

LCA Rapportage categorie 3 data Nationale Milieudatabase

Hoofdstuk Voegovergangen

Datum rapportage:	31 Maart 2022
Rapportnummer:	TNO 2021 R12751a
Versie rapportage:	3.0
Datum publicatie in de NMD:	n.t.b.
Versie Bepalingsmethode:	Bepalingsmethode 'Milieuprestatie Bouwwerken' versie 1.0, juli 2020
Versie ecoinvent database:	3.5
Opdrachtgever:	Stichting Nationale Milieudatabase
Opdrachtnemer(s):	TNO
Auteur(s):	Lia De Simon, Bart Jansen, Elisabeth Keijzer, Mahesh Moenielal (TNO)

Table of Contents

1	Inleiding	4
1.1	Doelstelling en doelgroep	5
1.2	Verantwoording	5
1.3	Leeswijzer	6
2	Methode	7
2.1	Aanpak	7
2.2	Scope	7
2.3	Productbeschrijving	8
2.4	Functionele eenheid	8
2.5	Systeemgrenzen	9
3	Levenscyclusinventarisatie (LCI)	11
3.1	Dataverzameling	11
3.2	Decompositie in materialen en processen	13
3.2.1	Product Voegovergang 1.2b1	13
3.2.2	Product Voegovergang 1.2b2 (type BR-Silent)	17
3.2.3	Product voegovergang 1.4a2	21
3.2.4	Product voegovergang 4.1b	25
3.2.5	Product Voegovergang 4.1d	29
3.2.6	Product voegovergang 4.2	33
3.2.7	Product Voegovergang 5.1	37
4	Resultaten	40
4.1	Berekening milieuprofiel	40
4.2	Gekarakteriseerde resultaten	40
4.3	Gewogen resultaten	42
4.4	Zwaartepuntanalyse	43
4.4.1	Voegovergang 1.2b1	43
4.4.2	Voegovergang 1.2b2 (type BR-Silent)	44
4.4.3	Voegovergang 1.4a2	46
4.4.4	Voegovergang 4.1b	48
4.4.5	Voegovergang 4.1d	51
4.4.6	Voegovergang 4.2	52
4.4.7	Voegovergang 5.1	54
4.5	Gevoeligheidsanalyse	56
4.6	Vergelijking van levensduur	56
5	Referenties	58

6	Bijlagen	59
6.1	Bijlage Gekarakteriseerde resultaten en MKI per product.....	59
6.1.1	Voegovergang 1.2b1	59
6.1.2	Voegovergang 1.2b2 (type BR-Silent)	60
6.1.3	Voegovergang 1.4a2	61
6.1.4	Voegovergang 4.1b	62
6.1.5	Voegovergang 4.1d	63
6.1.6	Voegovergang 4.2	64
6.1.7	Voegovergang 5.1	65
7	ONDERTEKENING	66

1 Inleiding

Deze LCA¹-rapportage beschrijft de uitgangspunten en resultaten voor de categorie 3 data over verschillende type voegovergangen in de Nationale Milieudatabase². Rijkswaterstaat (RWS) en de Stichting Nationale Milieudatabase (Stichting NMD) zijn in 2020 gestart met het actualiseren van de categorie 3 data voor de Spoor-, Grond-, Weg- en Waterbouw (GWW) in de Nationale Milieudatabase (NMD). Per RAW-hoofdstuk of thematisch onderwerp wordt de categorie 3 data voor de GWW geactualiseerd. Deze rapportage beschrijft de uitkomsten daarvan.

De GWW-data in de Nationale Milieudatabase wordt gebruikt voor het berekenen van de MKI-waarde van materialen, producten en processen voor de realisatie van een GWW-werk. Deze MKI-waarde wordt berekend door middel van de bepalingen in de 'Bepalingsmethode Milieuprestatie Gebouwen en GWW-werken'³. Met software-instrumenten zoals DuboCalc⁴ kan met behulp van de Nationale Milieudatabase de MKI-waarde voor een product, object en een compleet project berekend worden.

Opdrachtgevers in de GWW-sector gebruiken deze MKI-berekeningen om in de ontwerpfase van het project afwegingen te kunnen maken tussen verschillende materialen of ontwerpopties. Ze vergelijken dan de MKI-waarde van de verschillende oplossingen en kunnen vervolgens voor het duurzaamste materiaal (het product met de laagste MKI-waarde) kiezen. Ook kan in de aanbesteding van een project een gunningscriterium toegepast worden waarbij de inschrijver met de laagste MKI-waarde de hoogste fictieve korting krijgt⁵.

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

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

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

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

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

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

⁵ Meer informatie over het gebruik van de MKI-waarde als gunningscriterium: <https://www.dubocalc.nl/hoe-dubocalc-toepassen/>

1.1 Doelstelling en doelgroep

De studie is gericht op aantal voegtypen zoals omschreven in het digitale Handboek Voegovergangen⁶. 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.

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 Gebouwen en GWW-werken versie 1.0 (july 2020)*. De Bepalingsmethode is gebaseerd op de *ISO 14040 - ISO14044* en de *NEN-EN 15804:2012 + A1 (2013)*⁷.

De LCA is uitgevoerd in samenwerking met Rijkswaterstaat, Stichting Bouwkwiteit en LBP|SIGHT. De gegevensverzameling heeft plaatsgevonden in de periode van november tot december 2020 waarna aansluitende de berekeningen zijn uitgevoerd en het LCA-dossier is opgesteld. Deze LCA is uitgevoerd door TNO.

Het LCA-dossier dat in het kader van deze studie is opgesteld is gecontroleerd door een externe deskundige die niet bij de uitvoering van het onderzoek betrokken was: LBP|SIGHT. 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.

⁶ [Kennissplatform Voegovergangen en Opleggingenvoor markt en overheid - PVO \(pveno.nl\)](https://pveno.nl)

⁷ Alleen het optellen van milieu-impactscores tot een totaalscore (de MKI, zie hoofdstuk 4.6) valt buiten de ISO14044.

Indien echter een derde van mening is dat de ingevoerde productkaarten en/of de onderhavige rapportage fouten bevatten, dan kan er een verzoek tot rectificatie worden ingediend bij Stichting NMD. Deze zal een dergelijk verzoek conform haar procedures afwikkelen. Hiervoor kan een e-mail gestuurd worden aan info@milieudatabase.nl.

1.3 Leeswijzer

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

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

In hoofdstuk 4 zijn de resultaten en de gevoeligheidsanalyse beschreven.

2 Methode

2.1 Aanpak

Dit rapport beschrijft verschillende typen van één hoofdproduct (voegovergangen). Voor dit hoofdproduct wordt de volledige levenscyclus beschreven.

Voor alle producten geldt dat niet alle componenten tot in detail beschreven zijn. Voor ieder product zijn de belangrijkste componenten geïnventariseerd. Het doel hierbij is om de producten te inventariseren die samen tenminste 95% van de milieu-impact bepalen. Op basis van massa is soms de keuze gemaakt om meer of minder aandacht te besteden aan bepaalde deelproducten (bijv. schroeven zijn minder belangrijk dan stalen frames).

De LCA-berekening is opgesteld met SimaPro v9.0 software. De toegepaste referentiedatabases zijn:

- Processendatabase Nationale Milieudatabase (NMD) versie 3.2
- ecoinvent database versie 3.5.

2.2 Scope

De studie is gericht op aantal voegtypen zoals omschreven in het digitale Handboek Voegovergangen⁶. Een voegovergang is de schakel tussen wegen en kunstwerken of tussen rijdekken van kunstwerken onderling. De functie van de voegovergang is het opnemen van de lengteverandering en beweging van een brugdek ten gevolge van temperatuurswisselingen en verkeersbelasting.

Op basis van de prioritering van RAW-hoofdstukken en thema's die verdere uitwerking behoeven, zoals vastgesteld bij aanvang van dit project, zijn de volgende voegovergangen meegenomen in deze studie (nader toegelicht in hoofdstuk 3):

- Concept 1.2b1 (verankerde stalen voeg zonder geluidsreducerende sinusplaten, renovatiemodel)
- Concept 1.2b2 (verankerde stalen voeg met geluidsreducerende sinusplaten, renovatiemodel; BR-Silent)
- Concept 1.4a2 (onverankerde stalen voeg met geluidsreducerende sinusplaten, renovatiemodel)
- Concept 4.1b (verbeterde verankerde bitumineuze voeg met rekspreidende veren, bijv. Silent Joint)
- Concept 4.1d (voorheen 4.1.a1 verbeterde bitumineuze voeg met gietasfalt randbalken)
- Concept 4.2 (verankerde flexibele voeg uit kunststof)
- Concept 5.1 (verborgen voegovergang; bijv. type Brainjoint).

Deze voegovergang typen zijn thans de meest voorkomende types voegovergangen in betonnen kunstwerken (viaducten/bruggen) in het hoofdwegennet, die tevens bruikbaar zijn ter vervanging van voegovergangen in bestaande situaties. Daarom zijn deze voegovergangstypen gekozen in overleg met Rijkswaterstaat.

Het uitgangspunt van deze LCA's was om de milieu-impact te bepalen voor generieke voegovergangstypes binnen bepaalde productfamilies. Bij een aantal productfamilies hebben we in overleg met de opdrachtgever voor een specifiek type gekozen afhankelijk van representativiteit, de omvang van de toepassing c.q. verwachte toepassing in de toekomst. Het doel hierbij was om generieke milieuprofielen van de verschillende productfamilies te ontwikkelen en niet om bepaalde producten als leidend of maatgevend neer te zetten. Voor acceptatie en validatie van nieuw type voegovergangen zal de betreffende leverancier een milieuprofiel voor zijn specifieke product moeten laten opstellen.

2.3 Productbeschrijving

Productomschrijvingen

De producten die hier worden geanalyseerd zijn verschillende typen voegovergangen. De locatiecontext waar de voegovergangen zich bevinden is gebaseerd op een veelvoorkomende situatie, namelijk:

- Type deklaag: Open
- Dikte deklaag: 50mm
- Dikte verharding totaal: 120 mm
- Breedte kunstwerk: 12,5 m
- Aantal voegen: 2 (Totale lengte voeg 30 m)
- Kruisingshoek: 90 graden
- Breedte dilatatie voeg 50 mm
- Verkeerscategorie: 1
- Leeftijd: Afhankelijk van de voegtype
- Vervanging onderdelen: Afhankelijk voor de voegtype

De voegovergangen worden ter plekke samengesteld en onderdelen zoals stalen sinusplaten, dwarschotjes en hoekprofielen worden niet als onderdelen gemodelleerd maar als materiaal (dus staal, verzinkt staal etc.)

2.4 Functionele eenheid

De functionele eenheid van het hoofdproduct is 1 strekkende meter voegovergang, over de breedte van de weg, (waarbij een weg bijv. 7 meter breed kan zijn; in dat geval is er 7 meter voeg nodig). De voegen kunnen verschillen in dikte (diepte) en breedte.

Voor elke voegovergang is een specifiek subtype gekozen. De levensduur verschilt afhankelijk van de voegtype. Zie het relevante hoofdstuk 3.2.1-3.2.7 voor details over elke voegovergang.

2.5 Systeemgrenzen

De processen die binnen de LCA worden bekeken zijn afgebakend met zogenaamde systeemgrenzen. De systeemgrenzen bepalen welke fasen en processen van de levenscyclus worden meegenomen in de LCA.

In Tabel 3, volgend uit de *EN 15804* en de *Bepalingsmethode*, staat vastgelegd welke informatie er per levenscyclusfase beschouwd moet worden. In deze LCA is de milieu-impact over de gehele levenscyclus meegenomen.

Voor de voegovergangen betekent dit:

- de winning van grondstoffen en productie van halffabricaten (bijv. stalen producten) (A1-A3)
- transport naar de bouwplaats (A4)
- Inbouw/installatie van de voegovergang (A5)
- Levensfasen B2-B4. Het onderhoud bestaat uit verschillende acties voor de verschillende voegtypen, b.v. schoonmaken en/of onderdelen vervangen. Zie het relevante hoofdstuk 3.2.1-3.2.7 voor details over elke voegovergangtype.)
- aan het einde van de levensduur verwijdering van de voeg, afvoer van de materialen en uiteindelijk afvalscenario's van de verschillende componenten (C1-D).

Tabel 1: Systeemgrenzen (X: Module meegenomen in LCA-studie, M.N.D: module niet gedeclareerd)

		Productiefase			Bouwfase		Gebruiksfase					Sloop- en verwerkingsfase				Volgende productiesysteem
		A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	D
		Winning van grondstoffen	Transport	Productie	Transport	Bouw- en installatie	Gebruik	Onderhoud	Reparatie	Vervangingen	Verbouwingen	Sloop	Transport	Afvalverwerking	Finaleafvalverwerking	Mogelijkheden voor hergebruik, terugwinning en recycling
EPD	Cradle-to-gate met opties	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

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

- emissies naar de lucht bij het gebruik van thermische energie van CO₂, CO, NO_x (N₂), SO₂, C_xH_x en fijnstof (PM10 deeltjes < 10 µm);
- emissies naar water van CVZ, BZV, P-totaal, N-totaal en vaste stoffen (PM10: deeltjes < 10 µm);
- emissies naar bodem van PAK en zware metalen.

3 Levenscyclusinventarisatie (LCI)

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

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 RWS en TNO. Er is ook contact gezocht met leveranciers voor specifieke vragen over eigenschappen van en het verwerken van specifieke materialen. De data van RWS wordt aangeleverd aan TNO in de vorm van Life Cycle Costing (LCC) analyse spreadsheets waar de materiaalhoeveelheden, arbeidskosten en arbeidsnormen zijn vermeld. De vermogens van de machines die worden gebruikt voor aanleg, onderhoud en sloop zijn op basis van een desktop research bepaald. De dieselconsumptie van de machines wordt op basis van het vermogen van de machines en de gebruiksduur uit de LCC-spreadsheets bepaald.

Voor machines die door bouwvakkers "met de hand" worden gebruikt zoals handboor, heteluchtflans, brander, etc. is het aangenomen dat ze door een dieselgenerator worden aangedreven en hun energieverbruik wordt dan ook uitgedrukt in liters diesel.

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

Vanuit deze processendatabase geeft de Bepalingsmethode ook forfaitaire waarden voor de meest belangrijke achtergrondprocessen waarmee gerekend moet worden als specifieke gegevens niet beschikbaar zijn. Het betreft hierbij voornamelijk de processen voor energieopwekking en transport. In dit rapport is gebruik gemaakt van de forfaitaire waarden t.o.v. transport naar werklocatie en afvalverwerkingslocatie.

Voor de einde levensduurfase, geldt voor alle voegovergangen dat het per project kan verschillen hoe het einde levensduurscenario eruitziet en wanneer het plaatsvindt. Daarnaast bestaan vele van deze voegtypen nog niet lang genoeg om van een "standaardpraktijk" te kunnen spreken; ze zijn vrijwel nog nooit weggehaald. In overleg met Rijkswaterstaat, hebben we verondersteld dat ze over het algemeen verwijderd zullen worden op het moment dat het asfalt gefreesd wordt. Vervolgens wordt al het materiaal afgevoerd naar een asfaltcentrale, waar grove elementen met de hand eruit gehaald worden en vrij specifiek gescheiden wordt. Daarom is voor ieder voegtype in de berekeningen verondersteld dat de forfaitaire afvalscenario's uit de Bepalingsmethode gehanteerd kunnen worden.

In enkele gevallen, voor kleine hoeveelheden materiaal gemengd met ander afval, wordt het aangenomen dat dit gemengde afval 100% wordt gestort. Dit is opgemerkt in de uitgangspunten.

De forfaitaire waarden voor verwerkingsscenario's einde leven die in dit rapport zijn toegepast volgen de richtlijnen van de Nationale Milieu Database (1) van Juli 2021, geïllustreerd in Tabel 2. Deze nieuwste versie van de afvalverwerkingsscenario's bevat nieuwe scenario's die specifiek geschikt zijn voor materialen in voegovergangen, en zijn met RWS, TNO en Stichting NMD afgestemd.

Tabel 2: Forfaitaire Waarden voor verwerking-scenario's einde leven

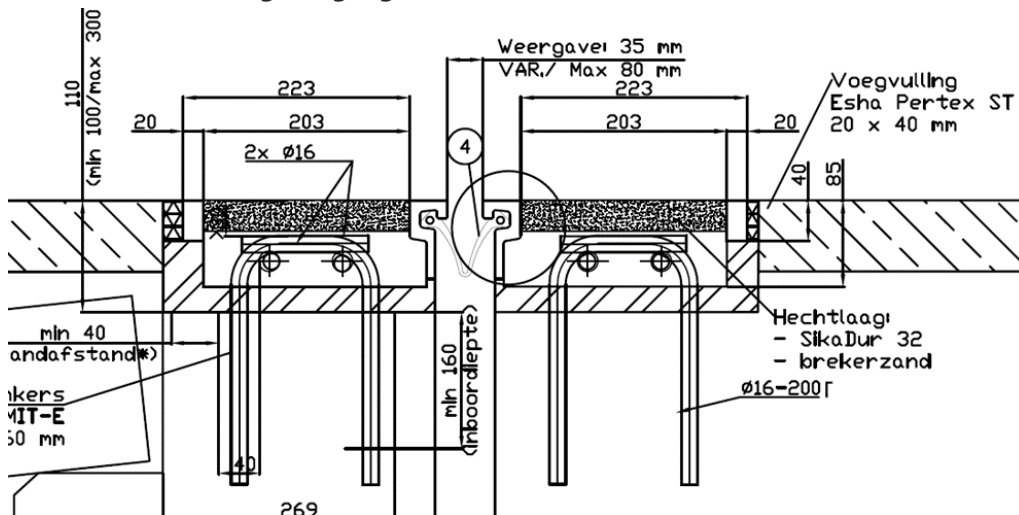
Materiaal	Laten zitten	Stort	AVI	Recycling	Hergebruik
Beton	0%	1%	0%	99%	0%
Beton, verontreinigd met bitumen		1%		99% (Als wegfunderingsmateriaal)	
Bitumen Gemengd met steenachtig materiaal.	0%	0%	0%	100% (Als wegfunderingsmateriaal)	0%
Elastomeren (o.a. EPDM)	0%	10%	85%	5%	0%
Hout, bekisting	0%	0%	10%	10%	80%
Kunststoffen, overig	0%	0%	90%	10%	0%
Slakken, bitumen verontreinigd				100% (Als wegfunderingsmateriaal)	
Staal/verzinkt staal	0%	5%	0%	95%	0%
Staal die in langswapening en ankers is toegepast	100%				
Stenslag, bitumen verontreinigd				100% (Als wegfunderingsmateriaal)	
Rubber, via rest materiaal			100%		

Recycling als wegfunderingsmateriaal krijgt geen baat of last in module D want het vervangt alleen secundair materiaal. Er is dus een leeg proces gehanteerd. Het hout (in dit geval) wordt hergebruikt zonder dat er verdere bewerkingsstappen nodig zijn (zoals een krat meerdere keren gebruikt wordt zonder verdere bewerkingen).

3.2 Decompositie in materialen en processen

Voor de beschouwde deelproducten zijn de input- en outputstromen per levensfase/module geïnventariseerd. De berekende LCI is opgenomen in deze paragraaf, waarbij is beschreven welke uitgangspunten hiertoe zijn gehanteerd. In Tabel 3 t/m Tabel 9 wordt per deelproduct aangegeven welke materialen, processen en referenties gehanteerd zijn.

3.2.1 Product Voegovergang 1.2b1



Figuur 1: Voegovergang 1.2b1, technische tekening

De gebruikte proceskaarten zijn afkomstig uit de NMD tenzij anders vermeld staat.

