



Ongetoetst LCA-rapport voor keerwand

In opdracht van Unie van Waterschappen



Committed to the Environment

Ongetoetst LCA-rapport voor keerwand

In opdracht van Unie van Waterschappen

De analyse is opgesteld en rapport geschreven door: Martijn Broeren, Maarten Bruinsma, CE Delft
Interne review door: Marijn Bijleveld, CE Delft

Delft, CE Delft, juli 2020
Publicatienummer: 20.190163.095I

Levenscyclusanalyse, Waterschappen, Bouwelementen, Nationale Milieudatabase, Dubocalc, Categorie 3

Opdrachtgever: Unie van Waterschappen

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij de projectleider Ingrid Odegard (CE Delft)

© copyright, CE Delft, Delft

CE Delft

Committed to the Environment

CE Delft draagt met onafhankelijk onderzoek en advies bij aan een duurzame samenleving. Wij zijn toonaangevend op het gebied van energie, transport en grondstoffen. Met onze kennis van techniek, beleid en economie helpen we overheden, NGO's en bedrijven structurele veranderingen te realiseren. Al 40 jaar werken betrokken en kundige medewerkers bij CE Delft om dit waar te maken.



Colofon LCA-rapport

Onderzoeksgegevens

Naam onderzoek	(Ongetoetst) LCA-rapport voor Unie van Waterschappen
Versie	1.0
Project	DuboCalc bij Waterschappen
Projectnummer	190163
SimaPro versie	9.0.0.49
NMD-versie	3.1
Ecoinvent-versie	3.5
Impactanalysemethode	MKI-SBK single-score set (SBK-Bepalingsmethode, december 2019 (na NMD 3.1) v3.04)
Looptijd project	April 2019 - juli 2020

Opdrachtgever

Organisatie	Unie van Waterschappen
Contactpersoon	Meinke Schouten
Adres	Koningskade 40 2596 AA Den Haag
Telefoonnummer	070-3519 751
E-mail	info@uvw.nl

Uitvoerende organisatie

Organisatie	CE Delft
Contactpersoon	Ingrid Odegard
Adres	Oude Delft 180, 2611 HH Delft
Telefoonnummer	015-2150 150
E-mail	ce@ce.nl



Inhoud

	Colofon LCA-rapport	2
1	Inleiding	4
	1.1 Project	4
	1.2 Korte productomschrijving	4
	1.3 Methodologie en materialen	4
	1.4 Doel en reikwijdte	5
2	Inventarisatie en modellering	8
	2.1 Productomschrijving	8
	2.2 Inventarisatie productgegevens	8
	2.3 Datakwaliteit en representativiteit	21
3	LCA-resultaten	22
	3.1 MKI-scores (gewogen milieuprofiel)	22
	3.2 Gekarakteriseerde waarden (ongewogen milieuprofiel)	23
	Bronvermelding	24
A	Milieuprofielen	25
	A.1 MKI	25
	A.2 Milieueffectcategorieën	27

1 Inleiding

1.1 Project

In het kader van het project 'DuboCalc bij waterschappen - Duurzame stappen met MVI' (projectnummer 190163) voert CE Delft een aantal levenscyclusanalyses (LCA) uit voor de Unie van Waterschappen. Het doel is om waterschap-specifieke items die niet -of incompleet- aanwezig zijn in DuboCalc¹ toe te voegen aan de database.

Het gaat hier om categorie 3 (CATIII) LCA's. Een CATIII-LCA wordt opgesteld op basis van generieke milieukundige (achtergrond)informatie en op basis van representatieve samenstelling van het product, zoals in gebruik door Waterschappen. Deze zijn niet getoetst volgens het SBK-Toetsingsprotocol en daarom is bij de toepassing van deze data een ophoging van 30% van toepassing op de milieueffectresultaten, die door SBK in de rekenregels wordt doorgevoerd (SBK 2019).

