

## LCA Rapportage categorie 3 data Nationale Milieudatabase

### Wissels en wisselverwarming spoor

Datum/Versie

Versie 1: 12 maart 2021

Versie 2: 29 juli 2021 – aanpassing staalprofiel spoorstaven en wapeningstaal

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

Versie Bepalingsmethode: 1.0 met wijzigingsblad d.d. oktober 2020

Versie Ecoinvent database: 3.5

Opdrachtgever: ProRail  
Opdrachtnemer(s): SGS Search

Auteur(s): Branco Schipper, SGS Search  
Jeroen ter Meer, ProRail

## Inhoudsopgave

<b>Inhoudsopgave</b> .....	<b>2</b>
<b>1 Inleiding</b> .....	<b>3</b>
1.1 Doelstelling en doelgroep .....	3
1.2 Verantwoording .....	4
1.3 Leeswijzer .....	4
<b>2 Methode</b> .....	<b>5</b>
2.1 Aanpak .....	5
2.2 Scope .....	5
2.2.1 Functionele eenheid .....	5
2.3 Productbeschrijving .....	6
2.4 Systeemgrenzen .....	7
<b>3 Levenscyclusinventarisatie (LCI)</b> .....	<b>10</b>
3.1 Dataverzameling .....	10
3.2 Decompositie in materialen en processen .....	10
3.2.1 Wissel 1:9 .....	11
3.2.2 Wissel 1:15 .....	18
3.2.3 Elektrische wisselverwarming 1:9 .....	24
3.2.4 Elektrische wisselverwarming 1:12 en 1:15 .....	29
<b>4 Resultaten</b> .....	<b>35</b>
4.1 Berekening milieuprofiel .....	35
4.2 Gewogen resultaten .....	35
<b>5 Referenties</b> .....	<b>39</b>
<b>6 Bijlagen</b> .....	<b>40</b>
6.1 Bijlage A Gekarakteriseerde resultaten per product .....	40

## 1 Inleiding

Deze LCA -rapportage beschrijft de uitgangspunten en resultaten voor de categorie 3 data van wissels in de Nationale Milieudatabase . De actualisering van een voorgaande versie van deze LCA volgt op het initiatief van Rijkswaterstaat en de Stichting Nationale Milieudatabase (Stichting NMD), welke in 2020 zijn gestart met het actualiseren van de categorie 3 data voor de Spoor-, Grond-, Weg- en Waterbouw (GWW) in de Nationale Milieudatabase (NMD). 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 Gebouwen en GWW-werken' . Met software-instrumenten zoals DuboCalc kan met behulp van de Nationale Milieudatabase de MKI-waarde voor een product, object en een compleet project berekend worden.

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

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

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

### 1.1 Doelstelling en doelgroep

In deze studie zijn milieuprofielen opgesteld van onderdelen van wissels. 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 aangeboden aan de NMD en via de rekeninstrumenten en de website beschikbaar worden gemaakt aan de sector.

---

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

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

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

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

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

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 2019) inclusief het wijzigingsblad d.d. oktober 2020*, en het *SBK-toetsingsprotocol (versie 1.0, juli 2020)*. De Bepalingsmethode is gebaseerd op de *ISO 14040 - ISO14044* en de *NEN-EN 15804:2012 + A2:2019*.

De LCA is uitgevoerd in samenwerking met ProRail. Deze LCA is uitgevoerd door SGS Search.

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

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

## 1.3 Leeswijzer

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

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

In hoofdstuk 4 zijn de resultaten en de gevoeligheidsanalyse beschreven.

---

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

## 2 Methode

### 2.1 Aanpak

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

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

### 2.2 Scope

Dit LCA-rapport omvat de volgende producten:

- Wissel 1:9 ( $L_T$ -maat)
- Wissel 1:15 ( $L_T$ -maat)
- Wisselverwarming 1:9 (elektrisch)
- Wisselverwarming 1:12 en 1:15 (elektrisch)

Uitgangspunten voor de wissels:

- De LCA heeft betrekking op gewone wissels (linksleidend, rechtsleidend, danwel symmetrisch)
- De LCA heeft geen betrekking op hele engels wissels en halve engels wissels.
- Alle materialen en onderdelen die binnen de  $L_T$ -maat vallen (volgens de standaard tekeningen) zijn meegenomen.
- Onderscheid is gemaakt in geconstrueerde stalen en mangaanstalen puntstukken
- Hulpspoorstaven bij wissels die tijdelijk worden gebruikt en na aanleg van het wissel weer worden verwijderd, en worden geretourneerd aan de leverancier zijn niet meegenomen.

Uitgangspunten voor de wisselverwarming:

- Een elektrische wisselverwarmingseenheid bestaat uit een regelkast en trafokast die wordt geplaatst op een betonnen fundatie, wisselverwarming aanstuurkasten (WVAK) en verwarmingselementen.
- Voor het bepalen van het energieverbruik is uitgegaan dat van een wisselverwarmingseenheid die 4 wissels verwarmt
- Energievoorziening, kabelkokers, voedingskabels van energievoorziening naar groepenkast en voedingskabels groepenkast naar WVAK zijn niet opgenomen in deze LCA.

#### 2.2.1 Functionele eenheid

De functionele eenheid van de verschillende producten is als volgt:

- één stuks wissel met een levensduur van 45 jaar.
- één stuks elektrische wisselverwarmingseenheid voor het verwarmen van 4 wissels met een levensduur van 15 jaar.

## 2.3 Productbeschrijving

### Wissels

De functie van een wissel is het realiseren een fysieke vertakking in het spoornet. De wissel bestaat uit verscheidene onderdelen die men ook in een regulier stuk spoor vindt. O.a. Spoorstaven en dwarsliggers (van verschillende lengtes). De bewegende onderdelen, die de rijrichting van de trein bepalen worden tongen genoemd, welke op tongrollen geplaatst zijn. Tezamen met de aanslagspoorstaven (reguliere spoorstaaf naast de tong, voor de andere rijrichting) wordt dit onderdeel ook wel de tongbeweging genoemd. De stand van de tongen wordt gezet door de wisselsteller, welke, m.u.v. industriële spoorlijnen elektrisch worden aangedreven. Het punt waar twee rijrichtingen kruisen wordt het puntstuk genoemd, de trein rijdt hier over een korte onderbreking van het spoor. Na de onderbreking vangt het puntstuk de trein op. Het puntstuk slijt daarom vaak sneller en is eerder aan vervanging toe. Het puntstuk wil om die reden ook in een sterkere legering staal worden uitgevoerd: een zogenaamd mangaanstalen puntstuk. Normaliter worden de spoorstaven, tongen en puntstuk van reguliere spoorstaven gemaakt. Ter hoogte van het puntstuk vindt men aan de binnenzijde van de buitenste spoorstaven een zogenaamde strijkgregel. De strijkgregel garandeert dat elk wielstel bij het puntstuk de ingestelde rijrichting volgt. Het voorkomt ontsporing. Bevestigingsmateriaal van de verschillende onderdelen completeert de lijst onderdelen.

### Wisselverwarming

Wisselverwarming heeft als functie het ijs- en sneeuwvrij houden van wissels. Een elektrische wisselverwarmingseenheid bestaat uit een regelkast en trafokast die wordt geplaatst op een betonen fundatie, wisselverwarming aanstuurkasten (WVAK) en verwarmingselementen. Op één wisselverwarmingseenheid kunnen vier wissels aangesloten worden waarbij per wissel een WVAK nodig is en 4 elementen. De maat van de verwarmingselementen is afhankelijk van het formaat (of hoek) van de wissel welke verwarmd wordt. Verscheidene onderdelen, waaronder de warmingselementen, worden meermaals vervangen gedurende de levensduur.

## 2.4 Systeemgrenzen

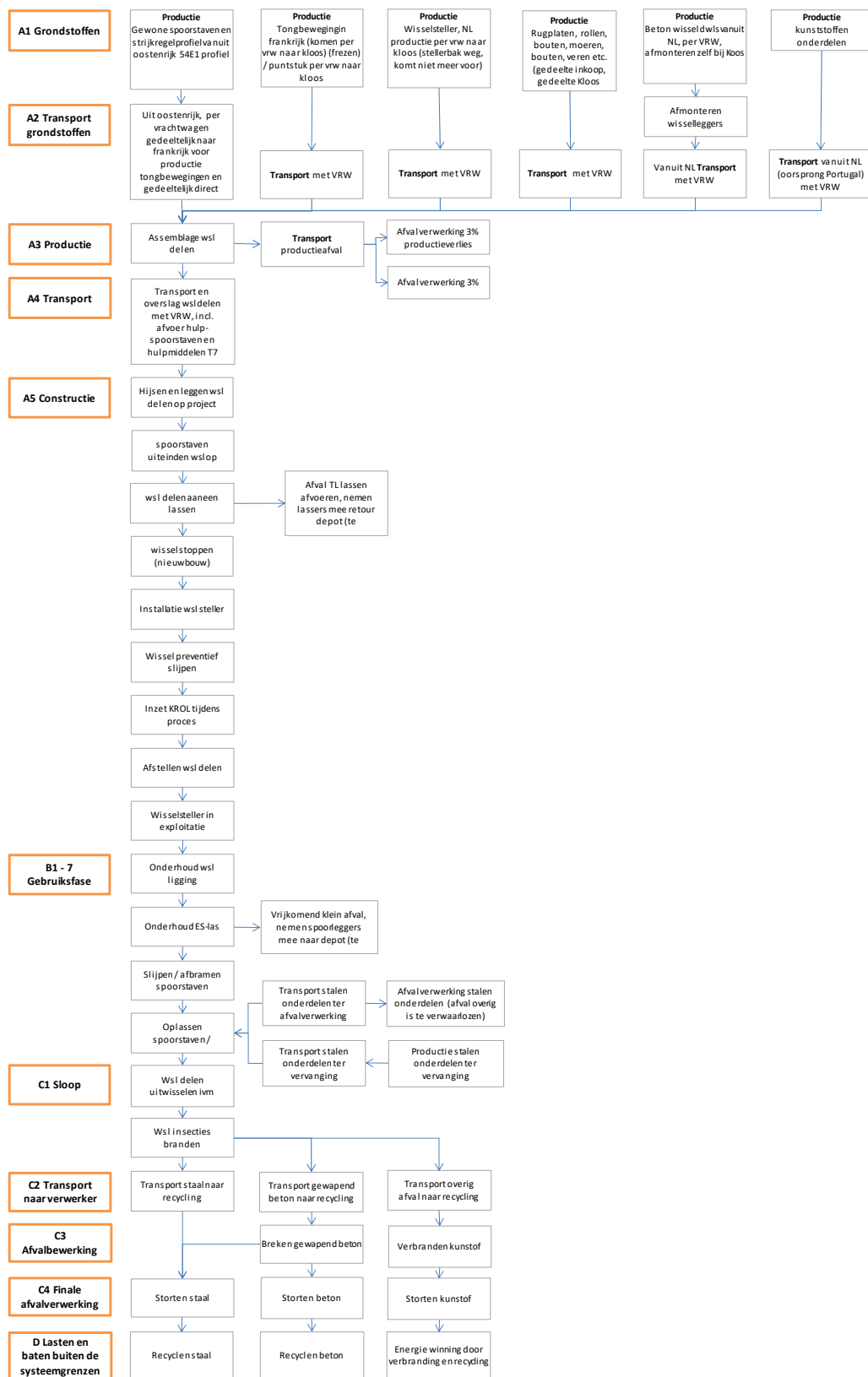
De processen die binnen de LCA worden bekeken zijn afgebakend met zogenaamde systeemgrenzen. De systeemgrenzen bepalen welke fasen en processen van de levenscyclus worden meegenomen in de LCA. In Tabel 1, volgend uit de *EN 15804* en de *Bepalingsmethode*, staat vastgelegd welke informatie er per levenscyclusfase 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	B7	C1	C2	C3	C4	D
Winning van grondstoffen	Transport	Productie	Transport	Bouw- en installatie	Gebruik	Onderhoud	Reparatie	Vervangingen	Verbouwingen	Sloop	Transport	Afvalverwerking	Finaleafvalverwerking	Mogelijkheden voor hergebruik, terugwinning en recycling
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

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

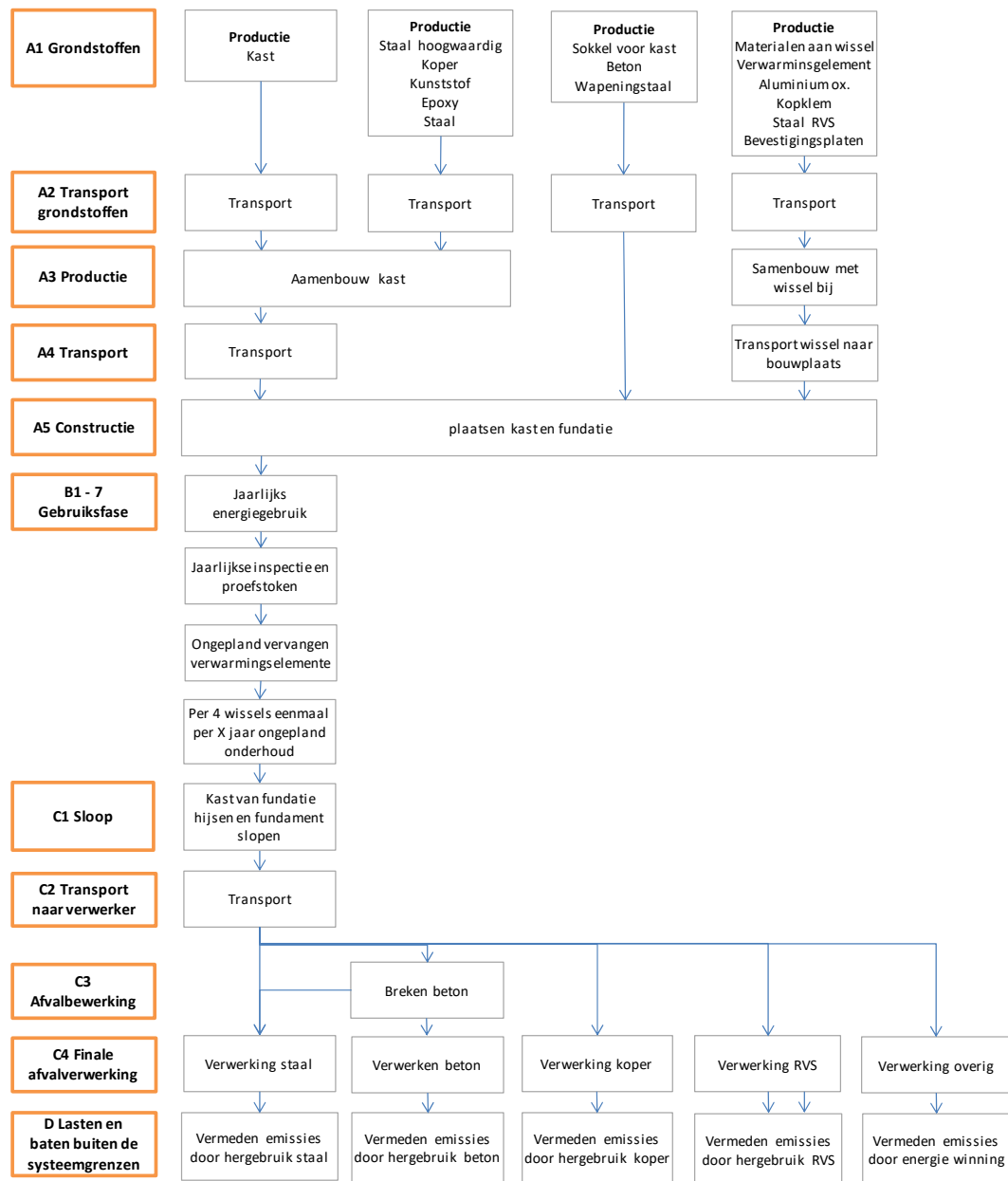
In de gebruikte achtergrondprocessen zijn ten minste de volgende ingrepen meegenomen in de analyse:

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



Figuur 1 Procesboom wissel





**Figuur 2** Procesboom wisselverwarming

### 3 Levenscyclusinventarisatie (LCI)

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

#### 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 ProRail.

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

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

#### 3.2 Decompositie in materialen en processen

Voor de beschouwde deelproducten zijn de input- en output stromen per levensfase/module geïventariseerd. 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 product aangegeven welke materialen, processen en referenties gehanteerd zijn.

