

LCA achtergrondrapport SBS en EVA gemodificeerd bitumen uit Europa, t/m 10% modificatie, cat. 3

Rapport conform de SBK Bepalingsmethode versie
3.0 en de PCR asfalt

CROW



Uitvoerder

Ecochain Technologies B.V.
H.J.E. Wenckebachweg 123
1096 AM Amsterdam
Nederland

Auteur

Lisa Overmars
23-06-2020

Inhoud

1.	Introductie	3
1.1.	Achtergrond	3
1.2.	Doel en doelgroep van de studie	3
1.3.	Verificatie	4
2.	Reikwijdte van de studie	5
2.1.	Rekeneenheid	5
2.2.	Productomschrijving	5
2.3.	Systeemgrenzen	5
2.4.	Procesboom	5
2.5.	Allocatie en afkapcriteria	6
3.	Levenscyclusinventarisatie	7
3.1.	Dataverzameling	7
3.2.	Inventarisatie en allocatie	7
4.	Datavalidatie	9
4.1.	Datakwaliteit	9
4.1.1	Representativiteit	9
4.1.2	Compleetheid	9
4.1.3	Consistentie en reproduceerbaarheid	9
4.2.	Kwalitatieve en kwantitatieve beschrijving van processen, scenario's en literatuurbronnen	9
5.	Levenscyclus-effectbeoordeling	11
5.1.	Weging van milieueffecten naar één score	11
5.2.	Resultaten	11
6.	Levenscyclusinterpretatie	13
6.1.	Zwaartepuntanalyse	13
6.2.	Gevoeligheidsanalyse	13
7.	Referenties	15



1. Introductie

1.1. Achtergrond

De specifieke rekenregels voor asfalt, oftewel Product Category Rules (hierna: PCR) zijn momenteel in ontwikkeling door TNO, in samenwerking met VBW Asfalt, Ecochain, Ecoreview, RWS, SGS, Arcadis en Esha [1]. Het doel van deze PCR asfalt is om een gelijk speelveld te creëren in de asfaltsector, waarbij alle partijen dezelfde uitgangspunten hanteren en onderscheid gemaakt kan worden op basis van duurzaamheid. Dit is voornamelijk van belang bij aanbestedingen, waarin duurzaamheid steeds vaker een van de criteria is op basis waarvan een gunningsbeslissing wordt genomen.

Gemodificeerd bitumen is een van de meest relevante materialen in asfalt wat betreft milieu-impact in de productiefase. Gemodificeerd bitumen wordt geproduceerd door het mengen van bitumen met een modificeerder (polymeer), waarbij de meest gebruikte modificeerders styreen-butadieen-styreen (SBS) en ethyleen-vinylacetaat (EVA) zijn. Voor SBS en EVA gemodificeerd bitumen zijn er nog geen geschikte referenties beschikbaar in achtergrond databases zoals Ecoinvent en de Nationale Milieu Database (NMD) die zijn opgesteld conform de rekenregels voor gemodificeerd bitumen zoals beschreven in de PCR asfalt. Daarom is er vanuit de CROW opdracht gegeven aan Ecochain voor de ontwikkeling van algemene milieuprofielen voor SBS gemodificeerd bitumen en EVA gemodificeerd bitumen, welke gepubliceerd zullen worden in de NMD. Het betreffen categorie 3 profielen, aangezien hoofdzakelijk gebruik is gemaakt van achtergrondgegevens. Deze referentie zullen, conform de PCR asfalt, in LCA berekening voor asfalt de forfaitaire referenties voor SBS en EVA gemodificeerd bitumen zijn.

Deze LCA studie voor SBS en EVA gemodificeerd bitumen is opgesteld op 23-06-2020 door Lisa Overmars en voldoet aan de eisen gesteld in de NEN-EN ISO 14040 [2], NEN-EN ISO 14044 [3], NEN-EN 15804 [4], NEN-EN ISO 14025 [5] de Bepalingsmethode Milieuprestatie Gebouwen en GWW-werken versie 3.0, inclusief wijzigingsblad d.d. januari 2020 [6] en de PCR asfalt [1]. De studie is opgesteld voor toetsing conform de pre-toets [7]. Voor de berekeningen is gebruik gemaakt van Simapro [8]. De studie is na uitgave tot 5 jaar geldig. De resultaten van LCA studies en resulterende 'Environmental Product Declarations' of EPDs zijn enkel vergelijkbaar indien deze aan de Bepalingsmethode voldoen.

1.2. Doel en doelgroep van de studie

Het doel van de studie is om betrouwbare en nauwkeurige kwantitatieve milieugegevens van bouwmaterialen, bouwproducten en bouwelementen over te dragen aan de Nationale Milieu Database (NMD). Alle partijen die gebruik maken van de NMD om LCA berekeningen van asfalt conform de PCR asfalt op te stellen behoren tot de doelgroep, net als opdrachtgevers die de PCR asfalt voorschrijven, en alle overige gebruikers van de NMD.

De milieugegevens worden verstrekt voor toepassing in de keten, zodat ook andere partijen in staat zijn een milieuverklaring van hun product op te stellen. Daarnaast worden de milieugegevens verstrekt voor toepassing in LCA-berekeningen van bouwwerken. Hiervoor is vooral de methodische vergelijkbaarheid van de milieugegevens van belang. Deze gegevens dienen namelijk als basis om bouwwerkberekeningen te kunnen maken en om oplossingen te genereren die minder milieu-impact veroorzaken.