1.2 Korte productomschrijving

De keerwand heeft als hoofdfunctie grondkering. De L-vormige keerwand bestaat uit gewapend beton en heeft een houten gording.

De RAW-code van dit product is 423503.

1.3 Methodologie en materialen

Methodologie

Deze CATIII LCA is opgesteld volgens de regels van de 'Bepalingsmethode milieuprestatie gebouwen en GWW-werken' (SBK 2019). Deze methode is gebaseerd om de norm NEN-EN 15804 (NEN 2013), die op haar beurt weer gebaseerd is op NEN-EN-ISO 14044:2006 (NEN 2006), NEN-EN-ISO 14025:2010 (NEN 2010) en NEN-EN 15978:2011 (NEN 2011).

Software, databases en milieueffectbepaling

De gebruikte software voor het LCA-model is SimaPro 9.0.0.49. De gebruikte achtergrondatabases zijn de Nationale Milieudatabase (NMD) 3.1² en Ecoinvent 3.5³. Voor de milieueffectbepaling is de selectie van milieueffectcategorieën en karakterisatiefactoren gemaakt op basis van de 'SBK-Bepalingsmethode, december 2019 (na NMD 3.1) v3.04', geïntegreerd in SimaPro. Deze methode is gebaseerd is op de CML-IA database⁴. Weging vindt plaats op basis van de 'MKI-SBK single-score' set, ook geïntegreerd in SimaPro.

¹ <https://www.rijkswaterstaat.nl/zakelijk/zakendoen-met-rijkswaterstaat/inkoopbeleid/duurzaam-inkopen/duurzaamheid-bij-contracten-en-aanbestedingen/dubocalc/index.aspx>

² <https://milieudatabase.nl/>

³ <https://www.ecoinvent.org/>

⁴ <https://www.universiteitleiden.nl/en/research/research-output/science/cml-ia-characterisation-factors>



Deze weging is gebaseerd op een rapportage over de schaduwprijsmethode (van Harmelen et al., 2004).

Lasten en baten van hergebruik, recycling en verbranding in AVI

De lasten en baten van hergebruik, recycling en energierecuperatie (thermisch en elektrisch) na verbranding in een afvalenergiecentrale (AVI) zijn gemodelleerd volgens de methodologie beschreven in de SBK-Bepalingsmethode (Paragraaf 2.6.4.3. voor hergebruik en recycling en Paragraaf 2.6.3.6. voor verbranding). De verwerkingsrichtingen worden per materiaal bepaald op basis van forfaitaire waarden (Bijlage V van de bepalingmethode).

De productie van secundair materiaal levert milieubaten op die verrekenbaar worden in de eindresultaten. De baten komen voort uit de vermeden (primaire) productie van datzelfde materiaal. Lasten komen voort uit het verlies van secundair materiaal dat in Module A gebruikt is, maar in Module C niet gerecycled of hergebruikt wordt. In het geval van recycling schrijft SBK voor dat deze baten gecorrigeerd worden voor het aandeel secundair materiaal dat al in het product aanwezig was. In het geval van hergebruik mag worden aangenomen dat het secundaire materiaal of product de (primaire) productie van dat materiaal of product voor 100% uitspaart.

Verbranding in een AVI levert zowel milieubaten als -lasten op. De lasten (emissies van verbranding) vallen onder Fase C3, de baten (vermeden productie van elektriciteit en warmte) vallen onder Fase D.

MKI-scores (gewogen milieuprofiel)

Om alle milieueffecten bij elkaar op te kunnen tellen is het nodig deze te vertalen naar een waarde met één enkele eenheid, in dit geval de Milieu Kosten Indicator (MKI)-score met eenheid Euro (€). In deze vertaalslag wordt een economische waarde toegekend aan een fysiek milieueffect. Daarmee worden de effecten onderling impliciet gewogen, omdat het ene milieueffect economisch schadelijker wordt geacht dan het andere. Om deze reden spreken we bij MKI-scores van een gewogen milieuprofiel.