### 3.2.1 Wissel 1:9

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

De onderdelen van een wissel zijn zoveel als mogelijk uiteen gesplitst in onderdelen om het zwaartepunt te kunnen analyseren. De tongbeweging (tongen + aanslagspoorstaven), strijkgregel en het geconstrueerde puntstuk worden vervaardigd uit reguliere spoorstaven. Hiervoor is hetzelfde aangepast profiel gehanteerd als in de LCA voor spoorstaven zelf. Het aandeel secundair staal is 12%. Bij productie van tongbeweging en puntstuk wordt uitgegaan van 10% freesverlies, wat volledig wordt gerecycled. Per fase (A1, A2, A3) wordt verwezen naar de LCA van spoorstaven en dwarsliggers in de hoeveelheid dat deze worden toegepast in de wissel.

In de decompositietabel zijn gegevens voor beide varianten wissel opgenomen, met geconstrueerd puntstuk (uit spoorstaven) en mangaanstalen puntstuk. Het mangaanstalen puntstuk wordt geproduceerd als gietstuk en wordt grotendeels van schroot gemaakt, wat is omgesmolten met toevoeging van mangaan in een vlamboogoven. De grove modellering van productie van het mangaanstalen puntstuk is weergegeven in Tabel 2. Het puntstuk heeft verder hetzelfde formaat en zal qua gewicht niet veel schelen met het uit spoorstaven vervaardigde puntstuk.

Wissel onderdelen worden doorgaans in het buitenland (Duitsland, Frankrijk, Oostenrijk, Spanje) geproduceerd, daarom is in A2 uitgegaan van 1000km transport (m.u.v. dwarsliggers en spoorstaven).

#### *Aanlegfase (A4-A5)*

Wissels worden geassembleerd in meerdere stukken en zo per vrachtwagen naar het werk getransporteerd. Uitgangspunt is een forfaitaire 150 km. Met behulp van een kraan en krol worden de wisseldelen op hun plek gehesen. Het brandstofverbruik hiervoor is afgeleid van voorgaande versies van de CAT III LCA. De onderdelen worden verbonden met behulp van thermietlassen. Voor een 1:9 wissel zijn 12 lassen nodig, voor een 1:15 wissel zijn er 16 nodig. Voor achtergrond gegevens van brandstof en thermietpoeder zie LCA rapport van spoorstaven [7].

#### *Gebruiksfase (B1-B7)*

Tijdens de levensduur van de wissel worden diverse onderdelen vervangen. Het puntstuk wordt eens in de 15 jaar vervangen (ongeacht het type), oftewel 2 maal gedurende de levensduur. De tongbeweging wordt zelfs iedere 10 jaar vervangen: 3,5x in de levensduur. Productie van nieuwe onderdelen (inclusief freesafval) is opgenomen in deze fase, evenals transport voor afvoer van de te vervangen onderdelen. Baten van recycling van onderdelen is opgenomen in module D.

Het energieverbruik van de wissel is opgenomen onder de fase B6. Gemiddeld verbruikt een wissel in Nederland 39 kWh per jaar. Gedurende 45 jaar is dat 1755 kWh.

#### *Sloop- en verwerkingsfase (C1-C4)*

Na gebruik wordt het wissel doorgaans in stukken gesneden/gezaagd en afgevoerd om als afzonderlijke onderdelen te worden gerecycled. Machine inzet en energieverbruik bij sloop zijn overgenomen van voorgaande versies van de LCA. Voor stalen onderdelen wordt uitgegaan van gehele recycling m.u.v. een verlies percentage van 1%. Het kurkrubber (een samenstelling van kurk en synthetisch rubber) wordt grotendeels verbrand (85%), waarbij wordt uitgegaan van een verhouding 50/50 kurk/rubber. Als verbrandingsproces voor kurk wordt aangenomen dat het proces voor houtverbranding representatief is. Voor verwerking van spoorstaven en dwarsliggers wordt wederom verwezen naar de LCA van de desbetreffende onderdelen.

#### *Baten en lasten buiten de systeemgrenzen (D)*

De baten en lasten buiten de systeemgrenzen zijn berekend volgens Bepalingsmethode. Een spoorstaaf bestaat voor 12% uit secundair materiaal, waarvoor geen baten gerekend mogen worden bij recyclen. Verlies van secundair materiaal is toegerekend als last, dit gaat om 1% verlies van spoorstaaf en verlies als slijpafval.

**Tabel 2 Productie mangaanstalen puntstuk per kg**

Materiaal c.q. proces	Mangaanstalen puntstuk				
	Milieuprofiel	Database/Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Schroot	Iron scrap, sorted, pressed {GLO}  iron scrap, sorted, pressed, Recycled Content cut-off   Cut-off, U	Ecoinvent	0,85	kg	85% Schroot
Ferromangaan	Ferromangane, high-coal, 74.5% Mn {GLO}  market for   Cut-off, U	Ecoinvent	0,139	kg	13,9% Ferromangaan (74,5% Mn)
Ferrosilicium	Ferrosilicon {GLO}  market for   Cut-off, U	Ecoinvent	0,01	kg	1% Ferrosilicium
Aluminium	0151-fab&Aluminium (o.b.v. Aluminium, cast alloy {GLO}  market for   Cut-off, U; 26% primair, 74% scrap)	NMD	0,001	kg	0,1% Aluminium
Elektriciteit	Electricity, medium voltage {RER}  market group for   Cut-off, U	Ecoinvent	3	kWh	
Aardgas	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	0,2	m <sup>3</sup>	
Transport schroot	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO}  market group for transport, freight, lorry, unspecified   Cut-off, U)	NMD	0,128	tkm	150km transport
Transport ferromangaan, silicium aluminium	0290-tra&Transport, vrachtschip, zee (o.b.v. Transport, freight, sea, transoceanic ship {GLO}  market for   Cut-off, U)	NMD	2,25	tkm	15000km transport uit Zuid-Afrika
Transport ferromangaan, silicium aluminium	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO}  market group for transport, freight, lorry, unspecified   Cut-off, U)	NMD	0,0225	tkm	+150km transport vanaf haven

**Tabel 3 Hoeveelheden en referentieprofielen wissel 1:9**

Materiaal c.q. proces	Wissel 1:9 (geconstrueerd puntstuk en mangaanstalen puntstuk)					
	Fase	Milieuprofiel	Database/Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Spoorstaven	A1	A1 spoorstaaf	LCA spoorstaven	50,75	m	
Tongen en aanslagspoorstaven	A1	Spoorstaven staal 54E1 R260Mn, met 1,7% Mn (o.b.v. Steel, low-alloyed {RER})  steel production, converter, low-alloyed   Cut-off, U)	Ecoinvent	3100 * 110%	kg	Worden gemaakt van reguliere spoorstaven. Dit is een op maat gemaakt profiel, ook toegepast in de LCA voor spoorstaven. Het betreft een staal legering met 1,7% mangaan.
Strijkregel	A1	Spoorstaven staal 54E1 R260Mn, met 1,7% Mn (o.b.v. Steel, low-alloyed {RER})  steel production, converter, low-alloyed   Cut-off, U)	Ecoinvent	330	kg	Idem
Puntstuk - <b>geconstrueerd</b>	A1	Spoorstaven staal 54E1 R260Mn, met 1,7% Mn (o.b.v. Steel, low-alloyed {RER})  steel production, converter, low-alloyed   Cut-off, U)	Ecoinvent	1250 * 110%	kg	idem
Puntstuk - <b>mangaanstaal</b>	A1	Legering mangaanstaal t.b.v. puntstuk in spoorwissel (o.b.v. 85% Iron scrap, sorted {GLO} & 13,9% Ferromanganese, high-coal, 74,5% Mn {GLO})	-	1250 * 110%	kg	Zie Tabel 2
Op maat maken puntstuk	A1	0124-pro&1 kWh, uit stopcontact (o.b.v. Electricity, low voltage {NL})  market for   Cut-off, U)	NMD	43,5	kWh	Bewerking spoorstaven tot puntstuk, naar schatting 10% van freesafval gewicht nodig in kWh (worst-case aanname).
Stort freesafval	A1	0253-sto&Stort staal (o.b.v. Scrap steel {Europe without Switzerland})  treatment of scrap steel, inert material landfill   Cut-off, U)	NMD	1,25 + 3,10	kg	1% stort freesafval
Recyclen freesafval	A1	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	$(125 + 310) * (0,89 * 0,99 - 0,11 * 0,01) = 382,8$	kg	99% recyclen freesafval
Strijkregelstoelen en tongsteunen	A1	0220-fab&Gietijzer (o.b.v. Cast iron {GLO})  market for   Cut-off, U)	NMD	400	kg	Gietijzeren onderdelen (stoelen en steunen; niet zijnde onderdelen van bevestigingsmateriaal van de dwarsliggers)
Wisselsteller	A1	0214-fab&Staal, ongelegeerd (o.b.v. Steel, unalloyed {GLO})  market for   Cut-off, U; 100% primair, 0% secundair)	NMD	275	kg	

Wissel 1:9 (geconstrueerd puntstuk en mangaanstalen puntstuk)						
Materiaal c.q. proces	Fase	Milieuprofiel	Database/Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Overig staal (bevestigingsmateriaal)	A1	0214-fab&Staal, ongelegeerd (o.b.v. Steel, unalloyed {GLO}  market for   Cut-off, U; 100% primair, 0% secundair)	NMD	500	kg	
Overig staal, laaggelegeerd	A1	0238-fab&Staal, laaggelegeerd (o.b.v. Steel, low-alloyed {GLO}  market for   Cut-off, U; 57% primair, 43% secundair)	NMD	60	kg	
Dwarsliggers	A1	A1 Dwarsligger 14002	LCA dwarsliggers	244	m	Per reguliere lengte zijn 14002 liggers 2,5m lang. In wissels worden deels afwijkende maten toegepast
Railpad (kurkrubber) – rubber	A1	0014-fab&EPDM, rubber, chloropreen, neoprene, styrene butadiene rubber - SBR (o.b.v. Synthetic rubber {GLO}  market for   Cut-off, U)	NMD	20	kg	Aanname 50% rubber
Railpad (kurkrubber) – kurk	A1	XXXX Kurk, geëxpandeerd (o.b.v. Cork slab {GLO}  market for   Cut-off, U + 2300 km zeetransport)	NMD	20	kg	Aanname 50% kurk
Transport spoorstaven	A2	A2 Spoorstaaf	LCA spoorstaven	50,75	m	
Transport dwarsliggers	A2	A2 Dwarsligger 14002	LCA dwarsliggers	244	m	
Transport wisselonderdelen	A2	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO}  market group for transport, freight, lorry, unspecified   Cut-off, U)	NMD	5955	tkm	Onderdelen los van spoorstaven en dwarsliggers wegen 5955 kg. Naar schatting 1000km transport aangezien onderdelen in het buitenland worden geproduceerd.
Energie productie/bewerking bij leverancier	A3	0124-pro&1 kWh, uit stopcontact (o.b.v. Electricity, low voltage {NL}  market for   Cut-off, U)	NMD	1000	kWh	Productie voornamelijk elektrisch
Energie productie/bewerking bij leverancier	A3	0109-pro&benzine, gebruik, per liter (o.b.v. 15,3 km Benzine, gebruik, per km (o.b.v. Transport, passenger car, medium size, petrol, EURO 4   Alloc Rec, U; AANGEPAST)	NMD	5	L	
Productie spoorstaaf	A3	A3 Spoorstaaf	LCA spoorstaven	50,75	m	
Productie dwarsligger	A3	A3 Dwarsligger 14002	LCA dwarsliggers	244	m	
Transport naar werk	A4	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO}  market group for transport, freight, lorry, unspecified   Cut-off, U)	NMD	6968,55	tkm	Totaal gewicht van de wissel inclusief spoorstaven (54,77 kg/m) en dwarsliggers (386,5 kg/2,5m) is 46457 kg

Wissel 1:9 (geconstrueerd puntstuk en mangaanstalen puntstuk)						
Materiaal c.q. proces	Fase	Milieuprofiel	Database/Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Inzet kraan en krol	A5	0095-pro&Diesel, gasolie, gebruik, liter (o.b.v. 35,8 MJ Diesel, burned in building machine {GLO}  processing   Cut-off, U)	NMD	226	L	Brandstof verbruik van kraan en krol op basis van voorgaande versie
Voorverwarmen las (Propaan)	A5	Propane, burned in building machine {GLO}  market for   Cut-off, U	Ecoinvent	(33/35) kg * 50 MJ/kg * 12 = <b>566</b>	MJ	Voorverwarmen las met propaan. Ca. 33 kg propaan per 35 lassen. LHV = 50 MJ/kg.
Thermietpoeder - ijzeroxide	A5	0220-fab&Gietijzer (o.b.v. Cast iron {GLO}  market for   Cut-off, U)	NMD	3,394 * 12 = <b>40,73</b>	kg	Ijzeroxide aandeel thermietpoeder.
Thermietpoeder - aluminium	A5	0151-fab&Aluminium (o.b.v. Aluminium, cast alloy {GLO}  market for   Cut-off, U; 20% primair, 80% scrap)	NMD	1,131 * 12 = <b>13,57</b>	kg	Aluminiumpoeder aandeel thermietpoeder.
Slijpen las	A5	0095-pro&Diesel, gasolie, gebruik, liter (o.b.v. 35,8 MJ Diesel, burned in building machine {GLO}  processing   Cut-off, U)	NMD	0,5 * 12 = 6	L	Slijpen van de las.
Vervangen tongbeweging	B2	ProRail CATIII spoorstaven Steel, low-alloyed {GLO}  market for   Cut-off, U	Ecoinvent	3,5 * 3100 * 110%	kg	Tongbeweging 3,5 keer vervangen + freesverlies 10%
Vervangen puntstuk – <b>geconstrueerd</b> puntstuk	B2	ProRail CATIII spoorstaven Steel, low-alloyed {GLO}  market for   Cut-off, U	Ecoinvent	2 * 1250 * 110%	kg	Puntstuk 2 keer vervangen + freesverlies 10%
Vervangen puntstuk – <b>mangaanstaal</b> puntstuk	B2	Legering mangaanstaal t.b.v. puntstuk in spoorwissel (o.b.v. 85% Iron scrap, sorted {GLO} & 13,9% Ferromanganees, high-coal, 74,5% Mn {GLO})	-	2 * 1250 * 110%	kg	Zie Tabel 2
Aanvoer nieuwe onderdelen	B2	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO}  market group for transport, freight, lorry, unspecified   Cut-off, U)	NMD	13350	tkm	1000 km transport
Afvoer oude onderdelen	B2	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO}  market group for transport, freight, lorry, unspecified   Cut-off, U)	NMD	1335	tkm	100 km transport
Stort staal	B2	0253-sto&Stort staal (o.b.v. Scrap steel {Europe without Switzerland}  treatment of scrap steel, inert material landfill   Cut-off, U)	NMD	146,85	kg	1% verlies (inclusief productieafval)
Onderhoud diesilverbruik	B2	0095-pro&Diesel, gasolie, gebruik, liter (o.b.v. 35,8 MJ Diesel, burned in building machine {GLO}  processing   Cut-off, U)	NMD	50	L	Diesilverbruik voor onderhoud aan wissel gedurende de levensduur. Op basis van verschillende gegevens voorgaande versie.
Onderhoud	B2	0091-pro&Aggregaat, diesel 200-400 KVA, per uur (o.b.v. 2140 MJ Diesel, burned in building machine {GLO}  market for   Cut-off, U)	NMD	50	uur	Onderhoud aan wissel gedurende de levensduur. Op basis van