1.3. Verificatie

Verklaring van de toetser, MSc P.F. Stadhouders, 23 juni 2020:

“De methodologie en dataverzameling zoals beschreven in dit rapport voldoet aan de eisen van de “Bepalingsmethode Milieuprestatie Gebouwen en GWW-werken” versie 3.0 van november 2019 en de onderliggende normen ISO 14040, ISO 14044 en NEN-EN 15804.”



2. Reikwijdte van de studie

In de volgende secties wordt de reikwijdte (scope) van deze studie beschreven. Dit omvat, maar is niet gelimiteerd tot, het identificeren van specifieke product systemen, de product functie(s), rekeneenheid, systeemgrenzen, allocatieprocedures en cut-off criteria van de studie.

2.1. Rekeneenheid

De basis voor de uitvoering van een levenscyclusanalyse is de rekeneenheid. De rekeneenheid kan in twee vormen worden geformuleerd: een functionele eenheid of een producteenheid. Een producteenheid geeft een hoeveelheid product aan waarvan de specifieke toepassing niet genoemd wordt. In een functionele eenheid wordt vastgelegd welke functie het product moet vervullen gedurende welke periode.

Voor deze studie is uitgegaan van de producteenheid, omdat de studie van grondstof tot product ('cradle-to-gate') is uitgevoerd. De afvalfase is achterwege gelaten, omdat het product als grondstof dient. De producteenheid is als volgt gedefinieerd: de productie van 1 kg gemodificeerd bitumen in Europa met een modificatiegehalte t/m 10%. In totaal betreft het hier 2 unieke typen gemodificeerd bitumen, namelijk SBS en EVA gemodificeerd bitumen.

2.2. Productomschrijving

Gemodificeerd bitumen, ook wel aangeduid met de naam polymeerbitumen (PMB), bestaat uit bitumen en modificeerders. De meest gebruikte modificeerders zijn SBS en EVA. SBS is een rubberachtige kunststof (elastomeer) die elastisch is, en zeer soepel en buigzaam bij omgevingstemperaturen. Toevoeging van SBS aan bitumen zorgt voor een elastischer karakter en een hogere hechtkracht. EVA is een slijtvaste kunststof (polymeer). Toevoeging van EVA aan bitumen resulteert in een sterker bitumen. Een SBS-modificatie is dus meer elastisch, een EVA-modificatie meer plastisch (stijf). Beide typen gemodificeerd bitumen worden onder andere toegepast om vermoeiing, spoorvorming, scheurvorming of rafeling in asfalt tegen te gaan, en worden bijvoorbeeld ingezet in poreuze deklagen (ZOAB), of voor het verkrijgen van dunnere deklagen.

2.3. Systeemgrenzen

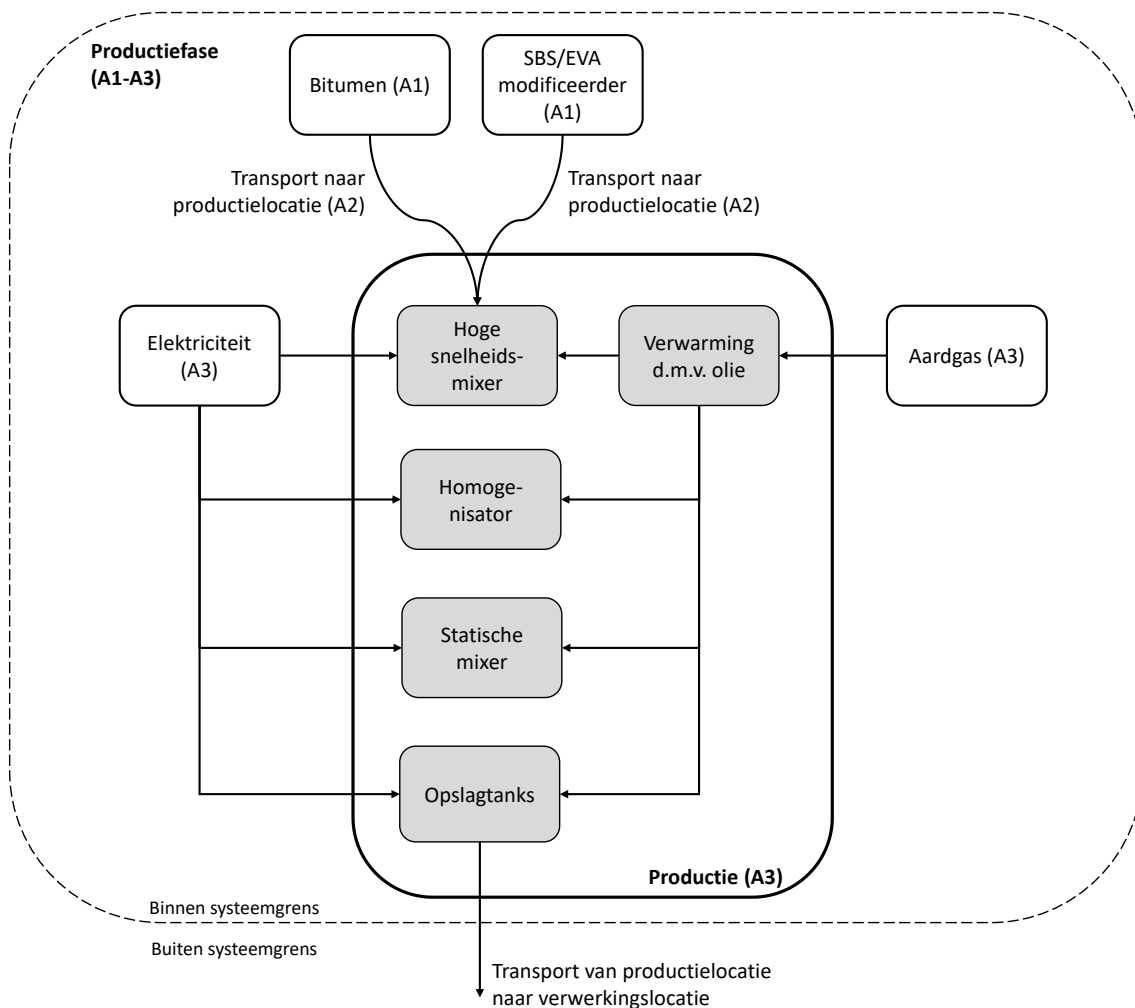
De levenscyclusanalyse van gemodificeerd bitumen die in deze studie is uitgevoerd, is afgebakend met zogenaamde systeemgrenzen. De systeemgrenzen bepalen welke fasen en processen van de levenscyclus worden meegenomen in de LCA. Omdat er in deze studie is uitgegaan van een producteenheid zonder sloop- en afvalfase, zijn conform de Bepalingsmethode de volgende modules meegenomen: de winning van grondstoffen/materialen en energie (A1), transport naar de productielocatie (A2) en de productiefase (A3). De bouwfase (Module A4 – A5), sloop- en afvalfase (Module C) en hergebruik- en recyclingfase (Module D) zijn buiten beschouwing gelaten.