Subtype: BR50-80

Levensduur van dit voegtype: 40 jaar

Vervangingsmoment onderdelen: na 15 jaar

Tabel 3: Decompositie Voegovergang 1.2b1 per m

Materiaal c.q. proces	Voeg type 1.2b1					
	Fase	Milieuprofiel	Database/Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Klawprofiel	A1-A3	0316-fab&Staal, warmgewalst, constructieprofielen (GLO) 4,2% primair, 95,8% secundair	NMD	18,84	kg	

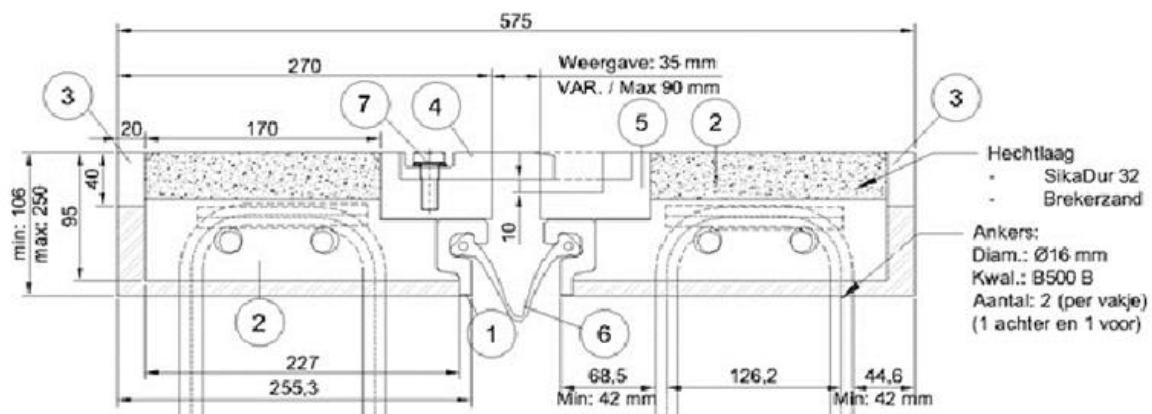
Dwarsschotjes	0233-fab&Staal, staalplaat, verzinkt	NMD	27,09	kg	
Achterstrip	0233-fab&Staal, staalplaat, verzinkt	NMD	12,56	kg	
Bitumen	0051- fab&Bitumen, SBS- gemodificeerd (o.b.v. Bitumen seal, polymer EP4 flame retardant [GLO]) market for Cut-off, U)	NMD	3,68	kg	
Ankers hoekprofielen	0233-fab&Staal, staalplaat, verzinkt	NMD	12,63	kg	
bekisting spanning	0027-fab&Hout, Europees hardhout, eiken, kastanje, robinia, western red cedar, gezaagd	NMD	0,39	kg	
Staalvezelversterkt reparatiemortel	Staalvezel beton, op basis van 0164- fab&Betonmortel C35/45 (o.b.v. CEM III) + 0167- fab&Staal, wapening (betonstaal, wapeningsnet, vezels, voorspanstaal)	NMD	143,52	kg	Gemodelleerd als beton met 40 kg/m ³ staal vezels toegevoegd (2)
Afdichting rubber	0014-fab&EPDM, rubber, chloropreen, neoprene, styrene butadiene rubber - SBR	NMD	1,2	kg	
Langwapening betonstaal	0167-fab&Staal, wapening (betonstaal, wapeningsnet, vezels, voorspanstaal)	NMD	6,31	kg	
Chemische ankerlijm	0064-fab&Lijm, epoxy 2 componenten [VLK]	NMD	1	kg	
Lassen (prefabricage)	0367-pro&Diesel, verbranding in generator, 18,5 kW	NMD	31,43	MJ	Energie-inhoud van diesel 35,9 MJ/L.
Snijden (prefabricage)	0367-pro&Diesel, verbranding in generator, 18,5 kW	NMD	3,85	MJ	Energie-inhoud van diesel 35,9 MJ/L.

Boren (Prefabricage)		0367-pro&Diesel, verbranding in generator, 18,5 kW	NMD	3,66	MJ	Energie-inhoud van diesel 35,9 MJ/L
Transport naar werklocatie	A4	0001-tra&Transport, vrachtwagen market group for transport, freight, lorry	NMD	19,55	tkm	Forfaitair
Slijptol	A5					
Hamerboor		0367-pro&Diesel, verbranding in generator, 18,5 kW	NMD	9,47	MJ	2500 W Machine vermogen. Energie-inhoud van diesel 35,9 MJ/L
Hogedrukreiniger		0135-pro&Vrachtwagen, reiniging - veeg/zuig, 6-8 m3, per uur	NMD	0,24	uren	7733 W Machine vermogen
Zandstralen		0367-pro&Diesel, verbranding in generator, 18,5 kW	NMD	0,11	MJ	3680 W Machine vermogen. Energie-inhoud van diesel 35,9 MJ/L
Graafmachine		0335-pro&Dieselverbruik, graafmachine cat. IIIB, per l	NMD	12,86	L diesel	126000 W Machine vermogen
Afdichting rubber	B4	0014-fab&EPDM, rubber, chloropreen, neoprene, styrene butadiene rubber - SBR	NMD	2,4	kg	
Jaarlijkse reiniging		0135-pro&Vrachtwagen, reiniging - veeg/zuig, 6-8 m3, per uur	NMD	0,24	Uren	
Transport naar werklocatie en afvalverwerking locatie		0001-tra&Transport, vrachtwagen	NMD	0,360	tkm	Forfaitair
Verbranding van rubber		0260-avC&Verbranden rubber/EPDM (27,2 MJ/kg	NMD	2,4	kg	Forfaitair

Zaagmachine	C1	0367-pro&Diesel, verbranding in generator, 18,5 kW	NMD	28,77	MJ	58880 W machine vermogen. Energie-inhoud van diesel 35,9 MJ/L.
Graafmachine		0335-pro&Dieselverbruik, graafmachine cat. IIIB, per l	NMD	6,19	L diesel	126000 W Machine vermogen
Heteluchtlan/brander		0367-pro&Diesel, verbranding in generator, 18,5 kW	NMD	141,42	MJ	44000 W machine vermogen. Energie-inhoud van diesel 35,9 MJ/L.
Transport naar afvalverwerking locatie	C2	0001-tra&Transport, vrachtwagen	NMD	10,41	tkm	Forfaitair
Staal stort	C3 – C4	0253-sto&Stort staal	NMD	3,40	kg	Forfaitair
Stort van beton		0240-sto&Stort beton, cellenbeton	NMD	1,44	kg	Forfaitair
Verbranding van rubber		0260-avC&Verbranden rubber/EPDM (27,2 MJ/kg)	NMD	1,20	kg	Forfaitair
Breken van beton		0270-reC&Breken, per kg steenachtig	NMD	142,08	kg	Forfaitair
Verbranden van bekisting		0263-avC&Verbranden hout, verontreinigd (13,99 MJ/kg)	NMD	0,04	kg	Forfaitair
Voorbereiding staal recycling		0315-reC&Sorteren en persen oud ijzer	NMD	55,57	kg	
Recycling van polymeer bitumen als wegfunderingsmateriaal	Module D	0440-reD&Module D, LEEG PROCES (0-waarden), voor generiek gebruik	NMD	3,68	kg	Forfaitair
Recycling van staal		0282-reD&Module D, staal, per kg NETTO geleverd ongelegeerd schroot	NMD	37,52 (recycling) - 1,01 (blijft zitten) = netto 36,51	kg	Forfaitair
Recycling van beton als wegfunderingsmateriaal		0440-reD&Module D, LEEG PROCES (0-waarden), voor generiek gebruik	NMD	142,08	kg	Forfaitair
Recycling en hergebruik van hout		0275-reD&Module D, houten balk, per kg NETTO geleverd	NMD	0,355	kg	Forfaitair

Vermeden energiegebruik t.g.v. verbranding rubber		0267- avD&Vermeden energieproductie AVI, o.b.v. FOSSIELE grondstoffen, 18% elektrisch en 31% thermisch (per MJ LHV)	NMD	3,6 kg x 27,2 MJ/kg = 97,9	MJ	Forfaitair; rubber uit module B4 en C4
Vermeden energiegebruik t.g.v. verbranding hout		0268- avD&Vermeden energieproductie AVI, o.b.v. HERNIEUWBARE grondstoffen, 18% elektrisch en 31% thermisch (per MJ LHV)	NMD	0,04 kg x 13,99 MJ/kg = 0,56	MJ	Forfaitair

3.2.2 Product Voegovergang 1.2b2 (type BR-Silent)



Figuur 2: Voegovergang 1.2b2, technische tekening type BR-Silent

De proceskaarten zijn afkomstig uit de NMD tenzij anders vermeld.

Levensduur van dit voegtype: 30 jaar

Vervangen onderdelen: 15 jaar

Opmerking: Zelfs als deze voegovergang een structurele ontwerp levensduur heeft van 40 jaar, gelijk aan 1.2.b1, is dit teruggebracht tot 30 jaar vanwege de verwachte afname in betrouwbaarheid van de sinusplaat van de boutverbinding en verwachte hogere onderhoudskosten bij onderhoud na 30 jaar.

Voor de berekeningen van materiaal- en materieelgebruik is in overleg met Rijkswaterstaat het specifieke type BR-Silent gehanteerd. Er zit veel variatie in materiaalgebruik tussen de diverse subvoegtypes. Het is belangrijk te realiseren dat dit dus een specifiek subtype is en geen gemiddelde van alle subtypes representeert.

Tabel 4: Decompositie voegovergang 1.2b2 (BR-Silent) per m

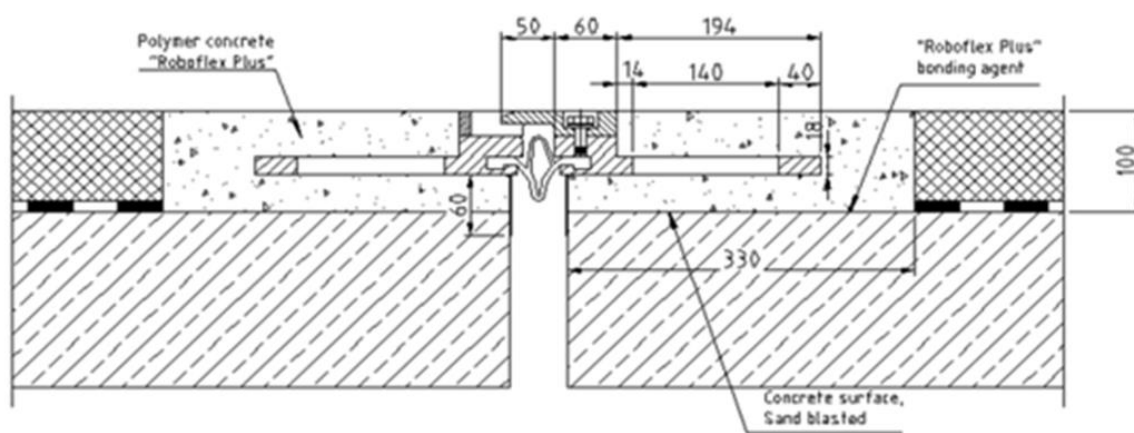
Materiaal c.q. proces	Voeg type 1.2b2					
	Fase	Milieu-profiel	Database/Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Klauwprofiel	A1-A3	0316-fab&Staal, warmgewalst, constructieprofielen {GLO} 4,2% primair, 95,8% secundair	NMD	40,82	kg	
Dwarsschotjes		0233-fab&Staal, staalplaat, verzinkt	NMD	33,86	kg	
Achterstrip		0233-fab&Staal, staalplaat, verzinkt	NMD	12,56	kg	
Sinusplaten		0233-fab&Staal, staalplaat, verzinkt	NMD	34,85	kg	
Bouten, sluitringen & moeren		0233-fab&Staal, staalplaat, verzinkt	NMD	10,04	kg	
Polymeer bitumen		SBS gemodificeerd bitumen uit Europa, t/m 10% modificatie	NMD	3,68	kg	
Ankers hoekprofielen		0233-fab&Staal, staalplaat, verzinkt	NMD	12,63	kg	
bekisting spanning		0027-fab&Hout, Europees hardhout, eiken, kastanje, robinia, western red cedar, gezaagd	NMD	3,84	kg	
Staalvezelversterkt reparatiemortel		Staalvezel beton op basis van 0164-fab&Betonmortel C35/45 (o.b.v. CEM III) + 0167-fab&Staal, wapening (betonstaal, wapeningsnet, vezels, voorspanstaal)	NMD	140,76	kg	Gemiddeld als beton met 40 kg/m ³ staal vezels toegevoegd (2)
Afdichting rubber		0014-fab&EPDM, rubber, chloropreen, neoprene, styrene butadiene rubber - SBR	NMD	1,2	kg	
Langswapening betonstaal		0167-fab&Staal, wapening (betonstaal, wapeningsnet, vezels, voorspanstaal)	NMD	25,24	kg	
Chemische ankerlijm		0064-fab&Lijm, epoxy 2 componenten [VLK]	NMD	0,55	kg	
Lassen (Prefabricage)		0367-pro&Diesel, verbranding in generator, 18,5 kW	NMD	96,16	MJ	Energie-inhoud van diesel 35,9 MJ/L.

Boren (Prefabricage)		0367-pro&Diesel, verbranding in generator, 18,5 kW	NMD	25,63	MJ	Energie-inhoud van diesel 35,9 MJ/L.	
Transport naar werkplek	A4	0001-tra&Transport, vrachtwagen	NMD	318,29	tkm	Forfaitair	
Slijptol	A5	0367-pro&Diesel, verbranding in generator, 18,5 kW	NMD	7,31	MJ	2500 W Machine vermogen. Energie-inhoud van diesel 35,9 MJ/L.	
Hamerboor		0367-pro&Diesel, verbranding in generator, 18,5 kW	NMD	16,31	MJ	2500 W Machine vermogen. Energie-inhoud van diesel 35,9 MJ/L.	
Hogedrukreiniger		0135-pro&Vrachtwagen, reiniging - veeg/zuig, 6-8 m3, per uur	NMD	0,18	uren	7733 W machine vermogen	
Kogelstralen		0367-pro&Diesel, verbranding in generator, 18,5 kW	NMD	0,11	MJ	3680 W machine vermogen. Energie-inhoud van diesel 35,9 MJ/L.	
Graafmachine		0335-pro&Dieselverbruik, graafmachine cat. IIIB, per l	NMD	12,86	L diesel	126000 W machine vermogen	
Afdichting rubber		B4	0014-fab&EPDM, rubber, chloropreen, neoprene, styrene butadiene rubber - SBR	NMD	1,2	kg	
Bouten, sluitringen & moeren	0233-fab&Staal, staalplaat, verzinkt		NMD	10,04	kg		
Hamerboor	0367-pro&Diesel, verbranding in generator, 18,5 kW		NMD	7,33	MJ	2500 W machine vermogen. Energie-inhoud van diesel 35,9 MJ/L.	
Jaarlijkse reiniging	0135-pro&Vrachtwagen, reiniging - veeg/zuig, 6-8 m3, per uur		NMD	0,18	Uren		
Transport naar werkplek en afvalverwerking	0001-tra&Transport, vrachtwagen		NMD	2,31	tkm	Forfaitair	
Verbranding van rubber	0260-avC&Verbranden rubber/EPDM (27,2 MJ/kg)		NMD	1,20	kg		
Stort van staal	0253-sto&Stort staal		NMD	0,50	kg	Forfaitair	
Zaagmachine	C1		0367-pro&Diesel, verbranding in generator, 18,5 kW	NMD	28,77	MJ	
Graafmachine			0335-pro&Dieselverbruik,	NMD	6,16	L diesel	

		graafmachine cat. IIB, per l				
Schoonmaken		0135-pro&Vrachtwagen, reiniging - veeg/zuig, 6-8 m3, per uur	NMD	0,02	uren	
Losmaken en verwijderen sinusplaat (hamerboor)		0367-pro&Diesel, verbranding in generator, 18,5 kW	NMD	2,38	MJ	
Heteluchtlan/brander		0367-pro&Diesel, verbranding in generator, 18,5 kW	NMD	33,93	MJ	
Transport naar afvalverwerking	C2	0001-tra&Transport, vrachtwagen	NMD	16,30	tkm	Forfaitair
Stort van staal	C3 -C4	0253-sto&Stort staal	NMD	6,61	kg	Forfaitair
Stort van beton		0240-sto&Stort beton, cellenbeton	NMD	1,41	kg	Forfaitair
Verbranding van rubber		0260-avC&Verbranden rubber/EPDM (27,2 MJ/kg)	NMD	1,20	kg	100% stort want gemengd met ander afval
Breken van beton		0270-reC&Breken, per kg steenachtig	NMD	139,35	kg	
Verbranding van bitumen		0259-avC&Verbranden bitumen (30,1 MJ/kg)	NMD	3,31	kg	Forfaitair
Verbranding van hout		0263-avC&Verbranden hout, verontreinigd (13,99 MJ/kg)	NMD	0,38	kg	
Voorbereiding staal recycling		0315-reC&Sorteren en persen oud ijzer	NMD	125,52	kg	
Recycling van staal		0282-reD&Module D, staal, per kg NETTO geleverd ongelegeerd schroot	NMD	96,28	kg	Forfaitair
Recycling van beton als wegfunderingsmateriaal	Module D	0440-reD&Module D, LEEG PROCES (0-waarden), voor generiek gebruik	NMD	139,35	kg	Forfaitair
Recycling van bitumen als wegfunderingsmateriaal		0440-reD&Module D, LEEG PROCES (0-waarden), voor generiek gebruik	NMD	0,18	kg	Forfaitair
Recycling van hout		0275-reD&Module D, houten balk, per kg NETTO geleverd	NMD	0,38	kg	Forfaitair
Hergebruik van hout		0027-fab&Hout, Europees hardhout, eiken, kastanje, robinia, western red cedar, gezaagd	NMD	-3,07	kg	Forfaitair
Vermeden energiegebruik t.g.v. verbranding rubber		0267-avD&Vermeden energieproductie AVI, o.b.v. FOSSIELE grondstoffen, 18% elektrisch en 31% thermisch (per MJ LHV)	NMD	2,40 kg x 27,2 MJ/kg = 65,3	MJ	Forfaitair; rubber uit module B4 en C4

Vermeden energiegebruik t.g.v. verbranding hout		0268-avD&Vermeden energieproductie AVI, o.b.v. HERNIEUWBARE grondstoffen, 18% elektrisch en 31% thermisch (per MJ LHV)	NMD	0,38 kg x 13,99 MJ/kg = 5,32	MJ	Forfaitair
---	--	--	-----	------------------------------	----	------------

3.2.3 Product voegovergang 1.4a2



Onverankerde nosing joint van polymeerbeton met stripverankering met sinusplaten (1.4a2)

Figuur 3: Voegovergang 1.4a2, technische tekening

De processen bronnen zijn uit de NMD als niet anders gemeld staat.