Wissel 1:9 (geconstrueerd puntstuk en mangaanstalen puntstuk)						
Materiaal c.q. proces	Fase	Milieuprofiel	Database/Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
						verschillende gegevens voorgaande versie.
Energieverbruik	B6	0124-pro&1 kWh, uit stopcontact (o.b.v. Electricity, low voltage {NL}  market for   Cut-off, U)	NMD	1755	kWh	Stroomverbruik 39 kWh per jaar gedurende 45 jaar
Aardgas verbruik	C1	0111-pro&Aardgas, gebruik, per m3 (o.b.v. 31,7 MJ Heat, district or industrial, natural gas {GLO}  market group for   Cut-off, U)	NMD	0,5	m <sup>3</sup>	Slopen op basis van voorgaande versie. Wissel wordt in secties gesneden.
Kraan inzet	C1	0121-pro&Kraan hydr.tele. band, per uur (o.b.v. 263 kWh Diesel, burned in building machine {GLO}  market for   Cut-off, U)	NMD	2	uur	Kraan inzet op basis van voorgaande versie, naar schatting is een kraan 2 uur in gebruik tbv van sloop
Transport naar afvalverwerker	C2	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO}  market for   Cut-off, U)	NMD	4644,7	tkm	100 km transport, 46447 kg
Afvalverwerking dwarsliggers	C3	C3 Dwarsligger 14002	LCA dwarsliggers	244	m	
Afvalverwerking kurkrubber - rubber	C3	0260-avC&Verbranden rubber/EPDM (27,2 MJ/kg) (o.b.v. Waste rubber, unspecified {Europe without Switzerland}  treatment of waste rubber, unspecified, municipal incineration   Cut-off, U)	NMD	20 * 0,85 = 17	kg	85% AVI
Afvalverwerking kurkrubber - kurk	C3	0262-avC&Verbranden hout, 'schoon' (13,99 MJ/kg) (o.b.v. Waste wood, untreated {CH}  treatment of, municipal incineration   Cut-off, U)	NMD	20 * 0,85 = 17	kg	85% AVI, aaname verbrandingsproces hout representatief voor kurk
Finale afvalverwerking spoorstaaf	C4	C4 Spoorstaaf	LCA spoorstaven	50,75	m	
Finale afvalverwerking dwarsligger	C4	C4 Dwarsligger 14002	LCA dwarsliggers	244	m	
Stort stalen onderdelen	C4	0253-sto&Stort staal (o.b.v. Scrap steel {Europe without Switzerland}  treatment of scrap steel, inert material landfill   Cut-off, U)	NMD	59,15	kg	1% stort alle stalen onderdelen
Stort kurkrubber	C4	0249-sto&Stort kunststoffen (o.b.v. mix 21% PE, 21% PP, 17% PVC, 21% PS en 20% mixture)	NMD	4	kg	10% stort
Baten en lasten buiten de systeemgrens spoorstaaf	D	D Spoorstaaf	LCA spoorstaven	50,75	m	
Baten en lasten buiten de systeemgrens dwarsligger	D	D Dwarsligger 14002	LCA dwarsliggers	244	m	



Wissel 1:9 (geconstrueerd puntstuk en mangaanstalen puntstuk)						
Materiaal c.q. proces	Fase	Milieuprofiel	Database/Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Baten en lasten buiten de systeemgrens kurkrubber – rubber recycling	D	0014-fab&EPDM, rubber, chloropreen, neoprene, styrene butadiene rubber - SBR (o.b.v. Synthetic rubber {GLO} market for   Cut-off, U)	NMD	- 20 * 5% = - 1	kg	5% recycling kurkrubber
Baten en lasten buiten de systeemgrens kurkrubber – kurk recycling	D	XXXX Kurk, geëxpandeerd (o.b.v. Cork slab {GLO} market for   Cut-off, U + 2300 km zeetransport)	NMD	- 20 * 5% = - 1	kg	5% recycling kurkrubber
Baten en lasten buiten de systeemgrens kurkrubber – verbranden rubber	D	0267-avD&Vermeden energieproductie AVI, o.b.v. FOSSIELE grondstoffen, 18% elektrisch en 31% thermisch (per MJ LHV)	NMD	20 * 85% * 27,2 MJ/kg = 462,4	MJ	AVI rubber aandeel kurkrubber, 27,2 MJ/kg
Baten en lasten buiten de systeemgrens kurkrubber – verbranden kurk	D	0268-avD&Vermeden energieproductie AVI, o.b.v. HERNIEUWBARE grondstoffen, 18% elektrisch en 31% thermisch (per MJ LHV)	NMD	20 * 85% * 13,99 MJ/kg = 237,83	MJ	AVI kurk aandeel kurkrubber, 13,99 MJ/kg
Baten en lasten buiten de systeemgrens - Tongbeweging	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	3100 * (0,89 * 0,99 – 0,11 * 0,01) = 2728	kg	99% recycling, 12% secundair
Baten en lasten buiten de systeemgrens – Strijkregel	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	330 * (0,89 * 0,99 – 0,11 * 0,01) = 290,4	kg	99% recycling, 12% secundair
Baten en lasten buiten de systeemgrens – Puntstuk - <b>geconstrueerd</b>	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	1250 * (0,89 * 0,99 – 0,11 * 0,01) = 1100	kg	99% recycling, 12% secundair
Baten en lasten buiten de systeemgrens – Puntstuk - <b>mangaanstaal</b>	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	1250 * (0,15 * 0,99 – 0,85 * 0,01) = 175	kg	99% recycling, 85% secundair
Baten en lasten buiten de systeemgrens – Strijkregelstoelen en tongsteunen	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	400 * 99%	kg	99% recycling
Baten en lasten buiten de systeemgrens – Wisselsteller	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	275 * 99%	kg	99% recycling

Wissel 1:9 (geconstrueerd puntstuk en mangaanstalen puntstuk)						
Materiaal c.q. proces	Fase	Milieuprofiel	Database/Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Baten en lasten buiten de systeemgrens – overig staal ongelegeerd	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	500 * 99%	kg	99% recycling
Baten en lasten buiten de systeemgrens – overig staal laaggelegeerd	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	60 * (0,57 * 0,99 – 0,43 * 0,01) = <b>33,6</b>	kg	99% recycling, 43% secundair
Baten en lasten buiten de systeemgrens – Tongbewegingen van vervanging	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	10850 * (0,89 * 0,99 – 0,11 * 0,01) = <b>9548</b>	kg	99% recycling tijdens onderhoud vervangen tongbeweging, 12% secundair
Baten en lasten buiten de systeemgrens – <b>geconstrueerde</b> puntstukken van vervanging	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	2500 * (0,89 * 0,99 – 0,11 * 0,01) = <b>2200</b>	kg	99% recycling tijdens onderhoud vervangen tongbeweging, 12% secundair
Baten en lasten buiten de systeemgrens – <b>mangaanstalen</b> puntstukken van vervanging	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	2500 * (0,15 * 0,99 – 0,85 * 0,01) = <b>350</b>	kg	99% recycling tijdens onderhoud vervangen tongbeweging, 85% secundair

### 3.2.2 Wissel 1:15

Voor decompositie van de 1:15 wissel zijn dezelfde uitgangspunten gehanteerd als bij de 1:9 wissel. De 1:15 wissel heeft een kleinere hoek, welke hogere snelheden mogelijk maken. Daardoor is de wissel langer, en wijken hoeveelheden af. De decompositie is weergegeven in Tabel 4. Voor de begeleidende tekst zie paragraaf 3.2.1 Wissel 1:9.

**Tabel 4 Hoeveelheden en referentieprofielen wissel 1:15**

Wissel 1:15 (geconstrueerd puntstuk en mangaanstalen puntstuk)						
Materiaal c.q. proces	Fase	Milieuprofiel	Database/Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Spoorstaven	A1	A1 spoorstaaf	LCA spoorstaven	107,9	m	

Wissel 1:15 (geconstrueerd puntstuk en mangaanstalen puntstuk)						
Materiaal c.q. proces	Fase	Milieuprofiel	Database/Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Tongen en aanslagspoorstaven	A1	Spoorstaven staal 54E1 R260Mn, met 1,7% Mn (o.b.v. Steel, low-alloyed {RER})  steel production, converter, low-alloyed   Cut-off, U)	Ecoinvent	4200 * 110%	kg	Worden gemaakt van reguliere spoorstaven. Dit is een op maat gemaakt profiel, ook toegepast in de LCA voor spoorstaven. Het betreft een staal legering met 1,7% mangaan.
Strijkregel	A1	Spoorstaven staal 54E1 R260Mn, met 1,7% Mn (o.b.v. Steel, low-alloyed {RER})  steel production, converter, low-alloyed   Cut-off, U)	Ecoinvent	400	kg	Idem
Puntstuk - <b>geconstrueerd</b>	A1	Spoorstaven staal 54E1 R260Mn, met 1,7% Mn (o.b.v. Steel, low-alloyed {RER})  steel production, converter, low-alloyed   Cut-off, U)	Ecoinvent	1500 * 110%	kg	idem
Puntstuk - <b>mangaanstaal</b>	A1	Legering mangaanstaal t.b.v. puntstuk in spoorwissel (o.b.v. 85% Iron scrap, sorted {GLO} & 13,9% Ferromanganese, high-coal, 74,5% Mn {GLO})	-	1500 * 110%	kg	Zie Tabel 2
Op maat maken puntstuk	A1	0124-pro&1 kWh, uit stopcontact (o.b.v. Electricity, low voltage {NL})  market for   Cut-off, U)	NMD	57	kWh	Bewerking spoorstaven tot puntstuk, naar schatting 10% van freesafval gewicht nodig in kWh (worst-case aanname).
Stort freesafval	A1	0253-sto&Stort staal (o.b.v. Scrap steel {Europe without Switzerland})  treatment of scrap steel, inert material landfill   Cut-off, U)	NMD	1,5 + 4,20	kg	1% stort freesafval
Recyclen freesafval	A1	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	$(150 + 420) * (0,89 * 0,99 - 0,11 * 0,01)$ = <b>501,6</b>	kg	99% recyclen freesafval
Strijkregelstoelen en tongsteunen	A1	0220-fab&Gietijzer (o.b.v. Cast iron {GLO})  market for   Cut-off, U)	NMD	450	kg	Gietijzere onderdelen (stoelen en steunen; niet zijnde onderdelen van bevestigingsmateriaal van de dwarsliggers)
Wisselsteller	A1	0214-fab&Staal, ongelegeerd (o.b.v. Steel, unalloyed {GLO})  market for   Cut-off, U; 100% primair, 0% secundair)	NMD	275	kg	
Overig staal (bevestigingsmateriaal)	A1	0214-fab&Staal, ongelegeerd (o.b.v. Steel, unalloyed {GLO})  market for   Cut-off, U; 100% primair, 0% secundair)	NMD	1500	kg	
Overig staal, laaggelegeerd	A1	0238-fab&Staal, laaggelegeerd (o.b.v. Steel, low-alloyed {GLO})  market for   Cut-off, U; 57% primair, 43% secundair)	NMD	60	kg	
Dwarsliggers	A1	A1 Dwarsligger 14002	LCA dwarsliggers	385	m	Per reguliere lengte zijn 14002 liggers 2,5m lang. In wissels

Wissel 1:15 (geconstrueerd puntstuk en mangaanstalen puntstuk)						
Materiaal c.q. proces	Fase	Milieu profiel	Database/Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
						worden deels afwijkende maten toegepast
Railpad (kurkrubber) – rubber	A1	0014-fab&EPDM, rubber, chloropreen, neoprene, styrene butadiene rubber - SBR (o.b.v. Synthetic rubber {GLO}  market for   Cut-off, U)	NMD	30	kg	Aanname 50% rubber
Railpad (kurkrubber) – kurk	A1	XXXX Kurk, geëxpandeerd (o.b.v. Cork slab {GLO}  market for   Cut-off, U + 2300 km zeetransport)	NMD	30	kg	Aanname 50% kurk
Transport spoorstaven	A2	A2 Spoorstaaf	LCA spoorstaven	107,9	m	
Transport dwarsliggers	A2	A2 Dwarsligger 14002	LCA dwarsliggers	385	m	
Transport wisselonderdelen	A2	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO}  market group for transport, freight, lorry, unspecified   Cut-off, U)	NMD	8394	tkm	Onderdelen los van spoorstaven en dwarsliggers wegen 8385 kg. Naar schatting 1000km transport aangezien onderdelen in het buitenland worden geproduceerd.
Energie productie/bewerking bij leverancier	A3	0124-pro&1 kWh, uit stopcontact (o.b.v. Electricity, low voltage {NL}  market for   Cut-off, U)	NMD	1000	kWh	Productie voornamelijk elektrisch
Energie productie/bewerking bij leverancier	A3	0109-pro&benzine, gebruik, per liter (o.b.v. 15,3 km Benzine, gebruik, per km (o.b.v. Transport, passenger car, medium size, petrol, EURO 4   Alloc Rec, U; AANGEPAST)	NMD	5	L	
Productie spoorstaaf	A3	A3 Spoorstaaf	LCA spoorstaven	107,9	m	
Productie dwarsligger	A3	A3 Dwarsligger 14002	LCA dwarsliggers	385	m	
Transport naar werk	A4	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO}  market group for transport, freight, lorry, unspecified   Cut-off, U)	NMD	11081,4	tkm	Totaal gewicht van de wissel inclusief spoorstaven (54,77 kg/m) en dwarsliggers (386,5 kg/2,5m) is 73876 kg
Inzet kraan en krol	A5	0095-pro&Diesel, gasolie, gebruik, liter (o.b.v. 35,8 MJ Diesel, burned in building machine {GLO}  processing   Cut-off, U)	NMD	298	L	Brandstof verbruik van kraan en krol op basis van voorgaande versie
Voorverwarmen las (Propaan)	A5	Propane, burned in building machine {GLO}  market for   Cut-off, U	Ecoinvent	(33/35) kg * 50 MJ/kg * 16 = 754	MJ	Voorverwarmen las met propaan. Ca. 33 kg propaan per 35 lassen. LHV = 50 MJ/kg. 16 lassen

Wissel 1:15 (geconstrueerd puntstuk en mangaanstaal puntstuk)						
Materiaal c.q. proces	Fase	Milieuprofiel	Database/Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Thermietpoeder - ijzeroxide	A5	0220-fab&Gietijzer (o.b.v. Cast iron {GLO}  market for   Cut-off, U)	NMD	3,394 * 16 = <b>54,30</b>	kg	Ijzeroxide aandeel thermietpoeder.
Thermietpoeder - aluminium	A5	0151-fab&Aluminium (o.b.v. Aluminium, cast alloy {GLO}  market for   Cut-off, U; 20% primair, 80% scrap)	NMD	1,131 * 16 = <b>18,10</b>	kg	Aluminiumpoeder aandeel thermietpoeder.
Slijpen las	A5	0095-pro&Diesel, gasolie, gebruik, liter (o.b.v. 35,8 MJ Diesel, burned in building machine {GLO}  processing   Cut-off, U)	NMD	0,5 * 16 = 8	L	Slijpen van de las.
Vervangen tongbeweging	B2	Spoorstaven staal 54E1 R260Mn, met 1,7% Mn (o.b.v. Steel, low-alloyed {RER}  steel production, converter, low-alloyed   Cut-off, U)	Ecoinvent	3,5 * 4200 * 110%	kg	Tongbeweging 3,5 keer vervangen + freesverlies 10%
Vervangen puntstuk – <b>geconstrueerd</b> puntstuk	B2	Spoorstaven staal 54E1 R260Mn, met 1,7% Mn (o.b.v. Steel, low-alloyed {RER}  steel production, converter, low-alloyed   Cut-off, U)	Ecoinvent	2 * 1500 * 110%	kg	Puntstuk 2 keer vervangen + freesverlies 10%
Vervangen puntstuk – <b>mangaanstaal</b> puntstuk	B2	Legering mangaanstaal t.b.v. puntstuk in spoorwissel (o.b.v. 85% Iron scrap, sorted {GLO} & 13,9% Ferromanganese, high-coal, 74,5% Mn {GLO})	-	2 * 1500 * 110%	kg	Zie Tabel 2
Aanvoer nieuwe onderdelen	B2	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO}  market group for transport, freight, lorry, unspecified   Cut-off, U)	NMD	17700	tkm	1000 km transport
Afvoer oude onderdelen	B2	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO}  market group for transport, freight, lorry, unspecified   Cut-off, U)	NMD	1770	tkm	100 km transport
Stort staal	B2	0253-sto&Stort staal (o.b.v. Scrap steel {Europe without Switzerland}  treatment of scrap steel, inert material landfill   Cut-off, U)	NMD	194,7	kg	1% verlies (inclusief productieafval)
Onderhoud dieselverbruik	B2	0095-pro&Diesel, gasolie, gebruik, liter (o.b.v. 35,8 MJ Diesel, burned in building machine {GLO}  processing   Cut-off, U)	NMD	50	L	Dieselverbruik voor onderhoud aan wissel gedurende de levensduur. Op basis van verschillende gegevens voorgaande versie.
Onderhoud	B2	0091-pro&Aggregaat, diesel 200-400 KVA, per uur (o.b.v. 2140 MJ Diesel, burned in building machine {GLO}  market for   Cut-off, U)	NMD	50	uur	Onderhoud aan wissel gedurende de levensduur. Op basis van verschillende gegevens voorgaande versie.
Energieverbruik	B6	0124-pro&1 kWh, uit stopcontact (o.b.v. Electricity, low voltage {NL}  market for   Cut-off, U)	NMD	1786,5	kWh	Stroomverbruik 39,7 kWh per jaar gedurende 45 jaar
Aardgas verbruik	C1	0111-pro&Aardgas, gebruik, per m3 (o.b.v. 31,7 MJ Heat, district or industrial, natural gas {GLO}  market group for   Cut-off, U)	NMD	0,6	m <sup>3</sup>	Slopen op basis van voorgaande versie. Wissel wordt in secties gesneden.