Gemodificeerd bitumen wordt ingezet als grondstof voor asfalt. Wanneer de gehele levenscyclus van asfalt wordt beschouwd dan vervalt, conform de PCR asfalt, in module D de modificatie. Kortom, voor de module D van asfalt dient gemodificeerde bitumen gedeclareerd te worden als vermeden bitumen (zonder modificatie).

2.4. Procesboom

Een procesboom omvat alle namen van de processen, inclusief goederen (materialen, producten) en diensten, uit de levenscyclus van een product binnen de systeemgrenzen. Figuur 1 geeft de procesboom van SBS en EVA gemodificeerd bitumen weer.





Figuur 1: Procesboom van gemodificeerd bitumen

Gemodificeerd bitumen wordt geproduceerd door het mengen van bitumen en SBS of EVA modificeerder in een hoge snelheid mixer (high shear mixer). Na het mixen in de high shear mixer wordt het mengsel gehomogeniseerd in een homogenisator. Daarna wordt het mengsel nogmaals gemengd, voordat het wordt opgeslagen in opslagtanks. De verschillende mixers, homogenisator en opslagtanks worden verwarmd met thermische olie, welke op temperatuur wordt gehouden door verbranding van aardgas in een boiler.

2.5. Allocatie en afkapcriteria

In deze studie zijn alle inputs en outputs - zoals emissies, energie- en materiaalinput - meegenomen in de berekening conform de Bepalingsmethode [7]. Dit houdt in dat er geen rekening is gehouden met de productie, aanvoer/afvoer en onderhoud van kapitaalgoederen, omdat de bijdrage van deze kapitaalgoederen aan elke effectcategorie naar schatting niet meer bedraagt dan 5%. Het (eventuele) verwarmde transport van de bitumen is in deze studie niet meegenomen. Vanuit een eerste inschatting bleek dat de bijdrage hiervan op de totale MKI kleiner is dan 1%.



3. Levenscyclusinventarisatie

De levenscyclusinventarisatie omvat het verzamelen van gegevens en de berekeningsprocedures om de relevante milieu-ingrepen (ingående en uitgaande stromen) van een productsysteem te kwantificeren. Hierbij worden energie, grondstoffen en transport gegevens meegenomen en omgerekend naar emissies naar lucht, bodem, water en grondstof extracties.

3.1. Dataverzameling

De eerste stap uit de dataverzamelingsprocedure was het uitvoeren van een marktanalyse naar de verschillende gemodificeerde bitumen producten beschikbaar op de markt. Hierbij is onderzoek gedaan naar de gebruikte types modificeerder, en de gebruikte gehalten modificeerder in gemodificeerd bitumen. Dit onderzoek is gebaseerd op vertrouwelijke informatie. Daarom worden in dit rapport slechts de geanonimiseerde resultaten van deze analyse gepresenteerd.

Uit de analyse naar de gebruikte types modificeerder bleek dat SBS gemodificeerd bitumen het meest voorkomt, gevolgd door EVA gemodificeerd bitumen. Deze conclusie wordt ondersteund vanuit literatuur, waarin wordt vermeld dat SBS de meest gebruikte modificeerder is [9, 10] en waarin SBS en EVA gebruikt worden voor onderzoeken naar gemodificeerd bitumen [11, 12]. Daarnaast zijn er tijdens de marktanalyse ook nog overige gemodificeerd bitumen producten geïdentificeerd, welke gebaseerd zijn op verscheidene combinaties van SBS, EVA, paraffine, hars, verjongingsolie en flux shell. Aangezien SBS en EVA gemodificeerd bitumen het grootste deel van de markt uitmaken, en aangezien het onmogelijk is om voor alle verschillende combinaties een algemeen milieuprofiel te maken, is ervoor gekozen om voor deze 2 typen gemodificeerd bitumen een LCA op te stellen. Hier is akkoord op gegeven tijdens een van de PCR-TIC meetings.

Uit de analyse naar de gehalten modificeerder in gemodificeerd bitumen kon geconcludeerd worden dat meer dan de helft van de producten op de markt een modificatiegehalte heeft tot en met 6%. Het maximale geïdentificeerde modificatiegehalte is 10%. In literatuur worden gehalten tot 7% [10] en 7,5% [9] vermeld voor SBS en tot 6% [10] voor EVA. Tijdens een van de PCR-TIC meetings is dit besproken, en is door de TIC ingestemd dat een maximaal modificeerder gehalte van 10% accuraat is. Ook is tijdens deze TIC meeting besloten dat de forfaitaire referenties voor SBS en EVA gemodificeerd bitumen gebaseerd zullen worden op dit maximale modificeerder gehalte van 10%.

