



Rijkswaterstaat



Nationale  
**Milieu**  
DATABASE

## LCA Rapportage categorie 3 data Nationale Milieudatabase

### Hoofdstuk 1000 t/m 8000 Processen

Datum rapportage: 7 april 2021  
Versie 1.4

Versie Bepalingsmethode: 3.0 met wijzigingsblad 1 juli 2019 en wijzigingsblad d.d. januari 2020  
Versie Ecoinvent database: 3.5

Versie beheer:

Versie 1 5 juni 2020

Versie 1.4 7 april 2021 Herstel foutieve resultaten van 2 processen

Opdrachtgever Rijkswaterstaat  
Projectmanagement Stichting Bouwkwiteit  
Projectleiding LBP|SIGHT  
Opdrachtnemers Sant Verde, SGS Search en Witteveen+Bos

Auteurs Wisse ten Bosch en Wouter te Heijden, Witteveen+Bos;  
Branco Schipper, SGS Search

LBP|SIGHT



SGS SEARCH

Witteveen + Bos

# Inhoudsopgave

<b>1 Inleiding</b> .....	<b>3</b>
1.1 Doelstelling en doelgroep.....	3
1.2 Verantwoording .....	4
1.3 Leeswijzer .....	4
<b>2 Methode</b> .....	<b>5</b>
2.1 Aanpak .....	5
2.2 Scope .....	5
2.3 Productbeschrijving .....	5
2.4 Functionele eenheid.....	9
2.5 Systeempgrenzen .....	10
<b>3 Levenscyclusinventarisatie (LCI)</b> .....	<b>11</b>
3.1 Dataverzameling .....	11
3.2 Decompositie in materialen en processen .....	11
3.2.1 Transport over de weg .....	12
3.2.2 Transport over water .....	13
3.2.3 Transport per trein.....	14
3.2.4 Hijsen .....	14
3.2.5 Bewerken .....	15
3.2.6 Verplaatsen .....	17
3.2.7 Heien (boren) .....	21
3.2.8 Slopen .....	22
3.2.9 Personenvervoer.....	22
3.2.10 Hulpmaterieel .....	24
<b>4 Resultaten</b> .....	<b>28</b>
4.1 Berekening milieuprofiel.....	28
4.2 Gekarakteriseerde resultaten .....	29
4.3 Gewogen resultaten .....	41
4.4 Zwaartepuntanalyse .....	53
4.5 Gevoeligheidsanalyse .....	59
<b>5 Referenties</b> .....	<b>60</b>
<b>Bijlage A – Scheepsbrandstoffen per ton brandstof</b> .....	<b>61</b>
<b>Bijlage B – Machinebrandstofcombinaties per liter brandstof</b> .....	<b>62</b>

# 1 Inleiding

Deze LCA<sup>1</sup>-rapportage beschrijft de uitgangspunten en resultaten voor de categorie 3 data t.a.v. de processen in de Nationale Milieudatabase<sup>2</sup>. Rijkswaterstaat en de Stichting Bouwkwiteit (SBK) 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'<sup>3</sup>. Met software-instrumenten zoals DuboCalc<sup>4</sup> kan met behulp van de Nationale Milieudatabase de MKI-waarde voor een product, object en een compleet project berekend worden.

Opdrachtgevers in de GWW-sector gebruiken deze MKI-berekeningen om in de ontwerpfase van het project afwegingen te kunnen maken tussen verschillende materialen of ontwerpopties. Ze vergelijken dan de MKI-waarde van de verschillende oplossingen en kunnen vervolgens voor het duurzaamste materiaal (het product met de laagste MKI-waarde) kiezen. Ook kan in de aanbesteding van een project een gunningscriterium toegepast worden waarbij de inschrijver met de laagste MKI-waarde de hoogste fictieve korting krijgt<sup>5</sup>.

SBK 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 SBK kunnen worden aangedragen.

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

## 1.1 Doelstelling en doelgroep

In deze studie zijn milieuprofielen opgesteld van Processen op basis van hoofdstuk 1000 (Transport), 2000 (Hijsen/heffen) 3000 (Bewerken), 4000 (Verplaatsen), 6000 (Heien) en 7000 (Slopen) van de RAW Bepalingen 2015. Het doel van de studie is het aanvullen en verbeteren van de categorie 3 productkaarten in de Nationale Milieudatabase (NMD).

---

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

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

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

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

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

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:

- SBK 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 *SBK-Bepalingsmethode Milieuprestatie Gebouwen en GWW-werken versie 3.0 (januari 2019)[4] inclusief het wijzigingsblad d.d. 1 juli 2019 en het wijzigingsblad dd. januari 2020*, en het *SBK-toetsingsprotocol (versie 3.0, januari 2019 + Amendement 002, juli 2019)*. De Bepalingsmethode is gebaseerd op de *ISO 14040 [1] - ISO14044 [2]* en de *NEN-EN 15804:2012 + A1 (2013)[3]*<sup>6</sup>.

De LCA is uitgevoerd in samenwerking met Rijkswaterstaat, Stichting Bouwkwaliiteit, LBP|SIGHT, SGS, Sant Verde en Witteveen+Bos. De gegevensverzameling heeft plaatsgevonden in de periode van februari – april 2020 waarna aansluitende de berekeningen zijn uitgevoerd en het LCA-dossier is opgesteld. Deze LCA is uitgevoerd door SGS Search.

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

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

## 1.3 Leeswijzer

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

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

In hoofdstuk 4 zijn de resultaten en de gevoeligheidsanalyse beschreven.

---

<sup>6</sup> Alleen het optellen van milieu-impactscores tot een totaalscore (de MKI, zie hoofdstuk 4.6) valt buiten de ISO14044.

## 2 Methode

### 2.1 Aanpak

Dit rapport beschrijft een verscheidenheid aan processen van belang in de meeste GWW cat.3 productkaarten. De processen dienen als onderdeel van hoofd- en deelproducten in de fases A2, A4, A5, C1 en C2.

Voor alle processen geldt dat niet alle componenten tot in detail beschreven zijn. Voor ieder proces zijn de belangrijkste componenten geïnventariseerd. Het doel hierbij is om de processen te inventariseren zodat tenminste 80% van de milieu-impact wordt meegenomen.

Tenslotte, waar bij andere hoofdstukken bij elkaar 80% van de in de markt toegepaste materialen worden geïnventariseerd, is hier getracht een vollediger beeld van de processen in kaart te brengen. Zo is bijvoorbeeld vaak ook een duurzaam alternatief meegenomen.

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

- Processendatabase Nationale Milieudatabase (NMD) versie 3.1 [5]
- Ecoinvent database versie 3.5 [6]

### 2.2 Scope

De studie is gericht op hoofdstuk 1000 t/m 8000 (Processen) van de Standaard RAW Bepalingen 2015 [7]. Op basis van de prioritering van RAW-hoofdstukken en thema's die verdere uitwerking behoeven, zoals vastgesteld bij aanvang van dit project, zijn de volgende onderdelen meegenomen in deze studie:

- Weg- en water transport
- Hijsen/Heffen
- Bewerken
- Verplaatsen
- Heien (Boren)
- Slopen

### 2.3 Productbeschrijving

#### Transport

Transport betreft alle vervoersbewegingen die noodzakelijk zijn voor het transporteren van goederen, inclusief laden, stationair draaien, en lossen.

#### *Transport over de weg*

Onder transport over de weg wordt verstaan alle vervoersbewegingen over de weg die noodzakelijk zijn voor het transporteren van goederen, inclusief laden, en stationair draaien. Hierin wordt onderscheid gemaakt tussen verschillende EURO klassen vrachtwagens en verschillende brandstoffen die worden toegepast.

#### *Transport over water*

Onder transport over water wordt verstaan alle vervoersbewegingen, zowel op openbare vaarwegen als op niet-openbare vaarwegen die noodzakelijk zijn voor het transporteren van goederen, inclusief laden, stationair draaien, manoeuvreren of aanleggen. Hierin wordt onderscheid gemaakt tussen binnenvaart- en zeeschepen.

#### *Transport per trein*

Onder transport per trein wordt verstaan alle vervoersbewegingen over het spoor die noodzakelijk zijn voor het transporten van goederen, inclusief laden en lossen. Hierin wordt onderscheid gemaakt tussen elektrische treinen en dieseltreinen.

#### *Transport (hydraulisch)*

Onder hydraulisch transport wordt verstaan alle activiteiten die noodzakelijk zijn voor het transporteren van bulkmateriaal door middel van hydraulisch transport, inclusief pompen, toevoeging van water en filtering. Hydraulisch transport wordt vooral toegepast voor grote hoeveelheden zand, en wanneer overlast voor de omgeving door transport beperkt moet worden.

### **Hijsen (heffen)**

Onder hijsen wordt verstaan alle verplaatsingen door hijs- of hefwerktuigen in verticale en horizontale richting ten behoeve van zowel laden en lossen, transporteren als afleveren op de juiste eindpositie van personen, objecten of materialen. Hiervoor worden met name telekranen en torenkranen ingezet.

### **Bewerken**

Onder bewerken wordt verstaan alle activiteiten die ervoor zorgen dat een materiaal van vorm verandert door zagen, snijden, of breken met behulp van machines of gereedschap. De belangrijkste vormen van bewerken in de GWW-sector zijn asfaltbewerking en betonbewerking.

#### *Asfalt bewerken*

Voor het bewerken van asfalt worden twee voornaamste vormen onderscheiden: het zagen van asfalt met behulp van een asfalt-betonzag, en het frezen van asfalt. Beide bewerkingen vinden plaats met door diesel aangedreven machines, die in veel verschillende maten en vermogens voorkomen. Bovengenoemde bewerkingen behoren tot het verwijderen van asfalt. Voor het aanbrengen van asfalt zijn onder andere asfaltspreidmachines en diverse soorten walsen nodig.

#### *Beton bewerken*

Voor het bewerken van beton worden drie handelingen onderscheiden: het verdichten van beton met behulp van een trilnaald (diesel of elektrisch), het aanbrengen van een betonverharding met behulp van een slipformpaver en het op locatie storten van beton met een betonmixer-pompwagencombinatie.

### **Verplaatsen**

Onder verplaatsen wordt verstaan alle veranderingen van positie in horizontale en/of verticale richting van personen, objecten of materialen door middel van een voertuigen of werktuigen. Binnen deze omschrijving is het meest gebruikte materieel in de GWW-sector meegenomen. Om inzicht te geven in zowel 'traditionele' materieelinzet (veelal met dieselmotoren) als in het meest duurzame beschikbare alternatief (bijvoorbeeld elektrisch aangedreven), worden waar mogelijk meerdere typen materieel onderscheiden. Hieronder zijn de beschouwde typen materieel omschreven.

*Graafmachine, (cat. IIIB, cat. IV en cat. V, met diesel, biodiesel, HVO, GTL en elektrisch)*

Verplaatsing van materiaal door middel van een graafmachine met een diesel- of HVO-verbrandingsmotor. Diesel is de meest toegepaste brandstof. Een realistisch alternatief is de toepassing van de duurzame brandstof HVO (hydrotreated vegetable oil). Deze brandstof op basis van restproducten (bijvoorbeeld afgewerkt frituurvet) kan relatief eenvoudig in reguliere verbrandingsmotoren worden toegepast. Ook andere brandstof alternatieven (biodiesel en GTL) zijn meegenomen. Voor elk van de brandstoffen zijn drie materiaalklassen meegenomen: IIIB, IV en V.

Inmiddels komen er steeds meer hybride en volledig-elektrische graafmachines op de markt, met name in de lichtere categorieën. Reguliere graafmachines bestaan met verschillende vermogens, van ca. 20 tot 200 kW.

Voor kleine graafmachines, met een vermogen van minder dan 30 kW, zijn aparte processen opgenomen. Diesel is de meest toegepaste brandstof, maar voor kleine graafmachines bestaan ook volledig elektrisch aangedreven varianten.

*Wiellaadschop (diesel en elektrisch)*

Verplaatsing van materiaal door middel van een wiellaadschop met een diesel- of elektrische motor. Diesel is de meest toegepaste brandstof. Voor kleinere wielladers (tot 30 kW) bestaan ook volledig elektrisch aangedreven varianten.

*Bulldozer (diesel en hybride)*

Verplaatsing van materiaal door middel van een bulldozer met een diesel- of hybride motor. Diesel is de meest toegepaste brandstof. Een duurzaam realistisch alternatief is een hybride type, met zowel een verbrandingsmotor als een elektrische aandrijving. Hiermee wordt ca. 30 % brandstofverbruik bespaard. Inmiddels komen er ook volledig-elektrische bulldozers op de markt.

*Dumper (diesel en hybride)*

Verplaatsing van materiaal door middel van een dumper met een diesel- of hybride motor. Diesel is de meest toegepaste brandstof. Een duurzaam realistisch alternatief is een hybride type, met zowel een verbrandingsmotor als een elektrische aandrijving. Hiermee wordt ca. 30 % brandstofverbruik bespaard.

*Ponton*

Verplaatsing van materiaal door middel van een ponton.

*Werkvlet (diesel)*

Verplaatsing van materiaal door middel van een werkvlet met een dieselmotor. Voor een werkvlet worden over het algemeen alleen dieselschepen ingezet. Elektrische varianten worden in de GWW nog zeer beperkt tot niet toegepast.

*Sleehopperzuiger (MDO, LNG, bio-LNG, HVO, GTL, HFO en waterstof)*

Verplaatsing van materiaal door middel van een sleehopperzuiger. Een sleehopperzuiger wordt ingezet voor baggerwerken, zowel het baggeren zelf als het verplaatsen van het gebaggerde materiaal. Deze schepen varen veelal op MDO (marine diesel oil). Alternatieve brandstoffen zijn LNG (liquid natural gas), bio-LNG, HVO, GTL, HFO en waterstof. In 2016 heeft TNO onderzoek gedaan naar brandstoffen toegepast in baggerschepen. Dit onderzoek is als uitgangspunt gehanteerd in deze

studie. Er zijn ook bedrijven die volledig elektrisch baggermaterieel in gebruik hebben; dit werkt vaak met een vaste aansluiting op het elektriciteitsnet.

#### *Leiding baggerwerk (sleehopperzuiger - land) incl. tussenpompstation*

Verplaatsing van materiaal door middel van een sleehopperzuiger en een leiding. In sommige baggerwerken wordt gebruik gemaakt van een leiding die het baggermateriaal direct van het schip naar de wal transporteert, waar het verder verwerkt wordt. Wanneer de afstand tussen het schip en de wal te groot is (> ca. 300 meter) moeten extra tussenpompstations worden ingezet om het materiaal aan land te krijgen. Deze pompen werken veelal op diesel.

#### *Trekker (klein)*

Verplaatsing van materiaal door middel van een kleine trekker. Diesel is de meest toegepaste brandstof.

### **Heien (boren)**

Onder heien wordt verstaan alle activiteiten die ervoor zorgen dat een heipaal of damwand op de juiste positie in de grond wordt ingebracht inclusief opstellen, afbreken, transporteren en manoeuvreren van de heistelling. Dit wordt uitgevoerd met een heistelling, hydraulisch t.b.v. heien/trillen (diesel) of een heistelling, hydraulisch t.b.v. schroeven (diesel)

### **Slopen**

Onder slopen wordt verstaan alle activiteiten ten behoeve van het afbreken of ontmantelen van een bouwwerk of een gedeelte daarvan in (herwinbare) elementen door middel van opblazen en afbreken met machines zoals grijpers, knijpers of scharen, hydraulische hamers of sloopkogels. Ook vallen de afvalverwerkingsinstallaties onder slopen zoals mobiele puinbrekers.

### **Personenvervoer**

Onder personenvervoer wordt verstaan alle vervoersbewegingen over de weg die noodzakelijk zijn voor het vervoeren van personen. Hierin wordt onderscheid gemaakt tussen verschillende gewichts- en EURO-klassen auto's en verschillende brandstoffen die worden toegepast.

#### *Personenauto's (klein, middel en groot; EURO 4 en EURO 5; benzine, diesel en elektrisch)*

Voor personenauto's worden drie gewichtsklassen onderscheiden:

- klein: een gewicht van gemiddeld 1.200 kg en een motorinhoud van minder dan 1,4 liter;
- middel: een gewicht van gemiddeld 1.600 kg en een motorinhoud tussen 1,4 en 2,0 liter;
- groot / bestelbus: een gewicht van gemiddeld 2.000 kg en een motorinhoud van meer dan 2,0 liter.

Hierbij geldt dat personenvervoer met een bestelbus vergelijkbaar wordt geacht met personenvervoer met een grote personenauto, zolang het hoofddoel is om personen te vervoeren. Als de belangrijkste functie van de verplaatsing is om materiaal of materieel te verplaatsen, dan is transport over de weg, uitgedrukt in tonkm, passender.

Naast de gewichtsklassen zijn ook EURO-klassen onderscheiden. De EURO-klassen zijn gebaseerd op de EURO-norm waaraan het voertuig minimaal moet voldoen op het moment van productie. In de EURO-norm is vastgelegd wat de maximale uitstoot is van fijnstof, koolwaterstof, koolmonoxide en stikstofoxiden. De volgende EURO-klassen worden hier onderscheiden:

- EURO 4: voor auto's geproduceerd na 1 januari 2005;
- EURO 5: voor auto's geproduceerd na 1 september 2009.



Voor EURO 6 auto's, geproduceerd na 1 september 2014, is op dit moment nog geen passende milieudata beschikbaar, en is daarom buiten scope gelaten.

Tot slot is voor alle auto's onderscheid gemaakt tussen de diesel en benzine. Een elektrisch variant is meegenomen zonder onderscheid in gewichts- en EURO-klasse.

### **Hulpmaterieel**

Onder hulpmaterieel wordt verstaan alle hulpmiddelen die nodig zijn voor de energievoorziening van elektrisch aangedreven materieel dat niet (direct) op een accu of netvoeding wordt aangesloten. Het gaat hierbij om aggregaten en generatoren, die op vaste of tijdelijke basis worden ingezet ten behoeve van energievoorziening op locatie. Voorzieningen die direct op het elektriciteitsnet worden aangesloten zijn buiten beschouwing gelaten, omdat het dan feitelijk om elektriciteitsverbruik van het net gaat.

#### *Aggregaten met verbrandingsmotor*

De meest voorkomende vorm van energievoorziening op locatie buiten netstroom is de toepassing van aggregaten met een verbrandingsmotor. Hiermee wordt elektriciteit geproduceerd op een stabiele spanning door verbranding van brandstof (meestal diesel of benzine). Aggregaten bestaan in veel verschillende vermogens tot ca. 2500 kVA, en worden ingezet voor bijvoorbeeld noodstroomvoorziening, bouwverlichting, energievoorziening van bouwketen, bemaling, en andere energievragende processen op locatie. Diesel- en benzineaggregaten leveren een spanning van 230V of 400V.

#### *Aggregaten op lokaal opgewekte energie*

Naast aggregaten met een verbrandingsmotor bestaan er ook aggregaten die energie direct uit energieopwekking op locatie halen, bijvoorbeeld uit zonnepanelen. Deze aggregaten bevatten een omvormer en een batterij, en kunnen als de accu voldoende is opgeladen een stabiele spanning leveren. Bestaande aggregaten met enkel zonnepanelen hebben een maximaal vermogen van ca. 100 kVA, en leveren een spanning van 230V.

#### *Hybride aggregaten*

Er bestaan ook aggregaten met zowel een verbrandingsmotor als een eigen opweksysteem met accu en omvormer. Wanneer er voldoende energie beschikbaar is via het opweksysteem wordt dit gebruikt, en wanneer er een grotere energievraag is dan het aanbod uit het opweksysteem, dan wordt de verbrandingsmotor ingeschakeld. Hiermee wordt gemiddeld een 60 % lager brandstofverbruik gerealiseerd.