Wissel 1:15 (geconstrueerd puntstuk en mangaanstenen puntstuk)						
Materiaal c.q. proces	Fase	Milieuprofiel	Database/Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Kraan inzet	C1	0121-pro&Kraan hydr.tele. band, per uur (o.b.v. 263 kWh Diesel, burned in building machine {GLO}) market for   Cut-off, U)	NMD	2	uur	Kraan inzet op basis van voorgaande versie, naar schatting is een kraan 2 uur in gebruik tbv van sloop
Transport naar afvalverwerker	C2	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO}) market for   Cut-off, U)	NMD	7387,6	tkm	100 km transport, 73876 kg
Afvalverwerking dwarsliggers	C3	C3 Dwarsligger 14002	LCA dwarsliggers	385	m	
Afvalverwerking kurkrubber - rubber	C3	0260-avC&Verbranden rubber/EPDM (27,2 MJ/kg) (o.b.v. Waste rubber, unspecified {Europe without Switzerland}) treatment of waste rubber, unspecified, municipal incineration   Cut-off, U)	NMD	30 * 0,85 = <b>25,5</b>	kg	85% AVI
Afvalverwerking kurkrubber - kurk	C3	0262-avC&Verbranden hout, 'schoon' (13,99 MJ/kg) (o.b.v. Waste wood, untreated {CH}) treatment of, municipal incineration   Cut-off, U)	NMD	30 * 0,85 = <b>25,5</b>	kg	85% AVI, aanname verbrandingsproces hout representatief voor kurk
Finale afvalverwerking spoorstaaf	C4	C4 Spoorstaaf	LCA spoorstaven	107,9	m	
Finale afvalverwerking dwarsligger	C4	C4 Dwarsligger 14002	LCA dwarsliggers	385	m	
Stort stalen onderdelen	C4	0253-sto&Stort staal (o.b.v. Scrap steel {Europe without Switzerland}) treatment of scrap steel, inert material landfill   Cut-off, U)	NMD	83,85	kg	1% stort alle stalen onderdelen
Stort kurkrubber	C4	0249-sto&Stort kunststoffen (o.b.v. mix 21% PE, 21% PP, 17% PVC, 21% PS en 20% mixture)	NMD	6	kg	10% stort
Baten en lasten buiten de systeemgrens spoorstaaf	D	D Spoorstaaf	LCA spoorstaven	107,9	m	
Baten en lasten buiten de systeemgrens dwarsligger	D	D Dwarsligger 14002	LCA dwarsliggers	385	m	
Baten en lasten buiten de systeemgrens kurkrubber - rubber recycling	D	0014-fab&EPDM, rubber, chloropreen, neoprene, styrene butadiene rubber - SBR (o.b.v. Synthetic rubber {GLO}) market for   Cut-off, U)	NMD	- 30 * 5% = - <b>1,5</b>	kg	5% recycling kurkrubber
Baten en lasten buiten de systeemgrens kurkrubber - kurk recycling	D	XXXX Kurk, geëxpandeerd (o.b.v. Cork slab {GLO}) market for   Cut-off, U + 2300 km zeetransport)	NMD	- 30 * 5% = - <b>1,5</b>	kg	5% recycling kurkrubber
Baten en lasten buiten de systeemgrens kurkrubber - verbranden rubber	D	0267-avD&Vermeden energieproductie AVI, o.b.v. FOSSIELE grondstoffen, 18% elektrisch en 31% thermisch (per MJ LHV)	NMD	30 * 85% * 27,2 MJ/kg = <b>693,6</b>	MJ	AVI rubber aandeel kurkrubber, 27,2 MJ/kg

Wissel 1:15 (geconstrueerd puntstuk en mangaanstalen puntstuk)						
Materiaal c.q. proces	Fase	Milieuprofiel	Database/Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Baten en lasten buiten de systeemgrens kurkrubber – verbranden kurk	D	0268-avD&Vermeden energieproductie AVI, o.b.v. HERNIEUWBARE grondstoffen, 18% elektrisch en 31% thermisch (per MJ LHV)	NMD	30 * 85% * 13,99 MJ/kg = <b>356,75</b>	MJ	AVI kurk aandeel kurkrubber, 13,99 MJ/kg
Baten en lasten buiten de systeemgrens - Tongbeweging	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	4200 * (0,89 * 0,99 – 0,11 * 0,01) = <b>3696</b>	kg	99% recycling, 12% secundair
Baten en lasten buiten de systeemgrens – Strijkregel	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	400 * (0,89 * 0,99 – 0,11 * 0,01) = <b>352</b>	kg	99% recycling, 12% secundair
Baten en lasten buiten de systeemgrens – Puntstuk - <b>geconstrueerd</b>	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	1500 * (0,89 * 0,99 – 0,11 * 0,01) = <b>1320</b>	kg	99% recycling, 12% secundair
Baten en lasten buiten de systeemgrens – Puntstuk - <b>mangaanstaal</b>	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	1500 * (0,15 * 0,99 – 0,85 * 0,01) = <b>210</b>	kg	99% recycling, 85% secundair
Baten en lasten buiten de systeemgrens – Strijkregelstoelen en tongsteunen	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	450 * 99%	kg	99% recycling
Baten en lasten buiten de systeemgrens – Wisselsteller	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	275 * 99%	kg	99% recycling
Baten en lasten buiten de systeemgrens – overig staal ongelegeerd	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	1500 * 99%	kg	99% recycling
Baten en lasten buiten de systeemgrens – overig staal laaggelegeerd	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	60 * (0,57 * 0,99 – 0,43 * 0,01) = <b>33,6</b>	kg	99% recycling, 43% secundair

Wissel 1:15 (geconstrueerd puntstuk en mangaanstalen puntstuk)						
Materiaal c.q. proces	Fase	Milieu-profiel	Database/Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Baten en lasten buiten de systeemgrens – Tongbewegingen en puntstukken van vervanging	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	14700 * (0,89 * 0,99 – 0,11 * 0,01) = <b>12936</b>	kg	99% recycling tijdens onderhoud vervangen tongbeweging, 12% secundair
Baten en lasten buiten de systeemgrens – <b>geconstrueerde</b> puntstukken van vervanging	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	3000 * (0,89 * 0,99 – 0,11 * 0,01) = <b>2640</b>	kg	99% recycling tijdens onderhoud vervangen tongbeweging, 12% secundair
Baten en lasten buiten de systeemgrens – <b>mangaan stalen</b> puntstukken van vervanging	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	3000 * (0,15 * 0,99 – 0,85 * 0,01) = <b>420</b>	kg	99% recycling tijdens onderhoud vervangen tongbeweging, 85% secundair

### 3.2.3 Elektrische wisselverwarming 1:9

Wisselverwarming heeft als functie het ijs- en sneeuwvrij houden van wissels. Een elektrische wisselverwarmingseenheid bestaat uit een regelkast en trafokast die wordt geplaatst op een betonnen fundatie, wisselverwarming aanstuurkasten (WVAK) en verwarmingselementen. Deze onderdelen hebben de volgende afmetingen: regelkast en trafokast zijn beide 1,5 lang, 1,25 breed en 0,42 hoog. Op één wisselverwarmingseenheid kunnen vier wissels aangesloten worden waarbij per wissel een WVAK nodig is en 4 elementen met een lengte van 5,5 m en diameter van 0,03 m met een vermogen van 1925 W per stuk (350 W per meter). Voor het bepalen van het energieverbruik is uitgegaan dat van een wisselverwarmingseenheid die 4 wissels verwarmd.

Energievoorziening, kabelkokers, voedingskabels van energievoorziening naar groepenkast en voedingskabels groepenkast naar WVAK maken **geen** deel uit van de functionele eenheid en zijn niet opgenomen in deze LCA.

#### Productiefase (A1-A3)

Hoeveelheden op basis van opgave ProRail. Specificaties zijn af te lezen uit Tabel 5.



#### Aanlegfase (A4-A5)

Er is gerekend op basis van forfaitair transport (150km) per vrachtwagen. Het totaalgewicht per stuk bedraagt 917 kg. Daarnaast is een forfaitaire 3% bouwafval gerekend om verliezen te ondervangen. De wisselverwarming wordt met behulp van een krol aangelegd. Op basis van eerdere CAT III LCA is inzet bepaald op 1 uur, met een verbruik van 15L/uur.

#### Gebruiksfase (B1-B7)

Tijdens de levensduur worden enkele onderdelen vervangen. Dit betreft de volgende onderdelen:

- Verwarmingslinten – 5 jaar;
- Noodstroomvoorziening – 5 jaar;
- Besturingseenheid, modem – 10 jaar;
- Temperatuursensoren – 10 jaar.

Gezien het geringe gewicht van de noodstroomvoorziening, besturingseenheid modem en temperatuursensoren zijn de vervangingen van deze onderdelen **niet** meegenomen in de LCA berekening. De vervanging van de verwarmingslinten (= verwarmingselementen) is **wel** onderdeel van de studie.

Voor het bepalen van het energieverbruik is uitgegaan dat van een wisselverwarmingseenheid die 4 wissels verwarmd. Per wissel worden 4 warmte elementen gebruikt met een vermogen van 1925 W per stuk. Jaarlijks worden de wisselverwarmingseenheid 500 uur gebruikt. Het elektriciteitsverbruik wordt geheel voorzien door windenergie.

#### Sloop- en verwerkingsfase (C1-C4) + Baten en lasten buiten de systeemgrenzen (D)

Wisselverwarming wordt op eenzelfde manier verwijderd als het is aangebracht. Het verwerken van de verschillende materialen van de wisselverwarming is gebaseerd op forfaitaire scenario's. Het uitgangspunt is dat de wisselverwarming na 15 jaar niet wordt hergebruikt. Na einde levenscyclus wordt betonpuin gebroken tot betongranulaat. Als grof toeslagmateriaal in nieuw beton vervangt het betongranulaat riviergrind.

**Tabel 5 Hoeveelheden en referentieprofielen elektrische wisselverwarming 1:9 per stuk**

Materiaal c.q. proces	Wisselverwarming 1:9					
	Fase	Milieuprofiel	Database/Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Kast	A1	0075-fab&Polyester, glasvezelversterkt (o.b.v. Glass fibre reinforced plastic, polyester resin, hand lay-up {GLO}  market for   Cut-off, U)	NMD	40	kg	2x dubbel deur kast + 4x VWAK
Materialen in kast, trafo	A1	0202-fab&Staal, hooggelegeerd, RVS (o.b.v. Steel, chromium steel 18/8 {GLO}  market for   Cut-off, U; 72% primair, 28% secundair)	NMD	200	kg	8x 4,5 kVA trafo à 25kg (trafoblik)

Materiaal c.q. proces	Wisselverwarming 1:9					
	Fase	Milieuprofiel	Database/Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Materialen in kast, schakelaars etc.	A1	0059-fab&Koper, kathode, voor draad (European mix for cathodes o.b.v. 49% Copper {RER}  production, primary, 9% Copper {RER}  treatment of scrap by electrolytic refining & 42% Copper {GLO}  market for; 79% primair, 21% secundair)	NMD	90	kg	10,7kg koper per 4,5kVA trafo + kpoer past
Materialen in kast, PVC	A1	0199-fab&PVC, geëxtrudeerd (o.b.v. Polyvinylchloride, suspension polymerised {GLO}  market for   Cut-off, U + Extrusion, plastic pipes {GLO}  market for   Cut-off, U)	NMD	9	kg	PVC voor kabels in kast
Materialen in kast, epoxy	A1	0064-fab&Lijm, epoxy 2 componenten [VLK]	NMD	4	kg	Schatting diverse kunststoffen
Staal voor kast	A1	0214-fab&Staal, ongelegeerd (o.b.v. Steel, unalloyed {GLO}  market for   Cut-off, U; 100% primair, 0% secundair)	NMD	100	kg	3 kg per trafo + 80kg (trafo- en bestuderingskast frame's + stalen binnenkast, bevestigingsplaat)
Fundatie voor kast	A1	0162-fab&Betonmortel C20/25 (o.b.v. CEM I), 2407 kg/m3	NMD	400	kg	Aanname 2x fundatie (één per dubbel deur kasten)
Wapening	A1	0167-fab&Staal, wapening, ongelegeerd (betonstaal, wapeningsnet, vezels, voorspanstaal) (o.b.v. 21,5% Steel, unalloyed, 78,5% Steel, low-alloyed & Hot rolling, steel {GLO}  market for   Cut-off, U; 17,8% primair, 82,2% secundair)	NMD	50	kg	Wapeningstaal fundatie
Bevestiging + verwarmingselement – RVS	A1	0202-fab&Staal, hooggelegeerd, RVS (o.b.v. Steel, chromium steel 18/8 {GLO}  market for   Cut-off, U; 72% primair, 28% secundair)	NMD	21	kg	16 bevestigingsplaten (à 200 g) + RVS elementen (à 1,1 kg)
Verwarmingselement – Aluminiumoxide	A1	0235-fab&Aluminium oxide (o.b.v. Aluminium oxide {GLO}  market for   Cut-off, U)	NMD	3	kg	SOMS wordt hiervoor magnesium oxide gebruikt, echter heeft alu ox een hogere mki waarde (conservatief bepaald)
Transport per vrachtwagen	A2	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO}  market group for transport, freight, lorry, unspecified   Cut-off, U)	NMD	137,6	tkm	Op basis van 150 km
Transport per vrachtwagen	A4	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO}  market group for transport, freight, lorry, unspecified   Cut-off, U)	NMD	137,6	tkm	Op basis van 150 km
Constructie	A5	0095-pro&Diesel, gasolie, gebruik, liter (o.b.v. 35,8 MJ Diesel, burned in building machine {GLO}  processing   Cut-off, U)	NMD	15	l	Overgenomen uit voorgaande CATIII LCA overgenomen 1 uur inzet Krol (15 liter diesel per uur)
Verlies in de vorm van bouwafval	A5	A1-A4; C1-C4		0,03	stuks	constructieafval