De verbruiken van elektriciteit- en aardgas benodigd voor de productie van gemodificeerd bitumen zijn bepaald op basis van informatie aangeleverd door Laurens Smal. Dit betreft informatie van ENH, wat een bedrijf is dat bitumen technologie, zoals PMB installaties, levert aan de asfalt industrie [13]. Daarmee zijn deze gegevens, zoals ook door Laurens Smal aangegeven, gebaseerd op de huidige stand der techniek en dus bruikbaar. Deze aangeleverde gegevens zijn opgenomen in Bijlage 1. De productiehoeveelheden die bij deze menginstallatie horen zijn door Laurens aangeleverd en bedragen: 4-6 ton/h bij 16% SBS, 6-10 ton/h bij 12% SBS, 10-14 ton/h bij 8% SBS, 14-25 ton/h bij 4% SBS en 25-30 ton/h bij 3% SBS.

3.2. Inventarisatie en allocatie

In deze paragraaf wordt de kwantiteit, kwaliteit en allocatie van verschillende materialen, energiestromen en emissies behandeld. Hierbij is rekening gehouden met de eisen voor de systeemgrenzen, zoals gesteld in de Bepalingsmethode Bijlage III.

In deze studie zijn 2 proceskaarten opgesteld, een voor SBS gemodificeerd bitumen, en een voor EVA gemodificeerd bitumen. Deze proceskaarten worden weergegeven in Tabel 1 en 2. Bijlage 2 en 3 beschrijven de proceskaarten voor respectievelijk SBS en EVA gemodificeerd bitumen zoals gemodelleerd in



Ecoinvent, welke gebaseerd zijn op exact dezelfde gegevens als weergegeven in Tabel 1 en 2. De uitgangspunten voor het opstellen van deze proceskaarten worden hieronder beschreven per module.

A1 (grondstoffen): Alle relevante grondstoffen, materialen en diensten in productiefase A1 zijn in deze studie meegenomen. De samenstelling zoals goedgekeurd door de TIC bedraagt 90% bitumen, 10% modificeerder, wat per 1 kg dus gelijk staat aan 0,9 kg bitumen en 0,1 kg SBS of EVA.

A2 (transport): Alle relevante transporten naar de producent in productiefase A2 zijn in deze studie meegenomen. Conform de Bepalingsmethode dienen ook retourtransportprocessen te worden meegenomen in de berekening, tenzij kan worden aangetoond dat het retourtransport beladen is. Er is in deze studie gerekend met een gemiddelde beladingsgraad van 50%, zoals Ecoinvent deze toepast, oftewel vol heen en leeg terug. Conform de Bepalingsmethode is voor zowel het bitumen als de modificeerder een transportafstand van 150 km voor overige materialen aangehouden. Er is aangenomen dat dit transport plaatsvindt met een vrachtwagen, aangezien dit voor beide materialen het meest realistisch is. Voor de bitumen is 150 km naar verwachting een worst-case aanname, aangezien in veel gevallen bitumen en gemodificeerd bitumen op dezelfde locatie worden geproduceerd. De totale hoeveelheid tkm komt hiermee uit op $150 \text{ km} * 1/1000 \text{ kg} = 0,15 \text{ tkm}$.

A3 (productie): Alle relevante productieprocessen in fase A3 zijn in deze studie meegenomen. In Bijlage 1 valt af te lezen welke processen er benodigd zijn voor de productie van SBS gemodificeerd bitumen. Er is aangenomen dat deze processen vergelijkbaar zullen zijn voor de productie van EVA gemodificeerd bitumen. In deze bron is beschreven dat de totale benodigde hoeveelheid elektriciteit 202 kWh bedraagt. De totale benodigde hoeveelheid aardgas bedraagt volgens deze bron 290 kWh. Dit staat gelijk aan $290 \text{ (kWh)} * 3,6 \text{ (MJ/kWh)} / 31,65 \text{ (MJ/m}^3) = 32,99 \text{ m}^3$ per uur. Er is uitgegaan van een productievolume van 6 ton per uur, aangezien dit het minimale productievolume is bij een modificatiegehalte van 12% SBS. Dit betreft dus een worst-case aanname, aangezien wordt uitgegaan van de maximale verbruiken en het minimale productievolume. Tot slot is het verbruik vermenigvuldigd met een factor 2, aangezien het geen daadwerkelijke data van een producent betreft, en de technische specificaties daardoor kunnen afwijken van de situatie in werkelijkheid. Het verbruik van elektriciteit komt hiermee uit op $202 \text{ (kWh)} / 6000 \text{ (kg/hr)} * 2 = 0,06733 \text{ kWh}$. Het aardgasverbruik komt hiermee uit op $290 \text{ (kWh)} * 3,6 \text{ (MJ/kWh)} / 31,65 \text{ (MJ/m}^3) / 6000 \text{ (kg/hr)} * 2 = 0,01100 \text{ m}^3$.