## **2.4 Functionele eenheid**

In deze studie wordt een hoofdproduct, bestaande uit meerdere deelproducten, beschouwd. In het geval van processen is echter geen sprake van deelproducten, maar worden enkel varianten beschouwd. Immers, het benodigde materieel in een werk is volledig afhankelijk van de aard van het werk. De volgende functionele eenheden worden binnen de processen onderscheiden:

- het geheel van benodigde materialen ten behoeve van 1 ton kilometer inzet van transportmaterieel;
- het geheel van benodigde materialen ten behoeve van 1 uur inzet van hijsmaterieel;
- het geheel van benodigde materialen ten behoeve van 1 uur inzet van bewerkmaterieel;

- het geheel van benodigde materialen ten behoeve van 1 uur inzet van verplaatsingsmaterieel;
- het geheel van benodigde materialen ten behoeve van 1 ton kilometer verplaatsing d.m.v. hydraulisch transport
- het geheel van benodigde materialen ten behoeve van 1 uur inzet van een heistelling;
- het geheel van benodigde materialen ten behoeve van 1 uur inzet van sloopmaterieel;
- het geheel van benodigde materialen ten behoeve van 1 voertuigkilometer personenvervoer;
- het geheel van benodigde materialen ten behoeve van 1 uur inzet van hulpmaterieel.

## 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 *SBK-Bepalingsmethode*, staat vastgelegd welke informatie er per levenscyclusfase beschouwd moet worden. In deze LCA is de milieu-impact over de gehele levenscyclus meegenomen.

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

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

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

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

### 3 Levenscyclusinventarisatie (LCI)

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

#### 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 Witteveen+Bos.

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

Vanuit deze processendatabase geeft de SBK-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.

Veel van de processen zijn gebaseerd op twee LCA studies uitgevoerd door TNO. Dit betreft het rapport over machine-brandstofcombinaties [8], en het rapport over milieuprofielen van scheepsbrandstoffen [9].

#### 3.2 Decompositie in materialen en processen

Voor de beschouwde deelproducten zijn de input- en output stromen per levensfase/module geïventariseerd. De berekende LCI is opgenomen in deze paragraaf waarbij is beschreven welke uitgangspunten hiertoe zijn gehanteerd. In Tabel 7 t/m Tabel 13 wordt per deelproduct aangegeven welke materialen, processen en referenties gehanteerd zijn.

##### Representativiteit milieu-profiel brandstofverbranding

Een groot deel van de processen zijn gebaseerd op een brandstofverbruik. In Ecoinvent is de keuze voor representatieve processen beperkt. Het meest toepasbare profiel uit Ecoinvent is Diesel, burned in building machine {GLO} market for | Cut-off, U, waarin ook kapitaal goederen worden meegenomen, maar vooral het brandstof en de bijbehorende emissie het grootste aandeel in de milieu-impact hebben. Een alternatief wordt geboden door de TNO studie 20 LCA's van machine-brandstofcombinaties [8]. Hierin is een graafmachine onderzocht. Kapitaal goederen, smeermiddel en dergelijke zijn meegenomen, maar voor deze studie geldt ook dat brandstofverbruik en emissies de belangrijkste bijdrage zijn. In de TNO studie is ook gekeken of het onderzochte vermogen representatief is voor grotere of kleinere vermogen machines, en dat bleek het geval. Daarom is in deze studie besloten om de graafmachine van TNO te hanteren als representatief voor de meeste processen. Ook omdat de data actueler is dan de data in Ecoinvent op dit gebied.

### 3.2.1 Transport over de weg

Ter invoering van het wegtransport zijn de meeste transportprocessen gebaseerd op de machine-brandstofcombinaties studie door TNO. Het brandstofverbruik van de vrachtwagens is gebaseerd op de Lower Heating Value (LHV), (ook wel verbrandingswarmte genoemd) en soortelijk gewicht gegeven door TNO-rapport LCA's van machine-brandstofcombinaties [8]. Hier zijn twee uitzonderingen op. De wens om ook een EURO4 vrachtwagen toe te voegen is ingevuld door deze 1-op-1 te koppelen aan het Ecoinvent proces omdat EURO4 vrachtwagens niet zijn bestudeerd in de TNO studie. Ook een vrachtwagen aangedreven op waterstof is toegevoegd, om invulling te geven van een toekomstig vrachtransport. Waterstof aangedreven vrachtwagens bestaan, maar worden nog niet veel toegepast.

De waterstof vrachtwagen is gebaseerd op een eerdere studie van LBP|Sight. Hiervoor is het EURO5 vrachtransport uit ecoinvent aangepast, door de emissies gerelateerd aan brandstofverbranding weg te laten. De oorspronkelijke brandstof (diesel) is vervangen met een marktgemiddeld productieproces voor waterstof. De hoeveelheid waterstof is bepaald door het oorspronkelijke dieserverbruik te vermenigvuldigen met een gemiddelde efficiëntiefactor, waarbij is aangenomen dat een brandstofcel (voor 'verbranding' van waterstof) gemiddeld 12% efficiënter is dan een conventionele verbrandingsmotor.

#### Levensduur

Bij processen is de levensduur niet van toepassing.

**Tabel 2 Brandstofverbruik transport over de weg per tkm**

Machine-brandstofcombinatie	Transport over de weg				
	Milieuprofiel	Database/Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Transport met vrachtwagen, EURO 4, diesel	Transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO4 {RER}  transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO4   Cut-off, U	Ecoinvent	1	tkm	1-op-1 overname van het ecoinvent proces
Transport met vrachtwagen, EURO 5, diesel	Vrachtwagen (>32 ton), euro 5, diesel, per liter, c2	NMD	0,02307	liter	0,01917 kg/tkm, soortelijk gewicht 0,831 kg/l, 35,9 MJ/kg
Transport met vrachtwagen, EURO 5, biodiesel	Vrachtwagen (>32 ton), euro 5, biodiesel, per liter, c2	NMD	0,02336	liter	0,02079 kg/tkm, soortelijk gewicht 0,890 kg/l, 33,1 MJ/kg
Transport met vrachtwagen, EURO 5, HVO	Vrachtwagen (>32 ton), euro 5, HVO, per liter, c2	NMD	0,02541	liter	0,01995 kg/tkm, soortelijk gewicht 0,785 kg/l, 34,5 MJ/kg
Transport met vrachtwagen, EURO 5, GTL	Vrachtwagen (>32 ton), euro 5, GTL, per liter, c2	NMD	0,02572	liter	0,02006 kg/tkm, soortelijk gewicht 0,780 kg/l, 34,3 MJ/kg
Transport met vrachtwagen, EURO 6, diesel	Vrachtwagen (>32 ton), euro 6, diesel, per liter, c2	NMD	0,02309	liter	0,01919 kg/tkm, soortelijk gewicht 0,831 kg/l, 35,9 MJ/kg

Transport over de weg					
Machine-brandstofcombinatie	Milieuprofiel	Database/Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Transport met vrachtwagen, EURO 6, biodiesel	Vrachtwagen (>32 ton), euro 6, biodiesel, per liter, c2	NMD	0,02339	liter	0,02081 kg/tkm, soortelijk gewicht 0,890 kg/l, 33,1 MJ/kg
Transport met vrachtwagen, EURO 6, HVO	Vrachtwagen (>32 ton), euro 6, HVO, per liter, c2	NMD	0,02544	liter	0,01997 kg/tkm, soortelijk gewicht 0,785 kg/l, 34,5 MJ/kg
Transport met vrachtwagen, EURO 6, GTL	Vrachtwagen (>32 ton), euro 6, GTL, per liter, c2	NMD	0,02575	liter	0,02009 kg/tkm, soortelijk gewicht 0,780 kg/l, 34,3 MJ/kg
Transport met vrachtwagen, waterstof	<b>Op basis van:</b> Transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO5 {RER}  transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO5   Cut-off, U <b>Brandstof:</b> Hydrogen, liquid {RER}  market for   Cut-off, U	Ecoinvent	1  0,016966076	tkm  kg	Op basis van ecoinvent profiel waarbij emissies van verbranding van diesel zijn weggelaten

### 3.2.2 Transport over water

De initiële gedachte was om het transport over water te baseren op de gegevens van milieuprofielen van scheepsbrandstoffen opgesteld door TNO [9]. Echter deze gegevens zijn gebaseerd op het brandstofverbruik in baggeraars. De gegevens zijn daarmee onvoldoende representatief voor transport over water. Daarop is besloten de gegevens 1-op-1 te baseren op de data uit Ecoinvent. In de Ecoinvent database wordt geen onderscheid gemaakt in brandstof.

#### Levensduur

Bij processen is de levensduur niet van toepassing.

**Tabel 3 Modellerings transport over water per tkm**

Transport over water					
Machine-brandstofcombinatie	Milieuprofiel	Database/Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Transport over water (Binnenvaartschip)	Transport, freight, inland waterways, barge {GLO}  market group for transport, freight, inland waterways, barge   Cut-off, U	Ecoinvent	1	tkm	1-op-1 overname van Ecoinvent proces
Transport over water (Zee vrachtschip)	Transport, freight, sea, transoceanic ship {GLO}  market for   Cut-off, U	Ecoinvent	1	tkm	1-op-1 overname van Ecoinvent proces

### 3.2.3 Transport per trein

De meest mogelijke vormen van transport per trein zijn:

- vrachttrein diesel;
- vrachttrein elektrisch;

Vrachttreintransport is reeds aanwezig in de basisprocessen database als een gemiddeld transport proces waarin zowel diesel als elektrische treinen wordt gebruikt. Om onderscheid te kunnen maken is een uitsplitsing gemaakt, nog steeds gebaseerd op Ecoinvent processen.

#### *Levensduur*

Bij processen is de levensduur niet van toepassing.

**Tabel 4 Modellerings transport per trein per tkm**

Machine-brandstofcombinatie	Transport per trein				
	Milieuprofiel	Database/Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Vrachttrein, diesel	Transport, freight train {Europe without Switzerland} diesel   Cut-off, U	Ecoinvent	1	tkm	1-op-1 overname van Ecoinvent proces
Vrachttrein, elektrisch	Transport, freight train {Europe without Switzerland} electricity   Cut-off, U	Ecoinvent	1	tkm	1-op-1 overname van Ecoinvent proces

### 3.2.4 Hijsen

De meest toegepaste processen ten behoeve van hijsen (heffen) zijn torenkraan (diesel), torenkraan (hybride), telekraan (diesel), telekraan (hybride) en dragline (diesel).

#### *Levensduur*

Bij processen is de levensduur niet van toepassing.

**Tabel 5 Brandstofverbruik Hijs processen per uur**

Machine-brandstofcombinatie	Hijsen				
	Milieuprofiel	Database/Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Torenkraan (diesel)	Graafmachine, categorie IIIB, diesel, per liter, c2	NMD	30,00	l	Uitgangspunt: torenkraan 70 m
Torenkraan (hybride)	Graafmachine, categorie IIIB, diesel, per liter, c2	NMD	21,00	l	Uitgangspunt: hybride systeem leidt tot 30% brandstofbesparing
Telekraan (diesel)	Graafmachine, categorie IIIB, diesel, per liter, c2	NMD	50,00	l	Uitgangspunt: mobiele kraan 100 ton
Telekraan (hybride)	Graafmachine, categorie IIIB, diesel, per liter, c2	NMD	35,00	l	Uitgangspunt: hybride systeem leidt tot 30% brandstofbesparing
Dragline (diesel)	Graafmachine, categorie IIIB, diesel, per liter, c2	NMD	25,00	l	Uitgangspunt: draglinebak 2,6 m3, vermogen 261 kW
Vrachtwagenkraan	Graafmachine, categorie IIIB, diesel, per liter, c2	NMD	4,00	l	Stationair draaien van vrachtwagen ter bediening van de op vrachtwagen aanwezige kraan

### 3.2.5 Bewerken

De meest toegepaste processen ten behoeve van het bewerken van asfalt zijn het zagen van asfalt met een asfalt-betonzag en het frezen van asfalt met een asfaltfrees. De meest toegepaste processen ten behoeve van het bewerken van beton is het gebruik van trilnaalden voor verdichten van beton, een slipformpaver voor het aanbrengen van betonnen verhardingslagen, en een betonmixer-pompwagencombinatie voor het op locatie aanbrengen van geprepareerde betonmortel. Tevens is het brandstofverbruik van maaien meegenomen.

#### *Levensduur*

Bij processen is de levensduur niet van toepassing.

**Tabel 6 Brandstofverbruik bewerking processen per uur**

Machine-brandstofcombinatie	Bewerken				
	Milieuprofiel	Database/Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Asfalt-betonzagg (diesel)	Graafmachine, categorie IIIB, diesel, per liter, c2	NMD	15	l	
Asfaltfrees (diesel)	Graafmachine, categorie IIIB, diesel, per liter, c2	NMD	22,5	l	Uitgangspunt: asfaltfrees 2,1 m breed
Koudfrees (diesel) (wegmarkering)	Graafmachine, categorie IIIB, diesel, per liter, c2	NMD	10	l	Minder energie verbruik doordat verwarmen niet nodig is
Aanbrengen wegmarkering	Graafmachine, categorie IIIB, diesel, per liter, c2	NMD	10	l	Wagen met extruder/drukspuit
Trilnaald t.b.v. verdichten beton (elektrisch)	0124-pro&1 kWh, uit stopcontact (o.b.v. Electricity, low voltage {NL}  market for   Cut-off, U)	NMD	2,25	kWh	Uitgangspunt: trilnaald 2,25 kW
Trilplaat t.b.v. verdichten beton (diesel)	Graafmachine, categorie IIIB, diesel, per liter, c2	NMD	1,5	l	Uitgangspunt: trilplaat 13 kN verdichtingsvermogen
Trilplaat t.b.v. verdichten beton (elektrisch)	0124-pro&1 kWh, uit stopcontact (o.b.v. Electricity, low voltage {NL}  market for   Cut-off, U)	NMD	2,2	kWh	Uitgangspunt: trilplaat 13 kN verdichtingsvermogen, 2,2 kW
Trilplaat t.b.v. verdichten straatwerk en zand	Graafmachine, categorie IIIB, diesel, per liter, c2	NMD	5	l	Uitgangspunt: trilplaat 250-700 k verdichtingsvermogen
Slipform paver (beton)	Graafmachine, categorie IIIB, diesel, per liter, c2	NMD	20	l	Uitgangspunt: vermogen 140 kW
Wals t.b.v. verdichten funderingslagen	Graafmachine, categorie IIIB, diesel, per liter, c2	NMD	10	l	Uitgangspunt: Wals 9 ton (Bomag 174 AP-4)
Maaien met tractor, diesel	Graafmachine, categorie IIIB, diesel, per liter, c2	NMD	10	l	Uitgangspunt: mulchmaaier, Case Maxxum 5130
Maaien met tractor, elektrisch	0124-pro&1 kWh, uit stopcontact (o.b.v. Electricity, low voltage {NL}  market for   Cut-off, U)	NMD	40	kWh	Uitgangspunt: drie-deks cirkelmaaier voor parken opgeschaald naar schaalgrootte cirkelmaaier/trekker



### 3.2.6 Verplaatsen

De meest toegepaste processen ten behoeve van verplaatsen zijn:

- Graafmachine, (cat. IIIB, cat. IV en cat. V, met brandstoffen: diesel, biodiesel, HVO, GTL)[8]
- Wiellaadschop (diesel en elektrisch)
- Bulldozer (diesel en hybride)
- Dumper (diesel en hybride)
- Ponton
- Werkvlet (diesel)
- Sleephopperzuiger (diesel, LNG, HVO, Bio-LNG, GTL, HFO en Waterstof)
- Leiding baggerwerk (sleephopperzuiger - land) incl. tussenpompstation
- Graafmachine klein (elektrisch en diesel)
- Trekker (klein)

Het brandstofverbruik van de graafmachines is gebaseerd op de Lower Heating Value (LHV), (ook wel verbrandingswarmte genoemd) en soortelijk gewicht gegeven door TNO-rapport LCA's van machine-brandstofcombinaties [8], waar ook de milieuprofielen per liter uit voortkomen. In Bijlage B is het milieuprofiel van de graafmachines per liter te vinden.

Op eenzelfde wijze is het brandstofverbruik van sleephopperzuigers gebaseerd op een marine diesel oil gebruik van 703 kg/uur. De verhouding van de uit het scheepsbrandstoffen TNO-rapport [9] verkregen LHV waarden zijn gebruikt om tot een brandstofverbruik per type brandstof te komen. Ter illustratie, de verbrandingswarmte/LHV van MDO is 42 MJ/kg en de LHV van LNG is 49 MJ/kg; ofwel het LNG bevat per gewichtseenheid meer energie dan MDO. Dan lijkt logisch dat er minder LNG nodig is voor dezelfde handelingen. Om daarvoor te corrigeren is de verhouding van LHVs gebruik om tot het brandstofverbruik per brandstof te komen. Voor LNG is die factor  $42/49 = 0,857$  maal het brandstofverbruik van een MDO aangedreven sleephopperzuiger. Daarbij is aangenomen dat de efficiëntie van de verschillende brandstoffen vrijwel gelijk blijft. Dit wordt aannemelijk geacht voor alle brandstoffen, die allen in een verbrandingsmotor worden omgezet tot kinetische energie, met uitzondering van waterstof. Waterstof wordt niet direct verbrand, maar in een brandstofcel omgezet. De efficiëntie van een brandstofcel is hoger dan een conventionele verbrandingsmotor. Het daadwerkelijke waterstof gebruik zal daarom lager liggen, maar omdat er geen beschikking is tot de precieze gegevens wordt de initiële aanname gehandhaafd. Dit is een worst-case benadering. In Bijlage A is het milieuprofiel van de scheepsbrandstoffen per ton te vinden.

Het brandstofverbruik van andere machines is gebaseerd op praktijkkennis van experts bij Witteveen+Bos.

#### *Levensduur*

Bij processen is de levensduur niet van toepassing.