Materiaal c.q. proces	Wisselverwarming 1:9					
	Fase	Milieuprofiel	Database/Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Vervanging verwarmingselement – aluminiumoxide	B4	0235-fab&Aluminium oxide (o.b.v. Aluminium oxide {GLO}) market for   Cut-off, U)	NMD	6	kg	Wordt na 5 jaar vervangen, 2 keer gedurende de hele levensduur.
Vervanging verwarmingselement – RVS	B4	0202-fab&Staal, hooggelegeerd, RVS (o.b.v. Steel, chromium steel 18/8 {GLO}) market for   Cut-off, U; 72% primair, 28% secundair)	NMD	42	kg	Wordt na 5 jaar vervangen, 2 keer gedurende de hele levensduur.
Aanvoer + afvoer elementen	B4	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO}) market group for transport, freight, lorry, unspecified   Cut-off, U)	NMD	9,6	tkm	o.b.v. forfaitaire 150km
Stort aluminium	B4	0239-sto&Stort aluminium (o.b.v. Waste aluminium {RoW}) treatment of, sanitary landfill   Cut-off, U)	NMD	0,06	kg	1% stort aluminium
Stort RVS	B4	0253-sto&Stort staal (o.b.v. Scrap steel {Europe without Switzerland}) treatment of scrap steel, inert material landfill   Cut-off, U)	NMD	0,42	tkm	1% stort licht staal
Energieverbruik	B6	0082-fab&Materialisatie windmolen; per kWh aan huis (o.b.v. <1MW turbine, onshore)	NMD	2,31E5	kWh	1,925 kW per element, 500 uur gebruik per jaar, 16 elementen, geeft totaal 15400 kWh per jaar. Vermenigvuldigd met 15 jaar. Uitgangspunt: windenergie
Slopen	C1	0095-pro&Diesel, gasolie, gebruik, liter (o.b.v. 35,8 MJ Diesel, burned in building machine {GLO}) processing   Cut-off, U)	NMD	15	l	Inzet krol; overgenomen uit voorgaande CATIII LCA
Transport naar afvalverwerking	C2	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO}) market group for transport, freight, lorry, unspecified   Cut-off, U)	NMD	91,7	tkm	Op basis van forfaitaire afstand
Breken gewapend beton	C3	0270-reC&Breken, per kg steenachtig (o.b.v. SBK Breken steenachtig MRPI)	NMD	450	kg	
Verwerking polyester en epoxy	C3	0286-reC&verwerking kunststof voor recycling (o.b.v. Waste polyethylene, for recycling, sorted {Europe without Switzerland}) treatment of waste polyethylene, for recycling, unsorted, sorting   Cut-off, U)	NMD	2,2	kg	5% recycling polyolefinen leidingen
Verwerking PVC	C3	0286-reC&verwerking kunststof voor recycling (o.b.v. Waste polyethylene, for recycling, sorted {Europe without Switzerland}) treatment of waste polyethylene, for recycling, unsorted, sorting   Cut-off, U)	NMD	6,3	kg	70% recycling PVC

Materiaal c.q. proces	Wisselverwarming 1:9					
	Fase	Milieuprofiel	Database/Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
AVI PVC	C3	0265-avC&Verbranden PVC (21,51 MJ/kg) (o.b.v. Waste polyvinylchloride {CH}) treatment of, municipal incineration   Cut-off, U)	NMD	1,8	kg	AVI 20% PVC
AVI kunststof	C3	0264-avC&Verbranden kunststoffen (28,67 MJ/kg) (o.b.v. o.b.v. mix 21% PE, 21% PP, 20% PVC, 17% PS en 21% mixture)	NMD	37,4	kg	AVI 85% kunststoffen
Stort aluminium	C4	0239-sto&Stort aluminium (o.b.v. Waste aluminium {RoW}) treatment of, sanitary landfill   Cut-off, U)	NMD	0,09	kg	3% stort aluminium
Stort staal	C4	0253-sto&Stort staal (o.b.v. Scrap steel {Europe without Switzerland}) treatment of scrap steel, inert material landfill   Cut-off, U)	NMD	3,21	kg	1% stort staal
Stort wapeningstaal	C4	0253-sto&Stort staal (o.b.v. Scrap steel {Europe without Switzerland}) treatment of scrap steel, inert material landfill   Cut-off, U)	NMD	2,5	kg	5% stort wapeningstaal
Stort koper	C4	0248-sto&Stort koper, lood, verzinkt staal, zink (o.b.v. Scrap tin sheet {CH}) treatment of, sanitary landfill   Cut-off, U, bij gebrek aan passender proces)	NMD	4,5	kg	5% stort koper
Stort PVC	C4	0252-sto&Stort PVC (o.b.v. Waste polyvinylchloride {Europe without Switzerland}) treatment of waste polyvinylchloride, sanitary landfill   Cut-off, U)	NMD	0,9	kg	10% stort PVC leidingen
Stort beton	C4	0240-sto&Stort beton, cellenbeton (o.b.v. Waste concrete {Europe without Switzerland}) treatment of waste concrete, inert material landfill   Cut-off, U)	NMD	4	kg	1% stort beton
Stort Polyethyleen	C4	0251-sto&Stort PE (o.b.v. Waste polyethylene {Europe without Switzerland}) treatment of waste polyethylene, sanitary landfill   Cut-off, U), ook elastomeren als epdm	NMD	4	kg	10% stort polyolefinen leidingen
Baten en lasten buiten de systeemgrens: polyethyleen	D	0278-reD&Module D, PE, per kg NETTO geleverd (o.b.v. vermeden Polyethylene, high density, granulate {RER}) production   Cut-off, U en kwaliteitsfactor 0,67)	NMD	2,2	kg	5% recycling, 0% secundair
Baten en lasten buiten de systeemgrens: RVS	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	186,73	kg	Materiaal in kast + bevestigingsmateriaal en verwarmingselementen (inclusief vervanging B4) 99% recycling, 28% secundair
Baten en lasten buiten de systeemgrens: koper	D	0277-reD&Module D, koper, per kg NETTO geleverd schroot (vermeden: Copper {RER}) production, primary   Cut-off, U)	NMD	66,6	kg	95% recycling, 21% secundair

Materiaal c.q. proces	Wisselverwarming 1:9					
	Fase	Milieuprofiel	Database/Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Baten en lasten buiten de systeemgrens: PVC	D	0279-reD&Module D, PVC, per kg NETTO geleverd (o.b.v. vermeden Polyvinylchloride, suspension polymerised {RER})   polyvinylchloride production, suspension polymerisation   Cut-off, U en kwaliteitsfactor 0,67)	NMD	6,3	kg	70% recycling PVC
Baten en lasten buiten de systeemgrens: Staal	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	99	kg	Materiaal voor kast, 99% recycling, 0% secundair
Baten en lasten buiten de systeemgrens: beton	D	0271-reD&Module D, grind, per kg NETTO geleverd granulaat/grind (vermeden: Gravel, round {RoW})   gravel and sand quarry operation   Cut-off, U)	NMD	396	kg	99% recycling beton
Baten en lasten buiten de systeemgrens: wapeningsstaal	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	6,4	kg	95% recycling wapeningsstaal 17,8% primair staal
Baten en lasten buiten de systeemgrens: aluminium	D	0269-reD&Module D aluminium, per kg NETTO geleverd schroot (vermeden: Aluminium, cast alloy {GLO})   aluminium ingot, primary, to market   Cut-off, U; Aluminium, cast alloy {RER})   treatment of aluminium scrap, post-consumer, prepared for recycling, at refiner   Cut-off, U)	NMD	8,73	kg	97% recycling (inclusief vervanging B4)
Baten en lasten van constructieafval uit procesfase A5	D	D Wisselverwarming 1:9		0,03	stuks	

### 3.2.4 Elektrische wisselverwarming 1:12 en 1:15

Wisselverwarming heeft als functie het ijs- en sneeuwvrij houden van wissels. Een elektrische wisselverwarmingseenheid bestaat uit een regelkast en trafokast die wordt geplaatst op een betonnen fundatie, wisselverwarming aanstuurkasten (WVAK) en verwarmingselementen. Deze onderdelen hebben de volgende afmetingen: regelkast en trafokast zijn beide 1,5 lang, 1,25 breed en 0,42 hoog. Op één wisselverwarmingseenheid kunnen vier wissels aangesloten worden waarbij per wissel een WVAK nodig is en 4 elementen met een lengte van 6 m en diameter van 0,03 m met een vermogen van 2100 W per stuk (350 W per meter). Voor het bepalen van het energieverbruik is uitgegaan dat van een wisselverwarmingseenheid die 4 wissels verwarmd.

Energievoorziening, kabelkokers, voedingskabels van energievoorziening naar groepenkast en voedingskabels groepenkast naar WVAK maken **geen** deel uit van de functionele eenheid en zijn niet opgenomen in deze LCA.

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

Hoeveelheden op basis van opgave ProRail. Specificaties zijn af te lezen uit Tabel 6.

#### *Aanlegfase (A4-A5)*

Er is gerekend op basis van forfaitair transport (150km) per vrachtwagen. Het totaalgewicht per stuk bedraagt 919 kg. Daarnaast is een forfaitaire 3% bouwafval gerekend om verliezen te ondervangen. De wisselverwarming wordt met behulp van een krol aangelegd. Op basis van eerdere CAT III LCA is inzet bepaald op 1 uur, met een verbruik van 15L/uur.

#### *Gebruiksfase (B1-B7)*

Tijdens de levensduur worden enkele onderdelen vervangen. Dit betreft de volgende onderdelen:

- a. Verwarmingslinten – 5 jaar;
- b. Noodstroomvoorziening – 5 jaar;
- c. Besturingseenheid, modem – 10 jaar;
- d. Temperatuursensoren – 10 jaar.

Gezien het geringe gewicht van de noodstroomvoorziening, besturingseenheid modem en temperatuursensoren zijn de vervangingen van deze onderdelen **niet** meegenomen in de LCA berekening. De vervanging van de verwarmingslinten (= verwarmingselementen) is **wel** onderdeel van de studie.

Voor het bepalen van het energieverbruik is uitgegaan dat van een wisselverwarmingseenheid die 4 wissels verwarmd. Per wissel worden 4 warmte elementen gebruikt met een vermogen van 2100 W per stuk. Jaarlijks worden de wisselverwarmingseenheid 500 uur gebruikt. Het elektriciteitsverbruik wordt geheel voorzien door windenergie.

#### *Sloop- en verwerkingsfase (C1-C4) + Baten en lasten buiten de systeemgrenzen (D)*

Wisselverwarming wordt op eenzelfde manier verwijderd als het is aangebracht. Het verwerken van de verschillende materialen van de wisselverwarming is gebaseerd op forfaitaire scenario's. Het uitgangspunt is dat de wisselverwarming na 15 jaar niet wordt hergebruikt. Na einde levenscyclus wordt betonpuin gebroken tot betongranulaat. Als grof toeslagmateriaal in nieuw beton vervangt het betongranulaat riviergrind.

**Tabel 6 Hoeveelheden en referentieprofielen elektrische wisselverwarming 1:15 per stuk**

Materiaal c.q. proces	Wisselverwarming 1:12 en 1:15					
	Fase	Milieuprofiel	Database/Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Kast	A1	0075-fab&Polyester, glasvezelversterkt (o.b.v. Glass fibre reinforced plastic, polyester resin, hand lay-up {GLO}) market for   Cut-off, U)	NMD	40	kg	2x dubbel deur kast + 4x VWAK
Materialen in kast, trafo	A1	0202-fab&Staal, hooggelegeerd, RVS (o.b.v. Steel, chromium steel 18/8 {GLO}) market for   Cut-off, U; 72% primair, 28% secundair)	NMD	200	kg	8x 4,5 kVA trafo à 25kg (trafoblik)
Materialen in kast, schakelaars etc.	A1	0059-fab&Koper, kathode, voor draad (European mix for cathodes o.b.v. 49% Copper {RER}) production, primary, 9% Copper {RER}) treatment of scrap by electrolytic refining & 42% Copper {GLO}) market for; 79% primair, 21% secundair)	NMD	90	kg	10,7kg koper per 4,5kVA trafo + kpoer past
Materialen in kast, PVC	A1	0199-fab&PVC, geëxtrudeerd (o.b.v. Polyvinylchloride, suspension polymerised {GLO}) market for   Cut-off, U + Extrusion, plastic pipes {GLO}) market for   Cut-off, U)	NMD	9	kg	PVC voor kabels in kast
Materialen in kast, epoxy	A1	0064-fab&Lijm, epoxy 2 componenten [VLK]	NMD	4	kg	Schatting diverse kunststoffen
Staal voor kast	A1	0214-fab&Staal, ongelegeerd (o.b.v. Steel, unalloyed {GLO}) market for   Cut-off, U; 100% primair, 0% secundair)	NMD	100	kg	3 kg per trafo + 80kg (trafo- en bestuderingskast frame's + stalen binnenkast, bevestigingsplaat)
Fundatie voor kast	A1	0162-fab&Betonmortel C20/25 (o.b.v. CEM I), 2407 kg/m3	NMD	400	kg	Aanname 2x fundatie (één per dubbel deur kasten)
Wapening	A1	0167-fab&Staal, wapening, ongelegeerd (betonstaal, wapeningsnet, vezels, voorspanstaal) (o.b.v. 21,5% Steel, unalloyed, 78,5% Steel, low-alloyed & Hot rolling, steel {GLO}) market for   Cut-off, U; 17,8% primair, 82,2% secundair)	NMD	50	kg	Wapeningstaal fundatie
Bevestiging + verwarmingselement – RVS	A1	0202-fab&Staal, hooggelegeerd, RVS (o.b.v. Steel, chromium steel 18/8 {GLO}) market for   Cut-off, U; 72% primair, 28% secundair)	NMD	23	kg	18 bevestigingsplaten (à 200 g) + RVS elementen (à 1,1 kg)
Verwarmingselement – Aluminiumoxide	A1	0235-fab&Aluminium oxide (o.b.v. Aluminium oxide {GLO}) market for   Cut-off, U)	NMD	3	kg	SOMS wordt hiervoor magnesium oxide gebruikt, echter heeft alu ox een hogere mki waarde (conservatief bepaald)
Transport per vrachtwagen	A2	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO}) market group for transport, freight, lorry, unspecified   Cut-off, U)	NMD	137,8	tkm	Op basis van 150 km
Transport per vrachtwagen	A4	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO}) market group for transport, freight, lorry, unspecified   Cut-off, U)	NMD	137,8	tkm	Op basis van 150 km

Materiaal c.q. proces	Wisselverwarming 1:12 en 1:15					
	Fase	Milieuprofiel	Database/Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Constructie	A5	0095-pro&Diesel, gasolie, gebruik, liter (o.b.v. 35,8 MJ Diesel, burned in building machine {GLO}  processing   Cut-off, U)	NMD	15	l	Overgenomen uit voorgaande CATIII LCA overgenomen 1 uur inzet Krol (15 liter diesel per uur)
Verlies in de vorm van bouwafval	A5	A1-A4; C1-C4		0,03	stuks	constructieafval
Vervanging verwarmingselement – aluminiumoxide	B4	0235-fab&Aluminium oxide (o.b.v. Aluminium oxide {GLO}  market for   Cut-off, U)	NMD	6	kg	Wordt na 5 jaar vervangen, 2 keer gedurende de hele levensduur.
Vervanging verwarmingselement – RVS	B4	0202-fab&Staal, hooggelegeerd, RVS (o.b.v. Steel, chromium steel 18/8 {GLO}  market for   Cut-off, U; 72% primair, 28% secundair)	NMD	46	kg	Wordt na 5 jaar vervangen, 2 keer gedurende de hele levensduur.
Aanvoer + afvoer elementen	B4	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO}  market group for transport, freight, lorry, unspecified   Cut-off, U)	NMD	9,6	tkm	o.b.v. forfaitaire 150km
Stort aluminium	B4	0239-sto&Stort aluminium (o.b.v. Waste aluminium {RoW}  treatment of, sanitary landfill   Cut-off, U)	NMD	0,06	kg	1% stort aluminium
Stort RVS	B4	0253-sto&Stort staal (o.b.v. Scrap steel {Europe without Switzerland}  treatment of scrap steel, inert material landfill   Cut-off, U)	NMD	0,46	tkm	1% stort licht staal
Energieverbruik	B6	0082-fab&Materialisatie windmolen; per kWh aan huis (o.b.v. <1MW turbine, onshore)	NMD	2,52E5	kWh	2100 kW per element, 500 uur gebruik per jaar, 16 elementen, geeft totaal 16800 kWh per jaar. Vermenigvuldigd met 15 jaar. Uitgangspunt: windenergie
Slopen	C1	0095-pro&Diesel, gasolie, gebruik, liter (o.b.v. 35,8 MJ Diesel, burned in building machine {GLO}  processing   Cut-off, U)	NMD	15	l	Inzet krol; overgenomen uit voorgaande CATIII LCA
Transport naar afvalverwerking	C2	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO}  market group for transport, freight, lorry, unspecified   Cut-off, U)	NMD	91,9	tkm	Op basis van forfaitaire afstand
Breken gewapend beton	C3	0270-reC&Breken, per kg steenachtig (o.b.v. SBK Breken steenachtig MRPI)	NMD	450	kg	
Verwerking polyester en epoxy	C3	0286-reC&verwerking kunststof voor recycling (o.b.v. Waste polyethylene, for recycling, sorted {Europe without Switzerland}  treatment of waste polyethylene, for recycling, unsorted, sorting   Cut-off, U)	NMD	2,2	kg	5% recycling polyolefinen leidingen