Gekarakteriseerde waarden (ongewogen milieuprofiel)

Gekarakteriseerde waarden zijn de resultaten van de milieueffectcategorieën in de oorspronkelijke eenheid, op emissieniveau en zonder weging door middel van MKI-waarden. Voor de milieueffectcategorie klimaatverandering is deze eenheid bijvoorbeeld kilogram CO₂-equivalenten (waarin alle broeikasgassen vertaald zijn naar hun relatieve sterkte ten opzichte van CO₂). Aangezien de verschillende milieueffecten op deze manier niet met elkaar vergeleken kunnen worden (en ook niet opgeteld kunnen worden), spreken we van een ongewogen milieuprofiel.

1.4 Doel en reikwijdte

Doel en doelgroep

Het doel van deze studie is om een LCA op te stellen die voldoet aan de eisen voor CATIII data zoals die gesteld zijn in de SBK-Bepalingsmethode, teneinde de MKI-scores en

gekaracteriseerde waarden van een beschoeiingselement van hout toe te kunnen voegen aan de Nationale Milieudatabase (en uiteindelijk in DuboCalc kunnen worden gebruikt).

De doelgroepen voor deze LCA zijn SBK, de beheerders van DuboCalc, medewerkers van de Waterschappen die met DuboCalc werken, aannemers en producenten.

Functionele eenheid

De functionele eenheid is één strekkende meter grondkering. Deze wordt ingevuld door een keerwand van gewapend beton (branchegemiddeld), met een levensduur van 50 jaar.

De keerwand bestaat uit een verzameling van technische productonderdelen. Volgens de CUAS-systematiek (Constructie, Uitwerking, Afwerking, Schilderwerk) omvat de functionele eenheid de elementen zoals beschreven in Tabel 1.

Tabel 1 - Productonderdelen van 1 strekkende meter keerwand volgens de CUAS-systematiek

CUAS-categorie	Element	Eenheid
C (constructie)	Keerwand	m
C (constructie)	Gording, incl. slotbouten	m
U (uitrusting)	Zandbed	m

Productstelsel

Alle levenscyclusfasen uit de SBK-Bepalingsmethode zijn van toepassing op deze LCA. Figuur 1 toont de Fases en belangrijkste processtappen van de levenscyclus van keerwanden. De in- en outputs van deze processtappen zijn in detail beschreven bij de inventarisatie productgegevens (Hoofdstuk 2.2).