**Tabel 7 Brandstofverbruik graafmachines per uur**

Machine-brandstofcombinatie	Graafmachines				
	Milieuprofiel	Database/Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
graafmachine, cat. IIIB, diesel	Graafmachine, categorie IIIB, diesel, per liter, c2	NMD	13,54	liter	verbruik 225 g/kW per uur, machine 50 kW. Soortelijk gewicht brandstof: 0,831 kg/l, 43,1 MJ/kg
graafmachine, cat. IIIB, biodiesel	Graafmachine, categorie IIIB, biodiesel, per liter, c2	NMD	14,65	liter	verbruik 260 g/kW per uur, machine 50 kW. Soortelijk gewicht brandstof: 0,890 kg/l, 37,2 MJ/kg
graafmachine, cat. IIIB, HVO	Graafmachine, categorie IIIB, HVO, per liter, c2	NMD	14,04	liter	verbruik 220 g/kW per uur, machine 50 kW. Soortelijk gewicht brandstof: 0,785 kg/l, 44 MJ/kg
graafmachine, cat. IIIB, GTL	Graafmachine, categorie IIIB, GTL, per liter, c2	NMD	14,13	liter	verbruik 220 g/kW per uur, machine 50 kW. Soortelijk gewicht brandstof: 0,780 kg/l, 44 MJ/kg
graafmachine, cat. IV, diesel	Graafmachine, categorie IV, diesel, per liter, c2	NMD	13,54	liter	verbruik 225 g/kW per uur, machine 50 kW. Soortelijk gewicht brandstof: 0,831 kg/l, 43,1 MJ/kg
graafmachine, cat. IV, biodiesel	Graafmachine, categorie IV, biodiesel, per liter, c2	NMD	14,65	liter	verbruik 260 g/kW per uur, machine 50 kW. Soortelijk gewicht brandstof: 0,890 kg/l, 37,2 MJ/kg
graafmachine, cat. IV, HVO	Graafmachine, categorie IV, HVO, per liter, c2	NMD	14,04	liter	verbruik 220 g/kW per uur, machine 50 kW. Soortelijk gewicht brandstof: 0,785 kg/l, 44 MJ/kg
graafmachine, cat. IV, GTL	Graafmachine, categorie IV, GTL, per liter, c2	NMD	14,13	liter	verbruik 220 g/kW per uur, machine 50 kW. Soortelijk gewicht brandstof: 0,780 kg/l, 44 MJ/kg
graafmachine, cat. V, diesel	Graafmachine, categorie V, diesel, per liter, c2	NMD	13,54	liter	verbruik 225 g/kW per uur, machine 50 kW. Soortelijk gewicht brandstof: 0,831 kg/l, 43,1 MJ/kg
graafmachine, cat. V, biodiesel	Graafmachine, categorie V, biodiesel, per liter, c2	NMD	14,65	liter	verbruik 260 g/kW per uur, machine 50 kW. Soortelijk gewicht brandstof: 0,890 kg/l, 37,2 MJ/kg
graafmachine, cat. V, HVO	Graafmachine, categorie V, HVO, per liter, c2	NMD	14,04	liter	verbruik 220 g/kW per uur, machine 50 kW. Soortelijk gewicht brandstof: 0,785 kg/l, 44 MJ/kg
graafmachine, cat. V, GTL	Graafmachine, categorie V, GTL, per liter, c2	NMD	14,13	liter	verbruik 220 g/kW per uur, machine 50 kW. Soortelijk gewicht brandstof: 0,780 kg/l, 44 MJ/kg

**Tabel 8 Brandstofverbruik verplaatsprocessen per uur**

Variant	Materiaal c.q. proces	Verplaatsingen				Uitgangspunten
		Milieuprofiel	Database/Bron	Hoeveelheid	Eenheid	
Wiellaadschop (diesel)	Verbranding van brandstof in wiellaadschop	Graafmachine, categorie IIIB, diesel, per liter, c2	NMD	19,50	liter	Gemiddelde van Caterpillar modellen: (950M, 15L; 962M, 16L; 966M, 18L; 972M, 19L; 980M, 23L; 982M, 25L)
Wiellaadschop (elektrisch)	Verbruik van elektriciteit in wiellaadschop	0124-pro&1 kWh, uit stopcontact (o.b.v. Electricity, low voltage {NL}  market for   Cut-off, U)	NMD	15,11	kWh	WL20e: Batterij: 48 V; capaciteit: 230 Ah; Looptijd: 3,5 h; A=230/3,5 = 65,71 A; kWh = 230*65,71/1000
Bulldozer (diesel)	Verbranding van brandstof in bulldozer	Graafmachine, categorie IIIB, diesel, per liter, c2	NMD	21,14	liter	verbruik 296 g/kWh, vermogen 60 kW; Dichtheid diesel: 0,84 kg/l;
Bulldozer (hybride)	Verbranding van brandstof in bulldozer	Graafmachine, categorie IIIB, diesel, per liter, c2	NMD	14,80	liter	30 % brandstofbesparing t.o.v. een reguliere (diesel) bulldozer
Dumper (diesel)	Verbranding van brandstof in dumper	Graafmachine, categorie IIIB, diesel, per liter, c2	NMD	63,99	liter	Dumper: vermogen 215 kW; efficiëntie: 250 g/kWh; Dichtheid diesel: 0,84 kg/l;
Dumper (hybride)	Verbranding van brandstof in dumper	Graafmachine, categorie IIIB, diesel, per liter, c2	NMD	44,79	liter	Uitgangspunt: 30 % brandstofbesparing t.o.v. een reguliere (diesel) dumper
Ponton			-	-	liter	Geen brandstofverbruik, gegevens over kapitaal goederen onvolledig bekend. Wordt geacht zeer klein te zijn
Werkvlet (diesel)	Verbranding van brandstof in werkvlet	Graafmachine, categorie IIIB, diesel, per liter, c2	NMD	20,00	liter	verbruik 20 l/h
Sleephopperzuiger (MDO)	Verbranding van brandstof in sleephopperzuiger	Scheepsbrandstoffen, Marine Diesel Oil	TNO LCA rapportage scheepsbrandstoffen[9]	703	kg	Uitgangspunt: 703 kg MDO/h, diesel 42 MJ/kg
Sleephopperzuiger (LNG)	Verbranding van brandstof in sleephopperzuiger	Scheepsbrandstoffen, Liquefied Natural Gas	TNO LCA rapportage scheepsbrandstoffen[9]	602,57	kg	Bepaald op basis van 703 MDO/h en verhouding van LHV MDO (42 MJ/kg) en LNG (49 MJ/kg)
Sleephopperzuiger (HVO)	Verbranding van brandstof in sleephopperzuiger	Scheepsbrandstoffen, Hydrotreated Vegetable Oil	TNO LCA rapportage scheepsbrandstoffen[9]	671,05	kg	Bepaald op basis van 703 MDO/h en verhouding van LHV MDO (42 MJ/kg) en HVO (44 MJ/kg)
Sleephopperzuiger (Bio-LNG)	Verbranding van brandstof in sleephopperzuiger	Scheepsbrandstoffen, Bio-Liquefied Natural Gas	TNO LCA rapportage scheepsbrandstoffen[9]	602,57	kg	Bepaald op basis van 703 kg MDO/h en verhouding van LHV MDO (42 MJ/kg) en Bio-LNG (49 MJ/kg)

		Verplaatsingen				
Variant	Materiaal c.q. proces	Milieuprofiel	Database/Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Sleephopperzuiger (GTL)	Verbranding van brandstof in sleephopperzuiger	Scheepsbrandstoffen, Gas-to-Liquid	TNO LCA rapportage scheepsbrandstoffen[9]	686,65	kg	Bepaald op basis van 703 kg MDO/h en verhouding van LHV MDO (42 MJ/kg) en GTL (43 MJ/kg)
Sleephopperzuiger (HFO)	Verbranding van brandstof in sleephopperzuiger	Scheepsbrandstoffen, Heavy Fuel Oil	TNO LCA rapportage scheepsbrandstoffen[9]	720,15	kg	Bepaald op basis van 703 kg MDO/h en verhouding van LHV MDO (42 MJ/kg) en HFO (41 MJ/kg)
Sleephopperzuiger (Waterstof)	Verbranding van brandstof in sleephopperzuiger	Scheepsbrandstoffen, Hydrogen	TNO LCA rapportage scheepsbrandstoffen[9]	246,05	kg	Bepaald op basis van 703 kg MDO/h en verhouding van LHV MDO (42 MJ/kg) en Waterstof (120 MJ/kg)
Graafmachine klein (elektrisch)	Verbruik van elektriciteit in graafmachine	0124-pro&1 kWh, uit stopcontact (o.b.v. Electricity, low voltage {NL}  market for   Cut-off, U)	NMD	18,25	kWh	Verbruik van 146kWh over 8 uur
Graafmachine klein (diesel)	Verbranding van brandstof in graafmachine	Graafmachine, categorie IIIB, diesel, per liter, c2	NMD	9,00	liter	vermogen 28 kW; efficiëntie: 270 g/kWh; Dichtheid diesel: 0,84 kg/l;
Trekker (klein)	Verbranding van brandstof in trekker	Graafmachine, categorie IIIB, diesel, per liter, c2	NMD	12,14	liter	Compacttrekker: vermogen 40 kW; efficiëntie: 255 g/kWh; Dichtheid diesel: 0,84 kg/l;
Betonmixer-pompwagen comibatie (diesel)	Verbranding van brandstof in betonmixer	Graafmachine, categorie IIIB, diesel, per liter, c2	NMD	14	liter	Uitgangspunt: Ginaf x 4446 TS (46 ton), mixer 7 l/h, pomp 7 l/h
Betonmixer-pompwagen comibatie (hybride)	Verbruik van elektriciteit in betonmixer	0124-pro&1 kWh, uit stopcontact (o.b.v. Electricity, low voltage {NL}  market for   Cut-off, U)	NMD	14,19	kWh	
	Verbranding van brandstof in betonmixer	Graafmachine, categorie IIIB, diesel, per liter, c2	NMD	7	liter	Uitgangspunt: 50% brandstofbesparing door elektrisch mixen; Ginaf x 4446 TS (46 ton), mixer 7 l/h, pomp 7 l/h

**Tabel 9 Brandstofverbruik verplaatsprocessen per ton kilometer**

		Verplaatsingen				
Variant	Materiaal c.q. proces	Milieuprofiel	Database/Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Hydraulisch zandtransport	Verbranding van brandstof in tussenpompstations t.b.v. zandtransport	Diesel, burned in building machine {GLO}  market for   Cut-off, U	Ecoinvent	42,74	MJ	Berekening gebaseerd op: Transport over 300m, verbruik 0,5 l/m3, Dichtheid zand 1400 kg/m3, Diesel LHV 35,9 MJ/l

### 3.2.7 Heien (boren)

De meest toegepaste processen ten behoeve van heien (boren) zijn heistelling, hydraulisch t.b.v. heien/trillen (diesel) en heistelling, hydraulisch t.b.v. schroeven (diesel).

#### *Levensduur*

Bij processen is de levensduur niet van toepassing.

**Tabel 10 Brandstofverbruik heiprocessen per uur**

		Heien				
Variant	Materiaal c.q. proces	Milieuprofiel	Database/Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Heistelling, hydraulisch t.b.v. heien/trillen (diesel)	Verbranding van brandstof in heistelling	Graafmachine, categorie IIIB, diesel, per liter, c2	NMD	16	liter	
Heistelling, hydraulisch t.b.v. schroeven (diesel)	Verbranding van brandstof in heistelling	Graafmachine, categorie IIIB, diesel, per liter, c2	NMD	16	liter	Vergelijkbaar met trilheistelling

### 3.2.8 Slopen

De meest toegepaste processen ten behoeve van slopen zijn slopen met een graafmachine met sloophamer en het afvalbewerking op locatie (diesel of hybride).

#### Levensduur

Bij processen is de levensduur niet van toepassing.

**Tabel 11 Brandstofverbruik sloopprocessen per uur**

Variant	Materiaal c.q. proces	Slopen				Uitgangspunten
		Milieuprofiel	Database/Bron	Hoeveelheid	Eenheid	
Afvalbewerking op locatie (Mobiele puinbreker (diesel))	Verbranding van brandstof in puinbreker	Graafmachine, categorie IIIB, diesel, per liter, c2	NMD	35,00	liter	
Afvalbewerking op locatie (Mobiele puinbreker (hybride))	Verbranding van brandstof in puinbreker	Graafmachine, categorie IIIB, diesel, per liter, c2	NMD	13,00	liter	
Slopen (Graafmachine met sloophamer/knijper/grijper, hydraulisch (diesel))	Verbranding van brandstof in graafmachine	Graafmachine, categorie IIIB, diesel, per liter, c2	NMD	31,31	liter	Graafmachine: vermogen 100 kW; efficiëntie: 263 g/kWh; Dichtheid diesel: 0,84 kg/l; gelijk aan graafmachine

### 3.2.9 Personenvervoer

Voor personenvervoer geldt het onderscheid in gewichtsklasse, EURO-klasse en brandstof zoals omschreven in paragraaf 2.3. Deze uitgangspunten zijn nogmaals geschreven in Tabel 14. Het onderscheid is gemaakt op basis van beschikbare data in Ecoinvent 3.5.

In Ecoinvent wordt geen onderscheid gemaakt voor elektrische auto's op basis van grootte, en ook de EURO-klasse is niet van toepassing omdat er geen directe emissies plaatsvinden. De Ecoinvent gegevens waarop de elektrische auto is gebaseerd gaan uit van een gewicht vergelijkbaar met een kleine auto. Echter de data over elektrisch personenvervoer is erg oud; er wordt geschat dat deze data representatief was tot 2015. Gezien de datering van de data en de snelle ontwikkeling van de elektrische auto de afgelopen jaren, wordt de data geschikt geacht voor huidig gebruikte zwaardere typen personenauto's.

## Levensduur

Bij processen is de levensduur niet van toepassing.

**Tabel 12 Personenvervoer per voertuigkilometer**

Variant	Personenvervoer				
	Milieuprofiel	Database/Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Personenauto, elektrisch	Transport, passenger car, electric {GLO}  market for   Cut-off, U	Ecoinvent	1	km	
Personenauto klein, EURO 4, benzine	Transport, passenger car, small size, petrol, EURO 4 {RER}  transport, passenger car, small size, petrol, EURO 4   Cut-off, U	Ecoinvent	1	km	Gemiddeld gewicht: 1.200 kg Motorinhoud: <1,4l
Personenauto klein, EURO 4, diesel	Transport, passenger car, small size, diesel, EURO 4 {RER}  transport, passenger car, small size, diesel, EURO 4   Cut-off, U	Ecoinvent	1	km	Gemiddeld gewicht: 1.200 kg Motorinhoud: <1,4l
Personenauto klein, EURO 5, benzine	Transport, passenger car, small size, petrol, EURO 5 {RER}  transport, passenger car, small size, petrol, EURO 5   Cut-off, U	Ecoinvent	1	km	Gemiddeld gewicht: 1.200 kg Motorinhoud: <1,4l
Personenauto klein, EURO 5, diesel	Transport, passenger car, small size, diesel, EURO 5 {RER}  transport, passenger car, small size, diesel, EURO 5   Cut-off, U	Ecoinvent	1	km	Gemiddeld gewicht: 1.200 kg Motorinhoud: <1,4l
Personenauto middel, EURO 4, benzine	Transport, passenger car, medium size, petrol, EURO 4 {RER}  transport, passenger car, medium size, petrol, EURO 4   Cut-off, U	Ecoinvent	1	km	Gemiddeld gewicht: 1.600 kg Motorinhoud: >1,4l en <2,0l
Personenauto middel, EURO 4, diesel	Transport, passenger car, medium size, diesel, EURO 4 {RER}  transport, passenger car, medium size, diesel, EURO 4   Cut-off, U	Ecoinvent	1	km	Gemiddeld gewicht: 1.600 kg Motorinhoud: >1,4l en <2,0l
Personenauto middel, EURO 5, benzine	Transport, passenger car, medium size, petrol, EURO 5 {RER}  transport, passenger car, medium size, petrol, EURO 5   Cut-off, U	Ecoinvent	1	km	Gemiddeld gewicht: 1.600 kg Motorinhoud: >1,4l en <2,0l
Personenauto middel, EURO 5, diesel	Transport, passenger car, medium size, diesel, EURO 5 {RER}  transport, passenger car, medium size, diesel, EURO 5   Cut-off, U	Ecoinvent	1	km	Gemiddeld gewicht: 1.600 kg Motorinhoud: >1,4l en <2,0l
Personenauto groot / bestelbus, EURO 4, benzine	Transport, passenger car, large size, petrol, EURO 4 {RER}  transport, passenger car, large size, petrol, EURO 4   Cut-off, U	Ecoinvent	1	km	Gemiddeld gewicht: 2.000 kg Motorinhoud: >2,0l
Personenauto groot / bestelbus, EURO 4, diesel	Transport, passenger car, large size, diesel, EURO 4 {RER}  transport, passenger car, large size, diesel, EURO 4   Cut-off, U	Ecoinvent	1	km	Gemiddeld gewicht: 2.000 kg Motorinhoud: >2,0l
Personenauto groot / bestelbus, EURO 5, benzine	Transport, passenger car, large size, petrol, EURO 5 {RER}  transport, passenger car, large size, petrol, EURO 5   Cut-off, U	Ecoinvent	1	km	Gemiddeld gewicht: 2.000 kg Motorinhoud: >2,0l
Personenauto groot / bestelbus, EURO 5, diesel	Transport, passenger car, large size, diesel, EURO 5 {RER}  transport, passenger car, large size, diesel, EURO 5   Cut-off, U	Ecoinvent	1	km	Gemiddeld gewicht: 2.000 kg Motorinhoud: >2,0l

### 3.2.10 Hulpmaterieel

Bij hulpmaterieel (aggregaten) wordt onderscheid gemaakt tussen het type (verbrandingsmotor, lokale energieopwekking of hybride), de brandstof (diesel of benzine) en het vermogen (klein: < 100 kVA, middel: 100-500 kVA en groot: > 500 kVA). Voor aggregaten met lokale energieopwekking is uitgegaan van een maximaal vermogen van 100 kVA (klein). Het uitgangspunt van hybride systemen is dat deze tot maximaal 500 kVA beschikbaar zijn (middel).

Ecoinvent maakt onderscheid tussen twee diesel aggregaten, één met een vermogen van 18,5 kW en één met een vermogen van 10 MW, dat is een grote stap. Het verschil tussen de twee zit in efficiëntie, met als gevolg dat de MKI van beide processen een factor 3 verschillen bij hetzelfde brandstofverbruik. Kleine aggregaten zullen goed worden gedekt met het Ecoinvent profiel van het 18,5 kW aggregaat, en voor grote aggregaten is besloten dat het profiel van 10 MW het beste dekkend is. Voor de middelste variant is een combinatie gekozen. De efficiëntie van middelgrote aggregaten zal tussen beide varianten inzitten. Daarop is 50% van het brandstofverbruik van het middelgrote aggregaat met het profiel van een 18,5 kW aggregaat gemodelleerd, en de andere 50% met het aggregaat van 10 MW. Een diesel variant van beide Ecoinvent aggregaten is gemaakt door de brandstof te vervangen met *Petrol, low-sulfur {Europe without Switzerland} | market for | Cut-off, U*.

Aggregaten met lokale energieopwekking zijn gebaseerd op zonne-energie, waar een 50/50 verhouding multi-Si en single-Si PV panelen is gehanteerd. Daarnaast is een accu meegenomen. Voor de accu is uitgegaan van een lithium-ijzer-fosfaat batterij. Vervolgens is op basis van de batterij een specifieke energie van 160 Wh/kg en specifiek vermogen van 200 W/kg aangenomen. In geval van de hybride aggregaten is het gewicht bepaald op basis van het vermogen, maar omdat de capaciteit bij een volledig hernieuwbare energie voorziening belangrijker is, is bij deze variant het gewicht bepaald op een aangenomen capaciteit. Met één laatste aanname is het verbruik van de batterij in kg per uur bepaald; we nemen aan dat de batterij 8000 laad en ontlad cycli meegaat.

De modellering volgens deze laatste twee paragrafen is weergegeven in Tabel 13.

#### *Levensduur*

Bij processen is de levensduur niet van toepassing.