Wisselverwarming 1:12 en 1:15						
Materiaal c.q. proces	Fase	Milieuprofiel	Database/Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Verwerking PVC	C3	0286-reC&verwerking kunststof voor recycling (o.b.v. Waste polyethylene, for recycling, sorted {Europe without Switzerland}  treatment of waste polyethylene, for recycling, unsorted, sorting   Cut-off, U)	NMD	6,3	kg	70% recycling PVC
AVI PVC	C3	0265-avC&Verbranden PVC (21,51 MJ/kg) (o.b.v. Waste polyvinylchloride {CH}  treatment of, municipal incineration   Cut-off, U)	NMD	1,8	kg	AVI 20% PVC
AVI kunststof	C3	0264-avC&Verbranden kunststoffen (28,67 MJ/kg) (o.b.v. o.b.v. mix 21% PE, 21% PP, 20% PVC, 17% PS en 21% mixture)	NMD	37,4	kg	AVI 85% kunststoffen
Stort aluminium	C4	0239-sto&Stort aluminium (o.b.v. Waste aluminium {RoW}  treatment of, sanitary landfill   Cut-off, U)	NMD	0,09	kg	3% stort aluminium
Stort staal	C4	0253-sto&Stort staal (o.b.v. Scrap steel {Europe without Switzerland}  treatment of scrap steel, inert material landfill   Cut-off, U)	NMD	3,21	kg	1% stort staal
Stort wapeningstaal	C4	0253-sto&Stort staal (o.b.v. Scrap steel {Europe without Switzerland}  treatment of scrap steel, inert material landfill   Cut-off, U)	NMD	2,5	kg	5% stort wapeningstaal
Stort koper	C4	0248-sto&Stort koper, lood, verzinkt staal, zink (o.b.v. Scrap tin sheet {CH}  treatment of, sanitary landfill   Cut-off, U, bij gebrek aan passender proces)	NMD	4,5	kg	5% stort koper
Stort PVC	C4	0252-sto&Stort PVC (o.b.v. Waste polyvinylchloride {Europe without Switzerland}  treatment of waste polyvinylchloride, sanitary landfill   Cut-off, U)	NMD	0,9	kg	10% stort PVC leidingen
Stort beton	C4	0240-sto&Stort beton, cellenbeton (o.b.v. Waste concrete {Europe without Switzerland}  treatment of waste concrete, inert material landfill   Cut-off, U)	NMD	4	kg	1% stort beton
Stort Polyethyleen	C4	0251-sto&Stort PE (o.b.v. Waste polyethylene {Europe without Switzerland}  treatment of waste polyethylene, sanitary landfill   Cut-off, U), ook elastomeren als epdm	NMD	4	kg	10% stort polyolefinen leidingen
Baten en lasten buiten de systeemgrens: polyethyleen	D	0278-reD&Module D, PE, per kg NETTO geleverd (o.b.v. vermeden Polyethylene, high density, granulate {RER}  production   Cut-off, U en kwaliteitsfactor 0,67)	NMD	2	kg	5% recycling, 0% secundair
Baten en lasten buiten de systeemgrens: RVS	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	190,99	kg	Materiaal in kast + bevestigingsmateriaal en verwarmingselementen (inclusief vervanging B4)

Wisselverwarming 1:12 en 1:15						
Materiaal c.q. proces	Fase	Milieuprofiel	Database/Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
						99% recycling, 28% secundair
Baten en lasten buiten de systeemgrens: koper	D	0277-reD&Module D, koper, per kg NETTO geleverd schroot (vermeden: Copper {RER}  production, primary   Cut-off, U)	NMD	66,6	kg	95% recycling, 21% secundair
Baten en lasten buiten de systeemgrens: PVC	D	0279-reD&Module D, PVC, per kg NETTO geleverd (o.b.v. vermeden Polyvinylchloride, suspension polymerised {RER}  polyvinylchloride production, suspension polymerisation   Cut-off, U en kwaliteitsfactor 0,67)	NMD	6,3	kg	70% recycling PVC
Baten en lasten buiten de systeemgrens: Staal	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	99	kg	Materiaal voor kast, 99% recycling, 0% secundair
Baten en lasten buiten de systeemgrens: beton	D	0271-reD&Module D, grind, per kg NETTO geleverd granulaat/grind (vermeden: Gravel, round {RoW}  gravel and sand quarry operation   Cut-off, U)	NMD	396	kg	99% recycling beton
Baten en lasten buiten de systeemgrens: wapeningsstaal	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	6,4	kg	95% recycling wapeningstaal 17,8% primair staal
Baten en lasten buiten de systeemgrens: aluminium	D	0269-reD&Module D aluminium, per kg NETTO geleverd schroot (vermeden: Aluminium, cast alloy {GLO}  aluminium ingot, primary, to market   Cut-off, U; Aluminium, cast alloy {RER}  treatment of aluminium scrap, post-consumer, prepared for recycling, at refiner   Cut-off, U)	NMD	8,73	kg	97% recycling (inclusief vervanging B4)
Baten en lasten van afval uit procesfase A5	D	D Wisselverwarming 1:15		0,03	stuks	

## 4 Resultaten

### 4.1 Berekening milieuprofiel

In deze LCA zijn de volgende rekenprocedures toegepast:

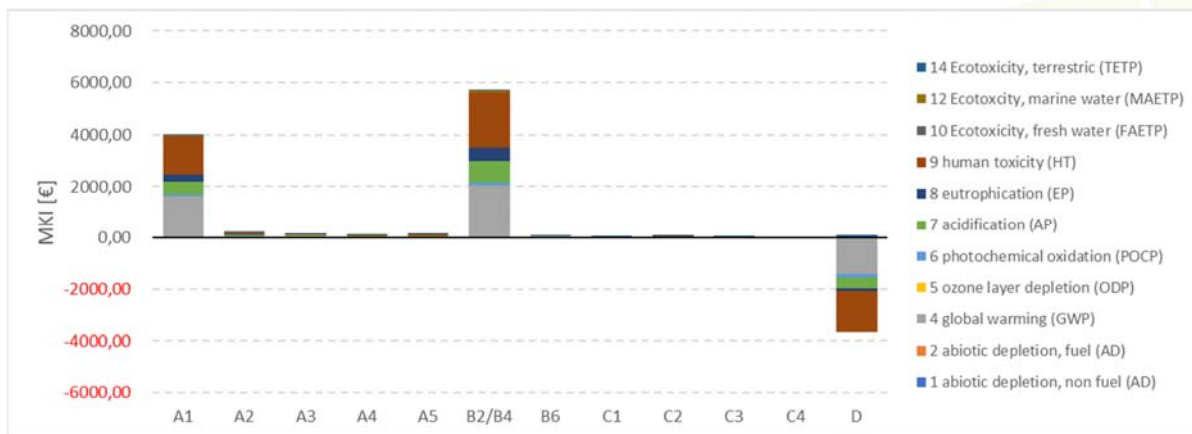
- De berekeningen in deze LCA zijn gemaakt volgens de eisen en richtlijnen van NEN-EN 15804 en de Bepalingsmethode Milieuprestaties Gebouwen en GWW-werken.
- De milieu-ingrepen zijn berekend met de methoden die zijn omschreven in NEN-EN 15804 aangevuld met karakterisatiefactoren uit de CML-VLCA-rekenmethode (versie juli 2020, NMD 3.2).
- Indien van toepassing zijn de regels voor allocatie bij multi-input, -output, recycling- en hergebruikprocessen uit NEN-EN 15804 gevolgd, overeenkomstig de NEN-EN-ISO 14044.
- De LCA-berekeningen zijn uitgevoerd met SimaPro 9.1.
  - Ecoinvent processen zijn doorgerekend inclusief infrastructuurprocessen en kapitaalgoederen.
  - Ecoinvent processen zijn doorgerekend exclusief lange termijn (>100 jaar) emissies.
- Conform paragraaf 3.5 van de Bepalingsmethode zijn deze effectcategorieën omgerekend naar een milieukosten indicator (MKI) in euro's.

### 4.2 Gewogen resultaten

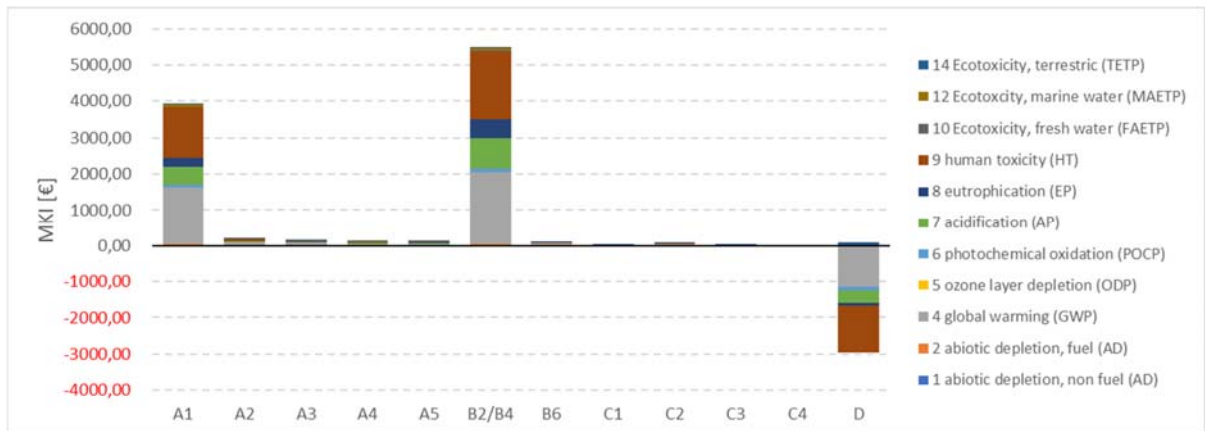
Het wegen van resultaten is een proces waarbij de resultaten van verschillende milieueffectcategorieën worden omgezet naar een '1 punt' score zodat ze integraal beschouwd kunnen worden. In deze studie wordt, conform de Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken, gebruikgemaakt van de Milieu Kosten Indicator (MKI) om de verschillende effectcategorieën te wegen tot één eindpunt. In Tabel 7 staan de uitkomsten als MKI-waarde voor het onderwerp van de analyse weergegeven. De uitgebreide gekarakteriseerde resultaten per levensfase zijn opgenomen in bijlage A.

**Tabel 7 Gewogen resultaat wissels en wisselverwarming**

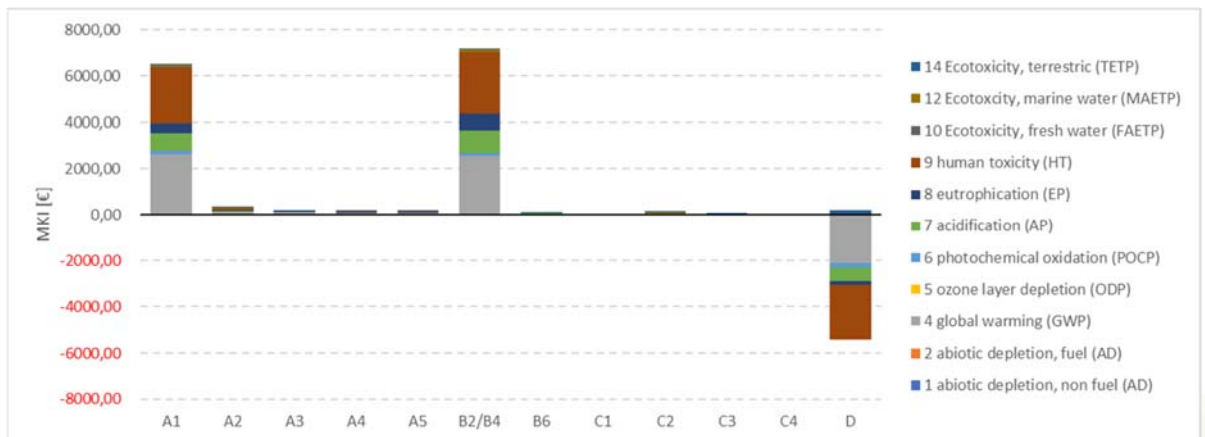
	Wissel 1:9 geconstrueerd puntstuk	Wissel 1:9 mangaan stalen puntstuk	Wissel 1:15 geconstrueerd puntstuk	Wissel 1:15 mangaan stalen puntstuk	Wissel- verwarming 1:9	Wissel- verwarming 1:12 en 1:15
	Per stuk	Per stuk	Per stuk	Per stuk	Per stuk	Per stuk
<b>Totaal (MKI- waarde)</b>	<b>€ 6.942,67</b>	<b>€ 7.321,31</b>	<b>€ 9.492,43</b>	<b>€ 9.616,44</b>	<b>€ 4.164,91</b>	<b>€ 4.384,22</b>
A1 Grondstoffen	€ 4.018,77	€ 3.916,72	€ 6.503,02	€ 6.380,56	€ 2.013,75	€ 2.027,93
A2 Transport naar producent	€ 197,62	€ 197,62	€ 306,61	€ 306,61	€ 2,14	€ 2,15
A3 Productie	€ 131,26	€ 131,26	€ 177,33	€ 177,33	€ 0,00	€ 0,00
A4 Transport naar werk	€ 108,44	€ 108,44	€ 172,44	€ 172,44	€ 2,14	€ 2,15
A5 Constructie	€ 127,41	€ 127,41	€ 168,42	€ 168,42	€ 67,35	€ 67,77
B2/B4 Onderhoud + Vervangen	€ 5.709,79	€ 5.476,44	€ 7.136,62	€ 6.856,60	€ 299,09	€ 327,44
B6 Energieverbruik	€ 87,23	€ 87,23	€ 88,80	€ 88,80	€ 1.947,45	€ 2.124,49
C1 Sloop	€ 23,18	€ 23,18	€ 23,19	€ 23,19	€ 6,56	€ 6,56
C2 Transport naar verwerking	€ 72,29	€ 72,29	€ 114,96	€ 114,96	€ 1,43	€ 1,43
C3 Afvalbewerking	€ 28,03	€ 28,03	€ 44,01	€ 44,01	€ 6,72	€ 6,72
C4 Finale afvalverwerking	€ 0,73	€ 0,73	€ 1,15	€ 1,15	€ 0,06	€ 0,06
D Baten- en lasten buiten de systeemgrens	-€ 3.562,07	-€ 2.848,03	-€ 5.244,11	-€ 4.717,62	-€ 181,77	-€ 182,47



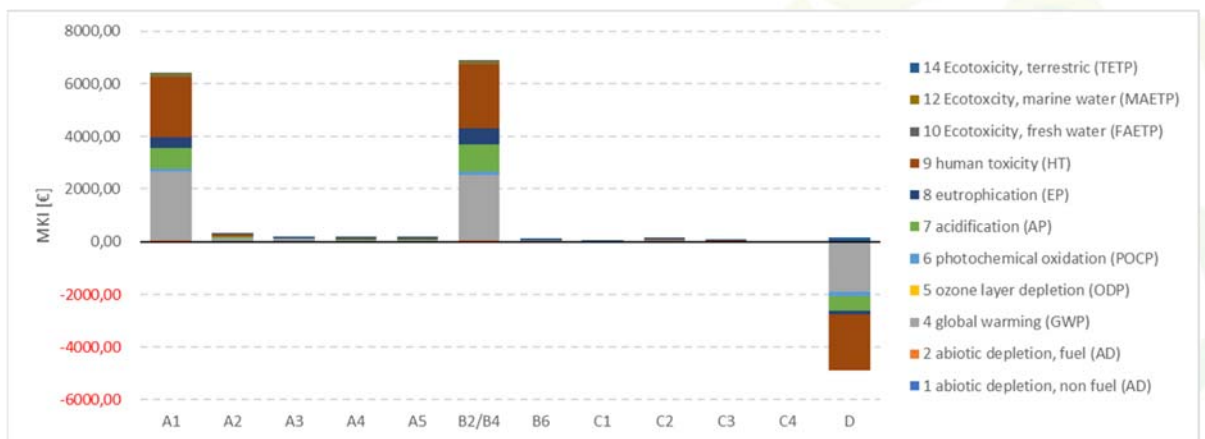
**Figuur 3 Gewogen resultaten wissel 1:9 met geconstrueerd puntstuk naar levensfase en impact categorie**