Subtype: SN-EV-ROG1

Levensduur van deze voegtype: 25 jaar

Vervangen onderdelen: 15 jaar

Tabel 5: Decompositie voegovergang 1.4a2 per m

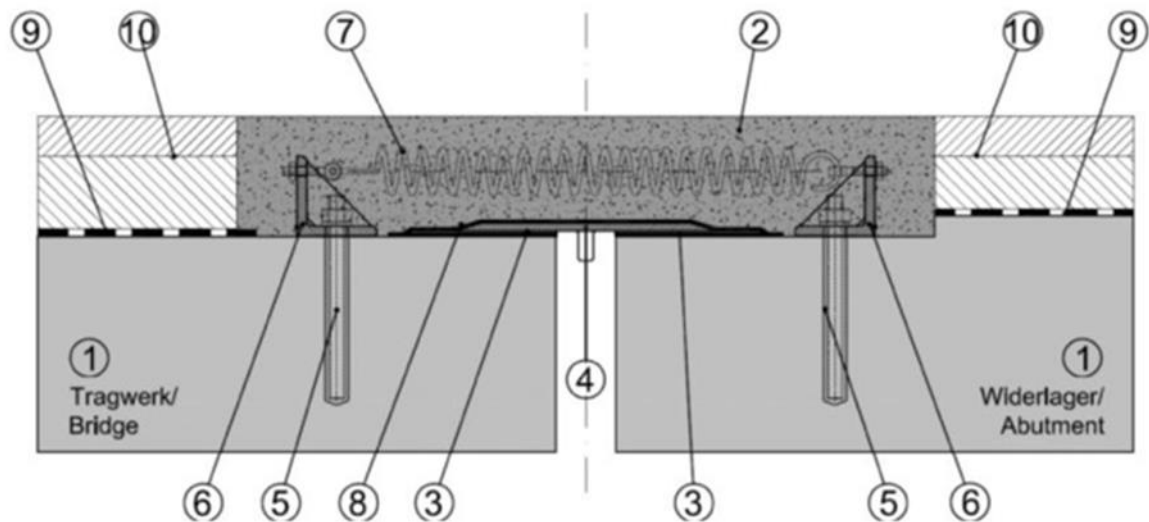
Materiaal c.q. proces	Voeg type 1.4a2					
	Fase	Milieuprofiel	Database/Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Staalvezelversterkt reparatiemortel	A1-A3	Staalvezel beton op basis van 0164-fab&Betonmortel C35/45 (o.b.v. CEM III) + 0167-fab&Staal, wapening (betonstaal, wapeningsnet, vezels, voorspanstaal)	NMD	111,80	kg	Gemodelleerd als beton met 40 kg/m ³ staal vezels toegevoegd (2)
Afdichting rubber		0014-fab&EPDM, rubber, chloropreen, neoprene, styrene butadiene rubber - SBR	NMD	1,2	kg	

Klauwprofiel		0316-fab&Staal, warmgewalst, constructieprofielen {GLO} 4,2% primair, 95,8% secundair	NMD	55,00	kg	
Bitumen		SBS gemodificeerd bitumen uit Europa, t/m 10% modificatie [PCR Asfalt]	NMD	1,80	kg	
Ankerplaat		0233-fab&Staal, staalplaat, verzinkt	NMD	27,40	kg	
Bekisting spanning		0027-fab&Hout, Europees hardhout, eiken, kastanje, robinia, western red cedar, gezaagd	NMD	1,30	kg	
Sinusplaten		0233-fab&Staal, staalplaat, verzinkt	NMD	21,60	kg	
Bouten, sluitringen & moeren		0233-fab&Staal, staalplaat, verzinkt	NMD	11,60	kg	
Snijden (Prefabricage)		0367-pro&Diesel, verbranding in generator, 18,5 kW	NMD	21,07	MJ	Energie-inhoud van diesel 35,9 MJ/L.
Lassen (Prefabricage)		0367-pro&Diesel, verbranding in generator, 18,5 kW	NMD	31,43	MJ	Energie-inhoud van diesel 35,9 MJ/L.
Boren (Prefabricage)		0367-pro&Diesel, verbranding in generator, 18,5 kW	NMD	16,86	MJ	Energie-inhoud van diesel 35,9 MJ/L.
Transport naar werkplek	A4	0001-tra&Transport, vrachtwagen	NMD	23,40	tkm	Forfaitair
Hogedrukreiniger		0135-pro&Vrachtwagen, reiniging - veeg/zuig, 6-8 m3, per uur	NMD	0,04	Uren	
Kogelstralen		0367-pro&Diesel, verbranding in generator, 18,5 kW	NMD	0,22	MJ	Energie-inhoud van diesel 35,9 MJ/L.
Graafmachine		0335-pro&Dieselverbruik, graafmachine cat. IIIB, per l	NMD	1,80	L diesel	
Afdichting rubber		0014-fab&EPDM, rubber, chloropreen, neoprene, styrene butadiene rubber - SBR	NMD	1,20	kg	
Bouten, sluitringen & moeren	B4	0233-fab&Staal, staalplaat, verzinkt	NMD	11,6	kg	
Jaarlijkse reiniging		0135-pro&Vrachtwagen, reiniging - veeg/zuig, 6-8 m3, per uur	NMD	0,15	Uren	
Transport naar werkplek en afvalverwerking		0001-tra&Transport, vrachtwagen	NMD	2,32	tkm	Forfaitair

Verbranding van rubber		0260-avC&Verbranden rubber/EPDM (27,2 MJ/kg)	NMD	1,20	kg	Forfaitair
Stort van staal		0253-sto&Stort staal	NMD	0,580	kg	Forfaitair
Zaagmachine	C1	0367-pro&Diesel, verbranding in generator, 18,5 kW	NMD	28,77	MJ	
Graafmachine		0335-pro&Dieselverbruik, graafmachine cat. IIIB, per l	NMD	1,03	L diesel	
Schoonmaken		0135-pro&Vrachtwagen, reiniging - veeg/zuig, 6-8 m3, per uur	NMD	0,02	uren	
Losmaken en verwijderen sinusplaat (hamerboor)		0367-pro&Diesel, verbranding in generator, 18,5 kW	NMD	2,75	MJ	
Graafmachine		0335-pro&Dieselverbruik, graafmachine cat. IIIB, per l	NMD	5,38	L diesel	
Transport naar afvalverwerking	C2	0001-tra&Transport, vrachtwagen	NMD	11,67	tkm	Forfaitair
Stort van beton	C3-C4	0240-sto&Stort beton, cellenbeton	NMD	1,12	kg	Forfaitair
Stort van staal		0253-sto&Stort staal	NMD	5,78	kg	Forfaitair
Verbranding van rubber		0260-avC&Verbranden rubber/EPDM (27,2 MJ/kg)	NMD	1,20	kg	Forfaitair
Breken van beton		0270-reC&Breken, per kg steenachtig	NMD	110,68	kg	
Verbranding van hout		0263-avC&Verbranden hout, verontreinigd (13,99 MJ/kg)	NMD	0,13	kg	
Voorbereiding staal recycling		0315-reC&Sorteren en persen oud ijzer	NMD	109,82	kg	
Recycling van beton als wegfunderingsmateriaal	Module D	0440-reD&Module D, LEEG PROCES (0-waarden), voor generiek gebruik	NMD	110,68	kg	Forfaitair
Recycling van staal		0282-reD&Module D, staal, per kg NETTO geleverd ongelegeerd schroot	NMD	68,15	kg	Forfaitair
Recycling van bitumen als wegfunderingsmateriaal		0440-reD&Module D, LEEG PROCES (0-waarden), voor generiek gebruik	NMD	1,80	kg	Forfaitair
Hergebruik van hout		0027-fab&Hout, Europees hardhout, eiken, kastanje, robinia, western red cedar, gezaagd	NMD	-1,04	kg	Forfaitair

Recycling van hout		0275-reD&Module D, houten balk, per kg NETTO geleverd	NMD	0,13	kg	Forfaitair
Vermeden energiegebruik t.g.v. verbranding rubber		0267-avD&Vermeden energieproductie AVI, o.b.v. FOSSIELE grondstoffen, 18% elektrisch en 31% thermisch (per MJ LHV)	NMD	2,40 kg x 27,2 MJ/kg = 65,3	MJ	Forfaitair; rubber uit module B4 en C4
Vermeden energiegebruik t.g.v. verbranding hout		0268-avD&Vermeden energieproductie AVI, o.b.v. HERNIEUWBARE grondstoffen, 18% elektrisch en 31% thermisch (per MJ LHV)	NMD	0,13 kg x 13,99 MJ/kg = 1,82	MJ	Forfaitair

3.2.4 Product voegovergang 4.1b



Opbouw type 4.1b.(Silent Joint 500s en 700s)

Figuur 4: Voegovergang 4.1b, technische tekening

De processen bronnen zijn uit de NMD als niet anders gemeld staat.

Subtype: SJ500

Levensduur van deze voegtype: 25 jaar

Vervangen onderdelen: 12,5 jaar

Tabel 6: Decompositie voegovergang 4.1b per m

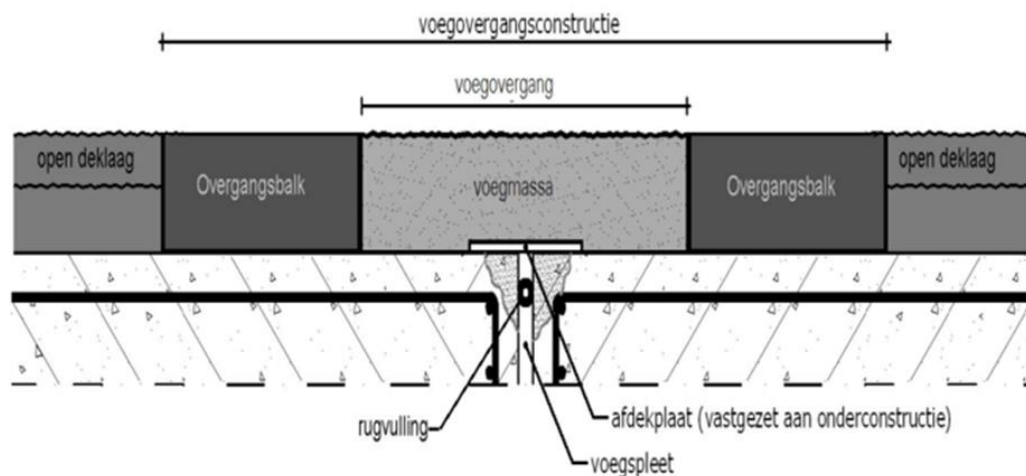
Materiaal c.q. proces	Voeg type 4.1b Silent joint					
	Fase	Milieuprofiel	Database/Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Stalen hoekprofielen (thermisch verzinkt) incl. afstandhouders	A1-A3	0316-fab&Staal, warmgewalst, constructieprofielen (GLO) 4,2% primair, 95,8% secundair	NMD	17,60	kg	
Stalen afdekplaat (thermisch verzinkt)		0233-fab&Staal, staalplaat, verzinkt	NMD	5,90	kg	
EPDM glijdfolie		0014-fab&EPDM, rubber, chloropreen, neoprene, styrene butadiene rubber - SBR	NMD	0,156	kg	
Ankers hoekprofielen		0214-fab&Staal, ongelegeerd	NMD	3,61	kg	
Chemische achterlijm		0064-fab&Lijm, epoxy 2 componenten [VLK]	NMD	0,07	kg	
Veren		0167-fab&Staal, wapening (betonstaal, wapeningsnet, vezels, voorspanstaal)	NMD	2	kg	

Primer flex massa		0459-fab&Chemicaliën, organisch	NMD	0,12	kg	
Staalvezelversterkt reparatiemortel		Staalvezel beton op basis van 0164-fab&Betonmortel C35/45 (o.b.v. CEM III) + 0167-fab&Staal, wapening (betonstaal, wapeningsnet, vezels, voorspanstaal)	NMD	4,79	kg	Gemodelleerd als beton met 40 kg/m ³ staal vezels toegevoegd (2)
Polymeergemodificeerde bitumen		SBS gemodificeerd bitumen uit Europa, t/m 10% modificatie	NMD	28,80	kg	
EOS slakken		0203-fab&Staalslakken (NVLB: C) (aangehouden = 0-waarden want 'vrij van milieulast', al is waarschijnlijk sprake van co-productie)	NMD	115,00	kg	
Slijtlaag		Steenslag uit groeve in Europa exclusief transport naar Nederland [PCR Asfalt]	NMD	0,42	kg	
Bekisting spanning		0027-fab&Hout, Europees hardhout, eiken, kastanje, robinia, western red cedar, gezaagd	NMD	4,00	kg	
Compriand dilatatievoeg		0460-fab&PUR, flexibel schuim	NMD	0,50	kg	
Compriand onder hoekprofiel		0460-fab&PUR, flexibel schuim	NMD	0,25	kg	
Ontvetter		0459-fab&Chemicaliën, organisch	NMD	0,21	kg	
Lassen (prefabricage)		0367-pro&Diesel, verbranding in generator, 18,5 kW	NMD	23,45	MJ	Energie-inhoud van diesel 35,9 MJ/L.
Boren (Prefabricage)		0367-pro&Diesel, verbranding in generator, 18,5 kW	NMD	6,046	MJ	Energie-inhoud van diesel 35,9 MJ/L.
Transport naar werkplek	A4	0001-tra&Transport, vrachtwagen	NMD	27,26	tkm	Forfaitair
Hogedrukreiniger		0135-pro&Vrachtwagen, reiniging - veeg/zuig, 6-8 m3, per uur	NMD	0,03	uren	
Hamerboor		0367-pro&Diesel, verbranding in generator, 18,5 kW	NMD	9,16	MJ	Energie-inhoud van diesel 35,9 MJ/L.
Schuurmachine	A5	0367-pro&Diesel, verbranding in generator, 18,5 kW	NMD	2,69	MJ	Energie-inhoud van diesel 35,9 MJ/L.
Slakken en bitumen verwarmen (diesel)		0367-pro&Diesel, verbranding in generator, 18,5 kW	NMD	239,45	MJ	Energie-inhoud van diesel 35,9 MJ/L.
Slakken en bitumen verwarmen (propan)		propan, gebruik (zwak proces, met beperkte verbrandingsemissies)	NMD	100,25	MJ	Energie-inhoud van propan 48,9 MJ/kg.

Polymeergemodificeerde bitumen	B4	SBS gemodificeerd bitumen uit Europa, t/m 10% modificatie [PCR Asfalt]	NMD	5	kg	
EOS slakken		Gegranuleerd hoogovenslag, in Europa geproduceerd en ten behoeve van levering op de Nederlandse markt - Staalfederatie (A1-3) cat.2	NMD	20	kg	
Slijtlaag		Steen­slag uit groeve in Europa exclusief transport naar Nederland	NMD	0,42	kg	
Zaagmachine		0367-pro&Diesel, verbranding in generator, 18,5 kW	NMD	12,95	MJ	
Graafmachine		0335-pro&Dieselverbruik, graafmachine cat. IIIB, per l	NMD	0,99	L diesel	
Slakken en bitumen verwarmen (diesel)		0367-pro&Diesel, verbranding in generator, 18,5 kW	NMD	61,01	MJ	Energie-inhoud van diesel 35,9 MJ/L.
Slakken en bitumen verwarmen (propan)		propan, gebruik (zwak proces, met beperkte verbrandingsemissies)	NMD	24,45	MJ	Energie-inhoud van propan 48,9 MJ/kg.
Hogedrukreiniger		0135-pro&Vrachtwagen, reiniging - veeg/zuig, 6-8 m3, per uur	NMD	0,01	Uren	
Transport naar werkplek en afvalverwerking		0001-tra&Transport, vrachtwagen	NMD	30,08	tkm	Forfaitair
Zaagmachine		C1	0367-pro&Diesel, verbranding in generator, 18,5 kW	NMD	12,95	MJ
Graafmachine	0335-pro&Dieselverbruik, graafmachine cat. IIIB, per l		NMD	4,42	L diesel	
Hogedrukreiniger	0135-pro&Vrachtwagen, reiniging - veeg/zuig, 6-8 m3, per uur		NMD	0,01	Uren	
Hetelucht­lans	propan, gebruik (zwak proces, met beperkte verbrandingsemissies)		NMD	8,06	MJ	
Transport naar afvalverwerking	C2	0001-tra&Transport, vrachtwagen	NMD	14,59	tkm	
Stort van beton	C3-C4	0240-sto&Stort beton, cellenbeton	NMD	0,05	kg	Forfaitair
Stort van staal		0253-sto&Stort staal	NMD	1,28	kg	Forfaitair
Breken van beton		0270-reC&Breken, per kg steenachtig	NMD	4,74	kg	
Verbranding van hout		0263-avC&Verbranden hout, verontreinigd (13,99 MJ/kg)	NMD	0,4	kg	Forfaitair

Verbranding van rubber		0260-avC&Verbranden rubber/EPDM (27,2 MJ/kg)	NMD	0,16	kg	Forfaitair
Verbranding van foam		0264-avC&Verbranden kunststoffen (28,67 MJ/kg)	NMD	0,75	kg	Forfaitair
Voorbereiding staal recycling		0315-reC&Sorteren en persen oud ijzer	NMD	24,23	kg	
Recycling van beton als wegfunderingsmateriaal	Module D	0440-reD&Module D, LEEG PROCES (0-waarden), voor generiek gebruik	NMD	4,74	kg	Forfaitair
Recycling van staal		0282-reD&Module D, staal, per kg NETTO geleverd ongelegeerd schroot	NMD	7,04	kg	Forfaitair
Recycling van bitumen als wegfunderingsmateriaal		0440-reD&Module D, LEEG PROCES (0-waarden), voor generiek gebruik	NMD	33,80	kg	Forfaitair
Recycling van slakken als wegfunderingsmateriaal		0440-reD&Module D, LEEG PROCES (0-waarden), voor generiek gebruik	NMD	135	kg	Slakken worden als grind gerecycled
Hergebruik van hout		0027-fab&Hout, Europees hardhout, eiken, kastanje, robinia, western red cedar, gezaagd	NMD	-3,2	kg	Forfaitair
Recycling van hout		0275-reD&Module D, houten balk, per kg NETTO geleverd	NMD	0,4	kg	Forfaitair
Recycling van slijtlaag als wegfunderingsmateriaal		0440-reD&Module D, LEEG PROCES (0-waarden), voor generiek gebruik	NMD	0,84	kg	Forfaitaire
Vermeden energiegebruik t.g.v. verbranding rubber en kinststof			0267-avD&Vermeden energieproductie AVI, o.b.v. FOSSIELE grondstoffen, 18% elektrisch en 31% thermisch (per MJ LHV)	NMD	$0,16\text{kg} \times 27,2\text{ MJ/kg} + 0,75\text{ kg} \times 28,67 = 25,85$	MJ
Vermeden energiegebruik t.g.v. verbranding hout		0268-avD&Vermeden energieproductie AVI, o.b.v. HERNIEUWBARE grondstoffen, 18% elektrisch en 31% thermisch (per MJ LHV)	NMD	$0,40\text{ kg} \times 13,99\text{ MJ/kg} = 5,6$	MJ	Forfaitair

3.2.5 Product Voegovergang 4.1d



Verbeterde onverankerde bitumineuze voegovergang, concept 4.1.a1

Figuur 5: Voegovergang 4.1d, technische tekening

De processen bronnen zijn uit de NMD als niet anders gemeld staat.

Subtype: FPEJ14

Levensduur van deze voegtype: 12,5 jaar

Vervangen onderdelen: 10 jaar

Tabel 7: Decompositie voegovergang 4.1d per m

Materiaal c.q. proces	Voeg type 4.1d					
	Fase	Milieuprofiel	Database/Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Voegmassa (steenslag)	A1-A3	Steenslag uit groeve in Europa exclusief transport naar Nederland	NMD	80	kg	
Voegmassa (Polymeerbitumen)		SBS gemodificeerd bitumen uit Europa, t/m 10% modificatie [PCR Asfalt]	NMD	30	kg	
Bitumineuze schijnvoeg		SBS gemodificeerd bitumen uit Europa, t/m 10% modificatie [PCR Asfalt]	NMD	1,30	kg	
Gietasfalt		GIETASFALT, VBW 2020, A1-A3 productie	NMD	115,00	kg	
Uitvullaag		Staalvezel beton op basis van 0164-fab&Betonmortel C35/45 (o.b.v. CEM III) + 0167-fab&Staal, wapening (betonstaal,	NMD	21,16	kg	Gemodelleerd als beton met 40 kg/m ³ staal vezels toegevoegd (2)

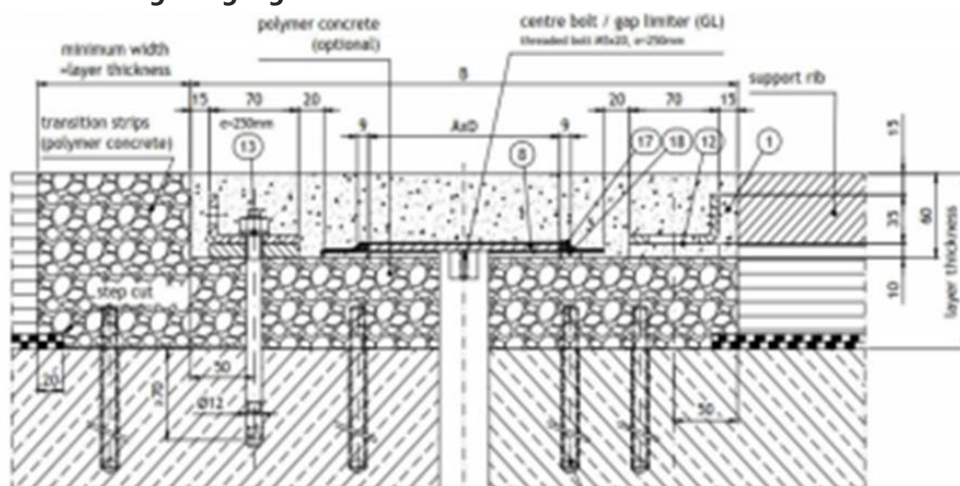
		wapeningsnet, vezels, voorspanstaal)				
Rugvulling		0460-fab&PUR, flexibel schuim	NMD	0,06	kg	
EPDM Onthechtingsmat		0014-fab&EPDM, rubber, chloropreen, neoprene, styrene butadiene rubber - SBR	NMD	0,29	kg	
Metalen afdekplaat met eindstop (verzinkt)		0233-fab&Staal, staalplaat, verzinkt	NMD	5,65	kg	
Steenslag		Steenslag uit groeve in Europa exclusief transport naar Nederland [PCR Asfalt]	NMD	15	kg	
Primer (gietasfalt en voegmassa)		0459-fab&Chemicaliën, organisch	NMD	0,35	kg	
Bekisting		0027-fab&Hout, Europees hardhout, eiken, kastanje, robinia, western red cedar, gezaagd	NMD	3,20	kg	
Transport naar werkplek	A4	0001-tra&Transport, vrachtwagen	NMD	38,32	tkm	Forfaitair
schuurmachine		0367-pro&Diesel, verbranding in generator, 18,5 kW	NMD	1,13	MJ	
Heteluchtlan		propan, gebruik (zwak proces, met beperkte verbrandingsemissies)	NMD	9,67	MJ	
Hogedrukreiniger		0135-pro&Vrachtwagen, reiniging - veeg/zuig, 6-8 m3, per uur	NMD	0,02	Uren	
Kogelstralen	A5	0367-pro&Diesel, verbranding in generator, 18,5 kW	NMD	0,81	MJ	
Steenslag en bitumen verwarmen (diesel)		0367-pro&Diesel, verbranding in generator, 18,5 kW	NMD	287,20	MJ	Energie-inhoud van diesel 35,9 MJ/L.
Steenslag en bitumen verwarmen (propan)		propan, gebruik (zwak proces, met beperkte verbrandingsemissies)	NMD	171,5	MJ	Energie-inhoud van propan 48,9 MJ/kg.
Kleefspuitmachine		0367-pro&Diesel, verbranding in generator, 18,5 kW	NMD	1,17	MJ	