**Tabel 13 Hulpmaterieel per uur**

Variant	Personenvervoer				
	Milieuprofiel	Database/Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
Aggregaat met verbrandingsmotor, klein (<100 kVA), benzine	Benzine, verbranding in generator, 18,5 kW (o.b.v. Diesel, burned in diesel-electric generating set, 18.5kW {GLO})  diesel, burned in diesel-electric generating set, 18.5kW   Cut-off, U)	Ecoinvent	10 liter * 32 MJ/l	MJ	Gemiddeld vermogen 50 kVA, verbruik 10 liter per uur
Aggregaat met verbrandingsmotor, klein (<100 kVA), diesel	Diesel, burned in diesel-electric generating set, 18.5kW {GLO}  market for   Cut-off, U	Ecoinvent	10 liter * 35,9 MJ/l	MJ	Gemiddeld vermogen 50 kVA, verbruik 10 liter per uur
Aggregaat met verbrandingsmotor, middel (100-500 kVA), benzine	Benzine, verbranding in generator, 18,5 kW (o.b.v. Diesel, burned in diesel-electric generating set, 18.5kW {GLO})  diesel, burned in diesel-electric generating set, 18.5kW   Cut-off, U)	Ecoinvent	30 liter * 32 MJ/l	MJ	Gemiddeld vermogen 300 kVA, verbruik ca. 60 liter per uur. Brandstofverbruik 50/50 verdeeld over ecoinvent aggregaat van 18,5 kW en van 10 MW, ter middeling van de efficiëntie
	Benzine, verbranding in generator, 10MW (o.b.v. Diesel, burned in diesel-electric generating set, 10MW {GLO})  diesel, burned in diesel-electric generating set, 10MW   Cut-off, U)		30 liter * 32 MJ/l		
Aggregaat met verbrandingsmotor, middel 100-500 kVA), diesel	Diesel, burned in diesel-electric generating set, 18.5kW {GLO}  market for   Cut-off, U	Ecoinvent	30 liter * 35,9 MJ/l	MJ	Gemiddeld vermogen 300 kVA, verbruik ca. 60 liter per uur. Brandstofverbruik 50/50 verdeeld over ecoinvent aggregaat van 18,5 kW en van 10 MW, ter middeling van de efficiëntie
	Diesel, burned in diesel-electric generating set, 10MW {GLO}  market for   Cut-off, U		30 liter * 35,9 MJ/liter		
Aggregaat met verbrandingsmotor, groot (>500 kVA), benzine	Benzine, verbranding in generator, 10MW (o.b.v. Diesel, burned in diesel-electric generating set, 10MW {GLO})  diesel, burned in diesel-electric generating set, 10MW   Cut-off, U)	Ecoinvent	200 liter * 32 MJ/l	MJ	Gemiddeld vermogen 1.000 kVA, verbruik ca. 200 liter per uur
Aggregaat met verbrandingsmotor, groot (>500 kVA), diesel	Diesel, burned in diesel-electric generating set, 10MW {GLO}  market for   Cut-off, U	Ecoinvent	200 liter * 35,9 MJ	MJ	Gemiddeld vermogen 1.000 kVA, verbruik ca. 200 liter per uur
Aggregaat met lokale hernieuwbare energieopwekking, klein (<100 kVA)	Electricity, low voltage {NL}  electricity production, photovoltaic, 3kWp slanted-roof installation, multi-Si, panel, mounted   Cut-off, U	Ecoinvent	25	kWh	Gemiddelde productie van 50 kWh per uur om 50 kVA te leveren
	Electricity, low voltage {NL}  electricity production, photovoltaic, 3kWp slanted-roof installation, single-Si, panel, mounted   Cut-off, U	Ecoinvent	25		
	Battery, Li-ion, rechargeable, prismatic {GLO}  market for   Cut-off, U	Ecoinvent	625 / (8000 * (100/50)) = 0,03906	kg	Gewicht op basis van capaciteit. Aanname capaciteit: 100 kWh. Specifieke energie van 160 Wh/kg = 625 kg Aanname dat batterij 8000 cycli meegaat
Aggregaat hybride, klein (<100 kVA), benzine	Benzine, verbranding in generator, 18,5 kW (o.b.v. Diesel, burned in diesel-electric generating set, 18.5kW {GLO})  diesel, burned in diesel-electric generating set, 18.5kW   Cut-off, U)	Ecoinvent	4 liter * 32 MJ/l	MJ	Gemiddeld vermogen 50 kVA, verbruik 4 liter per uur
	Electricity, low voltage {NL}  electricity production, photovoltaic, 3kWp slanted-roof installation, multi-Si, panel, mounted   Cut-off, U	Ecoinvent	15	kWh	Gemiddelde productie van 30 kWh per uur om 30 kVA te leveren

Variant	Personenvervoer				
	Milieuprofiel	Database/Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
	Electricity, low voltage {NL}  electricity production, photovoltaic, 3kWp slanted-roof installation, single-Si, panel, mounted   Cut-off, U		15		
	Battery, Li-ion, rechargeable, prismatic {GLO}  market for   Cut-off, U	Ecoinvent	150 / (8000 * (24/30)) = 0,02344	kg	Gewicht op basis van vermogen: 30 kW. Specifiek vermogen batterijsoort: 200 W/kg = 150 kg. Capaciteit van 160 Wh/kg = 24 kWh. Aanname dat batterij 8000 cycli meegaat
Aggregaat hybride, klein (<100 kVA), diesel	Diesel, burned in diesel-electric generating set, 18.5kW {GLO}  market for   Cut-off, U	Ecoinvent	4 liter * 35,9 MJ/l	MJ	Gemiddeld vermogen 50 kVA, verbruik 4 liter per uur (ca. 60% besparing)
	Electricity, low voltage {NL}  electricity production, photovoltaic, 3kWp slanted-roof installation, multi-Si, panel, mounted   Cut-off, U	Ecoinvent	15	kWh	Gemiddelde productie van 30 kWh per uur om 30 kVA te leveren
	Electricity, low voltage {NL}  electricity production, photovoltaic, 3kWp slanted-roof installation, single-Si, panel, mounted   Cut-off, U		15		
	Battery, Li-ion, rechargeable, prismatic {GLO}  market for   Cut-off, U	Ecoinvent	150 / (8000 * (24/30)) = 0,02344	kg	Gewicht op basis van vermogen: 30 kW. Specifiek vermogen batterijsoort: 200 W/kg = 150 kg. Capaciteit van 160 Wh/kg = 24 kWh. Aanname dat batterij 8000 cycli meegaat
Aggregaat hybride, middel (100-500 kVA), benzine	Benzine, verbranding in generator, 18,5 kW (o.b.v. Diesel, burned in diesel-electric generating set, 18.5kW {GLO}  diesel, burned in diesel-electric generating set, 18.5kW   Cut-off, U)	Ecoinvent	12 liter * 32 MJ/l	MJ	Gemiddeld vermogen 300 kVA, verbruik ca. 24 liter per uur (ca. 60% besparing). Brandstofverbruik 50/50 verdeeld over ecoinvent aggregaat van 18,5 kW en van 10 MW, ter middeling van de efficiëntie
	Benzine, verbranding in generator, 10MW (o.b.v. Diesel, burned in diesel-electric generating set, 10MW {GLO}  diesel, burned in diesel-electric generating set, 10MW   Cut-off, U)		12 liter * 32 MJ/l		
	Electricity, low voltage {NL}  electricity production, photovoltaic, 3kWp slanted-roof installation, multi-Si, panel, mounted   Cut-off, U	Ecoinvent	90	kWh	Gemiddelde productie van 180 kWh per uur om 180 kVA te leveren
	Electricity, low voltage {NL}  electricity production, photovoltaic, 3kWp slanted-roof installation, single-Si, panel, mounted   Cut-off, U		90		
	Battery, Li-ion, rechargeable, prismatic {GLO}  market for   Cut-off, U	Ecoinvent	900/ (8000 * (144/180)) = 0,1406	kg	Gewicht op basis van vermogen: 180 kW. Specifiek vermogen batterijsoort: 200 W/kg = 900 kg. Capaciteit van 160 Wh/kg = 144 kWh. Aanname dat batterij 8000 cycli meegaat
Aggregaat hybride, middel 100-500 kVA), diesel	Diesel, burned in diesel-electric generating set, 18.5kW {GLO}  market for   Cut-off, U	Ecoinvent	12 liter * 35,9 MJ/l	MJ	Gemiddeld vermogen 300 kVA, verbruik ca. 24 liter per uur (ca. 60% besparing). Brandstofverbruik 50/50 verdeeld over ecoinvent aggregaat van 18,5 kW en van 10 MW, ter middeling van de efficiëntie
	Diesel, burned in diesel-electric generating set, 10MW {GLO}  market for   Cut-off, U		12 liter * 35,9 MJ/l		

	Personenvervoer				
Variant	Milieuprofiel	Database/Bron	Hoeveelheid	Eenheid	Uitgangspunten
	Electricity, low voltage {NL}  electricity production, photovoltaic, 3kWp slanted-roof installation, multi-Si, panel, mounted   Cut-off, U Electricity, low voltage {NL}  electricity production, photovoltaic, 3kWp slanted-roof installation, single-Si, panel, mounted   Cut-off, U	Ecoinvent	90	kWh	Gemiddelde productie van 180 kWh per uur om 180 kVA te leveren
	Battery, Li-ion, rechargeable, prismatic {GLO}  market for   Cut-off, U	Ecoinvent	900/ (8000 * (144/180)) = 0,1406	kg	
Compressor 3.5-10.0 m <sup>3</sup> /min, diesel	Graafmachine, categorie IIIB, diesel, per liter, c2	NMD	10	l	

## 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 SBK-bepalingsmethode Milieuprestaties Gebouwen en GWW-werken.
- De milieu-ingrepen zijn berekend met de methoden die zijn omschreven in NEN-EN 15804 aangevuld met karakterisatiefactoren uit de CML-VLCA-rekenmethode (versie 25-05-2018, NMD 2.2).
- Indien van toepassing zijn de regels voor allocatie bij multi-input, -output, recycling- en hergebruikprocessen uit NEN-EN 15804 gevolgd, overeenkomstig de NEN-EN-ISO 14044.
- De LCA-berekeningen zijn uitgevoerd met SimaPro 9.0.
  - Ecoinvent processen zijn doorgerekend inclusief infrastructuurprocessen en kapitaalgoederen.
  - Ecoinvent processen zijn doorgerekend exclusief lange termijn (>100 jaar) emissies.
- Conform paragraaf 3.5 van de Bepalingsmethode zijn deze effectcategorieën omgerekend naar een milieukosten indicator (MKI) in euro's.

## 4.2 Gekarakteriseerde resultaten

Gekarakteriseerde resultaten zijn in Tabel 14 t/m Tabel 25 weergegeven per functionele eenheid. Er zijn geen verder uitgebreide gekarakteriseerde resultaten per levensfase opgenomen in een bijlage, aangezien het processen betreft.

**Tabel 14 Gekarakteriseerde resultaten wegtransport per tkm**

<i>Effectcategorie</i>	<i>Eenheid</i>	EURO4, diesel	EURO5, diesel	EURO5, biodiesel	EURO5, HVO	EURO5, GTL	EURO6, diesel	EURO6, biodiesel	EURO6, HVO	EURO6, GTL	Vrachtwagen op waterstof
		<i>Per tkm</i>	<i>Per tkm</i>	<i>Per tkm</i>	<i>Per tkm</i>	<i>Per tkm</i>	<i>Per tkm</i>	<i>Per tkm</i>	<i>Per tkm</i>	<i>Per tkm</i>	<i>Per tkm</i>
1 abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	1,68E-07	1,64E-07	2,06E-07	1,88E-07	2,63E-07	1,67E-07	2,09E-07	1,91E-07	2,67E-07	2,10E-07
2 abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	6,84E-04	6,46E-04	2,89E-04	2,44E-04	8,71E-04	6,53E-04	2,95E-04	2,51E-04	8,79E-04	7,93E-04
4 global warming (GWP)	kg CO <sub>2</sub> eq	8,91E-02	8,54E-02	3,85E-02	4,06E-02	9,88E-02	8,61E-02	3,91E-02	4,12E-02	9,95E-02	5,35E-02
5 ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	1,72E-08	1,70E-08	6,06E-09	5,43E-09	4,62E-09	1,71E-08	6,17E-09	5,55E-09	4,74E-09	1,04E-08
6 photochemical oxidation (POCP)	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	5,58E-05	5,39E-05	5,27E-05	5,42E-05	4,80E-05	5,29E-05	5,22E-05	5,36E-05	4,75E-05	6,05E-05
7 acidification (AP)	kg SO <sub>2</sub> eq	3,50E-04	3,11E-04	3,76E-04	2,76E-04	2,59E-04	2,15E-04	2,67E-04	1,91E-04	1,74E-04	2,04E-04
8 eutrophication (EP)	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq	6,85E-05	6,34E-05	1,46E-04	9,31E-05	5,70E-05	3,79E-05	1,17E-04	7,06E-05	3,44E-05	2,96E-05
9 human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	4,13E-02	3,01E-02	2,83E-02	3,06E-02	2,99E-02	3,01E-02	2,84E-02	3,07E-02	3,01E-02	3,59E-02
10 Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	1,11E-03	1,94E-03	1,47E-02	1,46E-02	1,80E-03	1,94E-03	1,48E-02	1,46E-02	1,80E-03	8,33E-04
12 Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	4,36E+00	5,08E+00	4,62E+00	4,83E+00	4,58E+00	5,10E+00	4,64E+00	4,85E+00	4,60E+00	3,51E+00
14 Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	1,27E-04	1,78E-04	5,81E-03	5,83E-03	1,91E-04	1,79E-04	5,82E-03	5,84E-03	1,92E-04	1,65E-04
101 Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	1,51E-02	2,31E-02	1,97E-01	7,77E-02	2,63E-02	2,34E-02	1,97E-01	7,80E-02	2,66E-02	3,30E-02
102 Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	1,53E+00	1,48E+00	6,52E-01	5,62E-01	1,91E+00	1,49E+00	6,66E-01	5,77E-01	1,92E+00	1,78E+00
103 Energy, primary (MJ)	MJ	1,54E+00	1,50E+00	8,49E-01	6,40E-01	1,93E+00	1,51E+00	8,63E-01	6,55E-01	1,95E+00	1,81E+00
104 Water, fresh water use (m3)	m3	2,87E-04	3,00E-04	1,60E-03	6,90E-04	2,70E-04	3,01E-04	1,61E-03	6,92E-04	2,72E-04	3,02E-04
105 Waste, nonhazardous (kg)	kg	1,22E-01	1,22E-01	1,18E-01	1,33E-01	1,30E-01	1,22E-01	1,19E-01	1,33E-01	1,31E-01	1,23E-01
106 Waste, hazardous (kg)	kg	1,06E-05	1,05E-05	4,33E-06	3,78E-06	4,72E-06	1,05E-05	4,39E-06	3,84E-06	4,78E-06	4,14E-06

**Tabel 15 Gekarakteriseerde resultaten transport over water per tkm**

Effectcategorie	Eenheid	Binnenvaartschip	Zee vrachtschip
		<i>Per tkm</i>	<i>Per tkm</i>
1 abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	2,62E-08	2,51E-09
2 abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	3,00E-04	7,80E-05
4 global warming (GWP)	kg CO <sub>2</sub> eq	4,67E-02	1,13E-02
5 ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	7,09E-09	1,80E-09
6 photochemical oxidation (POCP)	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	2,77E-05	1,23E-05
7 acidification (AP)	kg SO <sub>2</sub> eq	3,43E-04	2,37E-04
8 eutrophication (EP)	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq	7,65E-05	2,13E-05
9 human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	1,10E-02	5,24E-03
10 Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	2,77E-04	9,17E-05
12 Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	8,35E-01	4,41E-01
14 Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	5,41E-05	1,65E-05
101 Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	1,41E-02	3,69E-03
102 Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	6,66E-01	1,73E-01
103 Energy, primary (MJ)	MJ	6,80E-01	1,77E-01
104 Water, fresh water use (m3)	m3	1,23E-04	1,68E-05
105 Waste, nonhazardous (kg)	kg	1,85E-03	2,65E-04
106 Waste, hazardous (kg)	kg	4,62E-06	1,16E-06

**Tabel 16 Gekarakteriseerde resultaten transport per trein per tkm**

<i>Effectcategorie</i>	<i>Eenheid</i>	Vrachttrein, diesel	Vrachttrein, elektrisch
		<i>Per tkm</i>	<i>Per tkm</i>
1 abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	7,82E-08	7,97E-08
2 abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	3,81E-04	2,83E-04
4 global warming (GWP)	kg CO <sub>2</sub> eq	5,62E-02	4,01E-02
5 ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	8,55E-09	3,89E-09
6 photochemical oxidation (POCP)	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	5,04E-05	1,93E-05
7 acidification (AP)	kg SO <sub>2</sub> eq	4,43E-04	2,27E-04
8 eutrophication (EP)	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq	9,78E-05	3,61E-05
9 human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	2,22E-02	1,86E-02
10 Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	3,30E-04	2,57E-04
12 Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	1,19E+00	1,10E+00
14 Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	9,98E-05	1,13E-04
101 Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	2,09E-02	8,66E-02
102 Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	8,27E-01	7,11E-01
103 Energy, primary (MJ)	MJ	8,48E-01	7,97E-01
104 Water, fresh water use (m3)	m3	1,73E-04	2,31E-04
105 Waste, nonhazardous (kg)	kg	8,01E-03	9,17E-03
106 Waste, hazardous (kg)	kg	5,67E-06	5,28E-06

**Tabel 17 Gekarakteriseerde resultaten Hijsen per uur**

<i>Effectcategorie</i>	<i>Eenheid</i>	Telekraan, diesel	Telekraan, hybride	Torenkraan, diesel	Torenkraan, hybride	Dragline, diesel	Vrachtwagenkraan, diesel
		<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>
1 abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	8,05E-05	5,64E-05	4,83E-05	3,38E-05	4,03E-05	6,44E-06
2 abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	1,17E+00	8,22E-01	7,05E-01	4,93E-01	5,87E-01	9,40E-02
4 global warming (GWP)	kg CO <sub>2</sub> eq	1,72E+02	1,20E+02	1,03E+02	7,22E+01	8,60E+01	1,38E+01
5 ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	3,00E-05	2,10E-05	1,80E-05	1,26E-05	1,50E-05	2,40E-06
6 photochemical oxidation (POCP)	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	5,66E-02	3,96E-02	3,40E-02	2,38E-02	2,83E-02	4,53E-03
7 acidification (AP)	kg SO <sub>2</sub> eq	5,04E-01	3,53E-01	3,03E-01	2,12E-01	2,52E-01	4,03E-02
8 eutrophication (EP)	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq	9,65E-02	6,76E-02	5,79E-02	4,05E-02	4,83E-02	7,72E-03
9 human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	4,26E+01	2,98E+01	2,55E+01	1,79E+01	2,13E+01	3,41E+00
10 Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	8,43E-01	5,90E-01	5,06E-01	3,54E-01	4,22E-01	6,75E-02
12 Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	2,82E+03	1,97E+03	1,69E+03	1,18E+03	1,41E+03	2,26E+02
14 Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	1,51E-01	1,06E-01	9,09E-02	6,36E-02	7,57E-02	1,21E-02
101 Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	1,91E+01	1,34E+01	1,15E+01	8,03E+00	9,56E+00	1,53E+00
102 Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	2,62E+03	1,84E+03	1,57E+03	1,10E+03	1,31E+03	2,10E+02
103 Energy, primary (MJ)	MJ	2,64E+03	1,85E+03	1,59E+03	1,11E+03	1,32E+03	2,11E+02
104 Water, fresh water use (m3)	m3	2,48E-01	1,73E-01	1,49E-01	1,04E-01	1,24E-01	1,98E-02
105 Waste, nonhazardous (kg)	kg	4,40E+00	3,08E+00	2,64E+00	1,85E+00	2,20E+00	3,52E-01
106 Waste, hazardous (kg)	kg	1,81E-02	1,27E-02	1,09E-02	7,60E-03	9,05E-03	1,45E-03



**Tabel 18 Gekarakteriseerde resultaten Bewerken, deel 1, per uur**

<i>Effectcategorie</i>	<i>Eenheid</i>	Aanleggen wegmarkering	Asfalt-betonzaaag	Asfaltfrees	Koudfrees (wegmarkering)	Slipformpaver	Wals, diesel
		<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>
1 abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	1,61E-05	2,42E-05	3,62E-05	1,61E-05	3,22E-05	1,61E-05
2 abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	2,35E-01	3,52E-01	5,29E-01	2,35E-01	4,70E-01	2,35E-01
4 global warming (GWP)	kg CO <sub>2</sub> eq	3,44E+01	5,16E+01	7,74E+01	3,44E+01	6,88E+01	3,44E+01
5 ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	5,99E-06	8,99E-06	1,35E-05	5,99E-06	1,20E-05	5,99E-06
6 photochemical oxidation (POCP)	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	1,13E-02	1,70E-02	2,55E-02	1,13E-02	2,26E-02	1,13E-02
7 acidification (AP)	kg SO <sub>2</sub> eq	1,01E-01	1,51E-01	2,27E-01	1,01E-01	2,02E-01	1,01E-01
8 eutrophication (EP)	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq	1,93E-02	2,90E-02	4,34E-02	1,93E-02	3,86E-02	1,93E-02
9 human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	8,52E+00	1,28E+01	1,92E+01	8,52E+00	1,70E+01	8,52E+00
10 Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	1,69E-01	2,53E-01	3,79E-01	1,69E-01	3,37E-01	1,69E-01
12 Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	5,64E+02	8,46E+02	1,27E+03	5,64E+02	1,13E+03	5,64E+02
14 Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	3,03E-02	4,54E-02	6,82E-02	3,03E-02	6,06E-02	3,03E-02
101 Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	3,83E+00	5,74E+00	8,61E+00	3,83E+00	7,65E+00	3,83E+00
102 Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	5,25E+02	7,87E+02	1,18E+03	5,25E+02	1,05E+03	5,25E+02
103 Energy, primary (MJ)	MJ	5,28E+02	7,93E+02	1,19E+03	5,28E+02	1,06E+03	5,28E+02
104 Water, fresh water use (m3)	m3	4,96E-02	7,43E-02	1,11E-01	4,96E-02	9,91E-02	4,96E-02
105 Waste, nonhazardous (kg)	kg	8,80E-01	1,32E+00	1,98E+00	8,80E-01	1,76E+00	8,80E-01
106 Waste, hazardous (kg)	kg	3,62E-03	5,43E-03	8,15E-03	3,62E-03	7,24E-03	3,62E-03