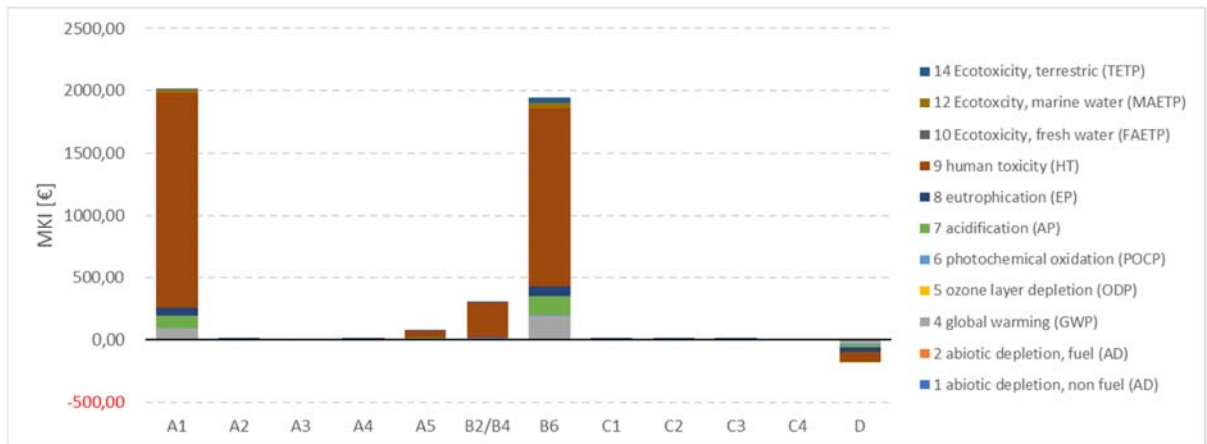
**Figuur 4 Gewogen resultaten wissel 1:9 met mangaanstalen puntstuk naar levensfase en impact categorie**



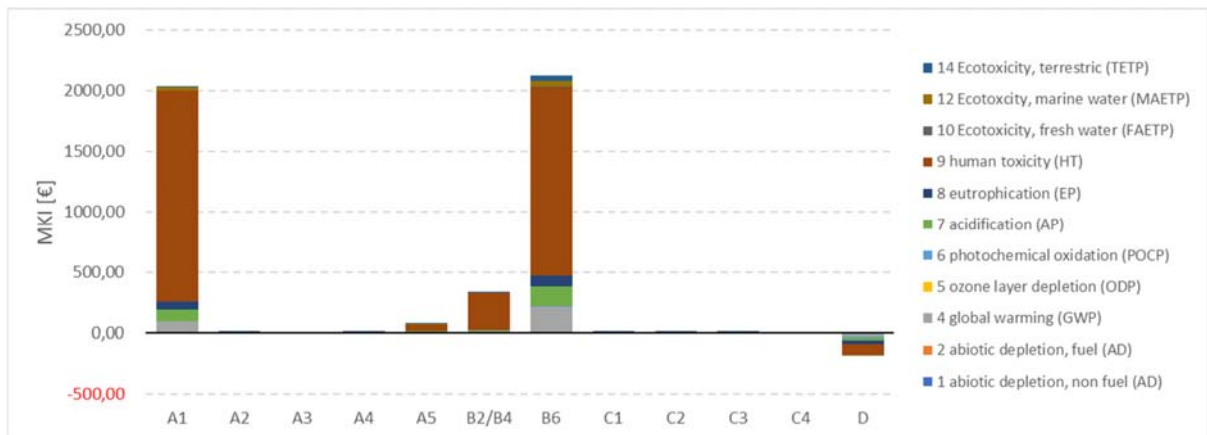
**Figuur 5 Gewogen resultaten wissel 1:15 met geconstrueerd puntstuk naar levensfase en impact categorie**



**Figuur 6 Gewogen resultaten wissel 1:15 met mangaanstalen puntstuk naar levensfase en impact categorie**



Figuur 7 Gewogen resultaten wisselverwarming 1:9 naar levensfase en impact categorie



Figuur 8 Gewogen resultaten wisselverwarming 1:12 en 1:15 naar levensfase en impact categorie

## 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+A1:2013+A2:2019 Duurzaamheid van bouwwerken – Milieuverklaringen van producten – Basisregels voor de productgroep bouwproducten, november 2013
- [4] Bepalingsmethode Milieuprestatie Gebouwen en GWW werken versie 3.0, januari 2019, met wijzigingsbladen d.d. juli 2019 en d.d januari 2020
- [5] Processendatabase Nationale Milieudatabase (NMD) versie 3.2
- [6] Ecoinvent Database versie 3.5
- [7] CAT III LCA Spoorstaaf 54E1, SGS Search, ProRail, 19 februari 2021

## 6 Bijlagen

### 6.1 Bijlage A Gekarakteriseerde resultaten per product





### Wissel 1:9 met geconstrueerd puntstuk

Tabel 8 Milieuprofiel wissel 1:9 met geconstrueerd puntstuk per stuk

Impact category	Eenheid	Totaal	A1	A2	A3	A4	A5	B2/B4	B6	C1	C2	C3	C4	D
1 abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	1,02E+00	6,48E-01	4,52E-03	1,53E-02	2,59E-03	4,07E-03	3,27E-01	1,04E-03	5,86E-05	1,73E-03	1,18E-04	3,74E-06	1,76E-02
2 abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	3,45E+02	1,93E+02	1,22E+01	1,12E+01	6,81E+00	6,53E+00	2,72E+02	8,33E+00	1,21E+00	4,54E+00	5,30E-01	4,59E-02	-1,72E+02
4 global warming (GWP)	kg CO2 eq	5,13E+04	3,19E+04	1,64E+03	1,63E+03	9,10E+02	9,53E+02	3,99E+04	1,12E+03	1,75E+02	6,07E+02	4,30E+02	7,75E+00	-2,80E+04
5 ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	5,10E-03	1,71E-03	2,99E-04	1,05E-04	1,70E-04	1,53E-04	3,75E-03	6,06E-05	3,16E-05	1,13E-04	1,64E-05	1,11E-06	-1,31E-03
6 photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	3,69E+01	4,04E+01	9,88E-01	3,51E-01	5,40E-01	9,25E-01	5,80E+01	1,71E-01	1,76E-01	3,60E-01	4,86E-02	4,24E-03	-6,51E+01
7 acidification (AP)	kg SO2 eq	2,46E+02	1,18E+02	7,44E+00	4,07E+00	3,94E+00	6,60E+00	2,04E+02	2,81E+00	1,32E+00	2,63E+00	4,25E-01	2,40E-02	-1,05E+02
8 eutrophication (EP)	kg PO4--- eq	8,73E+01	3,09E+01	1,50E+00	8,74E-01	7,95E-01	1,40E+00	6,10E+01	6,42E-01	2,97E-01	5,30E-01	9,23E-02	5,58E-03	-1,07E+01
9 human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	2,40E+04	1,65E+04	6,76E+02	2,21E+02	3,73E+02	3,96E+02	2,33E+04	1,17E+02	6,26E+01	2,49E+02	3,73E+01	1,56E+00	-1,79E+04
10 Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	7,63E+02	2,14E+02	1,88E+01	7,09E+00	1,08E+01	5,43E+00	2,66E+02	3,23E+00	8,73E-01	7,23E+00	1,42E+00	2,07E-01	2,28E+02
12 Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	1,88E+06	6,20E+05	6,74E+04	2,42E+04	3,86E+04	1,90E+04	8,27E+05	1,37E+04	2,94E+03	2,58E+04	4,29E+03	2,92E+02	2,43E+05
14 Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	1,79E+03	1,60E+02	2,43E+00	1,38E+01	1,29E+00	3,39E+00	5,66E+01	5,74E+00	1,04E-01	8,58E-01	2,17E-01	3,97E-03	1,55E+03
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	3,95E+04	2,23E+04	4,09E+02	1,92E+03	1,49E+02	1,91E+02	1,32E+04	1,68E+03	1,47E+01	9,93E+01	6,78E+01	9,09E-01	-4,85E+02
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	7,06E+05	3,31E+05	2,72E+04	2,24E+04	1,51E+04	1,41E+04	4,96E+05	1,64E+04	2,71E+03	1,01E+04	1,10E+03	1,02E+02	-2,30E+05
104. Water, fresh water use (m3)	m3	3,87E+02	2,75E+02	5,48E+00	1,43E+01	2,68E+00	2,66E+00	2,23E+02	1,24E+01	3,49E-01	1,79E+00	9,76E-01	1,00E-01	-1,51E+02
106 Waste, hazardous (kg)	kg	1,30E+00	2,24E+00	1,77E-02	5,13E-02	9,04E-03	4,59E-02	2,68E+00	4,36E-02	1,15E-03	6,03E-03	1,95E-03	6,61E-05	-3,80E+00
105 Waste, non hazardous (kg)	kg	1,17E+04	3,93E+03	1,46E+03	1,42E+02	8,66E+02	3,52E+01	5,63E+03	4,26E+01	2,71E+00	5,77E+02	1,10E+02	5,58E+02	-1,68E+03
107 Waste, radioactive (kg)	kg	2,92E+00	6,77E-01	1,71E-01	5,68E-02	9,57E-02	8,45E-02	1,78E+00	4,00E-02	1,76E-02	6,38E-02	4,65E-03	6,29E-04	-7,05E-02

### Wissel 1:9 met mangaanstalen puntstuk

Tabel 9 Milieuprofiel wissel 1:9 met mangaanstalen puntstuk per stuk

Impact category	Eenheid	Totaal	A1	A2	A3	A4	A5	B2	B6	C1	C2	C3	C4	D
1 abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	9,36E-01	6,20E-01	4,52E-03	1,53E-02	2,59E-03	4,07E-03	2,72E-01	1,04E-03	5,86E-05	1,73E-03	1,18E-04	3,74E-06	1,38E-02
2 abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	3,88E+02	1,96E+02	1,22E+01	1,12E+01	6,81E+00	6,53E+00	2,78E+02	8,33E+00	1,21E+00	4,54E+00	5,30E-01	4,59E-02	-1,37E+02
4 global warming (GWP)	kg CO2 eq	5,72E+04	3,21E+04	1,64E+03	1,63E+03	9,10E+02	9,53E+02	4,00E+04	1,12E+03	1,75E+02	6,07E+02	4,30E+02	7,75E+00	-2,24E+04
5 ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	5,77E-03	1,85E-03	2,99E-04	1,05E-04	1,70E-04	1,53E-04	4,03E-03	6,06E-05	3,16E-05	1,13E-04	1,64E-05	1,11E-06	-1,05E-03
6 photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	3,99E+01	3,72E+01	9,88E-01	3,51E-01	5,40E-01	9,25E-01	5,11E+01	1,71E-01	1,76E-01	3,60E-01	4,86E-02	4,24E-03	-5,19E+01
7 acidification (AP)	kg SO2 eq	2,76E+02	1,21E+02	7,44E+00	4,07E+00	3,94E+00	6,60E+00	2,10E+02	2,81E+00	1,32E+00	2,63E+00	4,25E-01	2,40E-02	-8,40E+01
8 eutrophication (EP)	kg PO4--- eq	8,38E+01	2,90E+01	1,50E+00	8,74E-01	7,95E-01	1,40E+00	5,72E+01	6,42E-01	2,97E-01	5,30E-01	9,23E-02	5,58E-03	-8,61E+00
9 human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	2,40E+04	1,53E+04	6,76E+02	2,21E+02	3,73E+02	3,96E+02	2,09E+04	1,17E+02	6,26E+01	2,49E+02	3,73E+01	1,56E+00	-1,43E+04
10 Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	7,36E+02	2,20E+02	1,88E+01	7,09E+00	1,08E+01	5,43E+00	2,79E+02	3,23E+00	8,73E-01	7,23E+00	1,42E+00	2,07E-01	1,82E+02
12 Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	1,87E+06	6,30E+05	6,74E+04	2,42E+04	3,86E+04	1,90E+04	8,49E+05	1,37E+04	2,94E+03	2,58E+04	4,29E+03	2,92E+02	1,92E+05
14 Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	1,48E+03	1,55E+02	2,43E+00	1,38E+01	1,29E+00	3,39E+00	5,91E+01	5,74E+00	1,04E-01	8,58E-01	2,17E-01	3,97E-03	1,24E+03
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	5,81E+04	2,86E+04	4,09E+02	1,92E+03	1,49E+02	1,91E+02	2,60E+04	1,68E+03	1,47E+01	9,93E+01	6,78E+01	9,09E-01	-1,03E+03
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	8,26E+05	3,57E+05	2,72E+04	2,24E+04	1,51E+04	1,41E+04	5,45E+05	1,64E+04	2,71E+03	1,01E+04	1,10E+03	1,02E+02	-1,85E+05
104. Water, fresh water use (m3)	m3	4,52E+02	2,90E+02	5,48E+00	1,43E+01	2,68E+00	2,66E+00	2,52E+02	1,24E+01	3,49E-01	1,79E+00	9,76E-01	1,00E-01	-1,30E+02
106 Waste, hazardous (kg)	kg	1,54E+00	2,07E+00	1,77E-02	5,13E-02	9,04E-03	4,59E-02	2,32E+00	4,36E-02	1,15E-03	6,03E-03	1,95E-03	6,61E-05	-3,03E+00
105 Waste, non hazardous (kg)	kg	1,27E+04	4,17E+03	1,46E+03	1,42E+02	8,66E+02	3,52E+01	6,08E+03	4,26E+01	2,71E+00	5,77E+02	1,10E+02	5,58E+02	-1,35E+03
107 Waste, radioactive (kg)	kg	3,68E+00	9,24E-01	1,71E-01	5,68E-02	9,57E-02	8,45E-02	2,28E+00	4,00E-02	1,76E-02	6,38E-02	4,65E-03	6,29E-04	-5,85E-02