Walsen		0367-pro&Diesel, verbranding in generator, 18,5 kW	NMD	4,16	MJ	
Steenslag	B4	Steenslag uit groeve in Europa exclusief transport naar Nederland [PCR Asfalt]	NMD	43,8	kg	
Polymeergemodificeerde bitumen		SBS gemodificeerd bitumen uit Europa, t/m 10% modificatie	NMD	13,8	kg	
Steenslag en bitumen verwarmen (diesel)		0367-pro&Diesel, verbranding in generator, 18,5 kW	NMD	27,28	MJ	Energie-inhoud van diesel 35,9 MJ/L.
Steenslag en bitumen verwarmen (propaan)		propaan, gebruik (zwak proces, met beperkte verbrandingsemissies)	NMD	85,58	MJ	Energie-inhoud van propaan 48,9 MJ/kg.
Graafmachine		0335-pro&Dieselverbruik, graafmachine cat. IIIB, per l	NMD	1,80	L Diesel	
Walsen		0367-pro&Diesel, verbranding in generator, 18,5 kW	NMD	4,16	MJ	
Transport naar werkplek en afvalverwerking		0001-tra&Transport, vrachtwagen	NMD	6,26	tkm	Forfaitair
Zaagmachine		0367-pro&Diesel, verbranding in generator, 18,5 kW	NMD	60,41	MJ	
Graafmachine	C1	0335-pro&Dieselverbruik, graafmachine cat. IIIB, per l	NMD	5,01	L Diesel	
Hogedrukreiniger		0135-pro&Vrachtwagen, reiniging - veeg/zuig, 6-8 m3, per uur	NMD	0,03	Uren	
Transport naar afvalverwerking	C2	0001-tra&Transport, vrachtwagen	NMD	13,39	tkm	Forfaitair
Stort van beton		0240-sto&Stort beton, cellenbeton	NMD	0,23	kg	Forfaitair
Stort van rubber en primers		0249-sto&Stort kunststoffen	NMD	0,45	kg	Forfaitair
Stort van staal		0253-sto&Stort staal	NMD	0,29	kg	Forfaitair
Stort van asfalt		SMA 5 - PROXY VOOR GIETASFALT, VBW 2020, C3 afvalverwerking	NMD	1,15	kg	Forfaitair

Breken van beton		0270-reC&Breken, per kg steenachtig	NMD	22,77	kg	Forfaitair
Verbranding van hout		0263-avC&Verbranden hout, verontreinigd (13,99 MJ/kg)	NMD	0,32	kg	Forfaitair
Verbranding van rubber		0260-avC&Verbranden rubber/EPDM (27,2 MJ/kg)	NMD	0,29	kg	Forfaitair
Verbranding PU schuim		0264-avC&Verbranden kunststoffen (28,67 MJ/kg)	NMD	0,06	kg	Forfaitair
Voorbereiding staal recycling		0315-reC&Sorteren en persen oud ijzer	NMD	5,37	kg	
Recycling van asfalt		SMA 5 - PROXY VOOR GIETASFALT, VBW 2020, D RECYCLING	NMD	113,85	kg	Forfaitair
Recycling van omhuld steenslag als wegfunderingsmateriaal		0440-reD&Module D, LEEG PROCES (0-waarden), voor generiek gebruik	NMD	123,80	kg	Forfaitair
Recycling van beton als wegfunderingsmateriaal		0440-reD&Module D, LEEG PROCES (0-waarden), voor generiek gebruik	NMD	22,77	kg	Forfaitair
Recycling van bitumen als wegfunderingsmateriaal		0440-reD&Module D, LEEG PROCES (0-waarden), voor generiek gebruik	NMD	45,10	kg	Forfaitair
Recycling van staal		0282-reD&Module D, staal, per kg NETTO geleverd ongelegeerd schroot	NMD	5,37	kg	Forfaitair
Hergebruik van hout	Module D	0027-fab&Hout, Europees hardhout, eiken, kastanje, robinia, western red cedar, gezaagd	NMD	-2,56	kg	Forfaitair
Recycling van hout		0275-reD&Module D, houten balk, per kg NETTO geleverd	NMD	0,32	kg	Forfaitair
Recycling van omhuld steenslag als wegfunderingsmateriaal		0440-reD&Module D, LEEG PROCES (0-waarden), voor generiek gebruik	NMD	15	kg	Forfaitair
Vermeden energiegebruik t.g.v. verbranding rubber en kunststof		0267-avD&Vermeden energieproductie AVI, o.b.v. FOSSIELE grondstoffen, 18% elektrisch en 31% thermisch (per MJ LHV)	NMD	0,29kg x 27,2 MJ/kg + 0,06 kg x 28,67 = 9,61	MJ	Forfaitair; rubber uit module B4 en C4
Vermeden energiegebruik t.g.v. verbranding hout		0268-avD&Vermeden energieproductie AVI, o.b.v. HERNIEUWBARE grondstoffen, 18%	NMD	0,32 kg x 13,99 MJ/kg = 4,48	MJ	Forfaitair

		elektrisch en 31% thermisch (per MJ LHV)				
--	--	---	--	--	--	--

3.2.6 Product voegovergang 4.2



Figuur 6: Voegovergang 4.2 type PA50, technische tekening

De processen bronnen zijn uit de NMD als niet anders gemeld staat.

Subtype PA50

Levensduur van dit voegtype: 25 jaar

Vervangen onderdelen: 12,5 jaar

Tabel 8: Decompositie voegovergang 4.2 per m

Materiaal c.q. proces	Voeg type 4.2					
	Fase	Milieuprofiel	Database/Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Stalen hoekprofielen (thermisch verzinkt) incl. afstandhouders	A1-A3	0316-fab&Staal, warmgewalst, constructieprofielen {GLO} 4,2% primair, 95,8% secundair	NMD	11,21	kg	
Stalen afdekplaat (thermisch verzinkt)		0233-fab&Staal, staalplaat, verzinkt	NMD	5,89	kg	
EPDM glijdfolie		0014-fab&EPDM, rubber, chloropreen, neoprene, styrene butadiene rubber - SBR	NMD	0,20	kg	
Ankers hoekprofielen		0214-fab&Staal, ongelegeerd	NMD	2	kg	
Polymeerbeton uitvullaag en randbalken (Staalvezel beton)		Staalvezel beton op basis van 0164-fab&Betonmortel C35/45 (o.b.v. CEM III)	NMD	114	kg	Staalvezel beton is in praktijk toegepast in

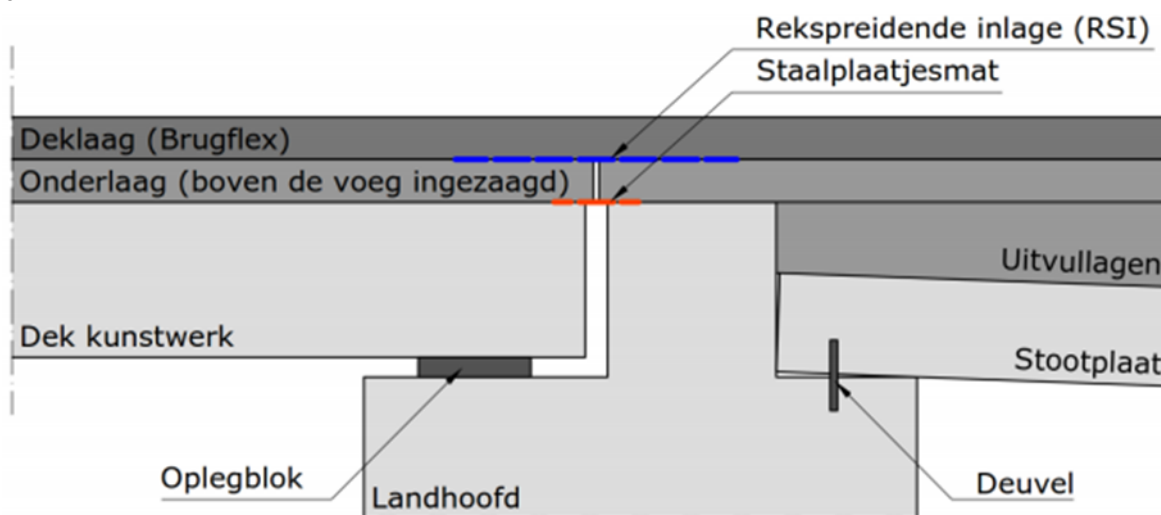
		+ 0167-fab&Staal, wapening (betonstaal, wapeningsnet, vezels, voorspanstaal)				plaats van polymeerbeton
Primer uitvullaag		0459-fab&Chemicaliën, organisch	NMD	0,16	kg	
Primer flex massa		0459-fab&Chemicaliën, organisch	NMD	0,08	kg	
Flexible PU voegmassa		Polyurea	NMD	22,70	kg	Gemodelleerd 50% als 0460-fab&PUR, flexibel schuim en 50% als 0461-fab&Epoxyhars, vloeibaar (op basis van componenten indicatie in MSDS)
Bekisting dilatatievoeg		0460-fab&PUR, flexibel schuim	NMD	0,06	kg	
Bekisting overgangsbalken		0027-fab&Hout, Europees hardhout, eiken, kastanje, robinia, western red cedar, gezaagd	NMD	1,92	kg	
Slijtlaag		Steenslag uit groeve in Europa exclusief transport naar Nederland	NMD	0,69	kg	
Transport naar werkplek	A4	0001-tra&Transport, vrachtwagen	NMD	12,36	tkm	Forfaitair
Aggregaat Diesel 10 KVA	A5	0367-pro&Diesel, verbranding in generator, 18,5 kW	NMD	0,04	MJ	
Hogedrukreiniger		0135-pro&Vrachtwagen, reiniging - veeg/zuig, 6-8 m3, per uur	NMD	0,01	Uren	
Flexible PU voegmassa	B4	Polyurea	NMD	5,30	kg	
Primer flex massa		0459-fab&Chemicaliën, organisch	NMD	0,08	kg	
Slijtlaag		Steenslag uit groeve in Europa exclusief transport naar Nederland	NMD	0,4	Kg	
Graafmachine		0335-pro&Dieselverbruik, graafmachine cat. IIIB, per l	NMD	1,36	L Diesel	

Hogedrukreiniger		0135-pro&Vrachtwagen, reiniging - veeg/zuig, 6-8 m3, per uur	NMD	0,013	Uren	
Transport naar werkplek en afvalverwerking		0001-tra&Transport, vrachtwagen	NMD	1,4	tkm	Forfaitair
Verbranden van PU massa		0264-avC&Verbranden kunststoffen (28,67 MJ/kg)	NMD	5,30	kg	100% AVI (geen Forfaitair scenario toepasbaar)
Verbranden van Primers PU massa		0264-avC&Verbranden kunststoffen (28,67 MJ/kg)	NMD	0,08	kg	100% AVI (Vast aan PU massa)
Zaagmachine	C1	0367-pro&Diesel, verbranding in generator, 18,5 kW	NMD	14,38	MJ	
Graafmachine		0335-pro&Dieselverbruik, graafmachine cat. IIIB, per l	NMD	6,68	L Diesel	
Aggregaat Diesel 10 KVA		0367-pro&Diesel, verbranding in generator, 18,5 kW	NMD	3,88	MJ	
Hogedrukreiniger		0135-pro&Vrachtwagen, reiniging - veeg/zuig, 6-8 m3, per uur	NMD	0,05	Uren	
Vrachtwagen 8 ton		0098-pro&Vrachtwagen 25-28t; 240 kW; PER UUR	NMD	0,33	Uren	
Bedrijfswagen bus		0097-pro&Transport, bedrijfswagen, per uur	NMD	0,05	Uren	
Heluchtlan		propaan, gebruik (zwak proces, met beperkte verbrandingsemissies)	NMD	21,5	MJ	
Transport naar afvalverwerking		C2	0001-tra&Transport, vrachtwagen	NMD	13,42	tkm
Stort van staal	C3-C4	0248-sto&Stort koper, lood, verzinkt staal, zink	NMD	0,85	kg	Forfaitair
Stort van beton		0240-sto&Stort beton, cellenbeton	NMD	1,14	kg	Forfaitair
Breken van beton		0270-reC&Breken, per kg steenachtig	NMD	112,86	kg	Forfaitair
Verbranden rubber		0260-avC&Verbranden rubber/EPDM (27,2 MJ/kg)	NMD	0,20	kg	Forfaitair
Verbranden PU massa en primers en schuim		0264-avC&Verbranden kunststoffen (28,67 MJ/kg)	NMD	22,85	kg	100% AVI (geen forfaitair scenario toepasbaar)

Verbranden hout		0263-avC&Verbranden hout, verontreinigd (13,99 MJ/kg)	NMD	0,19	kg	Forfaitair
Voorbereiding staal recycling		0315-reC&Sorteren en persen oud ijzer	NMD	16,24	kg	
Recycling van staal	Module D	0282-reD&Module D, staal, per kg NETTO geleverd ongelegeerd schroot	NMD	7,40	kg	Forfaitair
Recycling van beton en slijtlaag als wegfunderingsmateriaal		0440-reD&Module D, LEEG PROCES (0-waarden), voor generiek gebruik	NMD	113,55	kg	Forfaitair
Hergebruik van hout		0027-fab&Hout, Europees hardhout, eiken, kastanje, robinia, western red cedar, gezaagd	NMD	-1,54	kg	Forfaitair
Recycling van hout		0275-reD&Module D, houten balk, per kg NETTO geleverd	NMD	0,19	kg	Forfaitair
Vermeden energiegebruik t.g.v. verbranding rubber en kunststof		0267-avD&Vermeden energieproductie AVI, o.b.v. FOSSIELE grondstoffen, 18% elektrisch en 31% thermisch (per MJ LHV)	NMD	0,20kg x 27,2 MJ/kg + 28,14 kg x 28,67 = 812,44	MJ	Forfaitair; rubber uit module B4 en C4
Vermeden energiegebruik t.g.v. verbranding hout		0268-avD&Vermeden energieproductie AVI, o.b.v. HERNIEUWBARE grondstoffen, 18% elektrisch en 31% thermisch (per MJ LHV)	NMD	0,19 kg x 13,99 MJ/kg = 2,66	MJ	Forfaitair

3.2.7 Product Voegovergang 5.1

02



Figuur 7: Voegovergang 5.1, technische tekening

De processen bronnen zijn uit de NMD als niet anders gemeld staat.

Levensduur van dit voegtype: 25 jaar

Vervangen onderdelen: 12,5 jaar

De rekeningen van de Brugflex hoeveelheden zijn gebaseerd op een oppervlakte van 1m breed en 1m lang.

Tabel 9: Decompositie voegovergang 5.1 per m

Materiaal c.q. proces	Voeg type 5.1					
	Fase	Milieuprofiel	Database/Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Geperforeerde staalplaatjes	A1-A3	0233-fab&Staal, staalplaat, verzinkt	NMD	9,80	kg	
Prefab dak rol		0052-fab&Bitumen, APP-gemodificeerd (o.b.v. Bitumen seal, V60 {GLO} market for Cut-off, U)	NMD	4,64	kg	
Stalen RSI strips		0233-fab&Staal, staalplaat, verzinkt	NMD	6,31	kg	
SBS gemodificeerde bitumen		SBS gemodificeerd bitumen uit Europa, t/m 10% modificatie	NMD	50,6	kg	
Transport naar werkplek	A4	0001-tra&Transport, vrachtwagen	NMD	5,64	tkm	Forfaitair
Hogedrukreiniger	A5	0135-pro&Vrachtwagen, reiniging - veeg/zuig, 6-8 m3, per uur	NMD	0,10	Uren	

Zaagmachine		0367-pro&Diesel, verbranding in generator, 18,5 kW	NMD	12,95	MJ	Energie-inhoud van diesel 35,9 MJ/L.
Brander		propaan, gebruik (zwak proces, met beperkte verbrandingsemissies)	NMD	24,45	MJ	Energie-inhoud van propaan 48,9 MJ/kg.
Prefab dak rol	B4	0052-fab&Bitumen, APP-gemodificeerd	NMD	3,20	kg	
Stalen RSI strips		0167-fab&Staal, wapening (betonstaal, wapeningsnet, vezels, voorspanstaal)	NMD	6,30	kg	
SBS gemodificeerde bitumen		SBS gemodificeerd bitumen uit Europa, t/m 10% modificatie	NMD	50,6	kg	
Graafmachine		0335-pro&Dieselverbruik, graafmachine cat. IIIB, per l	NMD	0,95	L Diesel	
Brander		propaan, gebruik (zwak proces, met beperkte verbrandingsemissies)	NMD	24,45	MJ	Energie-inhoud van propaan 48,9 MJ/kg.
Transport naar werkplek en afvalverwerking		0001-tra&Transport, vrachtwagen	NMD	6,96	tkm	Forfaitair
Stort van prefab dak rol		0241-sto&Stort bitumen	NMD	0,16	kg	Forfaitair
Stort van staal		0253-sto&Stort staal	NMD	0,315	kg	Forfaitair
Verbranden van dak rol		0259-avC&Verbranden bitumen (30,1 MJ/kg)	NMD	2,88	kg	Forfaitair
Graafmachine		C1	0335-pro&Dieselverbruik, graafmachine cat. IIIB, per l	NMD	2,54	L Diesel
Asfaltfrees		0367-pro&Diesel, verbranding in generator, 18,5 kW	NMD	30,31	MJ	
Transport naar afvalverwerking	C2	0001-tra&Transport, vrachtwagen	NMD	5,84	tkm	Forfaitair
Stort van staal	C3-C4	0253-sto&Stort staal	NMD	0,81	kg	Forfaitair
Stort van dak rol		0241-sto&Stort bitumen	NMD	0,23	kg	Forfaitair
Verbranding van dak rol		0259-avC&Verbranden bitumen (30,1 MJ/kg)	NMD	4,18	kg	Forfaitair

Voorbereiding staal recycling		0315-reC&Sorteren en persen oud ijzer	NMD	21,29	kg	
Staal recycling	Module D	0248-sto&Stort koper, lood, verzinkt staal, zink	NMD	21,29	kg	Forfaitair
Recycling van Bitumen als wegfunderingsmateriaal		0440-reD&Module D, LEEG PROCES (0-waarden), voor generiek gebruik	NMD	101,20	kg	Forfaitair
Vermeden energiegebruik t.g.v. verbranding dak rol		0267-avD&Vermeden energieproductie AVI, o.b.v. FOSSIELE grondstoffen, 18% elektrisch en 31% thermisch (per MJ LHV)	NMD	7,06 kg x 30,1 MJ/kg = 213	MJ	Forfaitair; rubber uit module B4 en C4

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 milieuingrepen zijn berekend met de methoden die zijn omschreven in NEN-EN 15804 aangevuld met karakterisatiefactoren volgens de NMD bepalingmethode versie 3.1.
- Indien van toepassing zijn de regels voor allocatie bij multi-input, -output, recycling- en hergebruikprocessen uit NEN-EN 15804 gevolgd, overeenkomstig de NEN-EN-ISO 14044.
- De LCA-berekeningen zijn uitgevoerd met SimaPro 9.0.
 - processen zijn doorgerekend inclusief infrastructuurprocessen en kapitaalgoederen.
 - processen zijn doorgerekend exclusief lange termijn (> 100 jaar) emissies.
- Conform paragraaf 3.5 van de Bepalingsmethode zijn deze effectcategorieën omgerekend naar een milieukosten indicator (MKI) in euro's.

4.2 Gekarakteriseerde resultaten

De uitgebreide gekarakteriseerde resultaten per levensfase zijn opgenomen in bijlage 6.1. Tabel 10 laat de gekarakteriseerde resultaten van de LCA van de verschillende voegen zien en Tabel 11 laat de relatieve MKI per strekkende meter zien (per voegovergang leeftijd).