Tabel 1: Proceskaart voor 1 kg SBS gemodificeerd bitumen uit Europa, t/m 10% modificatie, cat. 3

Inputs	Hoeveelheid	Eenheid
Bitumen	0,90	kg
SBS	0,10	kg
Transport, vrachtwagen	0,15	tkm
Elektriciteit	0,06733	kWh
Aardgas	0,01100	m ³

Tabel 2: Proceskaart voor 1 kg EVA gemodificeerd bitumen uit Europa, t/m 10% modificatie, cat. 3

Inputs	Hoeveelheid	Eenheid
Bitumen	0,90	kg
EVA	0,10	kg
Transport, vrachtwagen	0,15	tkm
Elektriciteit	0,06733	kWh
Aardgas	0,01100	m ³



4. Datavalidatie

4.1. Datakwaliteit

Voor deze studie lag de focus op het opstellen van een algemeen profiel voor SBS en EVA gemodificeerd bitumen. Hiervoor is hoofdzakelijk gebruik gemaakt van achtergronddata. Daardoor is de datakwaliteit automatisch lager dan wanneer gebruik wordt gemaakt van voorgronddata van producenten van gemodificeerd bitumen. De verwachting is dat deze studie een realistische worst-case benadering is voor SBS en EVA gemodificeerd bitumen. Hieronder wordt ingegaan op de representativiteit, compleetheid en reproduceerbaarheid van deze studie. Dit wordt beoordeeld met behulp van het datakwaliteitssysteem voor eenheidsprocessen uit bijlage VI van de SBK Bepalingsmethode.

4.1.1 Representativiteit

Gebruikte referenties voor milieu-ingrepen zijn recent (<2 jaar), aangezien deze afkomstig zijn uit de NMD 3.1, Ecoinvent v3.5, en de ESU database.

De opgestelde proceskaart is geografisch representatief voor SBS en EVA gemodificeerd bitumen afkomstig uit Europa die worden gebruikt op de Nederlands markt. Dit omdat de proceskaart hoofdzakelijk is gebaseerd op bitumen afkomstig van een raffinaderij uit Europa. Het wordt afgeraden om deze proceskaart te gebruiken in het geval de gemodificeerd bitumen niet afkomstig is uit Europa, omdat de geografische representativiteit dan niet geborgd kan worden.

Deze studie een technologisch representatief beeld, aangezien de LCA is gebaseerd op de huidige productiemethodes toegepast voor de productie van gemodificeerd bitumen. Dit houdt in dat de gegevens actueel en representatief zijn voor de huidige stand der techniek. De gegevens zijn niet geschikt zijn voor toekomstig voorspellingen met betrekking tot de milieueffecten van gemodificeerd bitumen.

4.1.2 Compleetheid

Alle milieu-ingrepen en economische stromen - zoals grondstoffen, energie, emissies en afval - zijn in milieueffecten gekwalificeerd en gekwantificeerd. Alle geïdentificeerde milieu-ingrepen zijn vertaald naar milieueffecten. Directe emissies zijn alle gekarakteriseerd via de karakterisatiefactoren van CML. De gebruikte proceskaarten zijn afkomstig uit geaccepteerde databases zoals Ecoinvent en de NMD, waarmee gewaarborgd is dat alle relevante milieu-ingrepen gekarakteriseerd zijn.

De hoeveelheden massa is gebaseerd op de samenstelling zoals vastgesteld en goedgekeurd in de TIC-PCR meeting. De massabalans is hierdoor sluitend. Voor de energiebalans kan niet bepaald worden of deze sluitend is, aangezien de energieverbruiken zijn gebaseerd op theoretische data.

4.1.3 Consistentie en reproduceerbaarheid

De studie is volledig reproduceerbaar. In dit kader zijn de referenties van alle bronnen, zowel primaire als publieke bronnen en literatuur vastgelegd in het hoofdstuk 7. Referenties. Om aansluitend de reproduceerbaarheid te garanderen is een projectdossier opgesteld dat via Ecochain te raadplegen is, zoals genoemd in paragraaf 2.8.4 van de Bepalingsmethode.

4.2. Kwalitatieve en kwantitatieve beschrijving van processen, scenario's en literatuurbronnen

In deze paragraaf wordt besproken welke achtergrondprocessen gebruikt zijn in deze studie en uit welke databases deze afkomstig zijn. In Tabel 3 worden de desbetreffende processen weergegeven, ondersteund met een onderbouwing waarom er voor dit specifieke achtergrondproces gekozen is. De gebruikte procesgegevens uit de NMD, Ecoinvent en ESU database zijn inclusief infrastructuur en kapitaalgoederen.



Tabel 3: Geselecteerde referenties voor emissiebronnen.

Emissiebron	Referentie	Database	Onderbouwing
Bitumen	Bitumen bij raffinaderij in Europa	Nationale Milieu Database versie 3.1 (obv Ecoinvent 3.5)	Forfaitaire referentie voor bitumen conform de rekenregels voor bitumen en gemodificeerd bitumen.
SBS	0014-fab&EPDM, rubber, chloropreen, neoprene, styrene butadiene rubber - SBR (o.b.v. Synthetic rubber {GLO}) market for Cut-off, U)	Nationale Milieu Database versie 3.1 (obv Ecoinvent 3.5)	Forfaitaire referentie voor SBS conform de rekenregels voor bitumen en gemodificeerd bitumen.
EVA	Ethylene vinyl acetate copolymer/[RER] market for ethylene vinyl acetate copolymer	Ecoinvent v 3.5 Cut-off	Forfaitaire referentie voor EVA conform de rekenregels voor bitumen en gemodificeerd bitumen.
Transport, vrachtwagen	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO}) market for Cut-off, U)	Nationale Milieu Database versie 3.1 (obv Ecoinvent 3.5)	Forfaitaire referentie voor transport met een vrachtwagen conform de rekenregels voor bitumen en gemodificeerd bitumen.
Elektriciteit	0124-pro&1 kWh, uit stopcontact (o.b.v. Electricity, low voltage {NL}) market for Cut-off, U)	Nationale Milieu Database versie 3.1 (obv Ecoinvent 3.5)	Forfaitaire referentie voor elektriciteit conform de Bepalingsmethode.
Aardgas	XXXX-pro&Aardgas, industrieel gebruik, per m3 (o.b.v. 31,7 MJ Heat, district or industrial, natural gas {Europe without Switzerland}) heat production, natural gas, at industrial furnace >100kW Cut-off, U)	Nationale Milieu Database versie 3.1 (obv Ecoinvent 3.5)	Forfaitaire referentie voor aardgas conform de Bepalingsmethode en de rekenregels voor bitumen en gemodificeerd bitumen.



