg CFC11 eq	8,99E-07	4,82E-06	2,97E-08	0,00E+00	4,20E-08	0,00E+00	1,00E-08	5,53E-07	5,28E-10	-4,56E-06
056. Acidification	mol H+ eq	7,60E-02	6,08E-01	8,00E-03	0,00E+00	2,42E-02	0,00E+00	2,69E-03	9,01E-03	1,37E-04	-5,76E-01
057. Eutrophication, freshwater	kg P eq	4,16E-04	6,54E-03	1,66E-05	0,00E+00	1,16E-05	0,00E+00	5,59E-06	1,07E-04	1,78E-07	-6,26E-03
058. Eutrophication, marine	kg N eq	2,46E-02	1,36E-01	3,04E-03	0,00E+00	1,11E-02	0,00E+00	1,02E-03	2,30E-03	5,24E-05	-1,29E-01
059. Eutrophication, terrestrial	mol N eq	2,74E-01	1,54E+00	3,24E-02	0,00E+00	1,21E-01	0,00E+00	1,09E-02	2,61E-02	5,65E-04	-1,46E+00
060. Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq	9,72E-02	6,97E-01	1,11E-02	0,00E+00	3,59E-02	0,00E+00	3,72E-03	7,34E-03	1,97E-04	-6,58E-01
061. Resource use, minerals, metals	kg Sb eq	2,36E-05	1,98E-04	5,23E-06	0,00E+00	1,07E-06	0,00E+00	1,76E-06	7,41E-06	2,53E-08	-1,90E-04
062. Resource use, fossils	MJ	2,63E+02	1,90E+03	2,39E+01	0,00E+00	3,45E+01	0,00E+00	8,05E+00	9,60E+01	4,54E-01	-1,80E+03
063. Water use	m3 depriv.	2,32E+00	2,41E+01	1,47E-01	0,00E+00	2,02E-01	0,00E+00	4,94E-02	7,96E-01	2,04E-02	-2,30E+01
064. Particulate matter	disease inc.	1,64E-06	1,33E-05	1,65E-07	0,00E+00	6,71E-07	0,00E+00	5,55E-08	2,53E-08	3,00E-09	-1,26E-05
065. Ionising radiation	kBq U-235 eq	2,69E-01	2,32E+00	9,33E-03	0,00E+00	1,07E-02	0,00E+00	3,14E-03	1,40E-01	1,20E-04	-2,22E+00
066. Ecotoxicity, freshwater	CTUe	1,15E+02	7,90E+02	1,77E+01	0,00E+00	1,63E+01	0,00E+00	5,94E+00	4,12E+01	2,13E-01	-7,57E+02
067. Human toxicity, cancer	CTUh	8,88E-08	1,86E-06	8,84E-10	0,00E+00	9,28E-10	0,00E+00	2,98E-10	7,91E-10	7,76E-11	-1,77E-06
068. Human toxicity, non-cancer	CTUh	1,14E-06	2,28E-05	1,92E-08	0,00E+00	7,29E-09	0,00E+00	6,47E-09	2,48E-08	9,71E-11	-2,17E-05
069. Land use	Pt	5,28E+01	3,89E+02	1,89E+01	0,00E+00	2,40E+00	0,00E+00	6,35E+00	4,04E+00	9,02E-01	-3,69E+02



Straalmiddel: Bruine korund

Net als bij staalgrit en gietijzergrit, ligt het zwaartepunt van bruine korund met name in de productiefase, en wordt deze impact grotendeels teniet gedaan in module D omdat het bruine korund meermaals inzetbaar is.