Tabel 10: Gekarakteriseerde resultaten per strekkende meter

Effectcategorie	Eenheid	Voeg 1.2b1	Voeg 1.2b2	Voeg 1.4a2	Voeg 4.1	Voeg 4.1d	Voeg 4.2 PA50	Voeg 5.1
		1m	1m	1m	1m	1m	1m	1m
Abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	1,53E-02	3,27E-02	2,07E-02	2,21E-03	2,20E-03	2,40E-03	7,22E-03
Abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	2,25E+00	3,25E+00	1,79E+00	1,97E+00	2,48E+00	1,81E+00	3,00E+00
Global warming (GWP)	kg CO ₂ eq	3,19E+02	4,56E+02	2,50E+02	2,05E+02	2,29E+02	2,85E+02	1,78E+02
Ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	4,13E-05	5,10E-05	2,62E-05	2,94E-05	3,52E-05	3,29E-05	2,14E-05
Photochemical oxidation (POCP)	kg C ₂ H ₄	2,48E-01	3,49E-01	1,52E-01	2,14E-01	2,58E-01	2,40E-01	2,95E-01
Acidification (AP)	kg SO ₂ eq	2,30E+00	3,64E+00	2,07E+00	1,51E+00	1,67E+00	1,24E+00	1,23E+00

Effectcategorie	Eenheid	Voeg 1.2b1	Voeg 1.2b2	Voeg 1.4a2	Voeg 4.1	Voeg 4.1d	Voeg 4.2 PA50	Voeg 5.1
Eutroficatie (EP)	kg PO4 eq	4,54E-01	7,05E-01	3,97E-01	2,90E-01	3,14E-01	2,76E-01	1,65E-01
Human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	1,34E+02	2,40E+02	1,05E+02	5,84E+01	5,25E+01	1,66E+02	5,33E+01
Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	3,89E+00	6,64E+00	4,74E+00	2,82E+00	2,95E+00	2,09E+01	4,54E+00
Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	8,37E+03	1,47E+04	9,65E+03	8,84E+03	1,15E+04	6,40E+03	1,81E+04
Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	4,64E+00	1,12E+01	9,39E+00	2,07E+00	7,82E-01	1,62E+00	2,18E+00
Energy, primary, renewable, excl. materials	MJ	1,35E+02	2,18E+02	1,61E+02	1,18E+01	1,14E+01	1,46E+02	9,45E+01
Energy, primary, renewable, incl. materials	MJ	5,46E+00	5,37E+01	1,82E+01	5,60E+01	4,48E+01	2,69E+01	0,00E+00
Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	1,38E+02	2,72E+02	1,79E+02	6,78E+01	5,61E+01	1,73E+02	9,45E+01
Energy, primary, non-renewable, excl. materials	MJ	4,62E+03	6,40E+03	3,56E+03	3,26E+03	4,18E+03	3,10E+03	3,42E+03
Energy, primary, non-renewable, incl. materials	MJ	2,18E+02	1,81E+02	1,19E+02	1,04E+03	1,37E+03	8,13E+02	3,27E+03
Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	4,69E+03	6,58E+03	3,68E+03	4,34E+03	5,55E+03	3,92E+03	6,69E+03
Secondary material	kg	1,91E+01	4,31E+01	5,27E+01	1,72E+01	0,00E+00	1,07E+01	0,00E+00
Secondary fuel, renewable	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Secondary fuel, non-renewable	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Water, fresh water use	m3	2,25E+00	4,08E+00	3,62E+00	1,75E+01	2,81E+01	3,22E+00	5,30E+01
Waste, hazardous	kg	1,98E-02	3,21E-02	1,59E-02	5,34E-03	5,51E-03	6,49E-03	6,58E-03
Waste, non hazardous	kg	4,12E+01	8,42E+01	5,53E+01	1,94E+01	1,81E+01	2,70E+01	2,03E+01
Waste, radioactive	kg	1,63E-02	2,13E-02	1,20E-02	1,39E-02	1,59E-02	1,08E-02	8,94E-03

Effectcategorie	Eenheid	Voeg 1.2b1	Voeg 1.2b2	Voeg 1.4a2	Voeg 4.1	Voeg 4.1d	Voeg 4.2 PA50	Voeg 5.1
Components for re-use	kg	7,30E-01	3,07E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Materials for recycling	kg	2,01E+02	2,72E+02	2,33E+02	1,99E+02	2,12E+02	1,31E+02	1,22E+02
Materials for energy recovery	kg	3,64E+00	2,78E+00	2,53E+00	1,31E+00	6,70E-01	2,86E+01	7,06E+00
Exported energy, electricity	MJ	1,77E+01	1,27E+01	1,21E+01	8,43E+00	2,55E+00	1,47E+02	3,82E+01
Exported energy, thermal	MJ	3,05E+01	2,19E+01	2,08E+01	3,75E+01	4,65E+00	2,59E+02	6,58E+01

4.3 Gewogen resultaten

Het wegen van resultaten is een proces waarbij de resultaten van verschillende milieueffectcategorieën worden omgezet naar een 1 punt' score zodat ze integraal beschouwd kunnen worden. In deze studie wordt, conform de Bepalingsmethode Milieuprestatie Gebouwen en GWW werken, gebruikgemaakt van de Milieu Kosten Indicator (MKI) om de verschillende effectcategorieën te wegen tot één eindpunt. In Tabel 11 staan de uitkomsten als MKI-waarde voor het onderwerp van de analyse weergegeven. Zie paragraaf 4.6 voor een vergelijking over een uniforme tijdspanne van 100 jaar.

Tabel 11: MKI van de verschillende voegen per strekkende meter

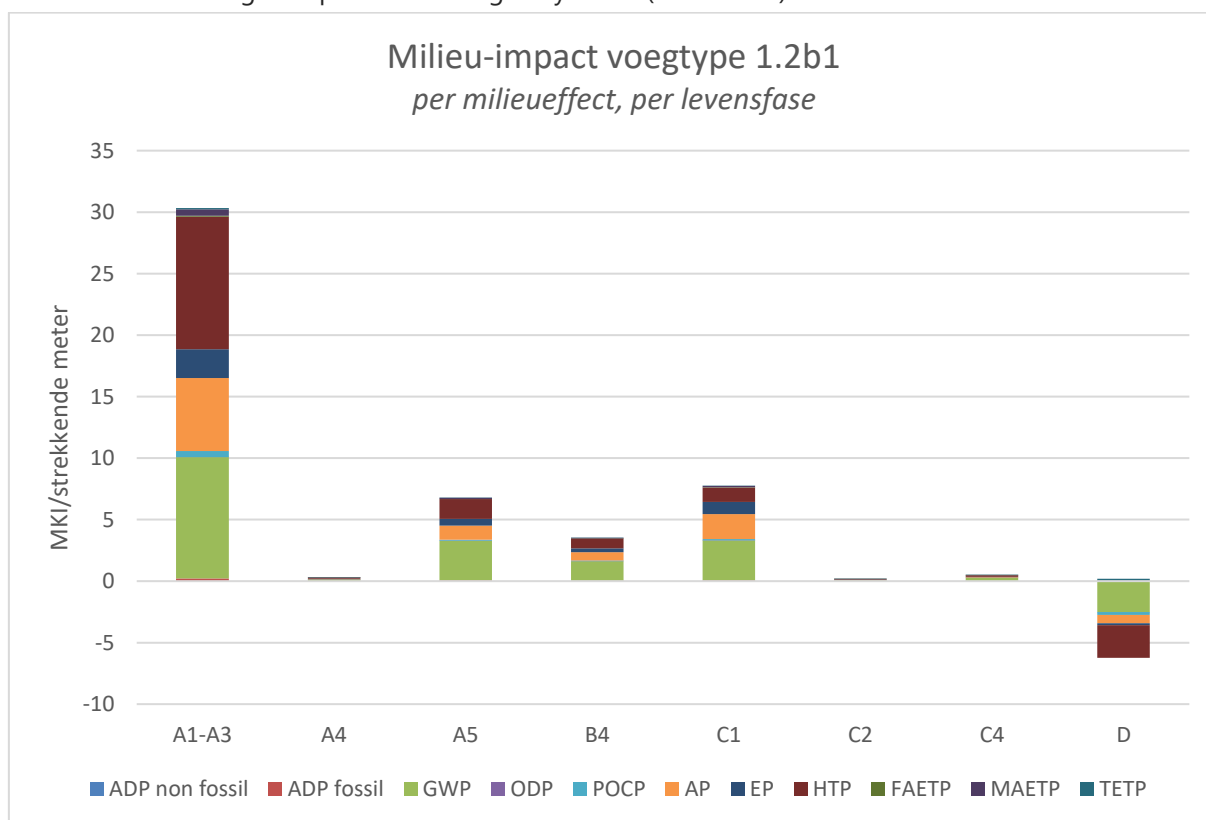
Effectcategorie	Eenheid	Voeg 1.2b1	Voeg 1.2b2	Voeg 1.4a2	Voeg 4.1b	Voeg 4.1d	Voeg 4.2	Voeg 5.1
		1m	1m	1m	1m	1m	1m	1m
Levensduur		40 jaar	30 jaar	25 jaar	25 jaar	12,5 jaar	25 jaar	25 jaar
Totaal MKI	€/m	43,34	68,90	36,06	25,96	27,88	38,80	23,26
1 abiotic depletion, non fuel (AD)	€/m	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2 abiotic depletion, fuel (AD)	€/m	0,36	0,52	0,29	0,31	0,40	0,29	0,48
4 global warming (GWP)	€/m	15,93	22,81	12,48	10,23	11,46	14,27	8,90
5 ozone layer depletion (ODP)	€/m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6 photochemical oxidation (POCP)	€/m	0,50	0,70	0,30	0,43	0,52	0,48	0,59
7 acidification (AP)	€/m	9,21	14,55	8,27	6,02	6,66	4,98	4,93
8 eutrophication (EP)	€/m	4,09	6,34	3,57	2,61	2,82	2,48	1,49
9 human toxicity (HT)	€/m	12,02	21,63	9,47	5,26	4,72	14,93	4,80
10 Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	€/m	0,12	0,20	0,14	0,08	0,09	0,63	0,14
12 Ecotoxicity, marine water (MAETP)	€/m	0,84	1,47	0,96	0,88	1,15	0,64	1,81
14 Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	€/m	0,28	0,67	0,56	0,12	0,05	0,10	0,13

De voegovergang met de hoogste MKI per strekkende meter is voegtype 4.2. In de volgende sectie worden de oorzaken van milieubelasting per voeg toegelicht.

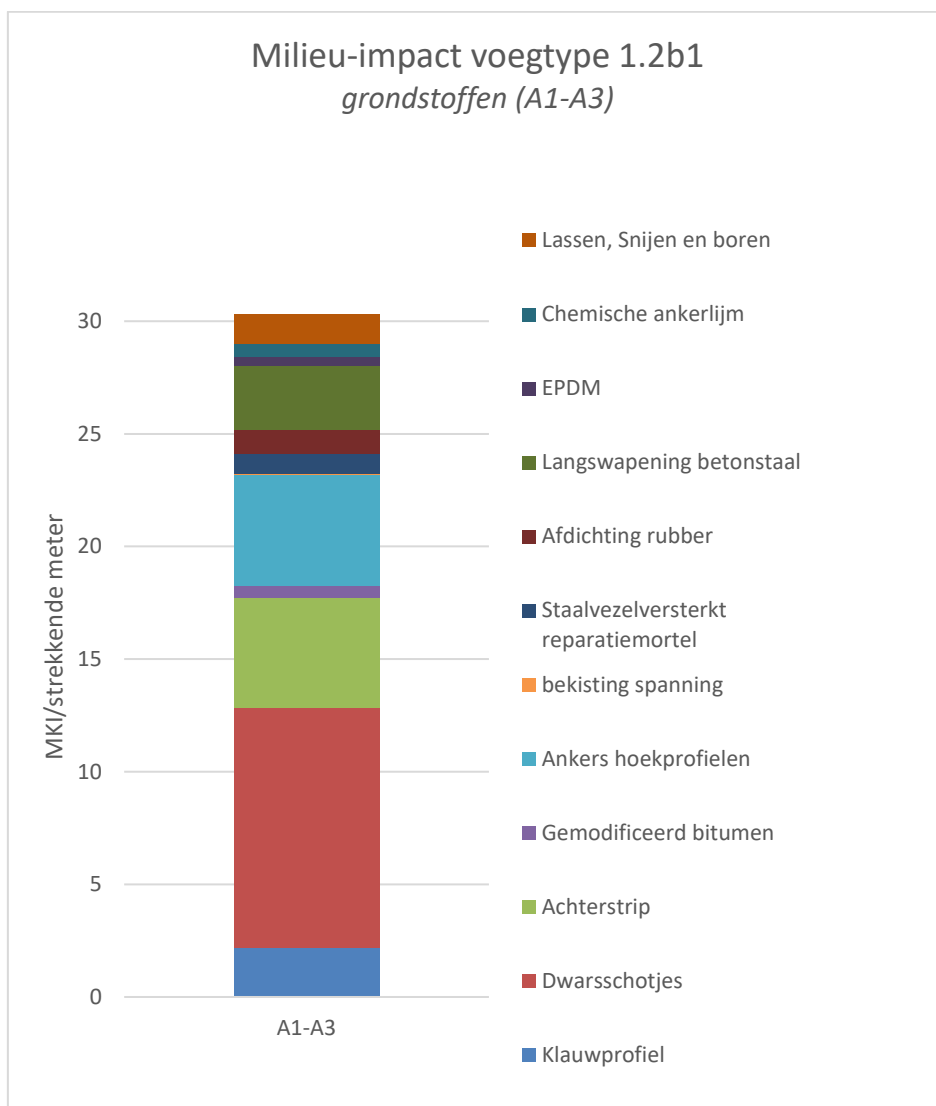
4.4 Zwaartepuntanalyse

4.4.1 Voegovergang 1.2b1

De totaal MKI van 1 m voeg 1.2b1 is € 43,34. Figuur 8 laat zien dat de meest milieubelastende fase van voegovergang 1.2b1 de productie is van de materialen die in de voeg worden toegepast (A1-A3). Deze fase veroorzaakt een MKI van € 30,34 (~70% van de totale MKI). Het meest belastende materiaal is het verzinkt staal dat in de dwarschotjes wordt toegepast (Figuur 9). De MKI-uitsplitsing is gerapporteerd in tabelvorm in bijlage 6.1.1. In het geval van deze voegovergang en de volgende twee voegovergangstypen, is veel staal toegepast in de constructie. Dit leidt tot een grote negatieve contributie van Module D. Overigens worden niet alle stalen onderdelen gerecycleerd: bijvoorbeeld ankers worden niet gesloopt en dus niet gerecycleerd (zie Tabel 2).



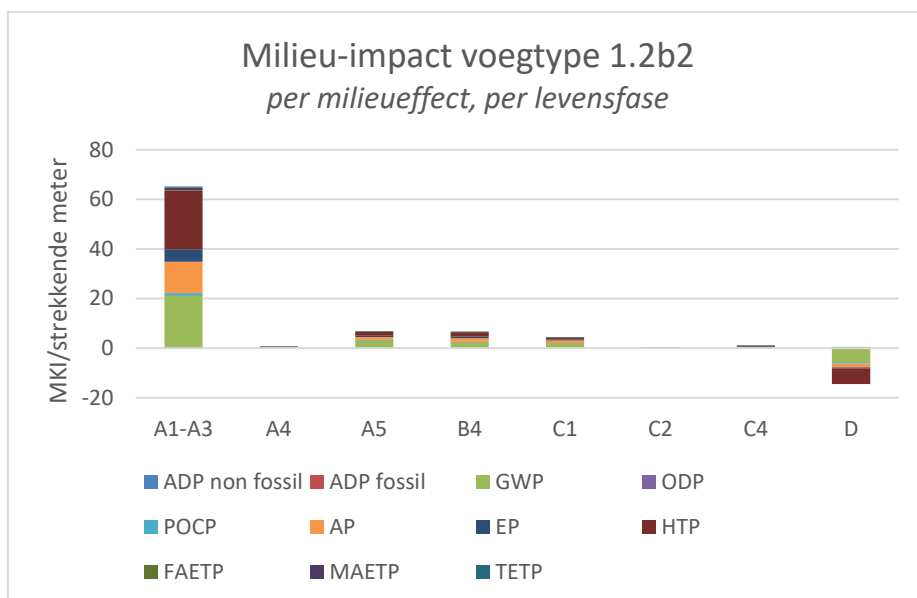
Figuur 8: Milieu-impact voegtype 1.2b1 per levensfase in €/m



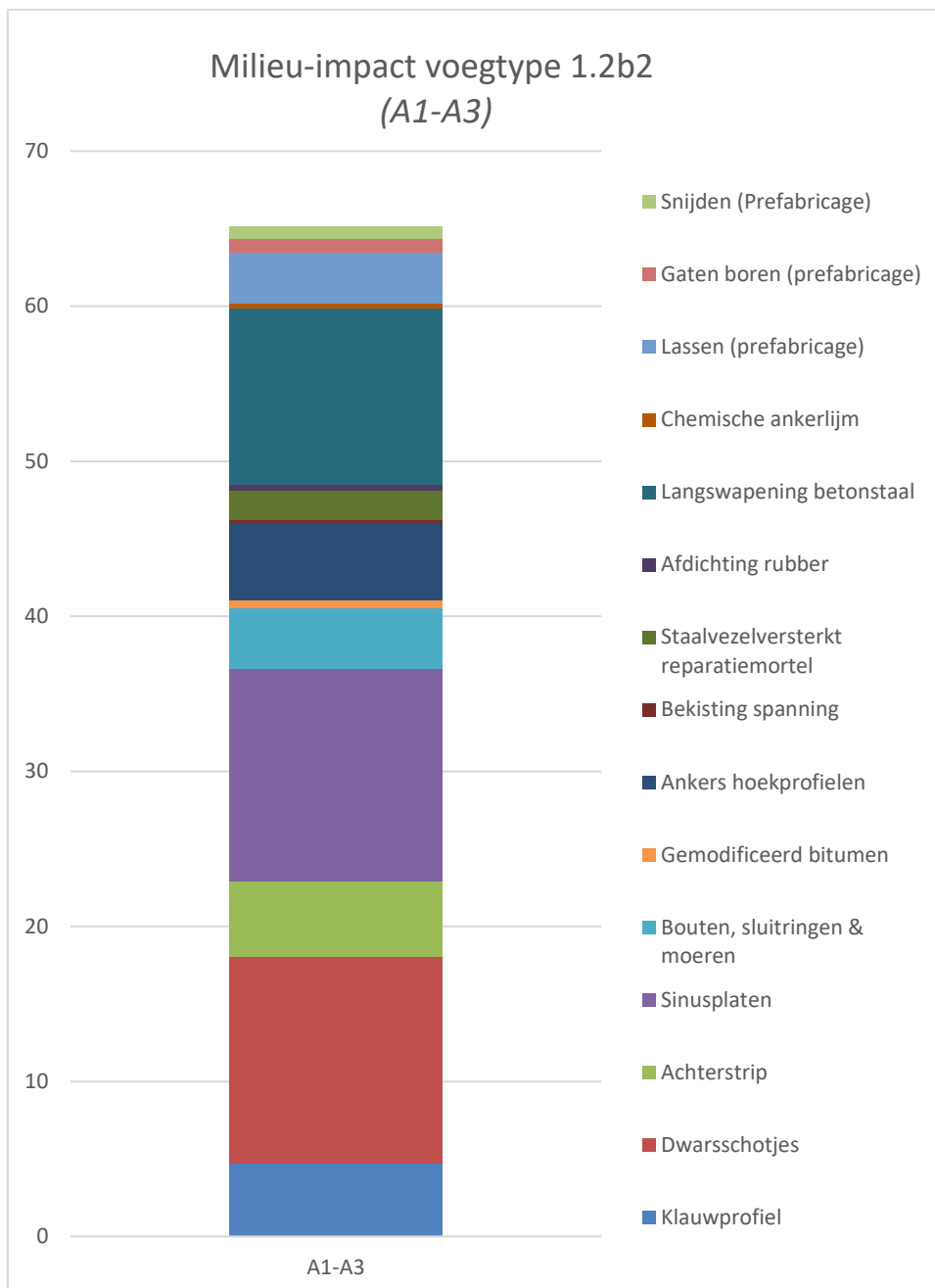
Figuur 9: Milieu-impact van de grondstoffen in voegtype 1.2b1

4.4.2 Voegovergang 1.2b2 (type BR-Silent)

De totaal MKI van 1 m voeg 1.2b2 (type BR-Silent) is € 68.90. Figuur 10 laat zien dat de meest milieubelastende fase van voeg 1.2b2 de productie is van de materialen die in de voeg worden toegepast (Fase A1-A3). Deze fase veroorzaakt een MKI van € 65,14 (~92% van de totale MKI). Het meest belastende materiaal is het verzinkt staal dat in de Klauwprofiel, Dwarsschotjes, Achterstrip en Sinusplaten is toegepast (Figuur 11). Deze samen veroorzaken € 36,63 MKI (~52% van de totale MKI). Naast de Dwarsschotjes, Achterstrip en Sinusplaten, wordt in deze voeg ook staal toegepast in de klauwprofielen en bouten. Dit betekent dat aan het eind van de levensduur heel veel staal kan worden gerecycleerd, leidend tot een negatieve MKI van € -15,58 in Module D. De MKI-uitsplitsing in tabelvorm is gerapporteerd in bijlage 6.1.2.