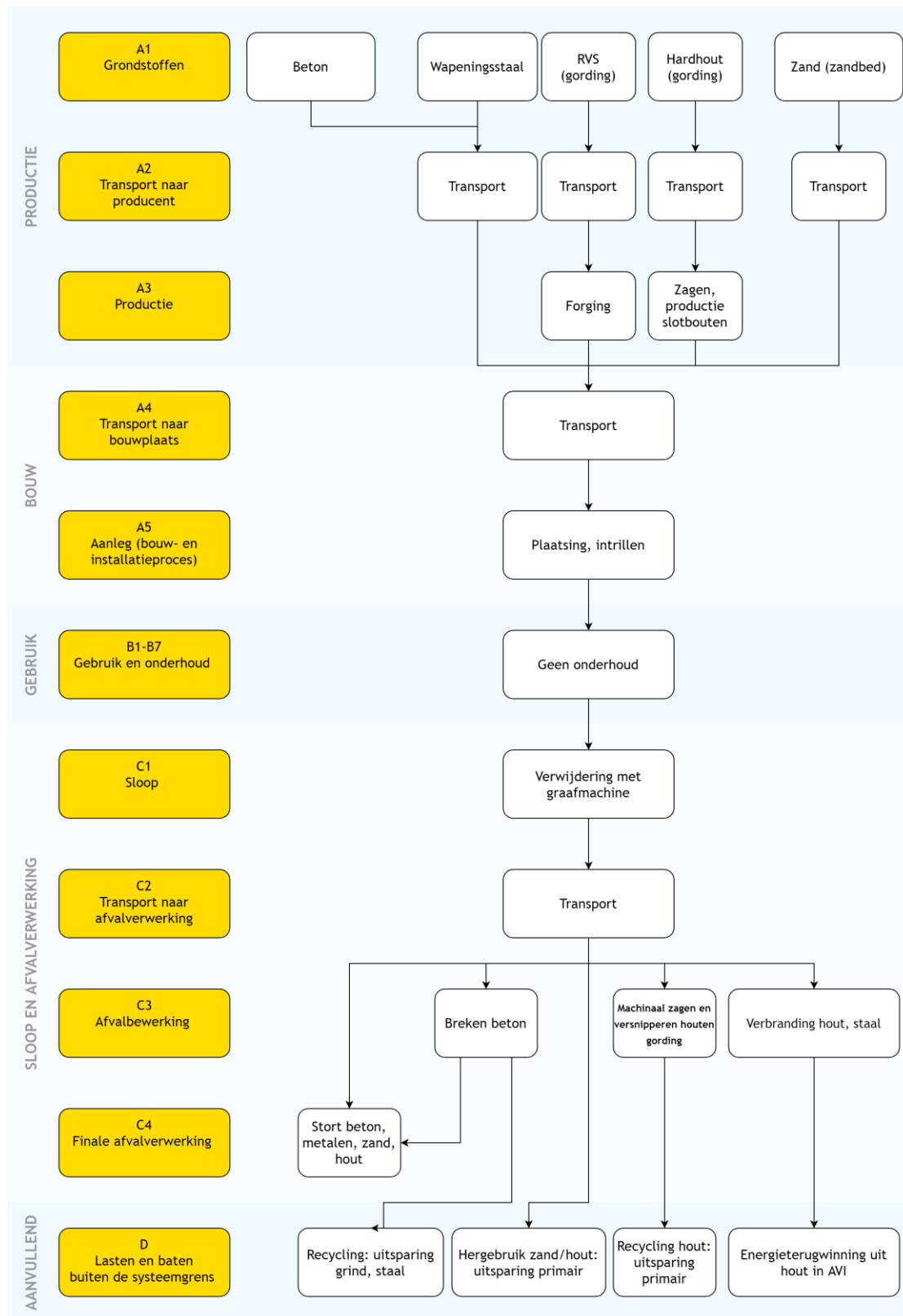
Stelselgrenzen en cut-offs

Selectie van processen en bepaling van cut-offs vindt plaats op basis van de beschrijving van stelselgrenzen (Paragraaf 2.6.3.4. en Bijlage III) en cut-off criteria (Paragraaf 2.6.3.5.) in de SBK-Bepalingsmethode. Er is geen vermoeden dat relevante in- en outputs zijn weggelaten.

De vereiste emissies zoals gesteld in Paragraaf 2.6.4.1. van de SBK-Bepalingsmethode zijn meegenomen, aangezien deze LCA gebruik maakt van basisprocessen uit de NMD 3.1 en Ecoinvent. Wanneer tijdelijke opslag van biogene koolstof in biomassa is gemodelleerd, dan is tevens de emissie hiervan aan het eind van de levenscyclus gemodelleerd.

Een schematisch overzicht van de levensfasen en processen van de verankerde damwand van naaldhout is weergegeven in Figuur 1.

Figuur 1 - Levenscyclusfases en belangrijkste processtappen van keerwanden



2 Inventarisatie en modellering

2.1 Productomschrijving

Een keerwand van beton (Figuur 2) is een L-vormige geprefabriceerd element gebruikt voor grondkering. Door meerdere van deze elementen naast elkaar te plaatsen ontstaat een betonnen muur met veel draagvermogen.

Figuur 2 - Keerwand (gording niet weergegeven)



Deze keerwand bestaat uit gewapend beton en heeft een houten gording. Er wordt hier uitgegaan van een gemiddelde variant, die 1,5 x 1,0 x 0,85 m groot is. Ook wordt meegenomen dat hierbij een zandbed van 0,25 m dik toegepast wordt.