5. Levenscyclus-effectbeoordeling

5.1. Weging van milieueffecten naar één score

Het wegen van milieu-impacts is een proces waarbij verschillende milieu-effectscores worden omgerekend tot één eenheid, zodat ze kunnen worden opgeteld tot een totaalscore. Gezien het doel van de studie wordt in deze analyse gebruik gemaakt van de Milieu Kosten Indicator (MKI), behorende bij de Bepalingsmethode. De MKI weegmethode is gebaseerd op de schaduwprijsmethodiek. De schaduwprijs is het voor de overheid hoogste toelaatbare kostenniveau (preventiekosten) per eenheid emissiebestrijding.

De tabel hieronder geeft weer welke weegfactoren gebruikt zijn voor het berekenen van de MKI-waarde. De weegfactoren van de indicatoren zijn alle 0, omdat deze van zichzelf niet bijdragen aan de milieu-impact (bijvoorbeeld: energieverbruik zelf is geen milieu-impact, maar de bijbehorende CO₂-emissie wel). De verantwoording van het gebruik van MKI staat in de rapporten "Handboek schaduwrijzen" van CE Delft (2010) [14] en "Toxiciteit heeft z'n prijs" van TNO, 2004 [15].

Tabel 4: MKI weegfactoren

	MKI weegfactor (euro)
Uitputting van abiotische grondstoffen (kg Sb-eq)	0,16
Uitputting van fossiele energiedragers (kg Sb-eq)	0,16
Klimaatverandering (kg CO ₂ -eq)	0,05
Aantasting ozonlaag (kg CFC-11-eq)	30
Fotochemische oxidantvorming (kg ethene-eq)	2
Verzuring (kg SO ₂ -eq)	4
Vermesting (kg PO ₄ 3 ⁻ -eq)	9
Humaan-toxicologische effecten (kg 1,4-DB-eq)	0,09
Ecotoxicologische effecten, aquatisch (zoetwater) (kg 1,4-DB-eq)	0,03
Ecotoxicologische effecten, aquatisch (zeewater) (kg 1,4-DB-eq)	0,0001
Ecotoxicologische effecten, terrestrisch (kg 1,4-DB-eq)	0,06

5.2. Resultaten

Deze paragraaf beschrijft de resultaten van de LCA berekening van SBS en EVA gemodificeerd bitumen. Het milieuprofiel zoals voorgeschreven door de Bepalingsmethode (paragraaf 2.6.5) bestaat uit 11 effectcategorieën en een aantal milieu-indicatoren. Beide groepen verschillen onderling van elkaar. Gebruik van energie geeft bijvoorbeeld een score aan de milieu-indicator 'Energie (primair)' (dit is nog geen milieueffect), en draagt bij aan de score van (onder meer) de effectcategorieën 'uitputting van fossiele brandstoffen' en 'klimaatverandering'.

Tabel 5 en 6 geven respectievelijk de milieuprofielen van SBS en EVA gemodificeerd bitumen weer. De waarden van de effectcategorieën zijn als volgt berekend: alle milieu-ingrepen uit de inventarisatie worden per effectcategorie vermenigvuldigd met de karakterisatiefactoren uit de Bepalingsmethode. Dit is gebaseerd op de methode 'SBK Bepalingsmethode, dec 2019 (NMD 3.1) V3.04 / MKI-SBK single-score'. Tot slot zijn de verkregen waarden gesommeerd per effectcategorie.



Tabel 5: Milieuprofiel van 1 kg SBS gemodificeerd bitumen uit Europa, t/m 10% modificatie van cradle-to-gate (A1-A3)

Categorie of indicator	Eenheid	Totaal A1-A3
Milieu Kosten Indicator	Euro	0,1354
Uitputting van abiotische grondstoffen	kg Sb-eq	8,813E-06
Uitputting van fossiele energiedragers	kg Sb-eq	2,492E-02
Klimaatverandering	kg CO2-eq	1,074E+00
Aantasting ozonlaag	kg CFC-11-eq	1,159E-07
Fotochemische oxidantvorming	kg ethene-eq	2,537E-03
Verzuring	kg SO2-eq	6,534E-03
Vermesting	kg PO4 3 ⁻ -eq	5,358E-04
Humaan-toxicologische effecten	kg 1,4-DB-eq	2,788E-01
Ecotoxicologische effecten, aquatisch (zoetwater)	kg 1,4-DB-eq	3,512E-02
Ecotoxicologische effecten, aquatisch (zeewater)	kg 1,4-DB-eq	1,530E+02
Ecotoxicologische effecten, terrestrisch	kg 1,4-DB-eq	4,546E-03
Totaal gebruik van hernieuwbare primaire energie	MJ	5,279E-01
Totaal gebruik van niet hernieuwbare primaire energie	MJ	5,600E+01
Energie, primair	MJ	5,653E+01
Waterverbruik	m3	5,181E-01
Gevaarlijk afval	kg	1,887E-05
Niet-gevaarlijk afval	kg	5,957E-02
Radioactief afval	kg	4,161E-05

Tabel 6: Milieuprofiel van 1 kg EVA gemodificeerd bitumen uit Europa, t/m 10% modificatie van cradle-to-gate (A1-A3)