**Tabel 19 Gekarakteriseerde resultaten Bewerken, deel 2, per uur**

<i>Effectcategorie</i>	<i>Eenheid</i>	<i>Triplaat 250-700kN, diesel</i>	<i>Triplaat 13kN, diesel</i>	<i>Triplaat, 13 kN, elektrisch</i>	<i>Trilnaald, elektrisch</i>	<i>Maaien, diesel</i>	<i>Maaien, elektrisch</i>
		<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>
1 abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	8,05E-06	2,42E-06	1,31E-06	1,33E-06	1,61E-05	2,37E-05
2 abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	1,17E-01	3,52E-02	1,04E-02	1,07E-02	2,35E-01	1,90E-01
4 global warming (GWP)	kg CO <sub>2</sub> eq	1,72E+01	5,16E+00	1,41E+00	1,44E+00	3,44E+01	2,56E+01
5 ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	3,00E-06	8,99E-07	7,60E-08	7,77E-08	5,99E-06	1,38E-06
6 photochemical oxidation (POCP)	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	5,66E-03	1,70E-03	2,14E-04	2,19E-04	1,13E-02	3,89E-03
7 acidification (AP)	kg SO <sub>2</sub> eq	5,04E-02	1,51E-02	3,52E-03	3,60E-03	1,01E-01	6,39E-02
8 eutrophication (EP)	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq	9,65E-03	2,90E-03	8,05E-04	8,23E-04	1,93E-02	1,46E-02
9 human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	4,26E+00	1,28E+00	1,47E-01	1,50E-01	8,52E+00	2,66E+00
10 Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	8,43E-02	2,53E-02	4,05E-03	4,14E-03	1,69E-01	7,37E-02
12 Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	2,82E+02	8,46E+01	1,72E+01	1,75E+01	5,64E+02	3,12E+02
14 Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	1,51E-02	4,54E-03	7,19E-03	7,36E-03	3,03E-02	1,31E-01
101 Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	1,91E+00	5,74E-01	2,11E+00	2,15E+00	3,83E+00	3,83E+01
102 Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	2,62E+02	7,87E+01	2,09E+01	2,14E+01	5,25E+02	3,80E+02
103 Energy, primary (MJ)	MJ	2,64E+02	7,93E+01	2,30E+01	2,35E+01	5,28E+02	4,18E+02
104 Water, fresh water use (m3)	m3	2,48E-02	7,43E-03	4,01E-03	4,10E-03	4,96E-02	7,29E-02
105 Waste, nonhazardous (kg)	kg	4,40E-01	1,32E-01	5,43E-02	5,55E-02	8,80E-01	9,87E-01
106 Waste, hazardous (kg)	kg	1,81E-03	5,43E-04	1,05E-04	1,07E-04	3,62E-03	1,90E-03

**Tabel 20 Gekarakteriseerde resultaten Verplaatsen, deel 1, graafmachines per uur**

<i>Effectcategorie</i>	<i>Eenheid</i>	Cat IIIB, biodiesel	Cat IIIB, diesel	Cat IIIB, GTL	Cat IIIB, HVO	Cat IV, biodiesel	Cat IV, diesel	Cat IV, GTL	Cat IV, HVO	Cat V, biodiesel	Cat V, diesel	Cat V, GTL	Cat V, HVO
		<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>
1 abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	5,49E-05	2,18E-05	7,03E-05	2,95E-05	5,68E-05	2,38E-05	7,23E-05	3,14E-05	5,68E-05	2,38E-05	7,23E-05	3,14E-05
2 abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	1,20E-01	3,18E-01	4,18E-01	7,40E-02	1,24E-01	3,22E-01	4,21E-01	7,77E-02	1,24E-01	3,22E-01	4,21E-01	7,77E-02
4 global warming (GWP)	kg CO <sub>2</sub> eq	2,07E+01	4,66E+01	5,15E+01	1,90E+01	2,11E+01	4,70E+01	5,19E+01	1,94E+01	2,11E+01	4,70E+01	5,19E+01	1,94E+01
5 ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	1,95E-06	8,11E-06	6,85E-07	1,15E-06	2,02E-06	8,17E-06	7,51E-07	1,22E-06	2,02E-06	8,17E-06	7,51E-07	1,22E-06
6 photochemical oxidation (POCP)	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	1,70E-02	1,53E-02	1,04E-02	1,39E-02	1,72E-02	1,55E-02	1,05E-02	1,41E-02	1,72E-02	1,55E-02	1,05E-02	1,41E-02
7 acidification (AP)	kg SO <sub>2</sub> eq	1,85E-01	1,37E-01	1,06E-01	1,16E-01	1,32E-01	9,00E-02	5,99E-02	6,97E-02	1,32E-01	9,00E-02	5,99E-02	6,97E-02
8 eutrophication (EP)	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq	7,93E-02	2,61E-02	2,28E-02	4,29E-02	6,53E-02	1,38E-02	1,06E-02	3,06E-02	6,53E-02	1,38E-02	1,06E-02	3,06E-02
9 human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	1,15E+01	1,15E+01	1,02E+01	1,07E+01	1,17E+01	1,16E+01	1,04E+01	1,09E+01	1,17E+01	1,16E+01	1,04E+01	1,09E+01
10 Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	8,33E+00	2,28E-01	8,12E-02	7,15E+00	8,34E+00	2,31E-01	8,41E-02	7,15E+00	8,34E+00	2,31E-01	8,41E-02	7,15E+00
12 Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	6,89E+02	7,64E+02	3,07E+02	4,60E+02	7,02E+02	7,77E+02	3,19E+02	4,73E+02	7,02E+02	7,77E+02	3,19E+02	4,73E+02
14 Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	3,58E+00	4,10E-02	4,16E-02	3,16E+00	3,58E+00	4,16E-02	4,22E-02	3,16E+00	3,58E+00	4,16E-02	4,22E-02	3,16E+00
101 Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	1,15E+02	5,18E+00	6,09E+00	3,46E+01	1,15E+02	5,34E+00	6,25E+00	3,47E+01	1,15E+02	5,34E+00	6,25E+00	3,47E+01
102 Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	2,53E+02	7,10E+02	8,91E+02	1,55E+02	2,61E+02	7,18E+02	8,99E+02	1,63E+02	2,61E+02	7,18E+02	8,99E+02	1,63E+02
103 Energy, primary (MJ)	MJ	3,68E+02	7,15E+02	8,97E+02	1,89E+02	3,76E+02	7,24E+02	9,05E+02	1,98E+02	3,76E+02	7,24E+02	9,05E+02	1,98E+02
104 Water, fresh water use (m3)	m3	8,96E-01	6,71E-02	3,98E-02	2,72E-01	8,97E-01	6,80E-02	4,06E-02	2,73E-01	8,97E-01	6,80E-02	4,06E-02	2,73E-01
105 Waste, nonhazardous (kg)	kg	4,12E+00	1,19E+00	1,51E+00	3,43E+00	4,14E+00	1,21E+00	1,53E+00	3,44E+00	4,14E+00	1,21E+00	1,53E+00	3,44E+00
106 Waste, hazardous (kg)	kg	1,48E-03	4,90E-03	1,36E-03	8,57E-04	1,52E-03	4,93E-03	1,39E-03	8,88E-04	1,52E-03	4,93E-03	1,39E-03	8,88E-04

Tabel 21 Gekarakteriseerde resultaten Verplaatsen, deel 2, processen per uur

Effectcategorie	Eenheid	Betonmixer-pompwagen combinatie, diesel	Betonmixer-pompwagen combinatie, hybride	Bulldozer, diesel	Bulldozer, hybride	Dumper, diesel	Dumper, hybride	Graafmachine (klein), 28 kW, diesel	Graafmachine (klein), 28 kW, elektrisch	Ponton	Trekker (klein), 40 kW	Werkvlet, diesel
		Per uur	Per uur	Per uur	Per uur	Per uur	Per uur	Per uur	Per uur	Per uur	Per uur	Per uur
1 abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	2,25E-05	1,97E-05	3,40E-05	2,38E-05	1,03E-04	7,21E-05	1,45E-05	1,08E-05	0,00E+00	1,96E-05	3,22E-05
2 abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	3,29E-01	2,32E-01	4,97E-01	3,48E-01	1,50E+00	1,05E+00	2,11E-01	8,66E-02	0,00E+00	2,85E-01	4,70E-01
4 global warming (GWP)	kg CO <sub>2</sub> eq	4,82E+01	3,32E+01	7,27E+01	5,09E+01	2,20E+02	1,54E+02	3,10E+01	1,17E+01	0,00E+00	4,18E+01	6,88E+01
5 ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	8,39E-06	4,68E-06	1,27E-05	8,87E-06	3,83E-05	2,68E-05	5,39E-06	6,30E-07	0,00E+00	7,27E-06	1,20E-05
6 photochemical oxidation (POCP)	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	1,59E-02	9,31E-03	2,39E-02	1,68E-02	7,25E-02	5,07E-02	1,02E-02	1,77E-03	0,00E+00	1,38E-02	2,26E-02
7 acidification (AP)	kg SO <sub>2</sub> eq	1,41E-01	9,33E-02	2,13E-01	1,49E-01	6,45E-01	4,52E-01	9,08E-02	2,92E-02	0,00E+00	1,22E-01	2,02E-01
8 eutrophication (EP)	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq	2,70E-02	1,87E-02	4,08E-02	2,86E-02	1,23E-01	8,64E-02	1,74E-02	6,67E-03	0,00E+00	2,34E-02	3,86E-02
9 human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	1,19E+01	6,91E+00	1,80E+01	1,26E+01	5,45E+01	3,81E+01	7,66E+00	1,22E+00	0,00E+00	1,03E+01	1,70E+01
10 Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	2,36E-01	1,44E-01	3,57E-01	2,50E-01	1,08E+00	7,55E-01	1,52E-01	3,36E-02	0,00E+00	2,05E-01	3,37E-01
12 Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	7,90E+02	5,06E+02	1,19E+03	8,35E+02	3,61E+03	2,53E+03	5,08E+02	1,42E+02	0,00E+00	6,85E+02	1,13E+03
14 Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	4,24E-02	6,76E-02	6,40E-02	4,48E-02	1,94E-01	1,36E-01	2,73E-02	5,97E-02	0,00E+00	3,68E-02	6,06E-02
101 Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	5,36E+00	1,63E+01	8,09E+00	5,66E+00	2,45E+01	1,71E+01	3,44E+00	1,75E+01	0,00E+00	4,64E+00	7,65E+00
102 Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	7,34E+02	5,02E+02	1,11E+03	7,76E+02	3,36E+03	2,35E+03	4,72E+02	1,73E+02	0,00E+00	6,37E+02	1,05E+03
103 Energy, primary (MJ)	MJ	7,40E+02	5,18E+02	1,12E+03	7,82E+02	3,38E+03	2,37E+03	4,76E+02	1,91E+02	0,00E+00	6,42E+02	1,06E+03
104 Water, fresh water use (m3)	m3	6,94E-02	6,06E-02	1,05E-01	7,33E-02	3,17E-01	2,22E-01	4,46E-02	3,33E-02	0,00E+00	6,02E-02	9,91E-02
105 Waste, nonhazardous (kg)	kg	1,23E+00	9,66E-01	1,86E+00	1,30E+00	5,63E+00	3,94E+00	7,92E-01	4,50E-01	0,00E+00	1,07E+00	1,76E+00
106 Waste, hazardous (kg)	kg	5,07E-03	3,21E-03	7,66E-03	5,36E-03	2,32E-02	1,62E-02	3,26E-03	8,69E-04	0,00E+00	4,40E-03	7,24E-03

**Tabel 22 Gekarakteriseerde resultaten Verplaatsen, deel 3, processen per functionele eenheid**

<i>Effectcategorie</i>	<i>Eenheid</i>	Sleephopper- zuiger, MDO	Sleephopper- zuiger, LNG	Sleephopper- zuiger, HVO	Sleephopper- zuiger, Bio-LNG	Sleephopper- zuiger, GTL	Sleephopper- zuiger, HFO	Sleephopper- zuiger, Waterstof	Hydraulisch zandtransport	Wiellaadschop, diesel	Wiellaadschop, elektrisch
		<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per tkm</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>
1 abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,32E-06	3,14E-05	8,97E-06
2 abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	1,72E+01	1,81E+01	3,78E+00	5,65E+00	2,32E+01	1,71E+01	9,08E+00	2,71E-02	4,58E-01	7,17E-02
4 global warming (GWP)	kg CO <sub>2</sub> eq	2,64E+03	2,40E+03	6,58E+02	1,98E+03	3,33E+03	2,76E+03	8,83E+02	3,92E+00	6,71E+01	9,68E+00
5 ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	7,11E-07	1,17E-05	5,22E-07
6 photochemical oxidation (POCP)	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	2,00E+00	9,04E-01	1,27E+00	1,21E+00	1,27E+00	2,05E+00	3,57E-01	3,97E-03	2,21E-02	1,47E-03
7 acidification (AP)	kg SO <sub>2</sub> eq	2,60E+01	2,25E+00	2,21E+01	8,56E+00	1,99E+01	2,87E+01	3,12E+00	2,97E-02	1,97E-01	2,42E-02
8 eutrophication (EP)	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq	5,89E+00	5,36E-01	5,82E+00	2,08E+00	4,92E+00	6,63E+00	4,97E-01	6,69E-03	3,76E-02	5,53E-03
9 human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	9,56E+02	8,80E+01	4,92E+02	3,42E+02	3,44E+02	1,26E+03	5,19E+02	1,41E+00	1,66E+01	1,01E+00
10 Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	4,22E+01	6,03E+00	2,01E+02	8,01E+00	1,83E+01	9,58E+01	9,03E+00	1,97E-02	3,29E-01	2,78E-02
12 Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	2,02E+05	1,93E+04	1,89E+05	4,40E+04	1,51E+04	5,31E+05	4,23E+04	6,64E+01	1,10E+03	1,18E+02
14 Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	1,41E+01	4,02E+00	8,86E+01	1,01E+01	5,72E+00	2,64E+01	1,19E+01	2,34E-03	5,91E-02	4,94E-02
101 Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,29E-01	7,46E+00	1,45E+01
102 Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,10E+01	1,02E+03	1,44E+02
103 Energy, primary (MJ)	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,13E+01	1,03E+03	1,58E+02
104 Water, fresh water use (m3)	m3	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,66E-03	9,66E-02	2,76E-02
105 Waste, nonhazardous (kg)	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,25E-02	1,72E+00	3,73E-01
106 Waste, hazardous (kg)	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,24E-04	7,06E-03	7,19E-04

**Tabel 23 Gekarakteriseerde resultaten Heien en Slopen, processen per uur**

<i>Effectcategorie</i>	<i>Eenheid</i>	Heistelling, hydraulisch, heien/trillen, diesel	Heistelling, hydraulisch, schroeven, diesel	Graafmachine met sloopkamer/knijper/grijper, diesel	Mobiele puinbreker, diesel	Mobiele puinbreker, hybride
		<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>
1 abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	2,58E-05	2,58E-05	5,04E-05	5,64E-05	2,09E-05
2 abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	3,76E-01	3,76E-01	7,36E-01	8,22E-01	3,05E-01
4 global warming (GWP)	kg CO <sub>2</sub> eq	5,50E+01	5,50E+01	1,08E+02	1,20E+02	4,47E+01
5 ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	9,58E-06	9,58E-06	1,88E-05	2,10E-05	7,79E-06
6 photochemical oxidation (POCP)	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	1,81E-02	1,81E-02	3,55E-02	3,96E-02	1,47E-02
7 acidification (AP)	kg SO <sub>2</sub> eq	1,61E-01	1,61E-01	3,16E-01	3,53E-01	1,31E-01
8 eutrophication (EP)	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq	3,09E-02	3,09E-02	6,04E-02	6,76E-02	2,51E-02
9 human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	1,36E+01	1,36E+01	2,67E+01	2,98E+01	1,11E+01
10 Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	2,70E-01	2,70E-01	5,28E-01	5,90E-01	2,19E-01
12 Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	9,03E+02	9,03E+02	1,77E+03	1,97E+03	7,34E+02
14 Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	4,85E-02	4,85E-02	9,48E-02	1,06E-01	3,94E-02
101 Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
102 Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
103 Energy, primary (MJ)	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
104 Water, fresh water use (m3)	m3	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
105 Waste, nonhazardous (kg)	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
106 Waste, hazardous (kg)	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

**Tabel 24 Gekarakteriseerde resultaten personenvervoer per km**

<i>Effectcategorie</i>	<i>Eenheid</i>	Elektrisch personenvervoer	Klein, EURO4, diesel	Klein, EURO4, benzine	Klein, EURO5, diesel	Klein, EURO5, benzine	Middel, EURO4, diesel	Middel, EURO4, benzine	Middel, EURO5, diesel	Middel, EURO5, benzine	Groot / bestelbus, EURO4, diesel	Groot / bestelbus, EURO4, benzine	Groot / bestelbus, EURO5, diesel	Groot / bestelbus, EURO5, benzine
		<i>Per km</i>	<i>Per km</i>	<i>Per km</i>	<i>Per km</i>	<i>Per km</i>	<i>Per km</i>	<i>Per km</i>	<i>Per km</i>	<i>Per km</i>	<i>Per km</i>	<i>Per km</i>	<i>Per km</i>	<i>Per km</i>
1 abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	5,59E-06	2,91E-06	2,90E-06	2,91E-06	2,90E-06	3,88E-06	3,86E-06	3,88E-06	3,86E-06	4,85E-06	4,83E-06	4,85E-06	4,82E-06
2 abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	1,71E-03	1,64E-03	1,96E-03	1,64E-03	1,87E-03	2,17E-03	2,45E-03	2,12E-03	2,36E-03	2,70E-03	2,94E-03	2,65E-03	2,85E-03
4 global warming (GWP)	kg CO <sub>2</sub> eq	2,33E-01	2,30E-01	2,83E-01	2,30E-01	2,70E-01	3,05E-01	3,53E-01	2,98E-01	3,40E-01	3,80E-01	4,23E-01	3,73E-01	4,09E-01
5 ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	1,39E-08	3,64E-08	4,43E-08	3,64E-08	4,20E-08	4,81E-08	5,47E-08	4,69E-08	5,24E-08	5,99E-08	6,51E-08	5,86E-08	6,27E-08
6 photochemical oxidation (POCP)	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	3,79E-04	1,30E-04	2,05E-04	1,29E-04	2,02E-04	1,73E-04	2,49E-04	1,70E-04	2,45E-04	2,16E-04	2,93E-04	2,13E-04	2,88E-04
7 acidification (AP)	kg SO <sub>2</sub> eq	1,30E-03	8,99E-04	7,81E-04	9,67E-04	7,53E-04	1,11E-03	9,91E-04	1,17E-03	9,62E-04	1,32E-03	1,20E-03	1,38E-03	1,17E-03
8 eutrophication (EP)	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq	2,47E-04	1,75E-04	1,25E-04	1,93E-04	1,21E-04	2,11E-04	1,59E-04	2,28E-04	1,55E-04	2,46E-04	1,94E-04	2,62E-04	1,89E-04
9 human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	1,65E-01	2,05E-01	1,96E-01	2,01E-01	1,94E-01	2,76E-01	2,57E-01	2,71E-01	2,53E-01	3,47E-01	3,17E-01	3,42E-01	3,12E-01
10 Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	2,99E-03	2,58E-03	2,48E-03	2,54E-03	2,41E-03	3,47E-03	3,18E-03	3,38E-03	3,11E-03	4,36E-03	3,88E-03	4,26E-03	3,81E-03
12 Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	1,23E+01	6,51E+00	7,33E+00	6,51E+00	7,13E+00	8,63E+00	9,36E+00	8,52E+00	9,15E+00	1,07E+01	1,14E+01	1,06E+01	1,12E+01
14 Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	1,18E-03	3,86E-04	3,96E-04	3,84E-04	3,92E-04	5,15E-04	5,20E-04	5,11E-04	5,15E-04	6,44E-04	6,43E-04	6,40E-04	6,39E-04
101 Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	3,12E-01	8,16E-02	8,77E-02	8,16E-02	8,67E-02	1,09E-01	1,15E-01	1,08E-01	1,14E-01	1,36E-01	1,42E-01	1,35E-01	1,41E-01
102 Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	3,36E+00	3,57E+00	4,31E+00	3,57E+00	4,11E+00	4,73E+00	5,37E+00	4,62E+00	5,17E+00	5,89E+00	6,44E+00	5,78E+00	6,23E+00
103 Energy, primary (MJ)	MJ	1,62E-03	8,79E-04	9,66E-04	8,79E-04	9,45E-04	1,17E-03	1,25E-03	1,16E-03	1,22E-03	1,46E-03	1,53E-03	1,44E-03	1,50E-03
104 Water, fresh water use (m3)	m3	1,80E-05	7,33E-06	7,10E-06	7,33E-06	7,04E-06	9,75E-06	9,34E-06	9,73E-06	9,28E-06	1,22E-05	1,16E-05	1,22E-05	1,15E-05
105 Waste, nonhazardous (kg)	kg	7,75E-02	8,89E-02	8,92E-02	8,89E-02	8,91E-02	1,17E-01	1,17E-01	1,17E-01	1,17E-01	1,44E-01	1,44E-01	1,44E-01	1,44E-01
106 Waste, hazardous (kg)	kg	1,02E-05	2,04E-05	2,49E-05	2,04E-05	2,36E-05	2,69E-05	3,07E-05	2,62E-05	2,94E-05	3,35E-05	3,65E-05	3,28E-05	3,52E-05