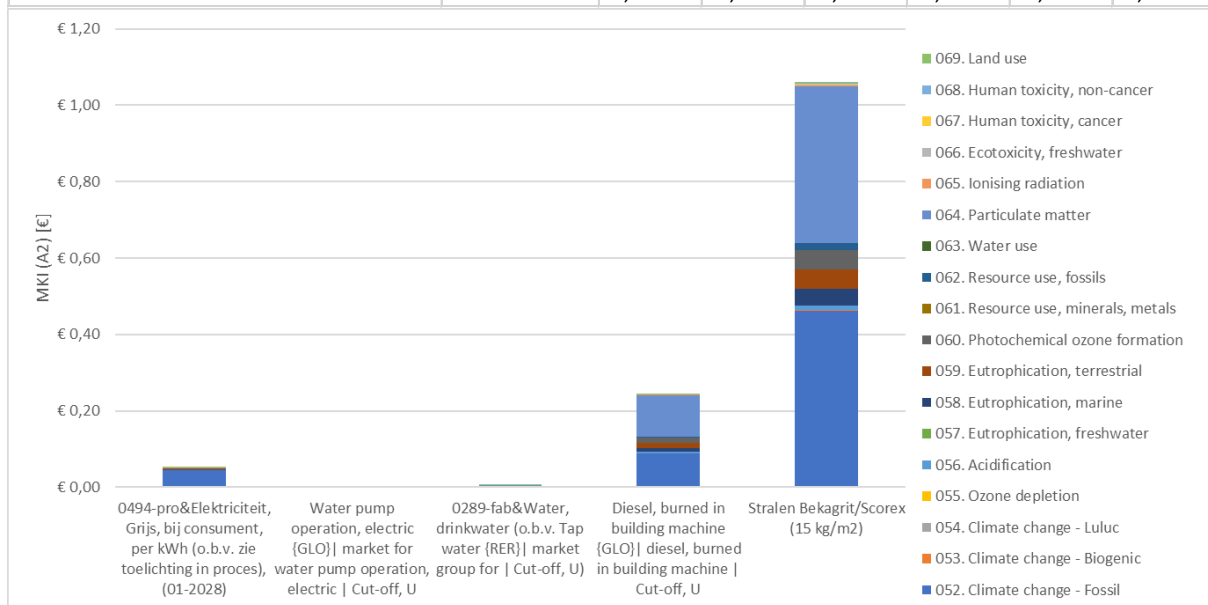
Schade categorie	Eenheid	Totaal	A1-A3 Bru	A4 transp	A5 straalg	B Straalgrit	C1 straalg	C2 transp	C3 Reinig	C4 stort	Bruine K
Totaal	Euro	€ 3,09	€ 10,54	€ 0,34	€ 0,00	€ 0,82	€ 0,00	€ 0,11	€ 0,23	€ 0,01	€ -8,97
051. Climate change	kg CO2 eq	1,64E+01	6,64E+01	1,68E+00	0,00E+00	2,62E+00	0,00E+00	5,65E-01	1,54E+00	7,74E-02	-5,65E+01
052. Climate change - Fossil	kg CO2 eq	1,62E+01	6,60E+01	1,67E+00	0,00E+00	2,62E+00	0,00E+00	5,62E-01	1,45E+00	7,74E-02	-5,61E+01
053. Climate change - Biogenic	kg CO2 eq	1,53E-01	4,14E-01	2,60E-03	0,00E+00	1,24E-03	0,00E+00	8,77E-04	8,66E-02	5,71E-05	-3,52E-01
054. Climate change - Luluc	kg CO2 eq	1,66E-02	5,42E-02	5,95E-03	0,00E+00	3,45E-04	0,00E+00	2,00E-03	2,46E-04	6,48E-06	-4,62E-02
055. Ozone depletion	kg CFC11 eq	4,65E-07	1,05E-06	2,97E-08	0,00E+00	4,20E-08	0,00E+00	1,00E-08	2,27E-07	2,07E-10	-8,92E-07
056. Acidification	mol H+ eq	1,02E-01	4,28E-01	8,00E-03	0,00E+00	2,42E-02	0,00E+00	2,69E-03	3,21E-03	6,28E-05	-3,64E-01
057. Eutrophication, freshwater	kg P eq	5,91E-04	1,32E-03	1,66E-05	0,00E+00	1,16E-05	0,00E+00	5,59E-06	3,60E-04	1,30E-07	-1,12E-03
058. Eutrophication, marine	kg N eq	3,40E-02	9,68E-02	3,04E-03	0,00E+00	1,11E-02	0,00E+00	1,02E-03	4,36E-03	2,32E-05	-8,23E-02
059. Eutrophication, terrestrial	mol N eq	3,38E-01	1,09E+00	3,24E-02	0,00E+00	1,21E-01	0,00E+00	1,09E-02	9,97E-03	2,51E-04	-9,32E-01
060. Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq	1,05E-01	3,41E-01	1,11E-02	0,00E+00	3,59E-02	0,00E+00	3,72E-03	3,01E-03	1,04E-04	-2,90E-01
061. Resource use, minerals, metals	kg Sb eq	2,21E-05	8,43E-05	5,23E-06	0,00E+00	1,07E-06	0,00E+00	1,76E-06	1,61E-06	1,82E-08	-7,19E-05
062. Resource use, fossils	MJ	2,21E+02	8,69E+02	2,39E+01	0,00E+00	3,45E+01	0,00E+00	8,05E+00	2,41E+01	1,91E-01	-7,40E+02
063. Water use	m3 depriv.	1,49E+00	7,03E+00	1,47E-01	0,00E+00	2,02E-01	0,00E+00	4,94E-02	5,56E-02	8,31E-03	-6,00E+00
064. Particulate matter	disease inc.	1,17E-06	1,80E-06	1,65E-07	0,00E+00	6,71E-07	0,00E+00	5,55E-08	1,46E-08	1,34E-09	-1,53E-06
065. Ionising radiation	kBq U-235 eq	4,28E-01	2,55E+00	9,33E-03	0,00E+00	1,07E-02	0,00E+00	3,14E-03	2,35E-02	1,06E-04	-2,17E+00
066. Ecotoxicity, freshwater	CTUe	9,83E+01	2,23E+02	1,77E+01	0,00E+00	1,63E+01	0,00E+00	5,94E+00	2,50E+01	9,95E-02	-1,90E+02
067. Human toxicity, cancer	CTUh	5,76E-09	1,95E-08	8,84E-10	0,00E+00	9,28E-10	0,00E+00	2,98E-10	7,44E-10	9,86E-12	-1,66E-08
068. Human toxicity, non-cancer	CTUh	9,23E-08	2,56E-07	1,92E-08	0,00E+00	7,29E-09	0,00E+00	6,47E-09	2,11E-08	1,71E-10	-2,18E-07
069. Land use	Pt	4,96E+01	1,40E+02	1,89E+01	0,00E+00	2,40E+00	0,00E+00	6,35E+00	1,29E+00	4,35E-01	-1,19E+02