Categorie of indicator	Eenheid	Totaal A1-A3
Milieu Kosten Indicator	Euro	0,1232
Uitputting van abiotische grondstoffen	kg Sb-eq	8,774E-07
Uitputting van fossiele energiedragers	kg Sb-eq	2,457E-02
Klimaatverandering	kg CO2-eq	1,015E+00
Aantasting ozonlaag	kg CFC-11-eq	7,238E-08
Fotochemische oxidantvorming	kg ethene-eq	2,364E-03
Verzuring	kg SO2-eq	5,889E-03
Vermesting	kg PO4 3 ⁻ -eq	4,947E-04
Humaan-toxicologische effecten	kg 1,4-DB-eq	2,190E-01
Ecotoxicologische effecten, aquatisch (zoetwater)	kg 1,4-DB-eq	3,411E-02
Ecotoxicologische effecten, aquatisch (zeewater)	kg 1,4-DB-eq	1,479E+02
Ecotoxicologische effecten, terrestrisch	kg 1,4-DB-eq	4,358E-03
Totaal gebruik van hernieuwbare primaire energie	MJ	3,601E-01
Totaal gebruik van niet hernieuwbare primaire energie	MJ	5,523E+01
Energie, primair	MJ	5,559E+01
Waterverbruik	m3	5,175E-01
Gevaarlijk afval	kg	1,707E-05
Niet-gevaarlijk afval	kg	4,782E-02
Radioactief afval	kg	1,532E-05



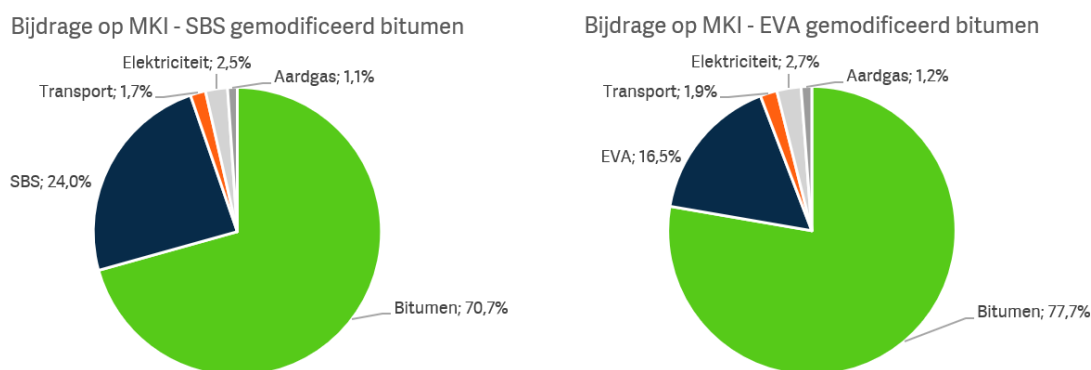
6. Levenscyclusinterpretatie

In hoofdstuk 5 zijn de milieuprofielen van SBS en EVA gemodificeerd bitumen weergegeven, in dit hoofdstuk wordt dieper ingegaan op de resultaten van de LCA.

6.1. Zwaartepuntanalyse

Figuur 2 geeft weer welke onderdelen de grootste invloed hebben op de totale MKI-waarde van SBS en EVA gemodificeerd bitumen (A1-A3). Hieruit kan geconcludeerd worden dat bitumen het meest bijdraagt aan de totale MKI voor beide gemodificeerde bitumen profielen, gevolgd door de modificeerder (SBS of EVA). Aangezien bitumen de grootste bijdrage levert wordt in Bijlage 4 de totale impact van de bitumen, en het aandeel van de ruwe olie productie (A1), transport van ruwe olie naar raffinaderij (A2) en de raffinage en bitumen opslag (A3) op de totale MKI van bitumen beschreven.

Het transport, elektriciteitsverbruik en aardgasverbruik dragen maar weinig bij aan de totale MKI van beide profielen (ongeveer 5%). Verder kan geconcludeerd worden dat voor EVA gemodificeerd bitumen de bitumen meer en de modificeerder minder bijdraagt aan de totale MKI in vergelijking met SBS gemodificeerd bitumen. Dit komt doordat de MKI per kg van EVA lager is dan de MKI per kg van SBS.



Figuur 2: Bijdrage verschillende onderdelen op de totale MKI van SBS (links) en EVA (rechts) gemodificeerd bitumen uit Europa, t/m 10% modificatie, cat. 3.

6.2. Gevoeligheidsanalyse

Voor deze studie zit de grootste onzekerheid in de benodigde hoeveelheid elektriciteit en aardgas voor gemodificeerd bitumen productie, aangezien dit is gebaseerd op technische processpecificaties en niet op daadwerkelijke verbruiken. Daarom wordt er voor de gevoeligheidsanalyse ingegaan op de hoeveelheid aardgas en elektriciteit aangehouden in deze studie, ten opzichte van andere bronnen.

Tabel 7 beschrijft deze analyse voor het elektriciteitsverbruik. De studie van Eurobitume uit 2012 was gebaseerd op high shear milling, de Ecoinvent referentie op de productie van een bitumen seal, en de PCR asfalt beschrijft aan te houden energieverbruiken voor onderhoudsmiddelen indien deze verbruiken niet bekend zijn bij de producent. Laatstgenoemde is meegenomen in de analyse aangezien producenten van onderhoudsmiddelen in sommige gevallen ook gemodificeerd bitumen produceren (een voorbeeld hiervan is Latexfalt). Hierdoor zouden productieprocessen enigszins vergelijkbaar kunnen zijn.