Tabel 25 Gekarakteriseerde resultaten hulpmaterieel per uur

Effectcategorie	Eenheid	Aggregaat, klein, benzine	Aggregaat, klein, diesel	Aggregaat, middel, benzine	Aggregaat, middel, diesel	Aggregaat, groot, benzine	Aggregaat, groot, diesel	Aggregaat hybride, klein, benzine	Aggregaat hybride, klein, diesel	Aggregaat hybride, middel, benzine	Aggregaat hybride, middel, diesel	Aggregaathernieuwbare energie, klein	Compressor 3.5-10.0 m3/min, diesel
		Per uur	Per uur	Per uur	Per uur	Per uur	Per uur	Per uur	Per uur	Per uur	Per uur	Per uur	Per uur
1 abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	1,15E-04	1,24E-04	3,64E-04	3,88E-04	1,28E-04	1,08E-04	1,74E-04	1,78E-04	9,15E-04	9,24E-04	2,14E-04	1,61E-05
2 abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	5,76E-01	6,25E-01	2,32E+00	2,51E+00	3,92E+00	4,25E+00	2,52E-01	2,72E-01	1,06E+00	1,14E+00	3,66E-02	2,35E-01
4 global warming (GWP)	kg CO <sub>2</sub> eq	8,70E+01	9,24E+01	3,50E+02	3,71E+02	5,91E+02	6,27E+02	3,79E+01	4,01E+01	1,59E+02	1,67E+02	5,26E+00	3,44E+01
5 ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	1,50E-05	1,66E-05	6,05E-05	6,71E-05	1,04E-04	1,15E-04	6,28E-06	6,94E-06	2,60E-05	2,86E-05	5,00E-07	5,99E-06
6 photochemical oxidation (POCP)	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	8,37E-02	8,72E-02	3,38E-01	3,52E-01	5,76E-01	6,00E-01	3,60E-02	3,74E-02	1,50E-01	1,56E-01	4,14E-03	1,13E-02
7 acidification (AP)	kg SO <sub>2</sub> eq	8,61E-01	9,33E-01	3,47E+00	3,76E+00	5,94E+00	6,43E+00	3,66E-01	3,95E-01	1,52E+00	1,63E+00	3,56E-02	1,01E-01
8 eutrophication (EP)	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq	1,86E-01	2,07E-01	7,52E-01	8,38E-01	1,29E+00	1,43E+00	7,90E-02	8,75E-02	3,28E-01	3,62E-01	7,51E-03	1,93E-02
9 human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	1,57E+01	1,66E+01	5,99E+01	6,31E+01	8,56E+01	8,89E+01	8,97E+00	9,32E+00	4,01E+01	4,14E+01	4,49E+00	8,52E+00
10 Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	4,43E-01	4,65E-01	1,75E+00	1,84E+00	2,84E+00	2,97E+00	2,23E-01	2,32E-01	9,78E-01	1,01E+00	7,66E-02	1,69E-01
12 Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	1,53E+03	1,63E+03	6,03E+03	6,41E+03	9,65E+03	1,02E+04	8,38E+02	8,78E+02	3,78E+03	3,93E+03	3,80E+02	5,64E+02
14 Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	5,38E-02	5,54E-02	2,03E-01	2,07E-01	2,76E-01	2,74E-01	3,18E-02	3,24E-02	1,43E-01	1,44E-01	1,71E-02	3,03E-02
101 Energy, primary, renewable (MJ)	MJ	9,68E+00	7,97E+00	3,57E+01	2,83E+01	4,42E+01	2,93E+01	1,26E+02	1,25E+02	7,46E+02	7,43E+02	2,03E+02	3,83E+00
102 Energy, primary, non-renewable (MJ)	MJ	1,30E+03	1,41E+03	5,23E+03	5,67E+03	8,90E+03	9,63E+03	5,63E+02	6,06E+02	2,35E+03	2,52E+03	7,16E+01	5,25E+02
103 Energy, primary (MJ)	MJ	1,31E+03	1,42E+03	5,27E+03	5,70E+03	8,95E+03	9,66E+03	6,89E+02	7,31E+02	3,10E+03	3,27E+03	2,75E+02	5,28E+02
104 Water, fresh water use (m3)	m3	9,68E-02	1,05E-01	3,77E-01	4,38E-01	5,81E-01	6,24E-01	6,58E-02	6,90E-02	3,13E-01	3,26E-01	4,51E-02	4,96E-02
105 Waste, nonhazardous (kg)	kg	1,43E+00	1,53E+00	4,98E+00	5,27E+00	4,49E+00	4,49E+00	1,06E+00	1,10E+00	4,94E+00	5,05E+00	8,18E-01	8,80E-01
106 Waste, hazardous (kg)	kg	9,14E-03	1,01E-02	3,66E-02	4,03E-02	6,14E-02	6,75E-02	5,65E-03	6,02E-03	2,66E-02	2,81E-02	3,33E-03	3,62E-03



### 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 bepalingmethode milieuprestatie gebouwen en GWW werken, gebruikgemaakt van de Milieu Kosten Indicator (MKI) om de verschillende effectcategorieën te wegen tot één eindpunt. In Tabel 26 t/m Tabel 37 zijn de gewogen resultaten weergegeven. Er is geen sprake van een hoofdproduct aangezien het processen betreft.

**Tabel 26 Gewogen resultaten wegtransport per tkm**

<i>Effectcategorie</i>	<i>Eenheid</i>	EURO4, diesel	EURO5, diesel	EURO5, biodiesel	EURO5, HVO	EURO5, GTL	EURO6, diesel	EURO6, biodiesel	EURO6, HVO	EURO6, GTL	Vrachtwagen op waterstof
		<i>Per tkm</i>	<i>Per tkm</i>	<i>Per tkm</i>	<i>Per tkm</i>	<i>Per tkm</i>	<i>Per tkm</i>	<i>Per tkm</i>	<i>Per tkm</i>	<i>Per tkm</i>	<i>Per tkm</i>
<i>Totaal</i>	<i>Euro</i>	€ 0,0109	€ 0,0096	€ 0,0087	€ 0,0081	€ 0,0099	€ 0,0090	€ 0,0080	€ 0,0076	€ 0,0094	€ 0,0076
1 abiotic depletion, non fuel (AD)	Euro	€ 0,0000	€ 0,0000	€ 0,0000	€ 0,0000	€ 0,0000	€ 0,0000	€ 0,0000	€ 0,0000	€ 0,0000	€ 0,0000
2 abiotic depletion, fuel (AD)	Euro	€ 0,0001	€ 0,0001	€ 0,0000	€ 0,0000	€ 0,0001	€ 0,0001	€ 0,0000	€ 0,0000	€ 0,0001	€ 0,0001
4 global warming (GWP)	Euro	€ 0,0045	€ 0,0043	€ 0,0019	€ 0,0020	€ 0,0049	€ 0,0043	€ 0,0020	€ 0,0021	€ 0,0050	€ 0,0027
5 ozone layer depletion (ODP)	Euro	€ 0,0000	€ 0,0000	€ 0,0000	€ 0,0000	€ 0,0000	€ 0,0000	€ 0,0000	€ 0,0000	€ 0,0000	€ 0,0000
6 photochemical oxidation (POCP)	Euro	€ 0,0001	€ 0,0001	€ 0,0001	€ 0,0001	€ 0,0001	€ 0,0001	€ 0,0001	€ 0,0001	€ 0,0001	€ 0,0001
7 acidification (AP)	Euro	€ 0,0014	€ 0,0012	€ 0,0015	€ 0,0011	€ 0,0010	€ 0,0009	€ 0,0011	€ 0,0008	€ 0,0007	€ 0,0008
8 eutrophication (EP)	Euro	€ 0,0006	€ 0,0006	€ 0,0013	€ 0,0008	€ 0,0005	€ 0,0003	€ 0,0011	€ 0,0006	€ 0,0003	€ 0,0003
9 human toxicity (HT)	Euro	€ 0,0037	€ 0,0027	€ 0,0025	€ 0,0028	€ 0,0027	€ 0,0027	€ 0,0026	€ 0,0028	€ 0,0027	€ 0,0032
10 Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	Euro	€ 0,0000	€ 0,0001	€ 0,0004	€ 0,0004	€ 0,0001	€ 0,0001	€ 0,0004	€ 0,0004	€ 0,0001	€ 0,0000
12 Ecotoxicity, marine water (MAETP)	Euro	€ 0,0004	€ 0,0005	€ 0,0005	€ 0,0005	€ 0,0005	€ 0,0005	€ 0,0005	€ 0,0005	€ 0,0005	€ 0,0004
14 Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	Euro	€ 0,0000	€ 0,0000	€ 0,0003	€ 0,0003	€ 0,0000	€ 0,0000	€ 0,0003	€ 0,0004	€ 0,0000	€ 0,0000

**Tabel 27 Gewogen resultaten Transport over water per tkm**

<i>Effectcategorie</i>	<i>Eenheid</i>	Binnenvaartschip	Zee vrachtschip
		<i>Per tkm</i>	<i>Per tkm</i>
<i>Totaal</i>	<i>Euro</i>	<b>€ 0,0056</b>	<b>€ 0,0023</b>
1 abiotic depletion, non fuel (AD)	Euro	€ 0,0000	€ 0,0000
2 abiotic depletion, fuel (AD)	Euro	€ 0,0000	€ 0,0000
4 global warming (GWP)	Euro	€ 0,0023	€ 0,0006
5 ozone layer depletion (ODP)	Euro	€ 0,0000	€ 0,0000
6 photochemical oxidation (POCP)	Euro	€ 0,0001	€ 0,0000
7 acidification (AP)	Euro	€ 0,0014	€ 0,0009
8 eutrophication (EP)	Euro	€ 0,0007	€ 0,0002
9 human toxicity (HT)	Euro	€ 0,0010	€ 0,0005
10 Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	Euro	€ 0,0000	€ 0,0000
12 Ecotoxicity, marine water (MAETP)	Euro	€ 0,0001	€ 0,0000
14 Ecotoxicity, terrestic (TETP)	Euro	€ 0,0000	€ 0,0000

**Tabel 28 Gewogen resultaten Transport per trein per tkm**

<i>Effectcategorie</i>	<i>Eenheid</i>	Vrachttrein, diesel	Vrachttrein, elektrisch
		<i>Per tkm</i>	<i>Per tkm</i>
<i>Totaal</i>	<i>Euro</i>	€ 0,0078	€ 0,0051
1 abiotic depletion, non fuel (AD)	Euro	€ 0,0000	€ 0,0000
2 abiotic depletion, fuel (AD)	Euro	€ 0,0001	€ 0,0000
4 global warming (GWP)	Euro	€ 0,0028	€ 0,0020
5 ozone layer depletion (ODP)	Euro	€ 0,0000	€ 0,0000
6 photochemical oxidation (POCP)	Euro	€ 0,0001	€ 0,0000
7 acidification (AP)	Euro	€ 0,0018	€ 0,0009
8 eutrophication (EP)	Euro	€ 0,0009	€ 0,0003
9 human toxicity (HT)	Euro	€ 0,0020	€ 0,0017
10 Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	Euro	€ 0,0000	€ 0,0000
12 Ecotoxicity, marine water (MAETP)	Euro	€ 0,0001	€ 0,0001
14 Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	Euro	€ 0,0000	€ 0,0000

**Tabel 29 Gewogen resultaten Hijsen per uur**

<i>Effectcategorie</i>	<i>Eenheid</i>	Telekraan, diesel	Telekraan, hybride	Torenkraan, diesel	Torenkraan, hybride	Dragline, diesel	Vrachtwagenkraan, diesel
		<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>
<i>Totaal</i>	<i>Euro</i>	<b>€ 15,93</b>	<b>€ 11,15</b>	<b>€ 9,56</b>	<b>€ 6,69</b>	<b>€ 7,97</b>	<b>€ 1,27</b>
1 abiotic depletion, non fuel (AD)	Euro	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
2 abiotic depletion, fuel (AD)	Euro	€ 0,19	€ 0,13	€ 0,11	€ 0,08	€ 0,09	€ 0,02
4 global warming (GWP)	Euro	€ 8,60	€ 6,02	€ 5,16	€ 3,61	€ 4,30	€ 0,69
5 ozone layer depletion (ODP)	Euro	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
6 photochemical oxidation (POCP)	Euro	€ 0,11	€ 0,08	€ 0,07	€ 0,05	€ 0,06	€ 0,01
7 acidification (AP)	Euro	€ 2,02	€ 1,41	€ 1,21	€ 0,85	€ 1,01	€ 0,16
8 eutrophication (EP)	Euro	€ 0,87	€ 0,61	€ 0,52	€ 0,36	€ 0,43	€ 0,07
9 human toxicity (HT)	Euro	€ 3,83	€ 2,68	€ 2,30	€ 1,61	€ 1,92	€ 0,31
10 Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	Euro	€ 0,03	€ 0,02	€ 0,02	€ 0,01	€ 0,01	€ 0,00
12 Ecotoxicity, marine water (MAETP)	Euro	€ 0,28	€ 0,20	€ 0,17	€ 0,12	€ 0,14	€ 0,02
14 Ecotoxicity, terrestic (TETP)	Euro	€ 0,01	€ 0,01	€ 0,01	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00

**Tabel 30 Gewogen resultaten bewerkingen, deel 1, per uur**

<i>Effectcategorie</i>	<i>Eenheid</i>	Aanleggen wegmarkering	Asfalt-betonzag	Asfaltfrees	Koudfrees (wegmarkering)	Slipformpaver	Wals, diesel
		<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>
<i>Totaal</i>	<i>Euro</i>	<b>€ 3,19</b>	<b>€ 4,78</b>	<b>€ 7,17</b>	<b>€ 3,19</b>	<b>€ 6,37</b>	<b>€ 3,19</b>
1 abiotic depletion, non fuel (AD)	Euro	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
2 abiotic depletion, fuel (AD)	Euro	€ 0,04	€ 0,06	€ 0,08	€ 0,04	€ 0,08	€ 0,04
4 global warming (GWP)	Euro	€ 1,72	€ 2,58	€ 3,87	€ 1,72	€ 3,44	€ 1,72
5 ozone layer depletion (ODP)	Euro	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
6 photochemical oxidation (POCP)	Euro	€ 0,02	€ 0,03	€ 0,05	€ 0,02	€ 0,05	€ 0,02
7 acidification (AP)	Euro	€ 0,40	€ 0,61	€ 0,91	€ 0,40	€ 0,81	€ 0,40
8 eutrophication (EP)	Euro	€ 0,17	€ 0,26	€ 0,39	€ 0,17	€ 0,35	€ 0,17
9 human toxicity (HT)	Euro	€ 0,77	€ 1,15	€ 1,72	€ 0,77	€ 1,53	€ 0,77
10 Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	Euro	€ 0,01	€ 0,01	€ 0,01	€ 0,01	€ 0,01	€ 0,01
12 Ecotoxicity, marine water (MAETP)	Euro	€ 0,06	€ 0,08	€ 0,13	€ 0,06	€ 0,11	€ 0,06
14 Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	Euro	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00

**Tabel 31 Gewogen resultaten bewerkingen, deel 2, per uur**

<i>Effectcategorie</i>	<i>Eenheid</i>	<i>Trilplaat 250-700kN, diesel</i>	<i>Trilplaat 13kN, diesel</i>	<i>Trilplaat, 13 kN, elektrisch</i>	<i>Trilnaald, elektrisch</i>	<i>Maaien, diesel</i>	<i>Maaien, elektrisch</i>
		<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>
<i>Totaal</i>	<i>Euro</i>	<b>€ 1,59</b>	<b>€ 0,48</b>	<b>€ 0,11</b>	<b>€ 0,11</b>	<b>€ 3,19</b>	<b>€ 1,99</b>
1 abiotic depletion, non fuel (AD)	Euro	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
2 abiotic depletion, fuel (AD)	Euro	€ 0,02	€ 0,01	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,04	€ 0,03
4 global warming (GWP)	Euro	€ 0,86	€ 0,26	€ 0,07	€ 0,07	€ 1,72	€ 1,28
5 ozone layer depletion (ODP)	Euro	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
6 photochemical oxidation (POCP)	Euro	€ 0,01	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,02	€ 0,01
7 acidification (AP)	Euro	€ 0,20	€ 0,06	€ 0,01	€ 0,01	€ 0,40	€ 0,26
8 eutrophication (EP)	Euro	€ 0,09	€ 0,03	€ 0,01	€ 0,01	€ 0,17	€ 0,13
9 human toxicity (HT)	Euro	€ 0,38	€ 0,11	€ 0,01	€ 0,01	€ 0,77	€ 0,24
10 Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	Euro	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,01	€ 0,00
12 Ecotoxicity, marine water (MAETP)	Euro	€ 0,03	€ 0,01	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,06	€ 0,03
14 Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	Euro	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,01

**Tabel 32 Gewogen resultaten Verplaatsen, deel 1, graafmachines per uur**

<i>Effectcategorie</i>	<i>Eenheid</i>	Cat IIIB, biodiesel	Cat IIIB, diesel	Cat IIIB, GTL	Cat IIIB, HVO	Cat IV, biodiesel	Cat IV, diesel	Cat IV, GTL	Cat IV, HVO	Cat V, biodiesel	Cat V, diesel	Cat V, GTL	Cat V, HVO
		<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>
<i>Totaal</i>	<i>Euro</i>	<b>€ 4,11</b>	<b>€ 4,31</b>	<b>€ 4,25</b>	<b>€ 3,25</b>	<b>€ 3,81</b>	<b>€ 4,04</b>	<b>€ 3,99</b>	<b>€ 3,00</b>	<b>€ 3,81</b>	<b>€ 4,04</b>	<b>€ 3,99</b>	<b>€ 3,00</b>
1 abiotic depletion, non fuel (AD)	Euro	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
2 abiotic depletion, fuel (AD)	Euro	€ 0,02	€ 0,05	€ 0,07	€ 0,01	€ 0,02	€ 0,05	€ 0,07	€ 0,01	€ 0,02	€ 0,05	€ 0,07	€ 0,01
4 global warming (GWP)	Euro	€ 1,03	€ 2,33	€ 2,58	€ 0,95	€ 1,05	€ 2,35	€ 2,60	€ 0,97	€ 1,05	€ 2,35	€ 2,60	€ 0,97
5 ozone layer depletion (ODP)	Euro	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
6 photochemical oxidation (POCP)	Euro	€ 0,03	€ 0,03	€ 0,02	€ 0,03	€ 0,03	€ 0,03	€ 0,02	€ 0,03	€ 0,03	€ 0,03	€ 0,02	€ 0,03
7 acidification (AP)	Euro	€ 0,74	€ 0,55	€ 0,43	€ 0,46	€ 0,53	€ 0,36	€ 0,24	€ 0,28	€ 0,53	€ 0,36	€ 0,24	€ 0,28
8 eutrophication (EP)	Euro	€ 0,71	€ 0,24	€ 0,21	€ 0,39	€ 0,59	€ 0,12	€ 0,10	€ 0,28	€ 0,59	€ 0,12	€ 0,10	€ 0,28
9 human toxicity (HT)	Euro	€ 1,04	€ 1,04	€ 0,92	€ 0,96	€ 1,05	€ 1,04	€ 0,94	€ 0,98	€ 1,05	€ 1,04	€ 0,94	€ 0,98
10 Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	Euro	€ 0,25	€ 0,01	€ 0,00	€ 0,21	€ 0,25	€ 0,01	€ 0,00	€ 0,21	€ 0,25	€ 0,01	€ 0,00	€ 0,21
12 Ecotoxicity, marine water (MAETP)	Euro	€ 0,07	€ 0,08	€ 0,03	€ 0,05	€ 0,07	€ 0,08	€ 0,03	€ 0,05	€ 0,07	€ 0,08	€ 0,03	€ 0,05
14 Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	Euro	€ 0,21	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,19	€ 0,21	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,19	€ 0,21	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,19