Inductiereinigen (excl. nastralen)

Omdat er bij inductiereinigen zonder nastralen geen sprake is van andere levenscyclus fasen dan de gebruiksfase, is de opbouw per gebruikt milieuprofiel weergegeven. Het straalmiddel en diens gebruik voor een relatief groot deel de milieupact van deze techniek.

Damage category	Unit	Total	0494-pro8	Water pur	0289-fab8	Diesel, bu	Stralen Be
Total	Euro	€ 1,36	€ 0,05	€ 0,00	€ 0,01	€ 0,24	€ 1,06
051. Climate change	kg CO2 eq	5,19E+00	3,86E-01	7,96E-03	2,83E-02	7,70E-01	4,00E+00
052. Climate change - Fossil	kg CO2 eq	5,17E+00	3,86E-01	7,88E-03	2,76E-02	7,69E-01	3,97E+00
053. Climate change - Biogenic	kg CO2 eq	2,05E-02	7,73E-11	5,48E-05	5,80E-04	1,77E-04	1,97E-02
054. Climate change - Luluc	kg CO2 eq	3,31E-03	1,92E-05	1,69E-05	4,82E-05	8,66E-05	3,14E-03
055. Ozone depletion	kg CFC11 eq	1,96E-07	3,69E-08	6,36E-11	7,82E-10	1,22E-08	1,46E-07
056. Acidification	mol H+ eq	3,66E-02	6,02E-04	4,39E-05	1,51E-04	7,13E-03	2,87E-02
057. Eutrophication, freshwater	kg P eq	1,04E-04	7,13E-06	5,96E-07	1,99E-06	2,78E-06	9,12E-05
058. Eutrophication, marine	kg N eq	1,70E-02	1,54E-04	6,68E-06	2,50E-05	3,30E-03	1,35E-02
059. Eutrophication, terrestrial	mol N eq	1,77E-01	1,74E-03	7,64E-05	2,83E-04	3,59E-02	1,39E-01
060. Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq	5,31E-02	4,90E-04	2,36E-05	1,04E-04	1,06E-02	4,19E-02
061. Resource use, minerals, metals	kg Sb eq	4,74E-06	4,94E-07	9,80E-08	1,45E-07	2,69E-07	3,74E-06
062. Resource use, fossils	MJ	7,14E+01	6,41E+00	1,03E-01	4,97E-01	1,01E+01	5,43E+01
063. Water use	m3 depriv.	4,48E-01	5,31E-02	1,49E-03	1,01E-01	2,69E-02	2,66E-01
064. Particulate matter	disease inc.	9,48E-07	1,69E-09	2,29E-10	1,51E-09	1,99E-07	7,46E-07
065. Ionising radiation	kBq U-235 eq	3,56E-02	9,38E-03	3,88E-04	3,37E-03	2,06E-03	2,04E-02
066. Ecotoxicity, freshwater	CTUe	3,82E+01	2,75E+00	2,77E-02	1,27E-01	4,82E+00	3,05E+01
067. Human toxicity, cancer	CTUh	1,93E-09	5,28E-11	4,88E-12	1,22E-10	2,36E-10	1,51E-09
068. Human toxicity, non-cancer	CTUh	2,59E-08	1,66E-09	1,68E-10	1,60E-09	1,64E-09	2,08E-08
069. Land use	Pt	1,22E+01	2,69E-01	1,89E-02	1,08E-01	6,79E-01	1,12E+01