Figuur 10: Milieu-impact voegtype 1.2b2 (type BR-Silent) per levensfase in €/m

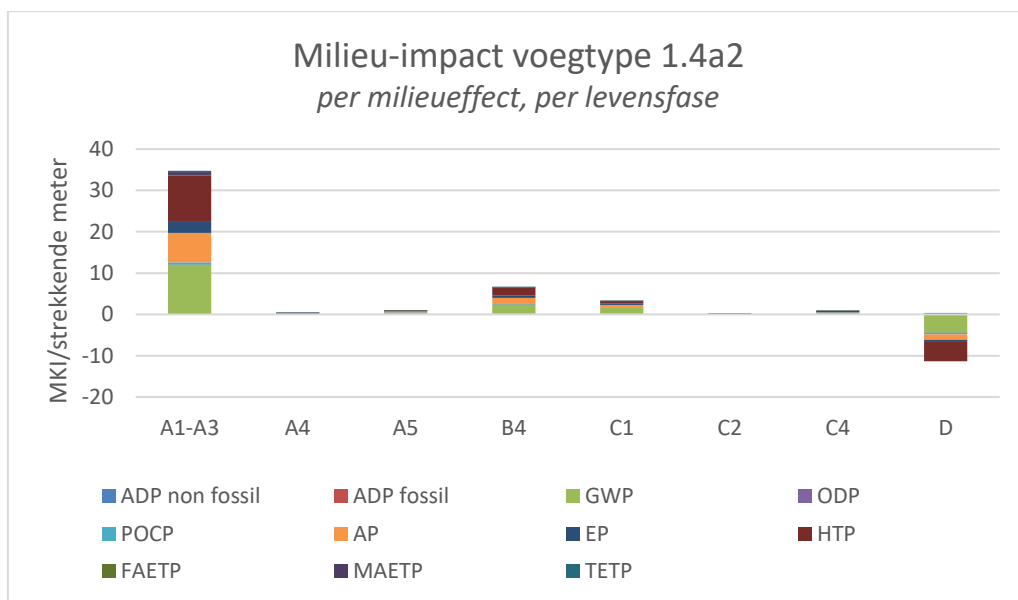


Figuur 11: Milieu-impact van de grondstoffen in voegtype 1.2b2 (type BR-Silent)

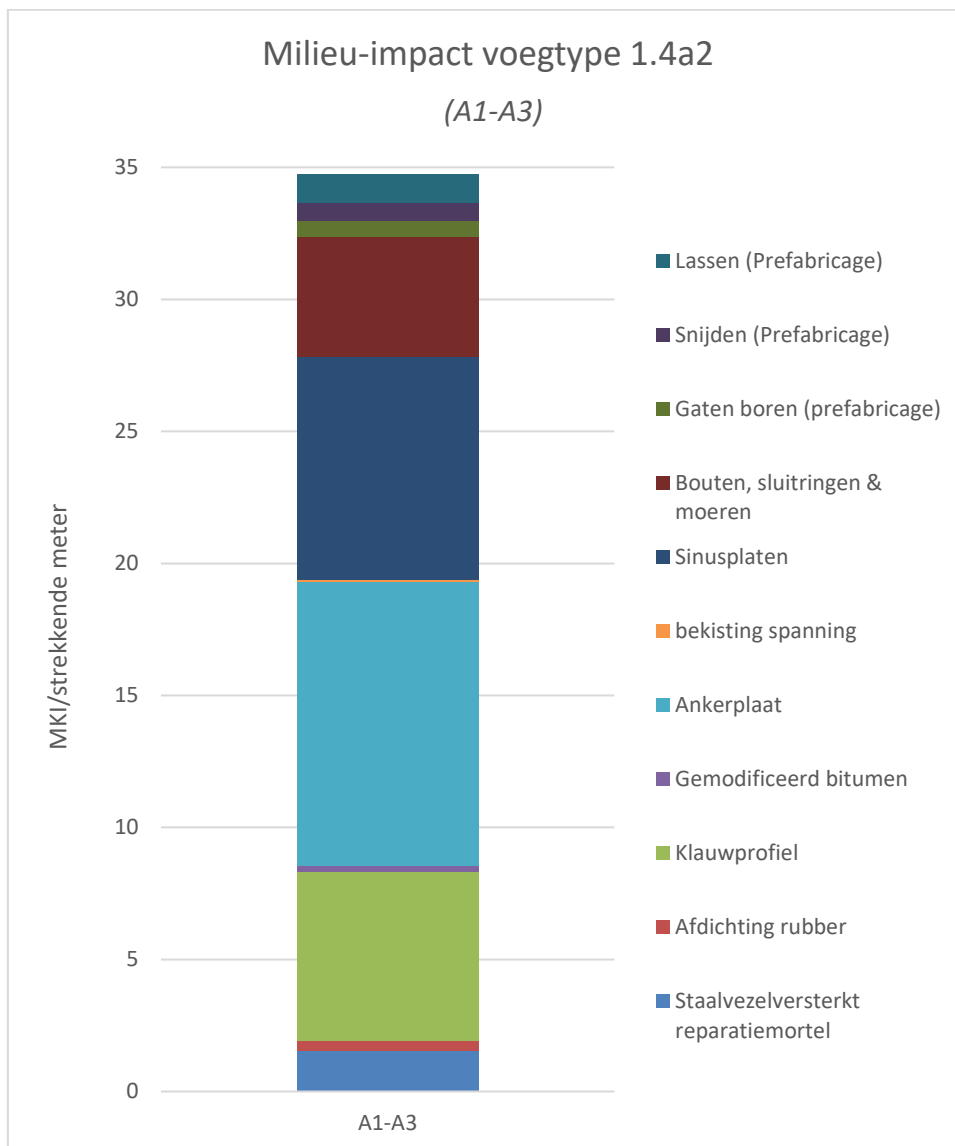
4.4.3 Voegovergang 1.4a2

De totale MKI van 1 m voeg 1.4a2 is € 36,06. Figuur 12 laat zien dat de meest milieubelastende fase van voeg 1.4a2 de productie is van de materialen die in de voeg worden toegepast (Fase A1-A3). Deze fase veroorzaakt een MKI van € 34,73 (~95% van de totale MKI). Het meest belastende materiaal is het verzinkt staal dat in de Ankerplaat en sinusplaat is toegepast (Figuur 13). Deze samen veroorzaken € 19,22 MKI (~55% van de totale MKI). Naast de ankerplaat en Sinusplaten, wordt in deze voeg ook staal toegepast in de klouwprofielen en bouten.

Dit betekent dat aan het eind van de levensduur heel veel staal kan worden gerecycled, leidend tot een negatieve MKI van € -10,99 in Module D. De MKI-uitsplitsing is gerapporteerd in tabelvorm in bijlage 6.1.3.



Figuur 12: Milieu-impact voegtype 1.4a2 per levensfase in €/m

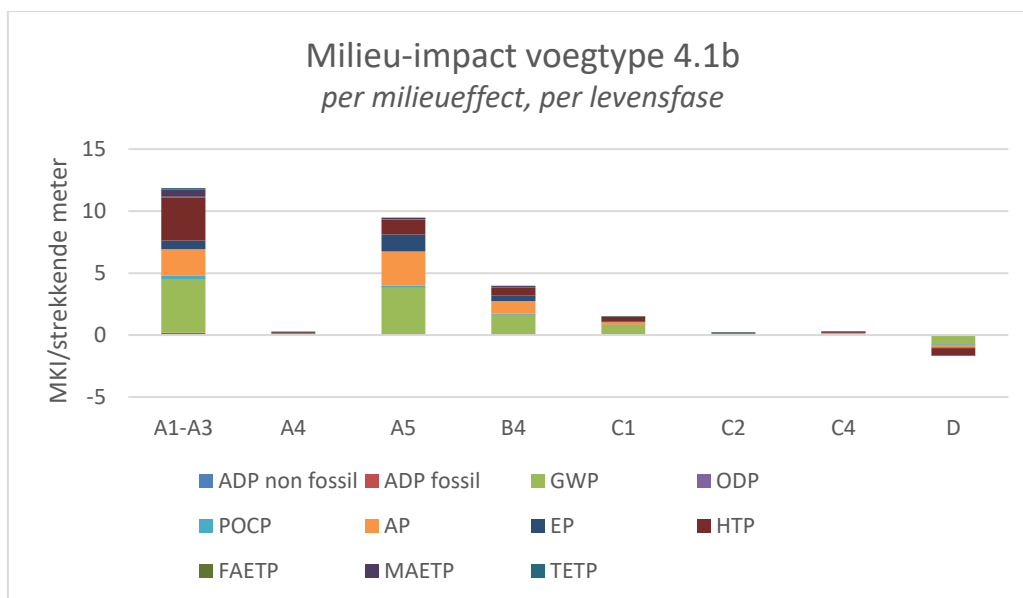


Figuur 13: Milieu-impact van de grondstoffen in voegtype 1.4a2

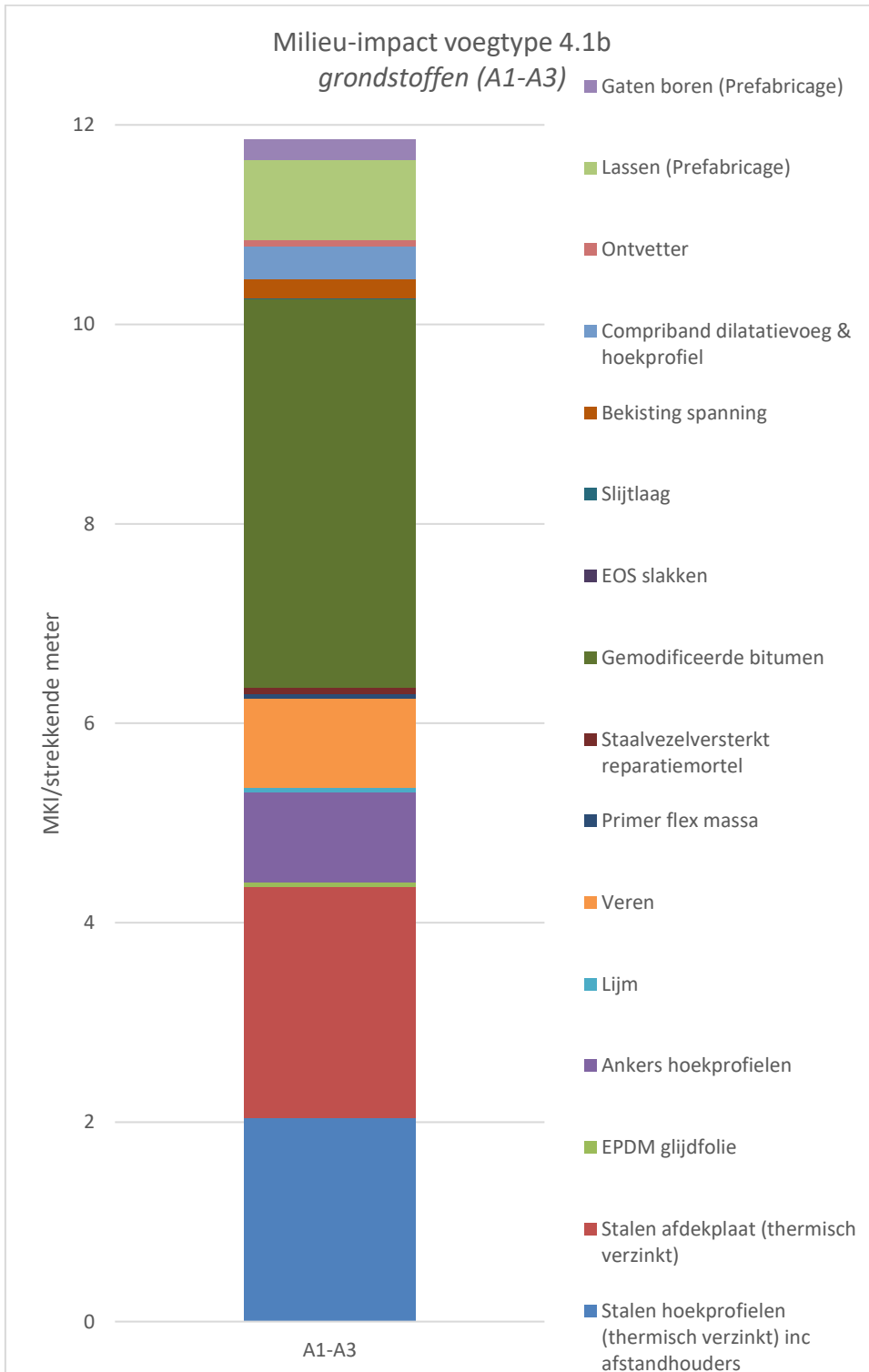
4.4.4 Voegovergang 4.1b

De totale MKI van 1 m voeg 4.1b is € 25,96. Figuur 14 laat zien dat de meest milieubelastende fase van de voegovergang 4.1b de productie is van de materialen die in de voeg worden toegepast (Fase A1-A3). Deze fase veroorzaakt een MKI van € 11,85 (~46% van de totale MKI). De meest belastende materialen zijn de polymeergemodificeerde bitumen (Figuur 15). Hierbij moet opgemerkt worden dat één specifieke proceskaart een grote rol speelt: de cat. 3 NMD proceskaart die gebruikt wordt om de EOS slakken te modelleren, schrijft namelijk geen enkele milieupact toe aan de EOS slakken. Ter vergelijking, de cat2-proceskaart die beschikbaar is in de NMD-database zou een MKI van € 6,57 per meter voeg aan de slakken toeschrijven, waardoor het materiaal met de grootste impact van dit voegtype zou worden. Het gebruik van de cat. 3 kaart in plaats van de cat. 2 kaart vermindert de algehele impact van dit voegovergangstype dus significant.

De MKI-uitsplitsing in cijfers is gerapporteerd in bijlage 6.1. De relatieve grote bijdrage van de aanlegfase (A5, totaal MKI van € 9,45) wordt grotendeels veroorzaakt door het dieselverbruik om de slakken en bitumen te verwarmen (MKI van € 8,11).



Figuur 14: Milieu-impact voegtype 4.1b per levensfase in €/m

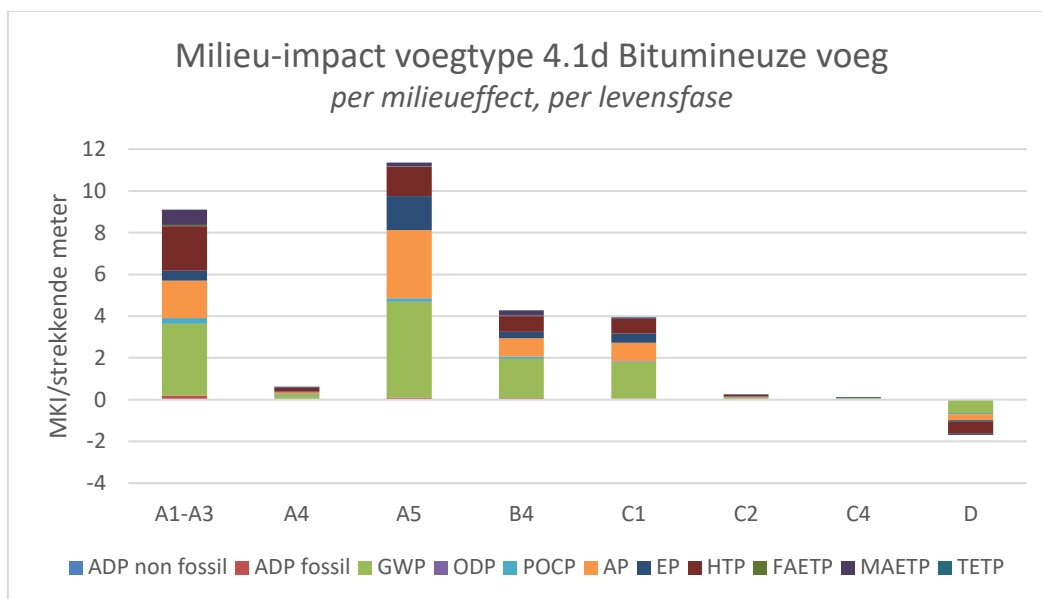


Figuur 15: Milieu-impact van de grondstoffen in voegtype 4.1b

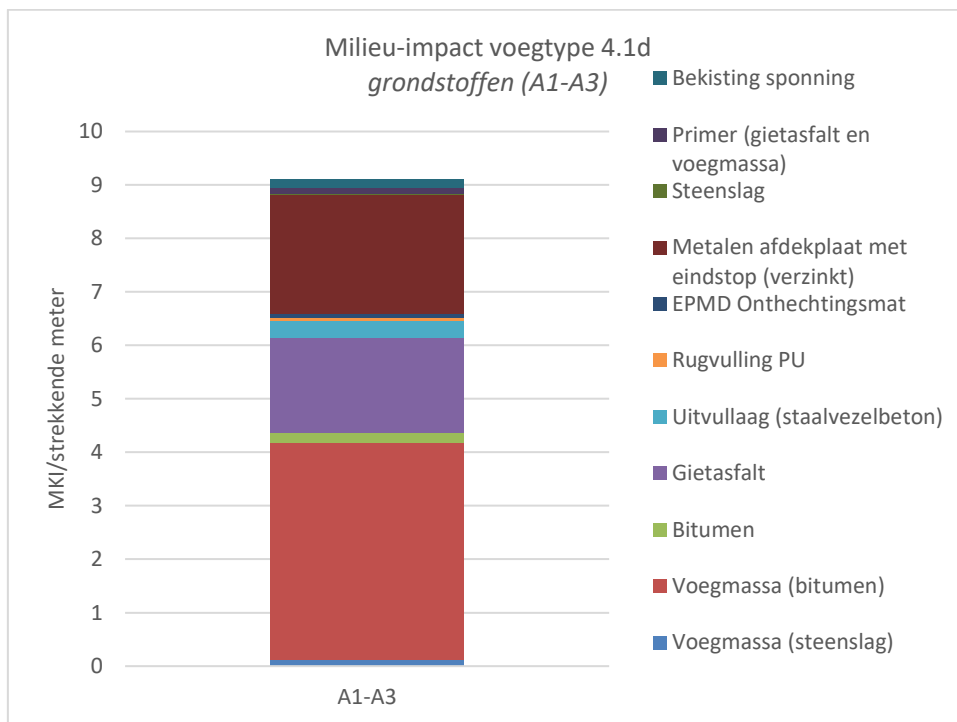
4.4.5 Voegovergang 4.1d

De totale MKI van 1 m voeg 4.1d is € 27,88.

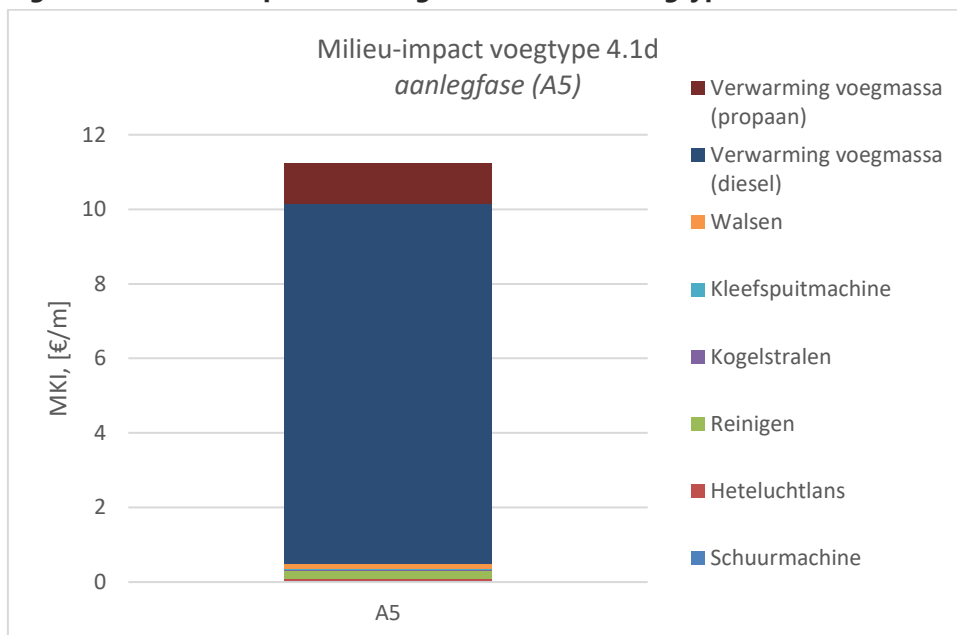
Figuur 16 laat zien dat de meest milieubelastende fase van voeg 4.1d de aanlegfase (A5) is (€ 11,34, ~40% van het totaal MKI), gevolgd door de productie van de materialen die in de voeg worden toegepast (Fase A1-A3) (€ 9,10, ~28% van de totale MKI). De meest belastende materialen zijn het bitumen (Figuur 17) en het diesel gebruik tijdens de aanlegfase om de bitumen en asfalt op temperatuur te houden. De MKI-uitsplitsing in cijfers is gerapporteerd in bijlage 4.4.5. Het valt op dat er een zeer grote bijdrage is ten gevolge van het gebruik van diesel voor de verwarming van de voegmassa (steenslag en bitumen). Dit is expliciet gecheckt met RWS en de leverancier; deze belasting lijkt daarom realistisch.