**Tabel 33 Gewogen resultaten Verplaatsen, deel 2, processen per uur**

<i>Effectcategorie</i>	<i>Eenheid</i>	Betonmixer- pompwagen combinatie, diesel	Betonmixer- pompwagen combinatie, hybride	Bulldozer, diesel	Bulldozer, hybride	Dumper, diesel	Dumper, hybride	Graafmachine (klein), 28 kW, diesel	Graafmachine (klein), 28 kW, elektrisch	Ponton	Trekker (klein), 40 kW	Werkvlet, diesel
		<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>
<i>Totaal</i>	<i>Euro</i>	<b>€ 4,46</b>	<b>€ 2,94</b>	<b>€ 6,74</b>	<b>€ 4,72</b>	<b>€ 20,39</b>	<b>€ 14,28</b>	<b>€ 2,87</b>	<b>€ 0,91</b>	<b>€ 0,00</b>	<b>€ 3,87</b>	<b>€ 6,37</b>
1 abiotic depletion, non fuel (AD)	Euro	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
2 abiotic depletion, fuel (AD)	Euro	€ 0,05	€ 0,04	€ 0,08	€ 0,06	€ 0,24	€ 0,17	€ 0,03	€ 0,01	€ 0,00	€ 0,05	€ 0,08
4 global warming (GWP)	Euro	€ 2,41	€ 1,66	€ 3,64	€ 2,55	€ 11,00	€ 7,70	€ 1,55	€ 0,58	€ 0,00	€ 2,09	€ 3,44
5 ozone layer depletion (ODP)	Euro	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
6 photochemical oxidation (POCP)	Euro	€ 0,03	€ 0,02	€ 0,05	€ 0,03	€ 0,14	€ 0,10	€ 0,02	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,03	€ 0,05
7 acidification (AP)	Euro	€ 0,56	€ 0,37	€ 0,85	€ 0,60	€ 2,58	€ 1,81	€ 0,36	€ 0,12	€ 0,00	€ 0,49	€ 0,81
8 eutrophication (EP)	Euro	€ 0,24	€ 0,17	€ 0,37	€ 0,26	€ 1,11	€ 0,78	€ 0,16	€ 0,06	€ 0,00	€ 0,21	€ 0,35
9 human toxicity (HT)	Euro	€ 1,07	€ 0,62	€ 1,62	€ 1,13	€ 4,90	€ 3,43	€ 0,69	€ 0,11	€ 0,00	€ 0,93	€ 1,53
10 Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	Euro	€ 0,01	€ 0,00	€ 0,01	€ 0,01	€ 0,03	€ 0,02	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,01	€ 0,01
12 Ecotoxicity, marine water (MAETP)	Euro	€ 0,08	€ 0,05	€ 0,12	€ 0,08	€ 0,36	€ 0,25	€ 0,05	€ 0,01	€ 0,00	€ 0,07	€ 0,11
14 Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	Euro	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,01	€ 0,01	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00



**Tabel 34 Gewogen resultaten Verplaatsen, deel 3, processen per functionele eenheid (uur of tkm)**

<i>Effectcategorie</i>	<i>Eenheid</i>	Sleephopper- zuiger, MDO	Sleephopper- zuiger, LNG	Sleephopper- zuiger, HVO	Sleephopper- zuiger, Bio-LNG	Sleephopper- zuiger, GTL	Sleephopper- zuiger, HFO	Sleephopper- zuiger, Waterstof	Hydraulisch zandtransport	Wiellaadschop, diesel	Wiellaadschop, elektrisch
		<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per tkm</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>
<b>Totaal</b>	<b>Euro</b>	<b>€ 403,96</b>	<b>€ 148,99</b>	<b>€ 251,45</b>	<b>€ 191,42</b>	<b>€ 330,03</b>	<b>€ 490,34</b>	<b>€ 115,25</b>	<b>€ 0,52</b>	<b>€ 6,21</b>	<b>€ 0,75</b>
1 abiotic depletion, non fuel (AD)	Euro	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
2 abiotic depletion, fuel (AD)	Euro	€ 2,74	€ 2,89	€ 0,60	€ 0,90	€ 3,71	€ 2,74	€ 1,45	€ 0,00	€ 0,07	€ 0,01
4 global warming (GWP)	Euro	€ 131,81	€ 120,21	€ 32,88	€ 99,12	€ 166,51	€ 137,91	€ 44,17	€ 0,20	€ 3,35	€ 0,48
5 ozone layer depletion (ODP)	Euro	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
6 photochemical oxidation (POCP)	Euro	€ 4,01	€ 1,81	€ 2,55	€ 2,41	€ 2,54	€ 4,10	€ 0,71	€ 0,01	€ 0,04	€ 0,00
7 acidification (AP)	Euro	€ 104,04	€ 8,99	€ 88,58	€ 34,23	€ 79,65	€ 114,94	€ 12,50	€ 0,12	€ 0,79	€ 0,10
8 eutrophication (EP)	Euro	€ 53,02	€ 4,82	€ 52,36	€ 18,76	€ 44,25	€ 59,69	€ 4,47	€ 0,06	€ 0,34	€ 0,05
9 human toxicity (HT)	Euro	€ 86,05	€ 7,92	€ 44,27	€ 30,75	€ 30,96	€ 113,42	€ 46,72	€ 0,13	€ 1,49	€ 0,09
10 Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	Euro	€ 1,27	€ 0,18	€ 6,04	€ 0,24	€ 0,55	€ 2,87	€ 0,27	€ 0,00	€ 0,01	€ 0,00
12 Ecotoxicity, marine water (MAETP)	Euro	€ 20,18	€ 1,93	€ 18,86	€ 4,40	€ 1,51	€ 53,07	€ 4,23	€ 0,01	€ 0,11	€ 0,01
14 Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	Euro	€ 0,84	€ 0,24	€ 5,31	€ 0,60	€ 0,34	€ 1,59	€ 0,71	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00

**Tabel 35 Gewogen resultaten Heien en Slopen, processen per uur**

<i>Effectcategorie</i>	<i>Eenheid</i>	Heistelling, hydraulisch, heien/trillen, diesel	Heistelling, hydraulisch, schroeven, diesel	Graafmachine met sloophamer/knijper/grijper, diesel	Mobiele puinbreker, diesel	Mobiele puinbreker, hybride
		<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>
<i>Totaal</i>	<i>Euro</i>	<b>€ 5,10</b>	<b>€ 5,10</b>	<b>€ 9,98</b>	<b>€ 11,15</b>	<b>€ 4,14</b>
1 abiotic depletion, non fuel (AD)	Euro	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
2 abiotic depletion, fuel (AD)	Euro	€ 0,06	€ 0,06	€ 0,12	€ 0,13	€ 0,05
4 global warming (GWP)	Euro	€ 2,75	€ 2,75	€ 5,38	€ 6,02	€ 2,24
5 ozone layer depletion (ODP)	Euro	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
6 photochemical oxidation (POCP)	Euro	€ 0,04	€ 0,04	€ 0,07	€ 0,08	€ 0,03
7 acidification (AP)	Euro	€ 0,65	€ 0,65	€ 1,26	€ 1,41	€ 0,52
8 eutrophication (EP)	Euro	€ 0,28	€ 0,28	€ 0,54	€ 0,61	€ 0,23
9 human toxicity (HT)	Euro	€ 1,23	€ 1,23	€ 2,40	€ 2,68	€ 1,00
10 Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	Euro	€ 0,01	€ 0,01	€ 0,02	€ 0,02	€ 0,01
12 Ecotoxicity, marine water (MAETP)	Euro	€ 0,09	€ 0,09	€ 0,18	€ 0,20	€ 0,07
14 Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	Euro	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,01	€ 0,01	€ 0,00

**Tabel 36 Gewogen resultaten personenvervoer per km**

<i>Effectcategorie</i>	<i>Eenheid</i>	Elektrisch personenvervoer	Klein, EURO4, diesel	Klein, EURO4, benzine	Klein, EURO5, diesel	Klein, EURO5, benzine	Middel, EURO4, diesel	Middel, EURO4, benzine	Middel, EURO5, diesel	Middel, EURO5, benzine	Groot / bestelbus, EURO4, diesel	Groot / bestelbus, EURO4, benzine	Groot / bestelbus, EURO5, diesel	Groot / bestelbus, EURO5, benzine
		<i>Per km</i>	<i>Per km</i>	<i>Per km</i>	<i>Per km</i>	<i>Per km</i>	<i>Per km</i>	<i>Per km</i>	<i>Per km</i>	<i>Per km</i>	<i>Per km</i>	<i>Per km</i>	<i>Per km</i>	<i>Per km</i>
<i>Totaal</i>	<i>Euro</i>	<b>€ 0,036</b>	<b>€ 0,036</b>	<b>€ 0,038</b>	<b>€ 0,037</b>	<b>€ 0,037</b>	<b>€ 0,048</b>	<b>€ 0,048</b>	<b>€ 0,048</b>	<b>€ 0,047</b>	<b>€ 0,060</b>	<b>€ 0,059</b>	<b>€ 0,059</b>	<b>€ 0,057</b>
1 abiotic depletion, non fuel (AD)	<i>Euro</i>	€ 0,000	€ 0,000	€ 0,000	€ 0,000	€ 0,000	€ 0,000	€ 0,000	€ 0,000	€ 0,000	€ 0,000	€ 0,000	€ 0,000	€ 0,000
2 abiotic depletion, fuel (AD)	<i>Euro</i>	€ 0,000	€ 0,000	€ 0,000	€ 0,000	€ 0,000	€ 0,000	€ 0,000	€ 0,000	€ 0,000	€ 0,000	€ 0,000	€ 0,000	€ 0,000
4 global warming (GWP)	<i>Euro</i>	€ 0,012	€ 0,012	€ 0,014	€ 0,012	€ 0,014	€ 0,015	€ 0,018	€ 0,015	€ 0,017	€ 0,019	€ 0,021	€ 0,019	€ 0,020
5 ozone layer depletion (ODP)	<i>Euro</i>	€ 0,000	€ 0,000	€ 0,000	€ 0,000	€ 0,000	€ 0,000	€ 0,000	€ 0,000	€ 0,000	€ 0,000	€ 0,000	€ 0,000	€ 0,000
6 photochemical oxidation (POCP)	<i>Euro</i>	€ 0,001	€ 0,000	€ 0,000	€ 0,000	€ 0,000	€ 0,000	€ 0,000	€ 0,000	€ 0,000	€ 0,000	€ 0,001	€ 0,000	€ 0,001
7 acidification (AP)	<i>Euro</i>	€ 0,005	€ 0,004	€ 0,003	€ 0,004	€ 0,003	€ 0,004	€ 0,004	€ 0,005	€ 0,004	€ 0,005	€ 0,005	€ 0,006	€ 0,005
8 eutrophication (EP)	<i>Euro</i>	€ 0,002	€ 0,002	€ 0,001	€ 0,002	€ 0,001	€ 0,002	€ 0,001	€ 0,002	€ 0,001	€ 0,002	€ 0,002	€ 0,002	€ 0,002
9 human toxicity (HT)	<i>Euro</i>	€ 0,015	€ 0,018	€ 0,018	€ 0,018	€ 0,017	€ 0,025	€ 0,023	€ 0,024	€ 0,023	€ 0,031	€ 0,029	€ 0,031	€ 0,028
10 Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	<i>Euro</i>	€ 0,000	€ 0,000	€ 0,000	€ 0,000	€ 0,000	€ 0,000	€ 0,000	€ 0,000	€ 0,000	€ 0,000	€ 0,000	€ 0,000	€ 0,000
12 Ecotoxicity, marine water (MAETP)	<i>Euro</i>	€ 0,001	€ 0,001	€ 0,001	€ 0,001	€ 0,001	€ 0,001	€ 0,001	€ 0,001	€ 0,001	€ 0,001	€ 0,001	€ 0,001	€ 0,001
14 Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	<i>Euro</i>	€ 0,000	€ 0,000	€ 0,000	€ 0,000	€ 0,000	€ 0,000	€ 0,000	€ 0,000	€ 0,000	€ 0,000	€ 0,000	€ 0,000	€ 0,000

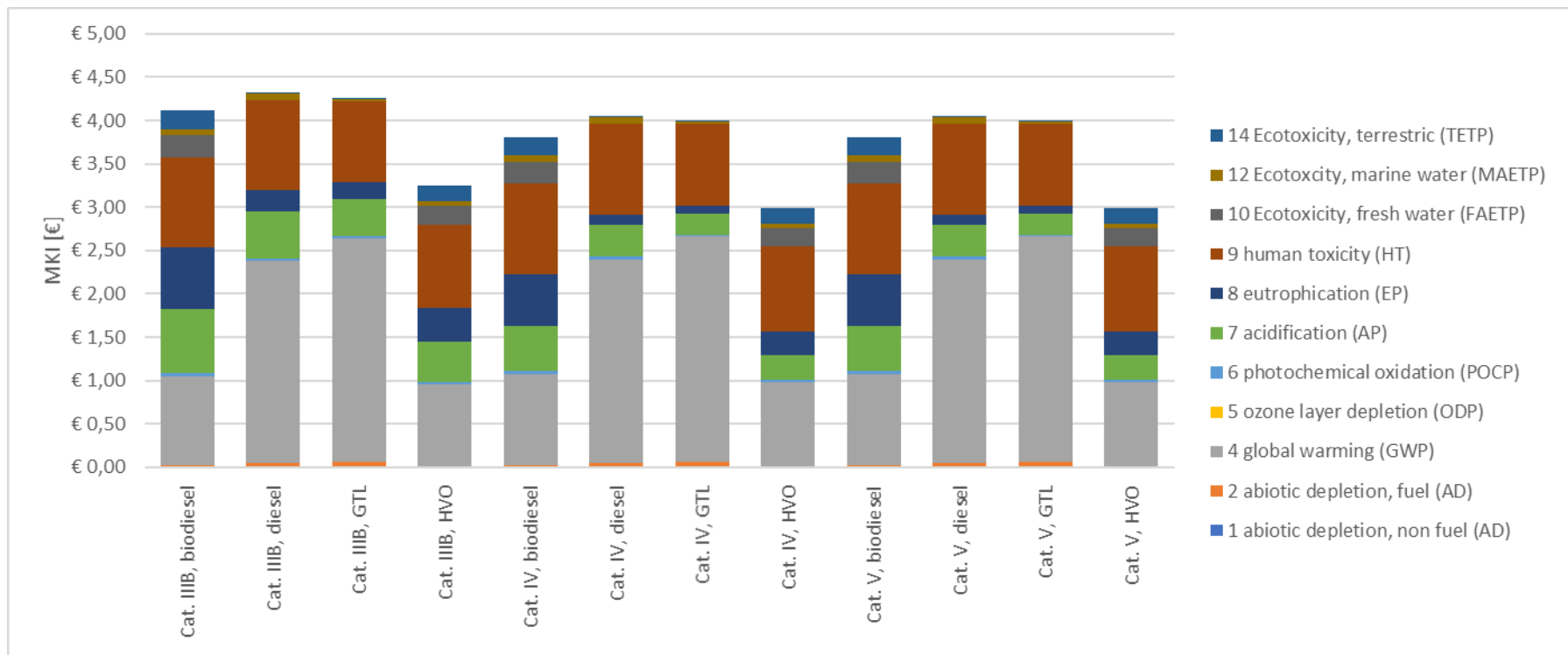
**Tabel 37 Gewogen resultaten hulpmaterieel per uur**

<i>Effectcategorie</i>	<i>Eenheid</i>	Aggregaat, klein, benzine	Aggregaat, klein, diesel	Aggregaat, middel, benzine	Aggregaat, middel, diesel	Aggregaat, groot, benzine	Aggregaat, groot, diesel	Aggregaat hybride, klein, benzine	Aggregaat hybride, klein, diesel	Aggregaat hybride, middel, benzine	Aggregaat hybride, middel, diesel	Aggregaat hernieuwbare energie, klein	Compressor 3.5-10.0 m3/min, diesel
		<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>	<i>Per uur</i>
<i>Totaal</i>	<i>Euro</i>	<b>€ 11,31</b>	<b>€ 12,17</b>	<b>€ 45,25</b>	<b>€ 48,65</b>	<b>€ 75,46</b>	<b>€ 80,99</b>	<b>€ 5,08</b>	<b>€ 5,43</b>	<b>€ 21,46</b>	<b>€ 22,82</b>	<b>€ 0,93</b>	<b>€ 3,19</b>
1 abiotic depletion, non fuel (AD)	<i>Euro</i>	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
2 abiotic depletion, fuel (AD)	<i>Euro</i>	€ 0,09	€ 0,10	€ 0,37	€ 0,40	€ 0,63	€ 0,68	€ 0,04	€ 0,04	€ 0,17	€ 0,18	€ 0,01	€ 0,04
4 global warming (GWP)	<i>Euro</i>	€ 4,35	€ 4,62	€ 17,48	€ 18,57	€ 29,56	€ 31,36	€ 1,90	€ 2,01	€ 7,94	€ 8,37	€ 0,26	€ 1,72
5 ozone layer depletion (ODP)	<i>Euro</i>	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
6 photochemical oxidation (POCP)	<i>Euro</i>	€ 0,17	€ 0,17	€ 0,68	€ 0,70	€ 1,15	€ 1,20	€ 0,07	€ 0,07	€ 0,30	€ 0,31	€ 0,01	€ 0,02
7 acidification (AP)	<i>Euro</i>	€ 3,44	€ 3,73	€ 13,90	€ 15,05	€ 23,75	€ 25,71	€ 1,46	€ 1,58	€ 6,07	€ 6,53	€ 0,14	€ 0,40
8 eutrophication (EP)	<i>Euro</i>	€ 1,68	€ 1,87	€ 6,76	€ 7,54	€ 11,59	€ 12,91	€ 0,71	€ 0,79	€ 2,95	€ 3,26	€ 0,07	€ 0,17
9 human toxicity (HT)	<i>Euro</i>	€ 1,41	€ 1,49	€ 5,39	€ 5,68	€ 7,71	€ 8,00	€ 0,81	€ 0,84	€ 3,61	€ 3,73	€ 0,40	€ 0,77
10 Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	<i>Euro</i>	€ 0,01	€ 0,01	€ 0,05	€ 0,06	€ 0,09	€ 0,09	€ 0,01	€ 0,01	€ 0,03	€ 0,03	€ 0,00	€ 0,01
12 Ecotoxicity, marine water (MAETP)	<i>Euro</i>	€ 0,15	€ 0,16	€ 0,60	€ 0,64	€ 0,97	€ 1,02	€ 0,08	€ 0,09	€ 0,38	€ 0,39	€ 0,04	€ 0,06
14 Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	<i>Euro</i>	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,01	€ 0,01	€ 0,02	€ 0,02	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,01	€ 0,01	€ 0,00	€ 0,00

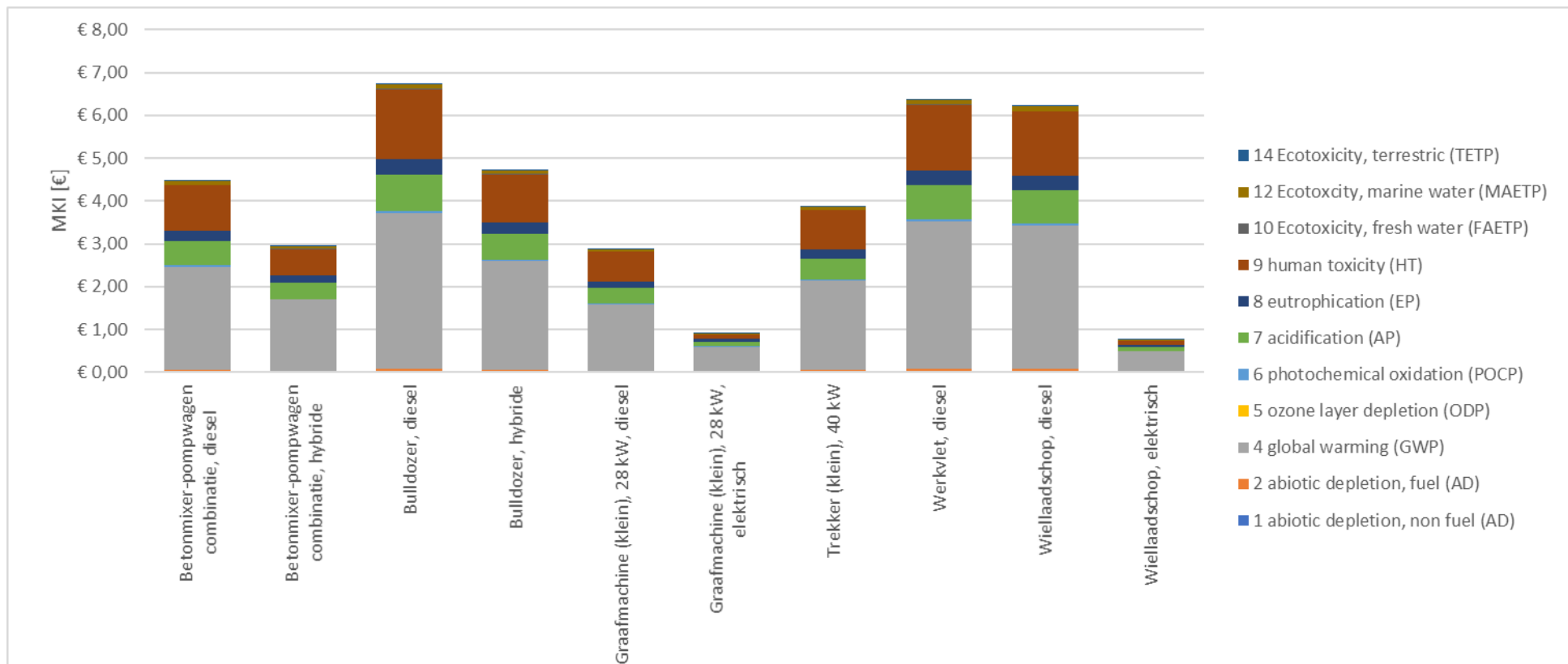
#### **4.4 Zwaartepuntanalyse**

Aangezien dit rapport over processen gaat, en geen levenscyclus van een product wordt geanalyseerd is een zwaartepunt analyse op basis van levenscyclusfase niet van toepassing. In plaats daarvan is een zwaartepunt analyse naar impactcategorie gemaakt voor een deel van de processen. In Figuur 1 is een zwaartepuntanalyse van de graafmachines van verschillende categorieën en typen brandstof weergegeven; In Figuur 2 en Figuur 3 is een zwaartepuntanalyse van een selectie andere processen weergegeven. Vervolgens is een vergelijking van transportprocessen weergegeven in Figuur 4 en Figuur 5 van respectievelijk wegtransport en transport over water.