2.2 Inventarisatie productgegevens

Hieronder volgt een kwalitatieve en kwantitatieve beschrijving van de in- en outputs per levenscyclusfase. Daarbij wordt beschreven welke berekeningen zijn gemaakt en welke referentieprocessen zijn gebruikt voor het LCA-model.

De data over productsamenstelling, aanleg en sloop zijn afkomstig van Waternet⁵. Aanvullende gegevens over afmetingen, materialen en zijn verkregen op basis van gemiddelde waarden van verschillende websites van de gespecificeerde producten en materialen, waarbij de producten van Kijlstra Beton door Waternet zijn aangegeven als referentie. Transportafstanden en afvalscenario's zijn gebaseerd op forfaitaire waarden uit de SBK-Bepalingsmethode.

Met het oog op toekomstige versies van DuboCalc waarin het de bedoeling is dat afzonderlijke elementen binnen itemkaarten schaalbaar zijn, hebben we het model in SimaPro opgebouwd in losse onderdelen: de keerwand zelf (gewapend beton), de gording

⁵ Aangeleverd in persoon door Waternet op 08-01-2020.

(hout en RVS slotbouten) en het zandbed. De resultaten (MKI-scores en gekarakteriseerde waarden) in dit rapport zijn gebaseerd op de uitgangswaarden (Tabel 2).

Tabel 2 - Uitgangswaarden materiaalgebruik voor de keerwand

Type materiaal/onderdeel	Hoeveelheid per FU (1 m)	Toelichting
Gewapend beton	581 kg	1,5 x 1,0 x 0,85 m
Hardhouten gording	13,50 kg	100 x 150 mm
RVS slotbouten	1 st	M12-240 h.o.h. 1 m
Zandbed	450 kg	1 x 1 x 0,25 m

A1: Grondstoffen

De benodigde grondstoffen voor de productie en aanleg (exclusief kapitaalgoederen omdat die per proces worden meegenomen) van een strekkende meter keerwand zijn weergegeven in Tabel 3.

Tabel 3 - LCA-modelgegevens voor een keerwand (Fase A1: Grondstoffen)

Onderdeel/activiteit	Materiaal	Hoeveelheid	Eenheid	Referentie	Database	Toelichting
Keerwand	Beton	556,79	kg	0165-fab&Betonmortel C55/67 (o.b.v. 75% CEM III en 25% CEM I), 2437 kg/m ³	NMD 3.1	Inschatting totale volume o.b.v. dichtheid 2400 kg/m ³ : 0,2421 m ³ . Aanname: C55/67 betonmortel. Totale gewicht gewapend beton minus wapeningsstaal
Keerwand	Wapeningsstaal	24,21	kg	0167-fab&Staal, wapening (betonstaal, wapeningsnet, vezels, voorspanstaal) (o.b.v. Reinforcing steel {GLO} market for Cut-off, U; 84% primair, 16% secundair)	NMD 3.1	Aanname: 100 kg staal/m ³ beton. Inschatting totale volume o.b.v. dichtheid 2400 kg/m ³ : 0,2421 m ³
Zandbed	Zand	450	kg	0168-fab&Zand, industriezand, ophoogzand, betonzand, drainagezand (o.b.v. Sand {GLO} market for Cut-off, U)	NMD 3.1	Meest geschikte proceskaart voor zand
Gording	Hardhout	13,50	kg	0182-fab&Hout, tropisch hardhout, gezaagd (o.b.v. Sawnwood, azobe from sustainable forest management, planed, air dried {GLO} market for Cut-off, U + 7000 km ocean transport en 650 kg/m ³)	NMD 3.1	Type hardhout onbekend, gekozen voor de worst case: tropisch hardhout
Slotbouten	RVS	0,22	kg	0202-fab&Staal, hooggelegeerd, RVS (o.b.v. Steel, chromium steel 18/8, hot rolled {RER} production Cut-off, U; 72% primair, 28% secundair)	NMD 3.1	Slotbouten van RVS, soortelijk gewicht RVS 7930 kg/m ³

A2: Transport naar producent

Het benodigde transport van materialen naar de producent van een strekkende meter keerwand is weergegeven in Tabel 4.