Bijlage B Schalingsformules

Thermisch verzinken

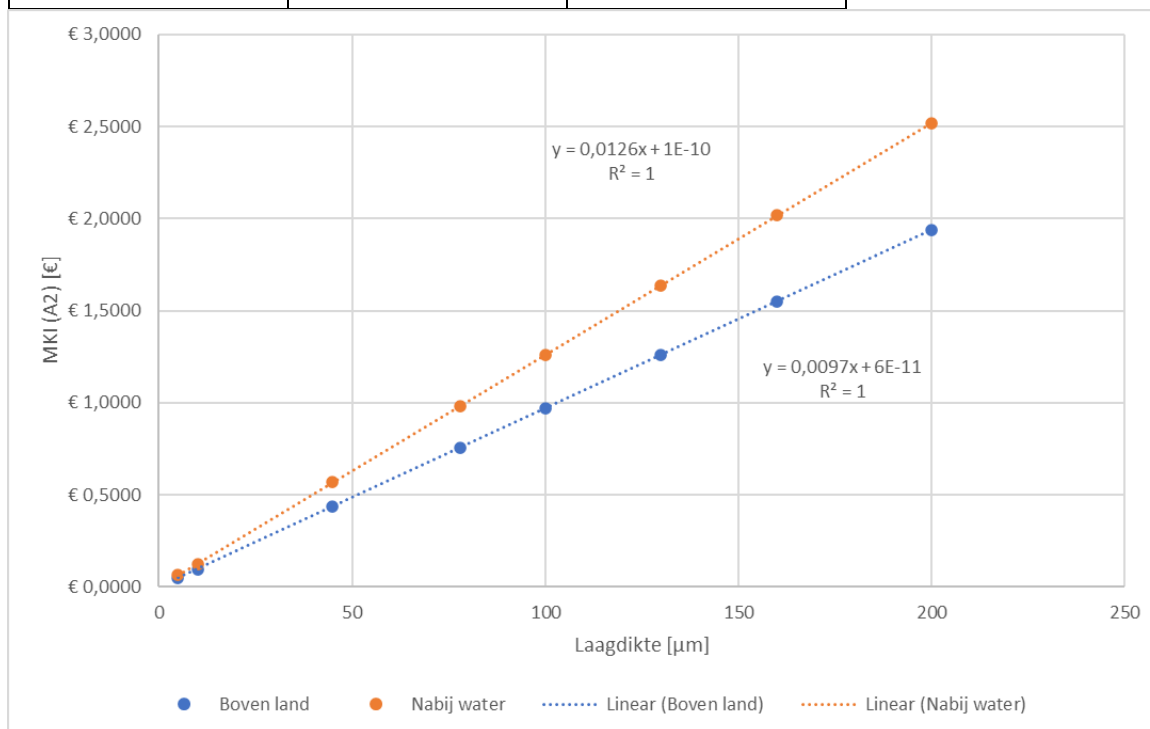
Op basis van enkele aanvullende laagdiktes voor thermisch verzinken is een schalingsformule bepaald. De invoermodule van de NMD heeft vier opties voor schaling. Het is echter overduidelijk dat het lineaire schaling betreft in dit geval. Met onderstaande data zijn de volgende twee schalingsformules bepaald voor beide scenario's:

Zinklaag boven land $y = 0,0096998 x$

Zinklaag nabij water $y = 0,012604 x$

Waarbij x is gegeven in μm .