Ongeacht het de categorie of type graafmachine, de grootste impact wordt veroorzaakt in Global warming en Humane toxiciteit. Het verschil tussen categorie IV en categorie V machines is zeer klein (na 4 cijfers achter de komma), maar weldegelijk aanwezig.

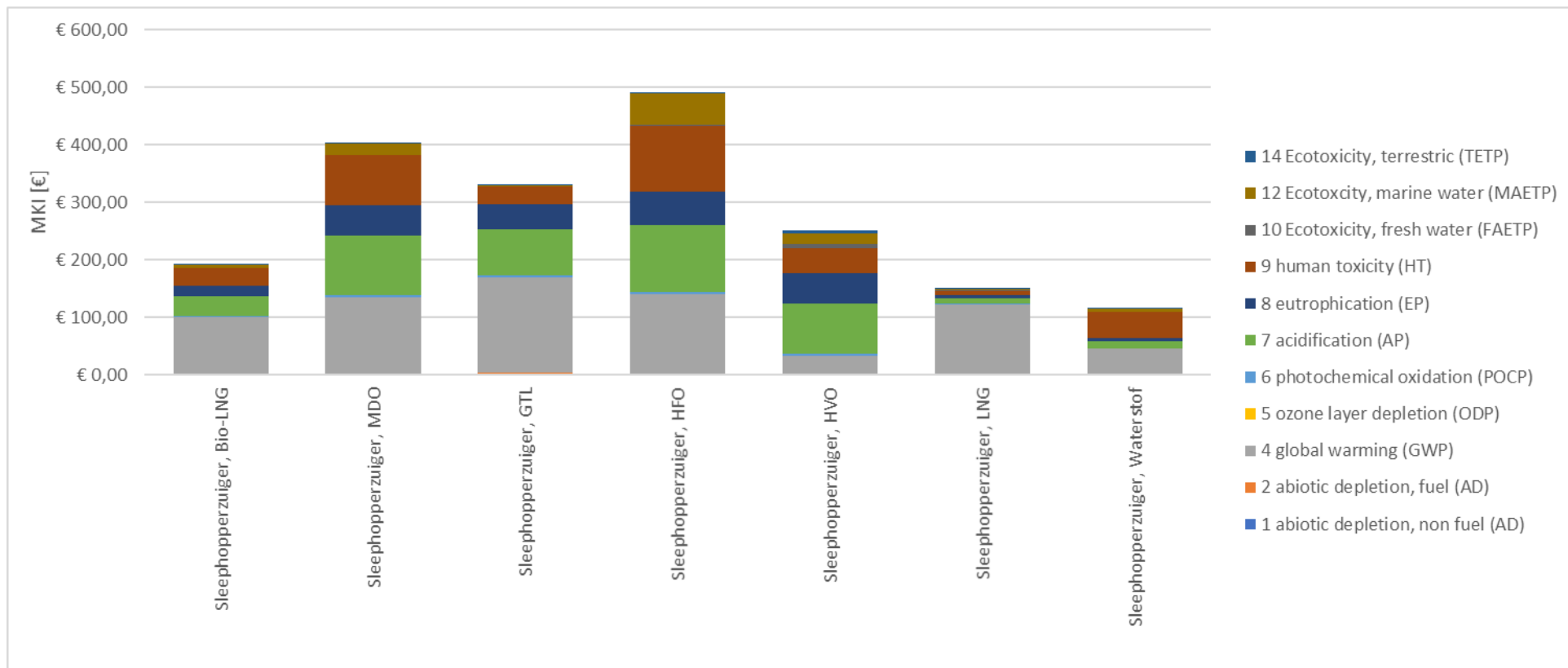


Figuur 1 Zwaartepuntanalyse Graafmachines per uur



**Figuur 2 Zwaartepuntanalyse selectie andere processen per uur**

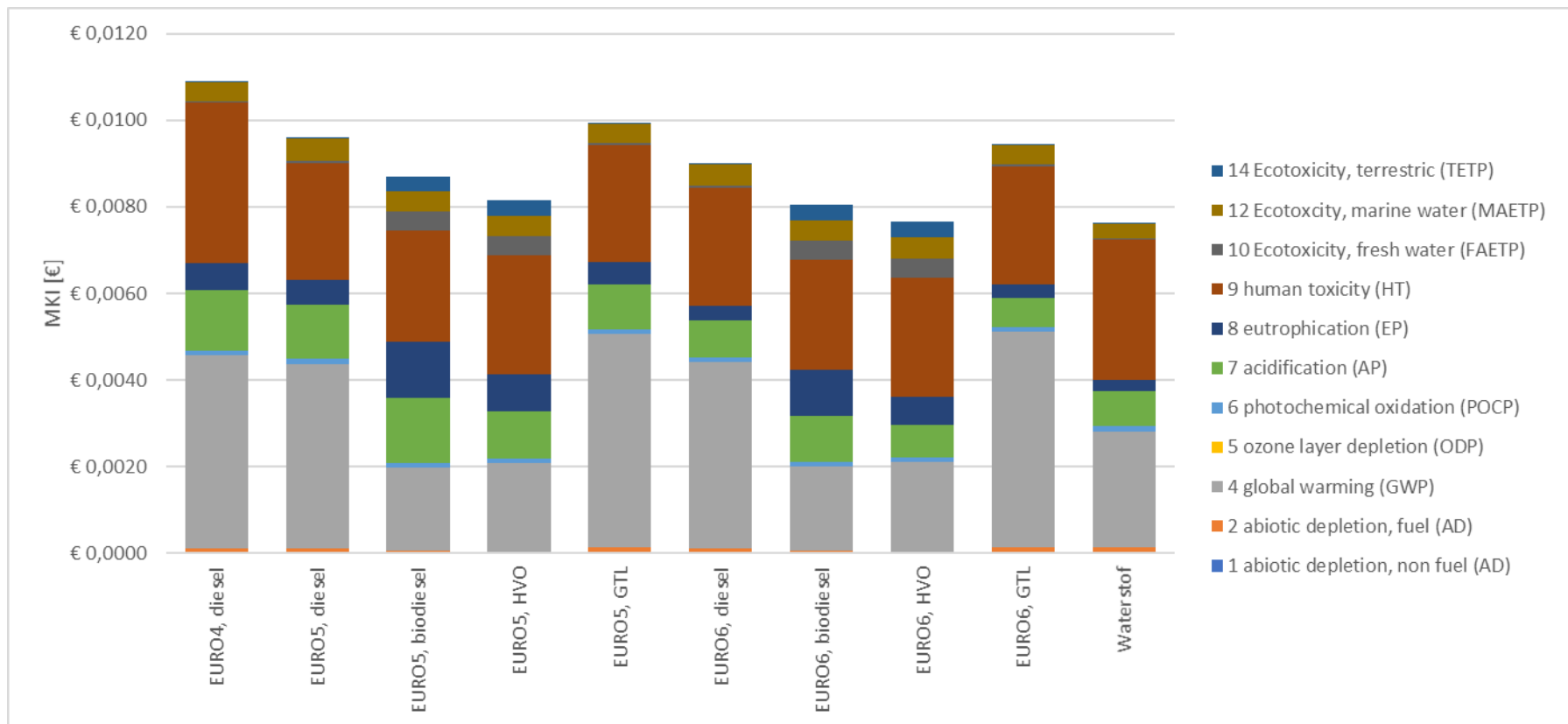
De zwaartepuntanalyse van de overige selectie processen laat een verspreider beeld zien. Dit komt met name vanwege het meer uiteenlopende brandstofverbruik. Wel opvallend is de significant lagere impact van de elektrische processen vergeleken met hun variant met diesel.



**Figuur 3 Zwaartepuntanalyse sleephopperzuigers per uur**

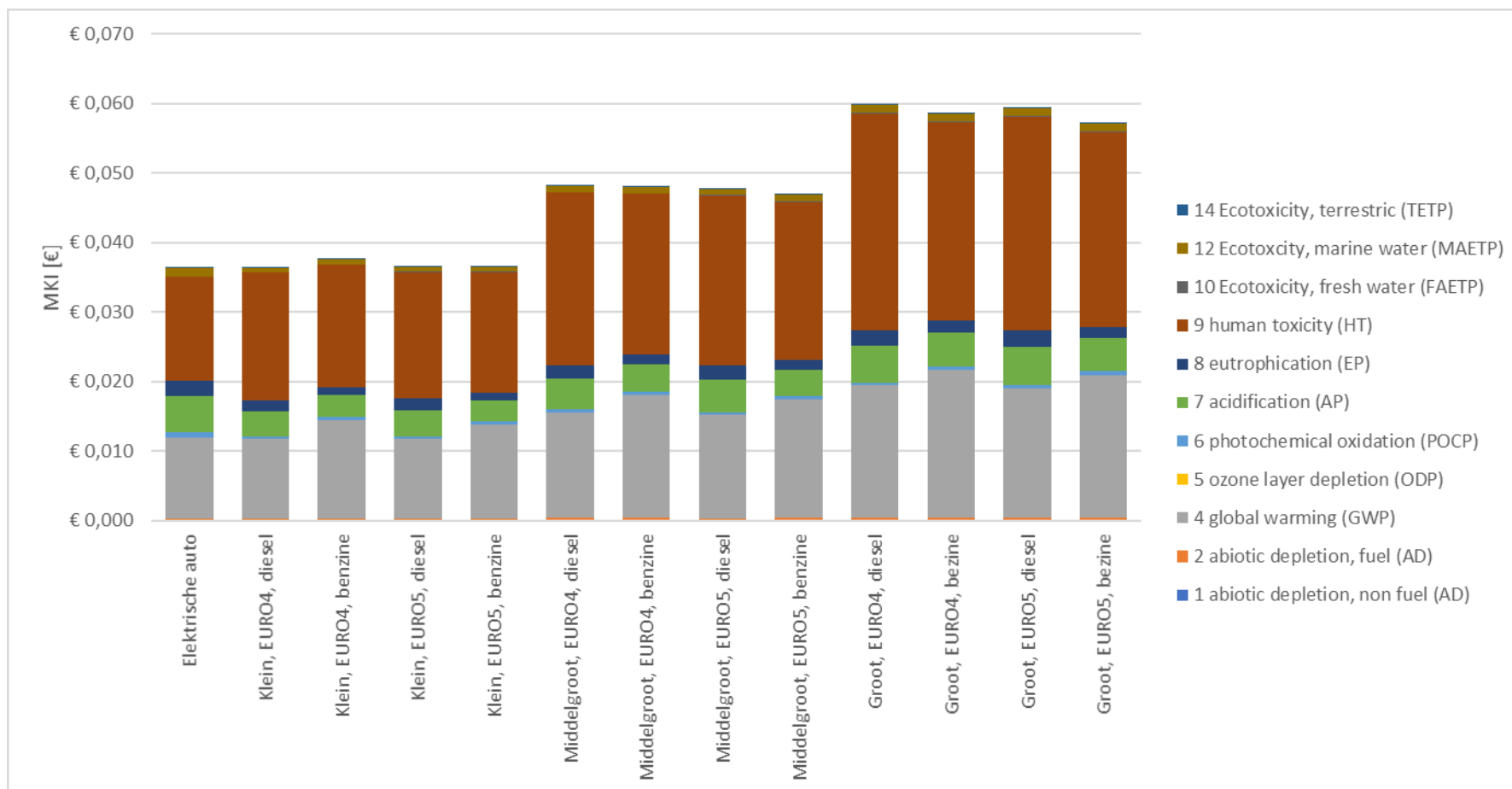
De baggeraars laten eveneens een vrij verspreid beeld zien. Een combinatie het brandstofverbruik, afhankelijk van de energie inhoud van de brandstof, en het profiel per brandstof zijn de verklaring hiervoor. Traditionele brandstoffen zoals Marine Diesel Oil en Heavy Fuel Oil scoren slecht, terwijl meer duurzame alternatieven, zoals te verwachten is, flink beter scoren. Dat wordt verklaard door een scala aan factoren, meest opvallend bij de duurzame varianten zijn een lager Global Warming Potential, lagere verzuring en lagere uitstoot van toxische stoffen.





**Figuur 4 Zwaartepuntanalyse wegtransport per tkm**

De grootste impact van het wegtransport, net als bij de graafmachines, veroorzaakt in Global Warming en Humane toxiciteit. Ook voor vrachtwagens geldt dat het verschil tussen EURO5 en EURO6 zeer klein is. De stap van EURO4 naar EURO5 laat een grotere verduurzamingsstap zien. Opvallend is dat waterstof weinig verschilt met de duurzamere EURO6 vrachtwagens. Dit is te verklaren omdat het leeuwendeel van de waterstof op het moment d.m.v. steam reforming wordt geproduceerd. Methaan (aardgas) wordt hierbij omgezet tot H<sub>2</sub> en CO<sub>2</sub>. Zodra waterstof op grotere schaal kan worden geproduceerd met duurzame elektriciteit, zal de waterstof vrachtwagen een lagere MKI krijgen. Ondanks de toch kleine verschillen is deze grafiek gemaakt op basis van de functionele eenheid: ton kilometers. Bij een transport afstand van enkele tientallen of honderden kilometers zal verschil tussen de verschillende categorieën en brandstoffen duidelijker naar voren komen.



**Figuur 5 Zwaartepuntanalyse personenvervoer per km**

Tot slot wordt in Figuur 5 een blik geworpen op de zwaartepunten van het personenvervoer. Opvallend is dat de relatieve verschillen tussen brandstof en EURO-klasse nihil zijn. Het grootste onderscheid wordt veroorzaakt door de gewichtsklasse van de personenauto. De belangrijkste milieu-impacten worden, net zoals bij het vrachtvervoer, veroorzaakt in de categorieën Global Warming en Humane toxiciteit. Ook hier geldt dat de grafiek is gemaakt op basis van het personenvervoer van 1 km. Bij grotere afstanden zullen de absolute verschillen binnen de gewichtsklasse duidelijker worden. Ondanks de oude data geeft de elektrische auto de laagste MKI, al bedraagt het verschil met de eerst volgende meest zuinige auto (klein, EURO4, diesel) slechts €0,0000168 per km.

## 4.5 Gevoeligheidsanalyse

Geen gevoeligheidsanalyse nodig.

## 5 Referenties

- [1] NEN-EN-ISO 14040 Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework (ISO 14040:2006,IDT), juli 2006
- [2] NEN-EN-ISO 14044 Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines (ISO 14044:2006,IDT), juli 2006
- [3] NEN-EN 15804+A1:2013 Duurzaamheid van bouwwerken – Milieuverklaringen van producten – Basisregels voor de productgroep bouwproducten, november 2013
- [4] Bepalingsmethode Milieuprestatie Gebouwen en GWW werken versie 3.0, januari 2019
- [5] Processendatabase Nationale Milieudatabase (NMD) versie 3.1
- [6] Ecoinvent Database versie 3.5
- [7] CROW, 2015. Standaard RAW Bepalingen 2015.
- [8] TNO, 2018. 20 LCA's van brandstof-machinecombinaties, R10658, juni 2018
- [9] TNO, 2016. Milieuprofielen van scheepsbrandstoffen, R10662, mei 2016





Effectcategorie	Eenheid	Graafmachine, categorie V, diesel, per liter, c2	Graafmachine, categorie V, ongemixte biodiesel, per liter, c2	Graafmachine, categorie V, ongemixte HVO, per liter, c2	Graafmachine, categorie V, GTL, per liter, c2
Totaal	Euro	€ 0,30	€ 0,26	€ 0,21	€ 0,28
1 abiotic depletion, non fuel (AD)	Euro	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
2 abiotic depletion, fuel (AD)	Euro	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
4 global warming (GWP)	Euro	€ 0,17	€ 0,07	€ 0,07	€ 0,18
5 ozone layer depletion (ODP)	Euro	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
6 photochemical oxidation (POCP)	Euro	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
7 acidification (AP)	Euro	€ 0,03	€ 0,04	€ 0,02	€ 0,02
8 eutrophication (EP)	Euro	€ 0,01	€ 0,04	€ 0,02	€ 0,01
9 human toxicity (HT)	Euro	€ 0,08	€ 0,07	€ 0,07	€ 0,07
10 Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	Euro	€ 0,00	€ 0,02	€ 0,02	€ 0,00
12 Ecotoxicity, marine water (MAETP)	Euro	€ 0,01	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
14 Ecotoxicity, terrestic (TETP)	Euro	€ 0,00	€ 0,01	€ 0,01	€ 0,00
1 abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb eq	1,76E-06	3,88E-06	2,24E-06	5,11E-06
2 abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb eq	2,38E-02	8,44E-03	5,53E-03	2,98E-02
4 global warming (GWP)	kg CO2 eq	3,47E+00	1,44E+00	1,38E+00	3,68E+00
5 ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	6,04E-07	1,38E-07	8,67E-08	5,32E-08
6 photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	1,14E-03	1,17E-03	1,00E-03	7,45E-04
7 acidification (AP)	kg SO2 eq	6,65E-03	9,00E-03	4,96E-03	4,24E-03
8 eutrophication (EP)	kg PO4--- eq	1,02E-03	4,46E-03	2,18E-03	7,49E-04
9 human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	8,55E-01	7,99E-01	7,76E-01	7,38E-01
10 Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	1,71E-02	5,69E-01	5,10E-01	5,95E-03
12 Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	5,74E+01	4,79E+01	3,37E+01	2,26E+01
14 Ecotoxicity, terrestic (TETP)	kg 1,4-DB eq	3,07E-03	2,44E-01	2,25E-01	2,99E-03
PERT	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
PENRT	MJ	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Water consumption (FW)	m3	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Hazardous waste (HWD)	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Non hazardous waste (NHWD)	kg	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00