Tabel 4 - LCA-modelgegevens voor een keerwand (Fase A2: Transport naar producent)

Onderdeel/activiteit	Modus	Hoeveelheid	Eenheid	Referentie	Database	Toelichting
Transport keerwand	Weg	87,15	tkm	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO} market for Cut-off, U)	NMD 3.1	Forfaitaire waarde transport materialen (150 km) gebruikt
Transport zandbed	Weg	67,50	tkm	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO} market for Cut-off, U)	NMD 3.1	Forfaitaire waarde transport materialen (150 km) gebruikt
Transport gording	Weg	2,03	tkm	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO} market for Cut-off, U)	NMD 3.1	Forfaitaire waarde transport materialen (150 km) gebruikt
Transport slotbouten	Weg	6,67E-05	tkm	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO} market for Cut-off, U)	NMD 3.1	Forfaitaire waarde transport materialen (150 km) gebruikt

A3: Productie

De benodigde processen voor de productie van één strekkende meter damwand (tropisch) hardhout zijn weergegeven in Tabel 5. De benodigde processen voor de productie van een strekkende meter keerwand zijn voor zowel het beton als het wapeningsstaal al meegenomen in de geselecteerde proceskaart in Module A1. Er hoeft hier dus geen extra proces toegevoegd te worden.

Tabel 5 - LCA-modelgegevens voor een keerwand (Fase A3: Productie)

Onderdeel/activiteit	Techniek	Hoeveelheid	Eenheid	Referentie	Database	Toelichting
Zagen van houten planken gording	Machinaal zagen	0,07	uur	Power sawing, with catalytic converter {RER} processing Cut-off, S	Ecoinvent	Vier min aangenomen
Bewerking RVS slotbouten	Allerlei	0,22	kg	Casting, steel, lost-wax {GLO} market for Cut-off, U	Ecoinvent 3.5 cut-off	Bewerkingsproces voor het smeden/gieten van staal, aangezien het grootste deel van RVS gegoten is (klapanker).

A4: Transport naar bouwplaats

Het benodigde transport naar de bouwplaats van een strekkende meter keerwand is weergegeven in Tabel 6.

Tabel 6 - LCA-modelgegevens voor een keerwand (Fase A4: Transport naar bouwplaats)

Onderdeel/activiteit	Modus	Hoeveelheid	Eenheid	Referentie	Database	Toelichting
Transport keerwand	Weg	87,15	tkm	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO} market for Cut-off, U)	NMD 3.1	Forfaitaire waarde transport materialen (150 km) gebruikt
Transport zandbed	Weg	67,50	tkm	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO} market for Cut-off, U)	NMD 3.1	Forfaitaire waarde transport materialen (150 km) gebruikt
Transport gording	Weg	2,03	tkm	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO} market for Cut-off, U)	NMD 3.1	Forfaitaire waarde transport materialen (150 km) gebruikt
Transport slotbouten	Weg	6,67E-05	tkm	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO} market for Cut-off, U)	NMD 3.1	Forfaitaire waarde transport materialen (150 km) gebruikt

A5: Aanleg (bouw- en installatieproces)

De benodigde activiteiten voor het plaatsen van één strekkende meter keerwand zijn weergegeven in Tabel 7. Het plaatsen is gekoppeld aan de keerwand, het intrillen aan het zandbed. Eventueel elektronisch ondersteund handmatig bevestigingswerk wordt verwaarloosbaar geacht.