Uit deze analyse blijkt dat in deze studie wordt uitgegaan van een hoger elektriciteitsverbruik vergeleken met de Eurobitume studie, wat te verklaren valt doordat in de Eurobitume studie alleen het elektriciteitsverbruik van de high shear mixer was meegenomen, en niet van overige benodigde machines. Het verbruik zit wel in dezelfde orde grootte, ook vergeleken met de productie van onderhoudsmiddelen. Daarom kan hieruit geconcludeerd worden dat het elektriciteitsverbruik naar verwachting realistisch is.



Tabel 7: Elektriciteitsverbruik productie gemodificeerd bitumen

Referentie	Database/bron	Elektriciteitsverbruik (kWh/kg)
SBS & EVA gemodificeerd bitumen	Deze studie	0,067
Modified bitumen	Eurobitume 2012	0,020
Bitumen seal, polymer EP4 flame retardant {GLO} market for Cut-off, U	Ecoinvent	0,420
Productie onderhoudsmiddelen	PCR asfalt, Bijlage I	0,091

Tabel 8 beschrijft de analyse van het aardgasverbruik volgens verschillende bronnen. Voor de Eurobitume 2020 studie is het aardgasverbruik gebaseerd op het energieverbruik voor verwarmde opslag van bitumen in opslagtanks. Voor de Eurobitume 2012 studie en Ecoinvent was het aardgasverbruik niet meegenomen. Het aardgasverbruik voor productie van onderhoudsmiddelen ligt iets hoger dan aangehouden in deze studie, wat bijvoorbeeld verklaard kan worden door een ander productieproces, of inzet van meer materialen die nog verwarmd dienen te worden. Het aardgasverbruik voor bitumen opslag volgens de Eurobitume studie is lager. Dit valt te verklaren doordat hierin alleen de hoeveelheid benodigde energie voor het op temperatuur houden van bitumen in is meegenomen, en niet het verwarmen van de SBS. Uit deze analyse kan geconcludeerd worden dat het aangehouden gasverbruik in dezelfde orde grootte als andere bronnen zit. Daarom kan hieruit geconcludeerd worden dat het gasverbruik naar verwachting realistisch is.

Tabel 8: Aardgasverbruik productie gemodificeerd bitumen

Referentie	Database/bron	Aardgas verbruik (m3/kg)
SBS & EVA gemodificeerd bitumen	Deze studie	0,0110
Modified bitumen	Eurobitume 2012	niet meegenomen
Bitumen seal, polymer EP4 flame retardant {GLO} market for Cut-off, U	Ecoinvent	niet meegenomen
Productie onderhoudsmiddelen	PCR asfalt, Bijlage I	0,0158
Bitumen, opslag	Eurobitume 2020	0,0029



7. Referenties

- [1] Kootstra, L., Schwarz, A., Keijzer, E., Bizarro, D., Kuling, L., van Horssen, A., Albers, R. (2020) "PCR 0.6: Bitumineuze materialen in verkeersdragers en waterwerken in Nederland ("PCR Asfalt").", TNO.
- [2] 'ISO 14040: Environmental management - Life cycle assessment – Principles and Framework', International Organization for Standardization, ISO14040:2006.
- [3] 'ISO 14044: Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines', International Organization for Standardization, ISO14044:2006.
- [4] 'NEN-EN 15804: Duurzaamheid van bouwwerken - Milieuverklaringen van producten - Basisregels voor de productgroep bouwproducten', NEN-EN 15804:2012+A1:2013.
- [5] 'ISO 14025: Environmental labels and declarations -- Type III environmental declarations -- Principles and procedures', International Organization for Standardization, ISO14025:2006.
- [6] 'SBK Bepalingsmethode Milieuprestatie Gebouwen en GWW werken', Stichting Bouwkwiteit, versie 3.0, januari 2019, met wijzigingsblad d.d. 1 juli 2019.
- [7] Pre-toets voor project-specifieke LCA's t.b.v. rekentools.
- [8] SimaPro 9.0.0.49.
- [9] Jellema, E., Scholten, E. (2012) "SBS gemodificeerd bitumen bespaart asfalt", Kraton Polymers.
- [10] Porto, M., Caputo, P., Loise, V., Eskandarsefat, S., Teltayev, Oliviero Rossi, C. (2019) "Bitumen and Bitumen Modification: A review", Applied Sciences, 9, 742.
- [11] Qiu, J., Venendaal, J.W., Jacobs, M., Oosterveld, M., van den Beemt, R., Frunt, M. (2016) "De invloed van PMB gedrag op functionele eigenschappen: van bitumeneigenschappen naar verhardingsontwerp", BAM Infra Asfalt.
- [12] Besamusca, J., de Jong, E., Landa, P. (2008) "Terugvinden lukt niet altijd", Kuwait Petroleum, VBW-asfalt, Asfaltkenniscentrum B.V.
- [13] ENH, web: <http://www.enh.dk/>
- [14] De Bruyn, S.M., Korteland, M.H., Markowska, A.Z., Davidson, M.D., De Jong, F.L., Bles, M., Sevenster, M.N. (2010) "Handboek Schaduwrijzen. Waardering en weging van emissies en milieueffecten", CE Delft.
- [15] Van Harmelen, A.K., Korenrump, R.H.J., Ligthart, T.N., Van Leeuwen, S.M.H., Van Gijlswijk, R.N. (2004) "Toxiciteit heeft z'n prijs. Schaduwrijzen voor (eco-)toxiciteit en uitputting van abiotische grondstoffen binnen DuboCalc", TNO.





Ecochain Technologies B.V.
H.J.E. Wenckebachweg 123
1096 AM Amsterdam

+31 (0)20 303 5777
www.ecochain.com