Laagdikte [μm]	MKI zink boven land	MKI zink nabij water
5	€ 0,0485	€ 0,0630
10	€ 0,0970	€ 0,1260
45	€ 0,4365	€ 0,5672
78	€ 0,7566	€ 0,9831
100	€ 0,9700	€ 1,2604
130	€ 1,2610	€ 1,6385
160	€ 1,5520	€ 2,0167
200	€ 1,9400	€ 2,5208

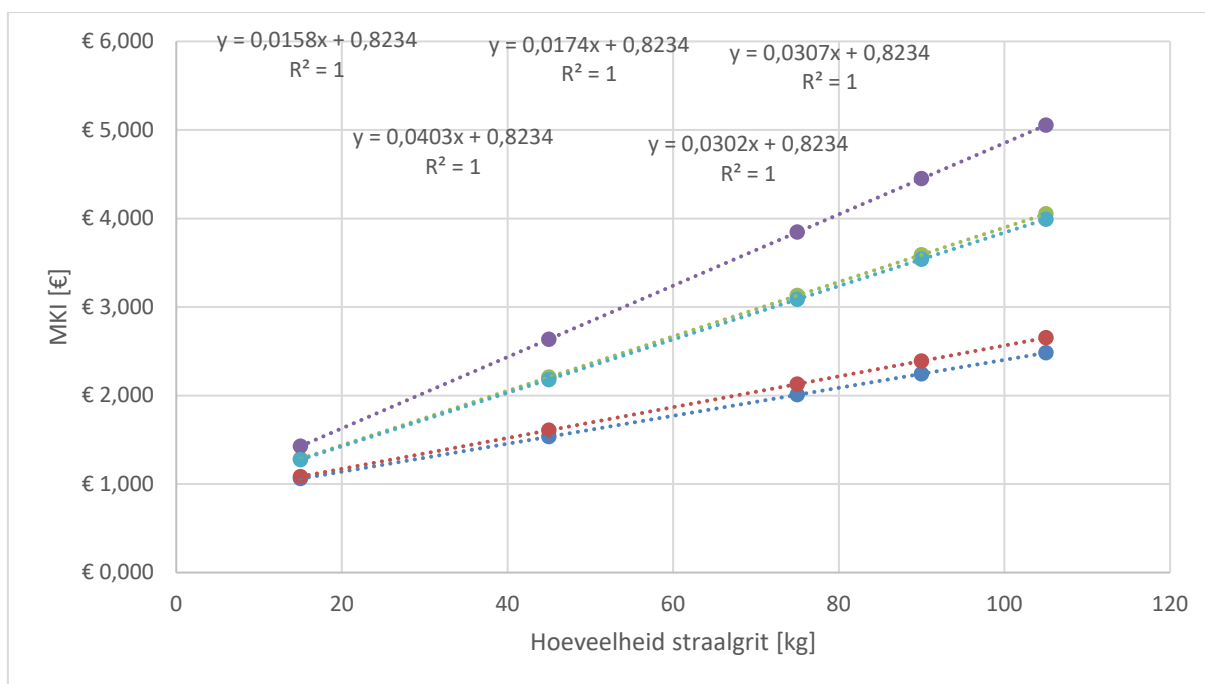


De kaart voor verzinken wordt ingevoerd met een standaard dikte van 78 μm , een minimum van 5 μm , en een maximum van 200 μm .

Straalgrit

Aangezien de hoeveelheid straalgrit dat nodig is om een oppervlak schoon te krijgen afhangt van het type conservering, de ondergrond en de dikte van de conservering ligt het voor de hand de verwijderingstechnieken schaalbaar in te voeren in de NMD. Op basis van een scala aan straalgrit gebruik is een schalingsverband per straalgrit bepaald. Dit is gedaan aan de hand van de MKI resultaten uit de onderstaande tabel.

Gewicht straalgrit [kg]	Smeltslakgrit	Gebroken glas	Staalgrit	Gietijzergrit	Bruin Korund
15	€ 1,060	€ 1,085	€ 1,285	€ 1,428	€ 1,214
45	€ 1,534	€ 1,607	€ 2,207	€ 2,636	€ 1,994
75	€ 2,008	€ 2,129	€ 3,129	€ 3,845	€ 2,775
90	€ 2,245	€ 2,391	€ 3,590	€ 4,450	€ 3,165
105	€ 2,482	€ 2,652	€ 4,051	€ 5,054	€ 3,555



Hieruit zijn de volgende schalingsformules bepaald met x als totale massa van straalgrit per m².

Smeltslakgrit	$y = 0,015794 * x + 0,82342$
Gebroken glas	$y = 0,017414 * x + 0,82342$
Staalgrit	$y = 0,030740 * x + 0,82342$
Gietijzergrit	$y = 0,040290 * x + 0,82342$
Bruin Korund	$y = 0,030172 * x + 0,82342$

De standaard hoeveelheid straalgrit is bepaald op 75 kg/m², met een minimum van 15 kg/m² en een maximum van 105 kg/m².