Om de gemiddelde materiaalverliezen tijdens transport, bouw en installatie mee te nemen in de resultaten wordt er een forfaitair toeslagpercentage gerekend voor de hoeveelheid verbruikt materiaal over alle inputs uit Fases A1-A4 en C2-C4. Het toeslagpercentage verschilt per type product:

- Prefab producten: 3%.
- In-situ producten: 5%.
- Hulp- en afwerkingsmaterialen: 15%.

Tabel 7 - LCA-modelgegevens voor een keerwand (Fase A5: Aanleg (bouw- en installatieproces))

Onderdeel/activiteit	Materiaal	Hoeveelheid	Eenheid	Referentie	Database	Toelichting
Plaatsing	Graafmachine met sleufbak	0,25	uur	0115-pro&Graafmachine, per uur (o.b.v. 572 MJ Diesel, burned in building machine {GLO} market for Cut-off, U)	NMD 3.1	15 min
Intrillen	Triblok	0,08	uur	0125-pro&Hydraulisch triblok, per vermogen, per uur (o.b.v. 2,2 kWh Diesel, burned in building machine {GLO} market for Cut-off, U)	NMD 3.1	5 min
Toeslagpercentage extra productie en transport bouwafval prefab producten		3%		A1-A4 en C2-C4		Forfaitaire waarde

B1-B7: Gebruik en onderhoud

Tijdens de levenscyclus van keerwanden is er geen sprake van onderhoud of vervanging van onderdelen.

C1: Sloop

De benodigde activiteiten voor de demontage en sloop van een strekkende meter keerwand zijn weergegeven in Tabel 8.

Tabel 8 - LCA-modelgegevens voor een keerwand (Fase C1: Sloop)

Onderdeel/activiteit	Materiaal	Hoeveelheid	Eenheid	Referentie	Database	Toelichting
Verwijdering	Graafmachine met sleufbak	0,08	uur	0115-pro&Graafmachine, per uur (o.b.v. 572 MJ Diesel, burned in building machine {GLO} market for Cut-off, U)	NMD 3.1	Vijf min

C2: Transport naar afvalverwerker

Het benodigde transport naar de afvalverwerker van een strekkende meter keerwand is weergegeven in Tabel 9.

Tabel 9 - LCA-modelgegevens voor een keerwand (Fase C2: Transport naar afvalverwerker)

Onderdeel/activiteit	Materiaal	Hoeveelheid	Eenheid	Referentie	Database	Toelichting
Transport keerwand	Weg	29,05	tkm	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO} market for Cut-off, U)	NMD 3.1	Forfaitair vervoer voor gewapend beton (1% stort, 99% recycling) en forfaitair vervoer voor wapeningsstaal (5% stort, 95% recycling). Transportafstand 50 km
Transport zandbed	Weg	22,50	tkm	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO} market for Cut-off, U)	NMD 3.1	Forfaitair vervoer voor zand (1% stort, 99% hergebruik. 50 km)
Transport gording	Weg	0,81	tkm	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO} market for Cut-off, U)	NMD 3.1	Forfaitaire afvaltransport schoon hout uit waterbouw (10% laten zitten, 30% AVI, 10% recycling en 50% hergebruik. AVI 100 km transport, recycling en hergebruik 50 km)
Transport slotbouten	Weg	0,02	tkm	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO} market for Cut-off, U)	NMD 3.1	Forfaitair vervoer voor metalen bevestigingsmiddelen (5% stort, 5% AVI, 90% recycling. AVI 100 km transport, rest 50 km)

C3: Afvalbewerking

De benodigde activiteiten voor de afvalbewerking van een strekkende meter keerwand zijn weergegeven in Tabel 10.