Wissel 1:15 met geconstrueerd puntstuk

Tabel 10 Milieuprofiel wissel 1:15 met geconstrueerd puntstuk per stuk

Impact category	Eenheid	Totaal	A1	A2	A3	A4	A5	B2	B6	C1	C2	C3	C4	D
1 abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	1,53E+00	1,03E+00	6,91E-03	2,39E-02	4,12E-03	5,43E-03	4,33E-01	1,06E-03	5,87E-05	2,75E-03	1,86E-04	5,93E-06	2,58E-02
2 abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	4,71E+02	3,14E+02	1,89E+01	1,49E+01	1,08E+01	8,64E+00	3,39E+02	8,48E+00	1,21E+00	7,22E+00	8,35E-01	7,28E-02	-2,53E+02
4 global warming (GWP)	kg CO2 eq	7,06E+04	5,18E+04	2,54E+03	2,18E+03	1,45E+03	1,26E+03	4,97E+04	1,14E+03	1,75E+02	9,65E+02	6,74E+02	1,22E+01	-4,13E+04
5 ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	6,63E-03	2,80E-03	4,57E-04	1,44E-04	2,70E-04	2,02E-04	4,38E-03	6,17E-05	3,16E-05	1,80E-04	2,59E-05	1,77E-06	-1,93E-03
6 photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	4,91E+01	6,61E+01	1,54E+00	4,89E-01	8,58E-01	1,22E+00	7,36E+01	1,74E-01	1,76E-01	5,72E-01	7,67E-02	6,71E-03	-9,58E+01
7 acidification (AP)	kg SO2 eq	3,23E+02	1,91E+02	1,17E+01	5,47E+00	6,27E+00	8,71E+00	2,46E+02	2,86E+00	1,32E+00	4,18E+00	6,69E-01	3,81E-02	-1,55E+02
8 eutrophication (EP)	kg PO4--- eq	1,18E+02	4,96E+01	2,35E+00	1,17E+00	1,26E+00	1,84E+00	7,53E+01	6,53E-01	2,97E-01	8,43E-01	1,45E-01	8,84E-03	-1,58E+01
9 human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	3,31E+04	2,66E+04	1,05E+03	3,07E+02	5,93E+02	5,24E+02	2,97E+04	1,19E+02	6,26E+01	3,95E+02	5,88E+01	2,47E+00	-2,63E+04
10 Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	1,10E+03	3,45E+02	2,86E+01	1,01E+01	1,72E+01	7,19E+00	3,36E+02	3,29E+00	8,73E-01	1,15E+01	2,24E+00	3,26E-01	3,36E+02
12 Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	2,68E+06	9,98E+05	1,03E+05	3,35E+04	6,14E+04	2,52E+04	1,04E+06	1,39E+04	2,94E+03	4,10E+04	6,77E+03	4,60E+02	3,56E+05
14 Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	2,62E+03	2,34E+02	3,83E+00	1,99E+01	2,05E+00	4,51E+00	7,31E+01	5,84E+00	1,04E-01	1,36E+00	3,42E-01	6,28E-03	2,28E+03
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	5,38E+04	3,19E+04	7,13E+02	2,47E+03	2,37E+02	2,54E+02	1,73E+04	1,71E+03	1,48E+01	1,58E+02	1,07E+02	1,44E+00	-1,04E+03
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	9,60E+05	5,41E+05	4,20E+04	2,97E+04	2,40E+04	1,87E+04	6,07E+05	1,67E+04	2,71E+03	1,60E+04	1,73E+03	1,62E+02	-3,40E+05
104. Water, fresh water use (m3)	m3	5,68E+02	4,54E+02	8,84E+00	1,85E+01	4,27E+00	3,52E+00	2,89E+02	1,26E+01	3,49E-01	2,85E+00	1,53E+00	1,59E-01	-2,27E+02
106 Waste, hazardous (kg)	kg	1,83E+00	3,65E+00	2,82E-02	6,65E-02	1,44E-02	6,12E-02	3,54E+00	4,43E-02	1,15E-03	9,58E-03	3,07E-03	1,05E-04	-5,59E+00
105 Waste, non hazardous (kg)	kg	1,72E+04	6,42E+03	2,20E+03	2,09E+02	1,38E+03	4,67E+01	7,41E+03	4,33E+01	2,71E+00	9,18E+02	1,73E+02	8,86E+02	-2,48E+03
107 Waste, radioactive (kg)	kg	3,81E+00	1,11E+00	2,64E-01	7,53E-02	1,52E-01	1,12E-01	2,03E+00	4,07E-02	1,76E-02	1,01E-01	7,33E-03	9,98E-04	-1,05E-01

**Wissel 1:15 met mangaanstalen puntstuk**

**Tabel 11 Milieuprofiel wissel 1:15 met mangaanstalen puntstuk per stuk**

Impact category	Eenheid	Totaal	A1	A2	A3	A4	A5	B2	B6	C1	C2	C3	C4	D
1 abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	1,43E+00	9,94E-01	6,91E-03	2,39E-02	4,12E-03	5,43E-03	3,67E-01	1,06E-03	5,87E-05	2,75E-03	1,86E-04	5,93E-06	2,30E-02
2 abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	5,07E+02	3,18E+02	1,89E+01	1,49E+01	1,08E+01	8,64E+00	3,45E+02	8,48E+00	1,21E+00	7,22E+00	8,35E-01	7,28E-02	-2,28E+02
4 global warming (GWP)	kg CO2 eq	7,51E+04	5,20E+04	2,54E+03	2,18E+03	1,45E+03	1,26E+03	4,98E+04	1,14E+03	1,75E+02	9,65E+02	6,74E+02	1,22E+01	-3,71E+04
5 ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	7,32E-03	2,97E-03	4,57E-04	1,44E-04	2,70E-04	2,02E-04	4,71E-03	6,17E-05	3,16E-05	1,80E-04	2,59E-05	1,77E-06	-1,74E-03
6 photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	4,67E+01	6,23E+01	1,54E+00	4,89E-01	8,58E-01	1,22E+00	6,54E+01	1,74E-01	1,76E-01	5,72E-01	7,67E-02	6,71E-03	-8,61E+01
7 acidification (AP)	kg SO2 eq	3,50E+02	1,95E+02	1,17E+01	5,47E+00	6,27E+00	8,71E+00	2,53E+02	2,86E+00	1,32E+00	4,18E+00	6,69E-01	3,81E-02	-1,39E+02
8 eutrophication (EP)	kg PO4--- eq	1,12E+02	4,74E+01	2,35E+00	1,17E+00	1,26E+00	1,84E+00	7,08E+01	6,53E-01	2,97E-01	8,43E-01	1,45E-01	8,84E-03	-1,43E+01
9 human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	3,14E+04	2,52E+04	1,05E+03	3,07E+02	5,93E+02	5,24E+02	2,68E+04	1,19E+02	6,26E+01	3,95E+02	5,88E+01	2,47E+00	-2,37E+04
10 Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	1,09E+03	3,52E+02	2,86E+01	1,01E+01	1,72E+01	7,19E+00	3,52E+02	3,29E+00	8,73E-01	1,15E+01	2,24E+00	3,26E-01	3,01E+02
12 Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	2,69E+06	1,01E+06	1,03E+05	3,35E+04	6,14E+04	2,52E+04	1,07E+06	1,39E+04	2,94E+03	4,10E+04	6,77E+03	4,60E+02	3,19E+05
14 Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	2,39E+03	2,28E+02	3,83E+00	1,99E+01	2,05E+00	4,51E+00	7,61E+01	5,84E+00	1,04E-01	1,36E+00	3,42E-01	6,28E-03	2,05E+03
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	7,63E+04	3,95E+04	7,13E+02	2,47E+03	2,37E+02	2,54E+02	3,25E+04	1,71E+03	1,48E+01	1,58E+02	1,07E+02	1,44E+00	-1,44E+03
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	1,08E+06	5,71E+05	4,20E+04	2,97E+04	2,40E+04	1,87E+04	6,66E+05	1,67E+04	2,71E+03	1,60E+04	1,73E+03	1,62E+02	-3,06E+05
104. Water, fresh water use (m3)	m3	6,36E+02	4,72E+02	8,84E+00	1,85E+01	4,27E+00	3,52E+00	3,23E+02	1,26E+01	3,49E-01	2,85E+00	1,53E+00	1,59E-01	-2,12E+02
106 Waste, hazardous (kg)	kg	1,76E+00	3,45E+00	2,82E-02	6,65E-02	1,44E-02	6,12E-02	3,10E+00	4,43E-02	1,15E-03	9,58E-03	3,07E-03	1,05E-04	-5,02E+00
105 Waste, non hazardous (kg)	kg	1,83E+04	6,70E+03	2,20E+03	2,09E+02	1,38E+03	4,67E+01	7,95E+03	4,33E+01	2,71E+00	9,18E+02	1,73E+02	8,86E+02	-2,23E+03
107 Waste, radioactive (kg)	kg	4,71E+00	1,41E+00	2,64E-01	7,53E-02	1,52E-01	1,12E-01	2,63E+00	4,07E-02	1,76E-02	1,01E-01	7,33E-03	9,98E-04	-9,61E-02

## Wisselverwarming 1:9

Table 12 Milieuprofiel wisselverwarming 1:9 per stuk

Impact category	Eenheid	Totaal	A1	A2	A3	A4	A5	B4	B6	C1	C2	C3	C4	D
1 abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	2,31E-01	1,75E-01	5,11E-05	0,00E+00	5,11E-05	5,28E-03	5,31E-03	1,55E-01	1,66E-05	3,41E-05	3,76E-05	1,87E-07	-1,10E-01
2 abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	3,58E+01	1,18E+01	1,34E-01	0,00E+00	1,34E-01	7,07E-01	1,32E+00	2,54E+01	3,41E-01	8,96E-02	6,67E-02	1,93E-03	-4,14E+00
4 global warming (GWP)	kg CO2 eq	5,35E+03	1,75E+03	1,80E+01	0,00E+00	1,80E+01	1,06E+02	2,00E+02	3,74E+03	4,93E+01	1,20E+01	1,07E+02	6,69E-01	-6,53E+02
5 ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	3,19E-04	1,01E-04	3,35E-06	0,00E+00	3,35E-06	1,24E-05	1,05E-05	2,06E-04	8,93E-06	2,24E-06	4,00E-06	4,55E-08	-3,26E-05
6 photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	5,47E+00	2,23E+00	1,07E-02	0,00E+00	1,07E-02	1,18E-01	1,27E-01	4,11E+00	4,99E-02	7,10E-03	5,37E-03	2,34E-04	-1,20E+00
7 acidification (AP)	kg SO2 eq	5,79E+01	2,43E+01	7,78E-02	0,00E+00	7,78E-02	1,11E+00	1,13E+00	3,73E+01	3,74E-01	5,19E-02	5,12E-02	1,04E-03	-6,54E+00
8 eutrophication (EP)	kg PO4--- eq	1,32E+01	7,14E+00	1,57E-02	0,00E+00	1,57E-02	3,00E-01	1,19E-01	8,93E+00	8,41E-02	1,05E-02	9,10E-03	2,71E-04	-3,47E+00
9 human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	3,79E+04	1,92E+04	7,36E+00	0,00E+00	7,36E+00	5,93E+02	3,13E+03	1,59E+04	1,77E+01	4,91E+00	1,00E+01	1,05E-01	-9,30E+02
10 Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	2,06E+02	6,55E+01	2,14E-01	0,00E+00	2,14E-01	2,24E+00	3,05E+00	1,42E+02	2,47E-01	1,43E-01	4,13E-01	5,65E-02	-8,95E+00
12 Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	6,94E+05	3,01E+05	7,63E+02	0,00E+00	7,63E+02	9,97E+03	1,18E+04	4,25E+05	8,34E+02	5,08E+02	1,22E+03	5,01E+01	-5,88E+04
14 Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	7,75E+02	3,09E+01	2,54E-02	0,00E+00	2,54E-02	9,58E-01	3,84E+00	7,20E+02	2,94E-02	1,69E-02	3,03E-02	2,35E-04	1,91E+01
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	1,15E+04	3,88E+03	2,94E+00	0,00E+00	2,94E+00	1,21E+02	5,32E+02	7,57E+03	4,17E+00	1,96E+00	1,07E+01	1,02E-01	-6,39E+02
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	6,91E+04	2,19E+04	2,98E+02	0,00E+00	2,98E+02	1,45E+03	2,38E+03	4,83E+04	7,64E+02	1,99E+02	1,37E+02	4,39E+00	-6,71E+03
104. Water, fresh water use (m3)	m3	6,37E+01	1,58E+01	5,30E-02	0,00E+00	5,30E-02	5,83E-01	9,36E-01	5,24E+01	9,88E-02	3,53E-02	1,96E-01	4,46E-03	-6,49E+00
106 Waste, hazardous (kg)	kg	4,41E-01	5,61E-02	1,78E-04	0,00E+00	1,78E-04	2,03E-03	6,18E-03	3,64E-01	3,21E-04	1,19E-04	2,65E-04	2,71E-06	1,09E-02
105 Waste, non hazardous (kg)	kg	6,05E+03	1,84E+03	1,71E+01	0,00E+00	1,71E+01	5,81E+01	2,36E+02	4,66E+03	7,67E-01	1,14E+01	4,47E+00	1,92E+01	-8,24E+02
107 Waste, radioactive (kg)	kg	1,65E-01	4,95E-02	1,89E-03	0,00E+00	1,89E-03	6,65E-03	5,29E-03	1,04E-01	5,00E-03	1,26E-03	4,89E-04	2,69E-05	-1,10E-02

## Wisselverwarming 1:12 en 1:15

Tabel 13 Milieuprofiel Wisselverwarming 1:12 en 1:15 per stuk

Impact category	Eenheid	Totaal	A1	A2	A3	A4	A5	B4	B6	C1	C2	C3	C4	D
1 abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	2,46E-01	1,75E-01	5,12E-05	0,00E+00	5,12E-05	5,28E-03	5,80E-03	1,69E-01	1,66E-05	3,42E-05	3,76E-05	1,87E-07	-1,10E-01
2 abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	3,82E+01	1,18E+01	1,35E-01	0,00E+00	1,35E-01	7,09E-01	1,44E+00	2,77E+01	3,41E-01	8,98E-02	6,67E-02	1,93E-03	-4,18E+00
4 global warming (GWP)	kg CO2 eq	5,71E+03	1,76E+03	1,80E+01	0,00E+00	1,80E+01	1,07E+02	2,19E+02	4,08E+03	4,93E+01	1,20E+01	1,07E+02	6,69E-01	-6,58E+02
5 ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	3,39E-04	1,02E-04	3,36E-06	0,00E+00	3,36E-06	1,24E-05	1,14E-05	2,24E-04	8,93E-06	2,24E-06	4,00E-06	4,55E-08	-3,28E-05
6 photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	5,84E+00	2,23E+00	1,07E-02	0,00E+00	1,07E-02	1,18E-01	1,38E-01	4,49E+00	4,99E-02	7,12E-03	5,37E-03	2,34E-04	-1,22E+00
7 acidification (AP)	kg SO2 eq	6,15E+01	2,44E+01	7,80E-02	0,00E+00	7,80E-02	1,11E+00	1,23E+00	4,07E+01	3,74E-01	5,20E-02	5,12E-02	1,04E-03	-6,56E+00
8 eutrophication (EP)	kg PO4---eq	1,40E+01	7,15E+00	1,57E-02	0,00E+00	1,57E-02	3,00E-01	1,30E-01	9,74E+00	8,41E-02	1,05E-02	9,10E-03	2,71E-04	-3,47E+00
9 human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	3,98E+04	1,93E+04	7,38E+00	0,00E+00	7,38E+00	5,98E+02	3,43E+03	1,73E+04	1,77E+01	4,92E+00	1,00E+01	1,05E-01	-9,33E+02
10 Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	2,19E+02	6,57E+01	2,14E-01	0,00E+00	2,14E-01	2,25E+00	3,33E+00	1,55E+02	2,47E-01	1,43E-01	4,13E-01	5,65E-02	-8,90E+00
12 Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	7,34E+05	3,02E+05	7,64E+02	0,00E+00	7,64E+02	9,99E+03	1,29E+04	4,64E+05	8,34E+02	5,10E+02	1,22E+03	5,01E+01	-5,87E+04
14 Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	8,42E+02	3,11E+01	2,54E-02	0,00E+00	2,54E-02	9,64E-01	4,20E+00	7,86E+02	2,94E-02	1,70E-02	3,03E-02	2,35E-04	1,94E+01
101. Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	1,23E+04	3,90E+03	2,95E+00	0,00E+00	2,95E+00	1,22E+02	5,82E+02	8,26E+03	4,17E+00	1,96E+00	1,07E+01	1,02E-01	-6,39E+02
102. Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	7,37E+04	2,21E+04	2,99E+02	0,00E+00	2,99E+02	1,45E+03	2,59E+03	5,27E+04	7,64E+02	1,99E+02	1,37E+02	4,40E+00	-6,75E+03
104. Water, fresh water use (m3)	m3	6,85E+01	1,58E+01	5,31E-02	0,00E+00	5,31E-02	5,84E-01	1,02E+00	5,72E+01	9,88E-02	3,54E-02	1,96E-01	4,46E-03	-6,51E+00
106 Waste, hazardous (kg)	kg	4,74E-01	5,64E-02	1,79E-04	0,00E+00	1,79E-04	2,03E-03	6,64E-03	3,97E-01	3,21E-04	1,19E-04	2,65E-04	2,71E-06	1,02E-02
105 Waste, non hazardous (kg)	kg	6,50E+03	1,85E+03	1,71E+01	0,00E+00	1,71E+01	5,85E+01	2,58E+02	5,09E+03	7,67E-01	1,14E+01	4,47E+00	1,92E+01	-8,24E+02
107 Waste, radioactive (kg)	kg	1,75E-01	4,98E-02	1,89E-03	0,00E+00	1,89E-03	6,66E-03	5,77E-03	1,13E-01	5,00E-03	1,26E-03	4,89E-04	2,70E-05	-1,11E-02