Figuur 16: Milieu-impact voegtype 4.1d per levensfase in €/m



Figuur 17: Milieu-impact van de grondstoffen in voegtype 4.1d

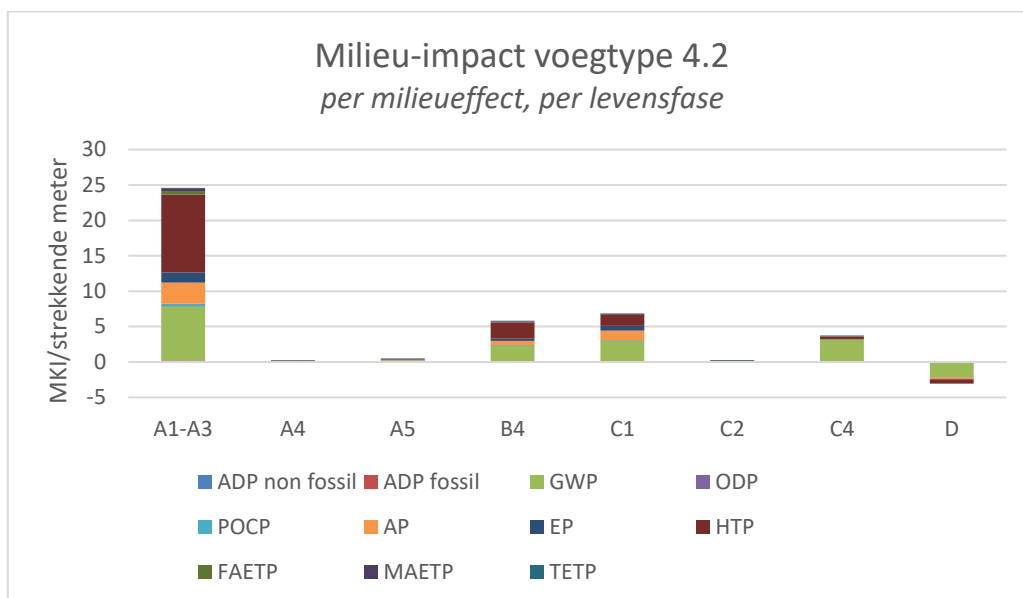


Figuur 18: Milieu-impact van de aanlegfase in voegtype 4.1d

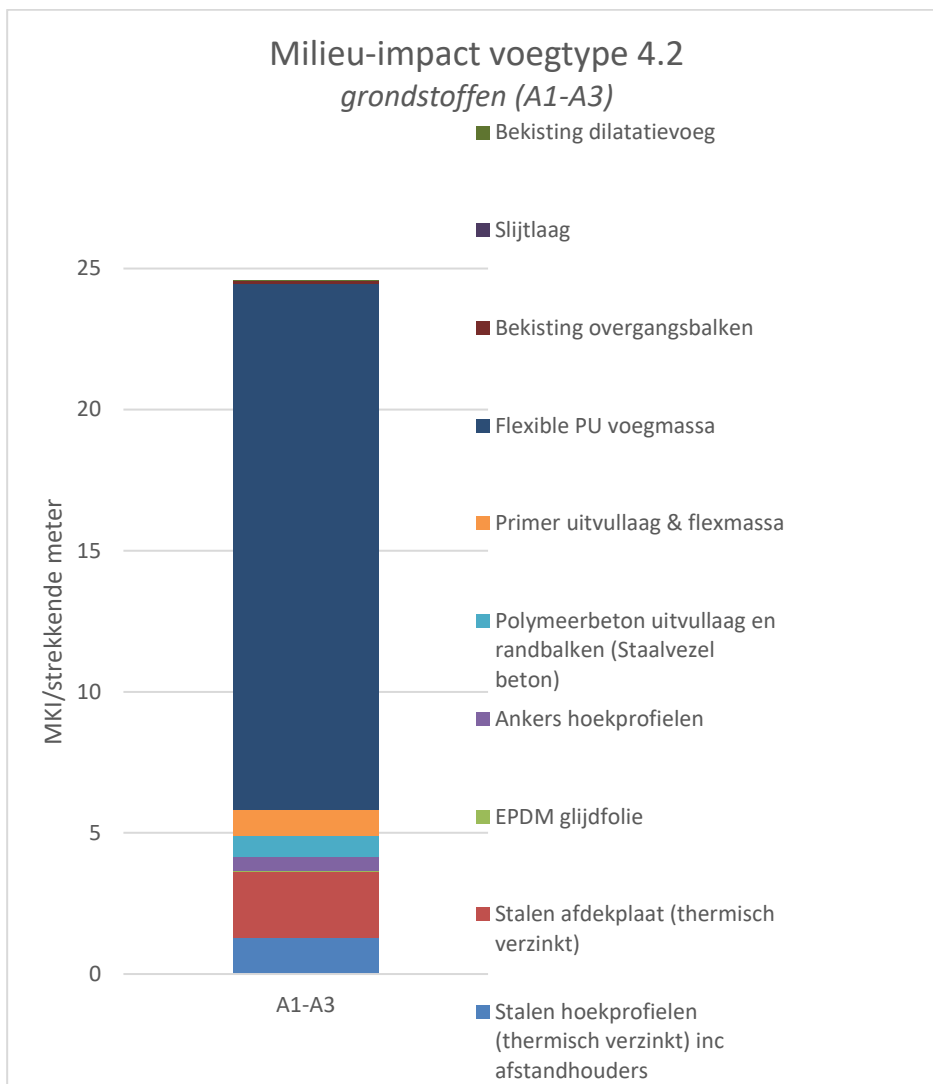
4.4.6 Voegovergang 4.2

De totale MKI van 1 m voeg 4.2 is € 38,80. Figuur 19 laat zien dat de meest milieubelastende fase van voegovergang 4.2 de productie is van de materialen die in de voeg worden toegepast (Fase A1-A3). Fasen A1-A3 veroorzaken een MKI van € 24,59 (~63% van de totale MKI). Het meest belastende materiaal is Polyurea voegmassa (Figuur 20).

De Polyurea massa alleen veroorzaakt een MKI van €18,66 (46% van het totaal). De MKI-uitsplitsing in cijfers per levensfase en materialen is gerapporteerd in bijlage 6.1.



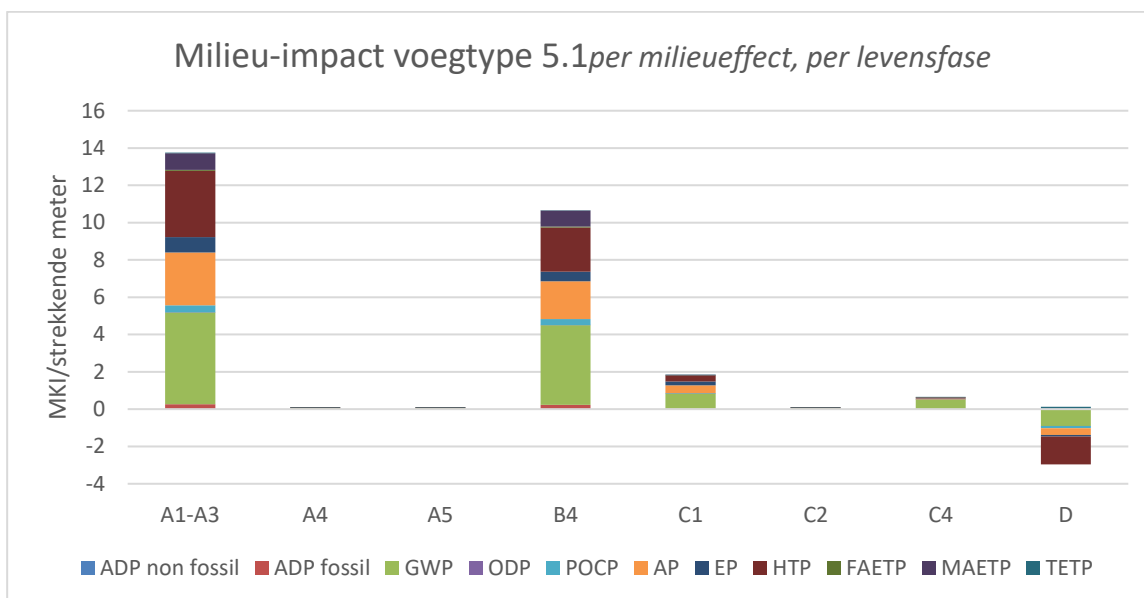
Figuur 19: Milieu-impact voegtype 4.2 per levensfase in €/m



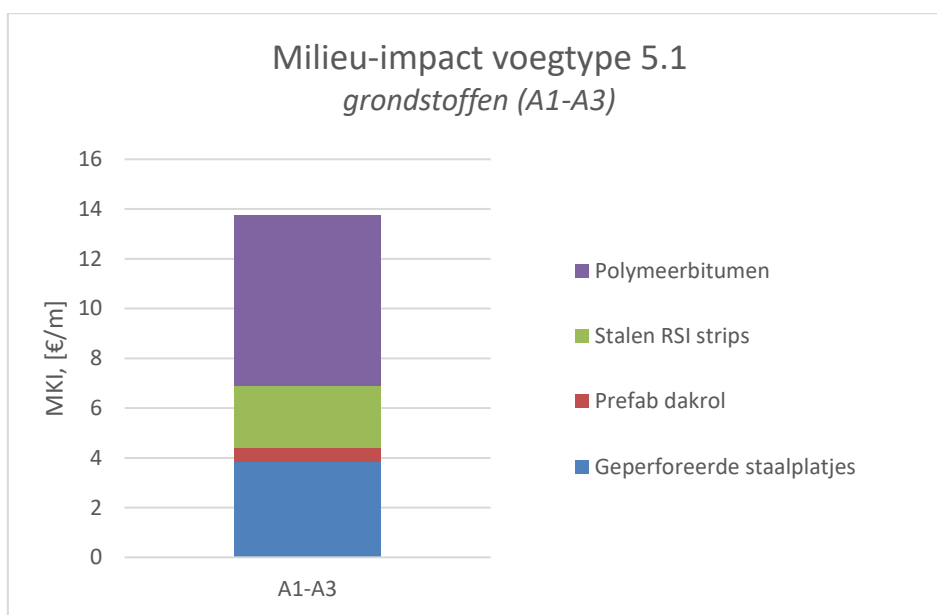
Figuur 20: Milieu-impact van de grondstoffen in voegtype 4.2

4.4.7 Voegovergang 5.1

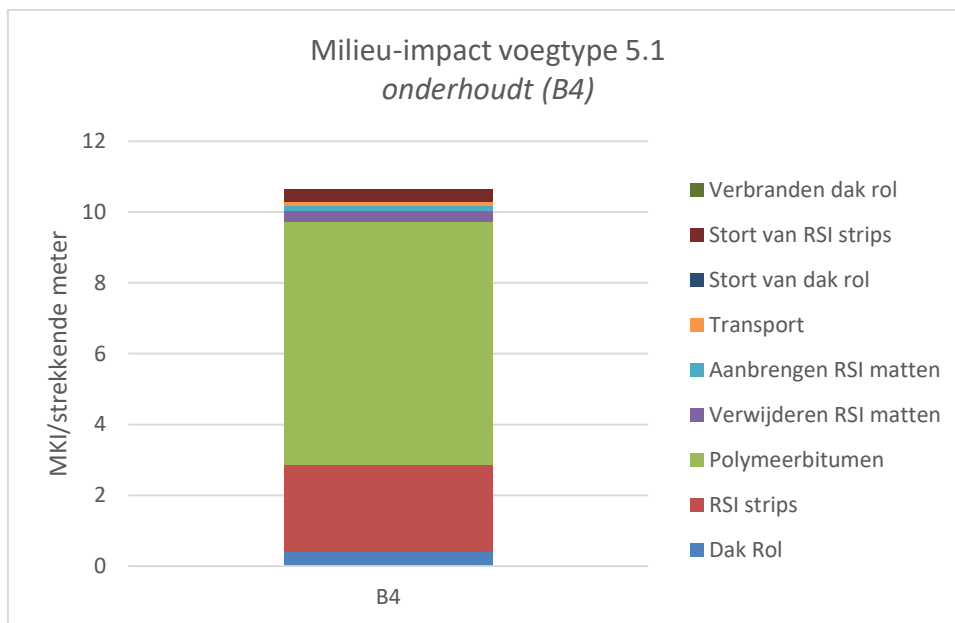
De totale MKI van 1 m voeg 5.1 is € 23,26. Figuur 21 laat zien dat de meest milieubelastende fase van voegovergang 5.1 de productie van de materialen en aanleg fase (A1-A3) is (€ 13,75 dus 59% van het totaal MKI), gevolgd door de onderhoud fase (Fase B4) (€ 10,66 van de totale MKI). Het meest belastende materiaal is het polymeerbitumen (Figuur 22) die wordt aangelegd tijdens de constructie en de vervanging fase (B4). De MKI-uitsplitsing in cijfers is gerapporteerd in bijlage 6.



Figuur 21: Milieu-impact voegtype 5.1 per levensfase in €/m



Figuur 22: Milieu-impact van de grondstoffen in voegtype 5.1



Figuur 23: Milieu-impact van de onderhoud fase in voegtype 5.1

4.5 Gevoeligheidsanalyse

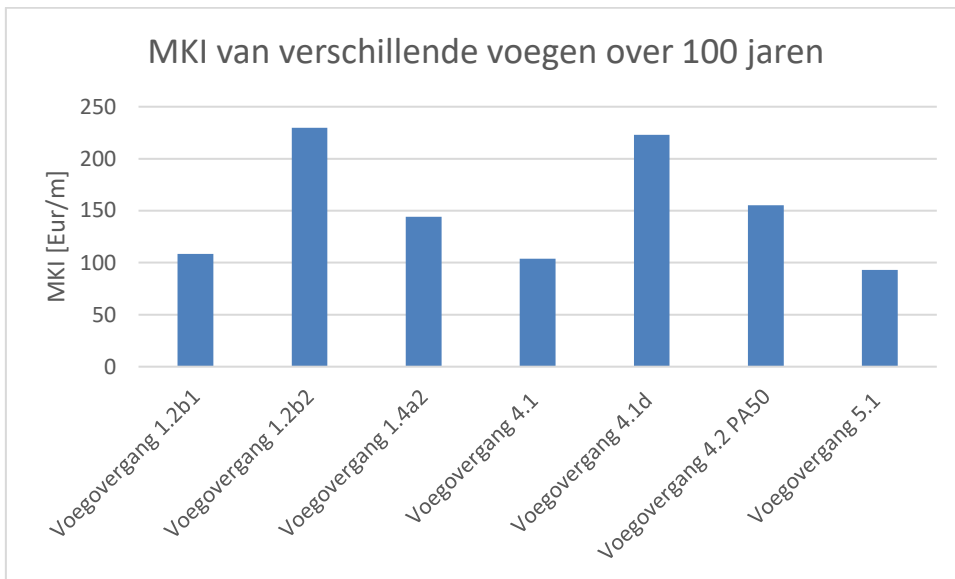
Er is geen gevoeligheidsanalyse uitgevoerd. Het betreft categorie 3 data waarbij in de inventarisatie de nodige onzekerheden zijn. Bij het opstellen van deze LCA zijn er geen specifieke afwegingen of aannames gevonden waarvan de gevoeligheid getest dient te worden. Bij twijfel is uitgegaan van een 'worst-case scenario'.

In de rekentools waarin deze data beschikbaar zullen zijn, kan gevarieerd worden met materialen en processen om de gevoeligheid hiervan te beoordelen. Dit zal echter op het niveau van productkaarten zijn, onderliggende processen kunnen niet aangepast worden in de rekentools.

4.6 Vergelijking van levensduur

De geanalyseerde voegovergangen hebben verschillende levensduren. Om de milieu-impact te vergelijken, dient de MKI per strekkende meter voeg omgerekend te worden over een gelijke levensduur, bijvoorbeeld over een periode van 100 jaar⁸. Dit wordt weergegeven in Figuur 24.

⁸ Dit is berekend door de MKI te vermenigvuldigen met 100 jaar/levensduur.



Figuur 24: MKI per meter van de 7 voegtypen over 100 jaar

Uit deze vergelijking blijkt dat voegovergang 1.2b2 (type BR-Silent) de hoogste totaal-MKI heeft (€ 230). De voeg met de laagste MKI is de voeg 5.1 (€ 93). Voegovergang 4.1d had een van de laagste MKI/m maar, vanwege de korte levensduur, over 100 jaar het lijkt het tweede hoogste MKI te hebben tussen de geanalyseerde voegovergangen. Voegovergang 4.1b (Silent Joint) heeft de op één na laagste totaal-MKI, maar hierbij dient opgemerkt te worden dat dit deels bepaald wordt door het hanteren van een impactvrije proceskaart voor EOS-slakken.

5 Referenties

1. Forfaitaire waarden voor verwerking-scenario's einde leven behorende bij: Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken [Internet]. 2020 [cited 2021 Apr 26]. Available from: www.milieudatabase.nl
2. Holschemacher K, Mueller T, Ribakov Y. Effect of steel fibres on mechanical properties of high-strength concrete. Mater Des. 2010 May 1;31(5):2604–15.
3. Schwarz A, Overmars L, Godoi Bizarro D, Keijzer E, Kuling L, van Horssen A. LCA Achtergrondrapport voor brancherepresentatieve Nederlandse asfaltmengsels 2020. 2020.

6 Bijlagen

6.1 Bijlage Gekarakteriseerde resultaten en MKI per product

6.1.1 Voegovergang 1.2b1

Tabel 12: Gekarakteriseerde resultaten van voegovergang 1.2b1 per levensfase

	Unit	A1-A3	A4	A5	B4	C1	C2	C3-C4	D
ADP non fossiel	kg Sb eq	1,49E-02	7,27E-06	3,00E-05	2,13E-04	6,87E-05	3,87E-06	2,63E-05	2,98E-05
ADP fossiel	kg Sb eq	1,42E+00	1,91E-02	4,42E-01	2,14E-01	4,42E-01	1,02E-02	1,14E-02	-3,14E-01
GWP	kg CO ₂ eq	1,97E+02	2,55E+00	6,44E+01	3,19E+01	6,51E+01	1,36E+00	5,41E+00	-4,94E+01
ODP	kg CFC-11 eq	1,54E-05	4,77E-07	1,14E-05	4,54E-06	1,16E-05	2,54E-07	2,17E-07	-2,55E-06
POCP	kg C ₂ H ₄	2,41E-01	1,51E-03	3,49E-02	2,63E-02	4,84E-02	8,06E-04	1,31E-03	-1,07E-01
AP	kg SO ₂ eq	1,48E+00	1,11E-02	2,89E-01	1,68E-01	5,05E-01	5,89E-03	1,41E-02	-1,73E-01
EP	kg PO ₄ eq	2,60E-01	2,23E-03	6,06E-02	3,48E-02	1,10E-01	1,19E-03	3,19E-03	-1,77E-02
HTP	kg 1,4-DB eq	1,20E+02	1,05E+00	1,78E+01	9,04E+00	1,31E+01	5,57E-01	1,41E+00	-2,94E+01
FAETP	kg 1,4-DB eq	2,66E+00	3,04E-02	3,18E-01	1,45E-01	3,25E-01	1,62E-02	2,61E-02	3,73E-01
MAETP	kg 1,4-DB eq	5,01E+03	1,08E+02	1,07E+03	5,09E+02	1,12E+03	5,77E+01	1,03E+02	3,94E+02
TETP	kg 1,4-DB eq	1,98E+00	3,61E-03	5,10E-02	1,96E-02	4,50E-02	1,92E-03	5,32E-03	2,53E+00

Tabel 13: MKI van verschillende levensfasen voor voegovergang 1.2b1

	Unit	A1-A3	A4	A5	B4	C1	C2	C3-C4	D
ADP non fossiel	€/m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ADP fossiel	€/m	0,23	0,00	0,07	0,03	0,07	0,00	0,00	-0,05
GWP	€/m	9,86	0,13	3,22	1,59	3,26	0,07	0,27	-2,47
ODP	€/m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
POCP	€/m	0,48	0,00	0,07	0,05	0,10	0,00	0,00	-0,21
AP	€/m	5,93	0,04	1,16	0,67	2,02	0,02	0,06	-0,69
EP	€/m	2,34	0,02	0,55	0,31	0,99	0,01	0,03	-0,16
HTP	€/m	10,80	0,09	1,60	0,81	1,18	0,05	0,13	-2,64
FAETP	€/m	0,08	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01
MAETP	€/m	0,50	0,01	0,11	0,05	0,11	0,01	0,01	0,04
TETP	€/m	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15
Voegovergang 1.2b1	€/m	30,34	0,30	6,78	3,54	7,74	0,16	0,50	-6,02

6.1.2 Voegovergang 1.2b2 (type BR-Silent)

Tabel 14: Gekarakteriseerde resultaten van voegovergang 1.2b2 (type BR-Silent) per levensfase

	Unit	A1-A3	A4	A5	B4	C1	C2	C3-C4	D
ADP non fossil	kg Sb eq	2,95E-02	1,21E-05	3,34E-05	2,90E-03	3,29E-05	6,04E-06	5,92E-05	7,52E-05
ADP fossil	kg Sb eq	2,91E+00	3,17E-02	4,36E-01	3,28E-01	2,68E-01	1,59E-02	2,36E-02	-7,64E-01
GWP	kg CO2 eq	4,14E+02	4,24E+00	6,36E+01	4,80E+01	3,94E+01	2,12E+00	8,81E+00	-1,24E+02
ODP	kg CFC-11 eq	3,22E-05	7,92E-07	1,12E-05	5,02E-06	6,97E-06	3,96E-07	4,63E-07	-6,00E-06
POCP	kg C2H4	5,12E-01	2,52E-03	3,38E-02	5,44E-02	2,43E-02	1,26E-03	2,82E-03	-2,82E-01
AP	kg SO2 eq	3,14E+00	1,84E-02	2,92E-01	3,58E-01	2,42E-01	9,20E-03	3,08E-02	-4,58E-01
EP	kg PO4 eq	5,58E-01	3,71E-03	6,12E-02	6,77E-02	5,20E-02	1,86E-03	7,06E-03	-4,72E-02
HTP	kg 1,4-DB eq	2,66E+02	1,74E+00	1,68E+01	2,07E+01	8,78E+00	8,70E-01	3,23E+00	-7,77E+01
FAETP	kg 1,4-DB eq	4,63E+00	5,05E-02	3,14E-01	3,53E-01	1,96E-01	2,53E-02	1,13E-01	9,58E-01
MAETP	kg 1,4-DB eq	1,05E+04	1,80E+02	1,06E+03	9,96E+02	6,67E+02	9,02E+01	2,72E+02	1,00E+03
TETP	kg 1,4-DB eq	4,31E+00	6,00E-03	5,05E-02	1,05E-01	2,96E-02	3,00E-03	1,10E-02	6,66E+00

Tabel 15: MKI van verschillende levensfasen voor voegovergang 1.2b2 (type BR-Silent)

	Unit	A1-A3	A4	A5	B4	C1	C2	C3-C4	D
ADP non fossil	€/m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ADP fossil	€/m	0,47	0,01	0,07	0,05	0,04	0,00	0,00	-0,12
GWP	€/m	20,68	0,21	3,18	2,40	1,97	0,11	0,44	-6,18
ODP	€/m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
POCP	€/m	1,02	0,01	0,07	0,11	0,05	0,00	0,01	-0,56
AP	€/m	12,58	0,07	1,17	1,43	0,97	0,04	0,12	-1,83
EP	€/m	5,03	0,03	0,55	0,61	0,47	0,02	0,06	-0,42
HTP	€/m	23,92	0,16	1,52	1,87	0,79	0,08	0,29	-6,99
FAETP	€/m	0,14	0,00	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,03
MAETP	€/m	1,05	0,02	0,11	0,10	0,07	0,01	0,03	0,10
TETP	€/m	0,26	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,40
Voegovergang 1.2b2	€/m	65,14	0,51	6,67	6,59	4,37	0,25	0,96	-15,58

6.1.3 Voegovergang 1.4a2

Tabel 16: Gekarakteriseerde resultaten van voegovergang 1.4a2 per levensfase

	Unit	A1-A3	A4	A5	B4	C1	C2	C3-C4	D
ADP non fossil	kg Sb eq	1,72E-02	8,70E-06	3,97E-06	3,33E-03	2,17E-05	3,31E-06	5,18E-05	5,53E-05
ADP fossil	kg Sb eq	1,67E+00	2,29E-02	6,31E-02	3,27E-01	2,16E-01	8,70E-03	2,06E-02	-5,43E-01
GWP	kg CO ₂ eq	2,36E+02	3,06E+00	9,20E+00	4,79E+01	3,16E+01	1,16E+00	8,37E+00	-8,76E+01
ODP	kg CFC-11 eq	1,76E-05	5,71E-07	1,62E-06	4,52E-06	5,56E-06	2,17E-07	4,05E-07	-4,25E-06
POCP	kg C2H4	2,69E-01	1,81E-03	5,09E-03	5,57E-02	1,64E-02	6,89E-04	2,45E-03	-1,99E-01
AP	kg SO ₂ eq	1,79E+00	1,32E-02	4,12E-02	3,57E-01	1,58E-01	5,04E-03	2,70E-02	-3,21E-01
EP	kg PO ₄ eq	3,12E-01	2,67E-03	8,65E-03	6,56E-02	3,31E-02	1,02E-03	6,20E-03	-3,28E-02
HTP	kg 1,4-DB eq	1,24E+02	1,25E+00	2,61E+00	2,18E+01	7,45E+00	4,76E-01	2,83E+00	-5,47E+01
FAETP	kg 1,4-DB eq	3,33E+00	3,64E-02	4,55E-02	3,63E-01	1,56E-01	1,38E-02	1,03E-01	6,93E-01
MAETP	kg 1,4-DB eq	6,79E+03	1,30E+02	1,53E+02	1,02E+03	5,29E+02	4,93E+01	2,44E+02	7,35E+02
TETP	kg 1,4-DB eq	4,50E+00	4,32E-03	7,25E-03	1,17E-01	2,52E-02	1,64E-03	9,59E-03	4,73E+00

Tabel 17: MKI van verschillende levensfasen voor voegovergang 1.4a2

	Unit	A1-A3	A4	A5	B4	C1	C2	C3-C4	D
ADP non fossil	€/m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ADP fossil	€/m	0,27	0,00	0,01	0,05	0,03	0,00	0,00	-0,09
GWP	€/m	11,79	0,15	0,46	2,39	1,58	0,06	0,42	-4,38
ODP	€/m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
POCP	€/m	0,54	0,00	0,01	0,11	0,03	0,00	0,00	-0,40
AP	€/m	7,15	0,05	0,16	1,43	0,63	0,02	0,11	-1,28
EP	€/m	2,81	0,02	0,08	0,59	0,30	0,01	0,06	-0,30
HTP	€/m	11,12	0,11	0,23	1,96	0,67	0,04	0,25	-4,92
FAETP	€/m	0,10	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,02
MAETP	€/m	0,68	0,01	0,02	0,10	0,05	0,00	0,02	0,07
TETP	€/m	0,27	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,28
Voegovergang 1.4a2	€/m	34,73	0,36	0,97	6,66	3,31	0,14	0,87	-10,99

6.1.4 Voegovergang 4.1b

Tabel 18: Gekarakteriseerde resultaten van voegovergang 4.1b per levensfase

	Unit	A1-A3	A4	A5	B4	C1	C2	C3-C4	D
ADP non fossil	kg Sb eq	2,02E-03	5,77E-06	8,82E-05	7,41E-05	7,56E-06	4,70E-06	1,19E-05	2,25E-06
ADP fossil	kg Sb eq	1,12E+00	1,52E-02	5,05E-01	3,05E-01	1,10E-01	1,24E-02	5,12E-03	-1,05E-01
GWP	kg CO ₂ eq	8,67E+01	2,03E+00	7,51E+01	3,21E+01	1,62E+01	1,65E+00	3,12E+00	-1,22E+01
ODP	kg CFC-11 eq	7,76E-06	3,79E-07	1,34E-05	5,35E-06	2,81E-06	3,08E-07	1,46E-07	-8,07E-07
POCP	kg C2H4	1,32E-01	1,20E-03	6,52E-02	3,42E-02	5,43E-03	9,80E-04	5,97E-04	-2,58E-02
AP	kg SO ₂ eq	5,37E-01	8,78E-03	6,91E-01	2,55E-01	4,92E-02	7,16E-03	6,34E-03	-4,83E-02
EP	kg PO ₄ eq	7,64E-02	1,77E-03	1,53E-01	5,15E-02	9,49E-03	1,44E-03	1,40E-03	-5,38E-03
HTP	kg 1,4-DB eq	3,88E+01	8,31E-01	1,33E+01	6,72E+00	3,89E+00	6,77E-01	7,42E-01	-6,55E+00
FAETP	kg 1,4-DB eq	1,95E+00	2,41E-02	3,72E-01	3,13E-01	7,88E-02	1,97E-02	6,93E-02	-1,09E-03
MAETP	kg 1,4-DB eq	5,98E+03	8,61E+01	1,30E+03	1,24E+03	2,64E+02	7,01E+01	9,48E+01	-2,01E+02
TETP	kg 1,4-DB eq	1,48E+00	2,87E-03	4,22E-02	3,96E-02	1,37E-02	2,34E-03	2,32E-03	4,79E-01

Tabel 19: MKI van verschillende levensfasen voor voegovergang 4.1b

	Unit	A1-A3	A4	A5	B4	C1	C2	C3-C4	D
ADP non fossil	€/m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ADP fossil	€/m	0,18	0,00	0,08	0,05	0,02	0,00	0,00	-0,02
GWP	€/m	4,34	0,10	3,76	1,60	0,81	0,08	0,16	-0,61
ODP	€/m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
POCP	€/m	0,26	0,00	0,13	0,07	0,01	0,00	0,00	-0,05
AP	€/m	2,15	0,04	2,76	1,02	0,20	0,03	0,03	-0,19
EP	€/m	0,69	0,02	1,38	0,46	0,09	0,01	0,01	-0,05
HTP	€/m	3,49	0,07	1,20	0,61	0,35	0,06	0,07	-0,59
FAETP	€/m	0,06	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
MAETP	€/m	0,60	0,01	0,13	0,12	0,03	0,01	0,01	-0,02
TETP	€/m	0,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03
Voegovergang 4.1b	€/m	11,85	0,24	9,45	3,95	1,50	0,20	0,27	-1,50

6.1.5 Voegovergang 4.1d

Tabel 20: Gekarakteriseerde resultaten van voegovergang 4.1d per levensfase

	Unit	A1-A3	A4	A5	B4	C1	C2	C3-C4	D
ADP non fossil	kg Sb eq	1,90E-03	1,44E-05	1,04E-04	1,44E-04	2,97E-05	5,67E-06	2,62E-06	-5,53E-06
ADP fossil	kg Sb eq	1,23E+00	3,79E-02	6,18E-01	4,98E-01	2,38E-01	1,49E-02	1,37E-03	-1,59E-01
GWP	kg CO ₂ eq	6,88E+01	5,06E+00	9,23E+01	3,79E+01	3,50E+01	1,99E+00	1,40E+00	-1,32E+01
ODP	kg CFC-11 eq	6,61E-06	9,46E-07	1,65E-05	5,65E-06	6,19E-06	3,72E-07	3,09E-08	-1,03E-06
POCP	kg C ₂ H ₄	1,36E-01	3,00E-03	7,66E-02	4,76E-02	2,26E-02	1,18E-03	1,61E-04	-2,87E-02
AP	kg SO ₂ eq	4,50E-01	2,19E-02	8,16E-01	2,18E-01	2,24E-01	8,63E-03	1,71E-03	-7,46E-02
EP	kg PO ₄ eq	5,24E-02	4,42E-03	1,80E-01	3,44E-02	4,84E-02	1,74E-03	4,03E-04	-8,05E-03
HTP	kg 1,4-DB eq	2,37E+01	2,08E+00	1,58E+01	8,36E+00	7,85E+00	8,16E-01	1,71E-01	-6,29E+00
FAETP	kg 1,4-DB eq	1,70E+00	6,03E-02	4,53E-01	6,57E-01	1,74E-01	2,37E-02	4,15E-03	-1,28E-01
MAETP	kg 1,4-DB eq	7,21E+03	2,15E+02	1,58E+03	2,56E+03	5,94E+02	8,46E+01	1,37E+01	-7,05E+02
TETP	kg 1,4-DB eq	2,70E-01	7,16E-03	5,02E-02	7,78E-02	2,58E-02	2,82E-03	6,34E-04	3,48E-01

Tabel 21: MKI van verschillende levensfasen voor voegovergang 4.1d

	Unit	A1-A3	A4	A5	B4	C1	C2	C3-C4	D
ADP non fossil	€/m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ADP fossil	€/m	0,20	0,01	0,10	0,08	0,04	0,00	0,00	-0,03
GWP	€/m	3,44	0,25	4,61	1,90	1,75	0,10	0,07	-0,66
ODP	€/m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
POCP	€/m	0,27	0,01	0,15	0,10	0,05	0,00	0,00	-0,06
AP	€/m	1,80	0,09	3,26	0,87	0,90	0,03	0,01	-0,30
EP	€/m	0,47	0,04	1,62	0,31	0,44	0,02	0,00	-0,07
HTP	€/m	2,13	0,19	1,42	0,75	0,71	0,07	0,02	-0,57
FAETP	€/m	0,05	0,00	0,01	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00
MAETP	€/m	0,72	0,02	0,16	0,26	0,06	0,01	0,00	-0,07
TETP	€/m	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
Voegovergang 4.1d	€/m	9,10	0,60	11,34	4,28	3,94	0,24	0,10	-1,73

6.1.6 Voegovergang 4.2

Tabel 22: Gekarakteriseerde resultaten van voegovergang 4.2 per levensfase

	Unit	A1-A3	A4	A5	B4	C1	C2	C3-C4	D
ADP non fossil	kg Sb eq	2,20E-03	4,60E-06	3,44E-06	1,18E-04	4,21E-05	4,99E-06	2,27E-05	7,75E-07
ADP fossil	kg Sb eq	1,38E+00	1,21E-02	2,24E-02	3,04E-01	4,03E-01	1,31E-02	2,77E-02	-3,53E-01
GWP	kg CO2 eq	1,53E+02	1,61E+00	3,29E+00	4,61E+01	5,87E+01	1,75E+00	6,19E+01	-4,09E+01
ODP	kg CFC-11 eq	1,84E-05	3,02E-07	5,92E-07	5,12E-06	1,04E-05	3,27E-07	1,93E-06	-4,29E-06
POCP	kg C2H4	1,78E-01	9,58E-04	3,17E-03	3,49E-02	4,16E-02	1,04E-03	2,40E-03	-2,15E-02
AP	kg SO ₂ eq	7,42E-01	7,00E-03	3,08E-02	1,45E-01	3,37E-01	7,59E-03	2,56E-02	-5,07E-02
EP	kg PO4 eq	1,61E-01	1,41E-03	6,86E-03	3,36E-02	7,32E-02	1,53E-03	4,76E-03	-6,51E-03
HTP	kg 1,4-DB eq	1,22E+02	6,62E-01	7,63E-01	2,56E+01	1,79E+01	7,18E-01	4,30E+00	-6,43E+00
FAETP	kg 1,4-DB eq	1,65E+01	1,92E-02	1,65E-02	3,79E+00	2,98E-01	2,09E-02	2,29E-01	2,89E-02
MAETP	kg 1,4-DB eq	3,71E+03	6,86E+01	5,72E+01	8,55E+02	9,96E+02	7,44E+01	6,76E+02	-4,11E+01
TETP	kg 1,4-DB eq	1,12E+00	2,28E-03	1,97E-03	6,01E-02	4,23E-02	2,48E-03	1,15E-02	3,74E-01

Tabel 23: MKI van verschillende levensfasen voor voegovergang 4.2

	Unit	A1-A3	A4	A5	B4	C1	C2	C3-C4	D
ADP non fossil	€/m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ADP fossil	€/m	0,22	0,00	0,00	0,05	0,06	0,00	0,00	-0,06
GWP	€/m	7,65	0,08	0,16	2,30	2,94	0,09	3,10	-2,05
ODP	€/m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
POCP	€/m	0,36	0,00	0,01	0,07	0,08	0,00	0,00	-0,04
AP	€/m	2,97	0,03	0,12	0,58	1,35	0,03	0,10	-0,20
EP	€/m	1,45	0,01	0,06	0,30	0,66	0,01	0,04	-0,06
HTP	€/m	11,01	0,06	0,07	2,30	1,61	0,06	0,39	-0,58
FAETP	€/m	0,50	0,00	0,00	0,11	0,01	0,00	0,01	0,00
MAETP	€/m	0,37	0,01	0,01	0,09	0,10	0,01	0,07	0,00
TETP	€/m	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
Voegovergang 4.2	€/m	24,59	0,19	0,43	5,81	6,82	0,21	3,71	-2,97

6.1.7 Voegovergang 5.1

Tabel 24: Gekarakteriseerde resultaten van voegovergang 5.1 per levensfase

	Unit	A1-A3	A4	A5	B4	C1	C2	C3-C4	D
ADP non fossil	kg Sb eq	4,95E-03	2,10E-06	2,10E-06	2,22E-03	1,46E-05	2,17E-06	1,04E-05	1,71E-05
ADP fossil	kg Sb eq	1,63E+00	5,51E-03	5,51E-03	1,48E+00	1,12E-01	5,72E-03	4,42E-03	-2,41E-01
GWP	kg CO2 eq	9,84E+01	7,37E-01	7,37E-01	8,55E+01	1,65E+01	7,64E-01	1,05E+01	-3,52E+01
ODP	kg CFC-11 eq	1,06E-05	1,38E-07	1,38E-07	9,52E-06	2,92E-06	1,43E-07	1,10E-07	-2,23E-06
POCP	kg C2H4	1,89E-01	4,37E-04	4,37E-04	1,56E-01	1,02E-02	4,53E-04	6,75E-04	-6,32E-02
AP	kg SO2 eq	7,09E-01	3,19E-03	3,19E-03	5,06E-01	1,04E-01	3,31E-03	6,88E-03	-1,05E-01
EP	kg PO4 eq	9,24E-02	6,44E-04	6,44E-04	5,77E-02	2,24E-02	6,67E-04	1,48E-03	-1,09E-02
HTP	kg 1,4-DB eq	3,93E+01	3,02E-01	3,02E-01	2,63E+01	3,56E+00	3,13E-01	7,19E-01	-1,74E+01
FAETP	kg 1,4-DB eq	2,15E+00	8,78E-03	8,78E-03	2,04E+00	8,21E-02	9,10E-03	2,16E-02	2,14E-01
MAETP	kg 1,4-DB eq	8,94E+03	3,13E+01	3,13E+01	8,46E+03	2,81E+02	3,24E+01	6,49E+01	2,16E+02
TETP	kg 1,4-DB eq	3,84E-01	1,04E-03	1,04E-03	2,97E-01	1,24E-02	1,08E-03	2,01E-03	1,48E+00

Tabel 25: MKI van verschillende levensfasen voor voegovergang 5.1

	Unit	A1-A3	A4	A5	B4	C1	C2	C3-C4	D
ADP non fossil	€/m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ADP fossil	€/m	0,26	0,00	0,00	0,24	0,02	0,00	0,00	-0,04
GWP	€/m	4,92	0,04	0,04	4,28	0,83	0,04	0,52	-1,76
ODP	€/m	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
POCP	€/m	0,38	0,00	0,00	0,31	0,02	0,00	0,00	-0,13
AP	€/m	2,84	0,01	0,01	2,03	0,42	0,01	0,03	-0,42
EP	€/m	0,83	0,01	0,01	0,52	0,20	0,01	0,01	-0,10
HTP	€/m	3,54	0,03	0,03	2,36	0,32	0,03	0,06	-1,57
FAETP	€/m	0,06	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,01
MAETP	€/m	0,89	0,00	0,00	0,85	0,03	0,00	0,01	0,02
TETP	€/m	0,02	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,09
Voegovergang 5.1	€/m	13,75	0,09	0,09	10,66	1,84	0,09	0,64	-3,89

7 ONDERTEKENING

Naam van de opdrachtgever:
Stichting Nationale Milieudatabase

Datum waarop of tijdsbestek waarin het onderzoek heeft plaatsgehad:
Oktober 2020-Maart 2022

Naam en functies van medewerkers:
Lia De Simon
Bart Jansen
Mahesh Moeniela

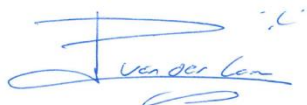
Naam en paraaf tweede lezer:

Tim van der Kruk

Ondertekening:

Autorisatie vrijgave:

Elisabeth Keijzer
Projectleider



Gerard van der Laan
Research Manager