Tabel 10 - LCA-modelgegevens voor een keerwand (Fase C3: Afvalbewerking)

Onderdeel/activiteit	Materiaal	Hoeveelheid	Eenheid	Referentie	Database	Toelichting
Recyclen beton (Keerwand)	Breker	551,22	kg	0270-reC&Breken, per kg steenachtig (o.b.v. SBK Breken steenachtig MRPI)	NMD 3.1	Forfaitaire afvalbewerking voor gewapend beton(1% stort, 99% recycling)
Recyclen staal (Wapening keerwand)	Sorteren	23,00	kg	Sorteren metaal, exclusief input metaal (o.b.v. Iron scrap, sorted, pressed {RER} sorting and pressing of iron scrap Cut-off, U)	Ecoinvent 3.5 cut-off	Forfaitaire afvalbewerking voor wapeningsstaal (5% stort, 95% recycling). Staal is na sorteren direct toepasbaar in staalproductieprocessen. Gemodelleerd door het opgegeven Ecoinvent proces voor staal sorteren exclusief materiaalinput te modelleren
Hergebruik zand (Zandbed)	geen impact	x	x	x	x	Forfaitaire afvalbewerking voor zand (1% stort, 99% hergebruik)
Zagen van hout (Gording)	Machinaal zagen	0,07	uur	Power sawing, with catalytic converter {RER} processing Cut-off, U	Ecoinvent 3.5 cut-off	4 minuten aangenomen. Verlies aan hout tijdens zagen is buiten beschouwing gelaten, aangezien wordt aangenomen dat dit verwaarloosbaar is
Recycling hout (Gording)	Houtversnippen	1,35	kg	0284-reC&Verspanen hout (o.b.v. Wood chipping, industrial residual wood, stationary electric chipper {GLO} market for Cut-off, U)	NMD 3.1	Forfaitaire afvalbewerking schoon hout uit waterbouw (10% laten zitten, 30% AVI, 10% recycling en 50% hergebruik)
Verbranding hout (Gording)	AVI	4,05	kg	0263-avC&Verbranden hout, verontreinigd (13,99 MJ/kg) (o.b.v. Waste building wood, chrome preserved {CH} treatment of, municipal incineration Cut-off, U)	NMD 3.1	Forfaitaire afvalbewerking schoon hout uit waterbouw (10% laten zitten, 30% AVI, 10% recycling en 50% hergebruik)
Hergebruik hout (Gording)	geen impact	x	x	x	x	Forfaitaire afvalbewerking schoon hout uit waterbouw (10% laten zitten, 30% AVI, 10% recycling en 50% hergebruik)

Onderdeel/activiteit	Materiaal	Hoeveelheid	Eenheid	Referentie	Database	Toelichting
Recycling RVS (Bevestigingsmiddelen)	Sorteren	1,94E-01	kg	Sorteren metaal, exclusief input metaal (o.b.v. Iron scrap, sorted, pressed {RER} sorting and pressing of iron scrap Cut-off, U)	ecoinvent 3.5 cut-off	Forfaitaire afvalbewerking voor metalen bevestigingsmiddelen (5% stort, 5% AVI, 90% recycling). Roestvrij staal is na sorteren direct toepasbaar in staalproductieprocessen. Gemodelleerd door het opgegeven Ecoinvent proces voor staal sorteren exclusief materiaalinput te modelleren
Verbranding RVS (Slotbouten)	AVI	1,08E-02	kg	0257-avC&Verbranden staalschroot (o.b.v. Scrap steel {Europe without Switzerland} treatment of scrap steel, municipal incineration Cut-off, U)	NMD 3.1	Forfaitaire afvalbewerking voor metalen bevestigingsmiddelen (5% stort, 5% AVI, 90% recycling). Verbranding staal als benadering

C4: Finale afvalverwerking

De benodigde activiteiten voor de finale afvalverwerking van een strekkende meter keerwand zijn weergegeven in Tabel 11.

Tabel 11 - LCA-modelgegevens voor een keerwand (Fase C4: Finale afvalverwerking)

Onderdeel/activiteit	Materiaal	Hoeveelheid	Eenheid	Referentie	Database	Toelichting
Storten beton	Beton	5,51	kg	0240-sto&Stort beton, cellenbeton (o.b.v. Waste concrete {Europe without Switzerland} treatment of waste concrete, inert material landfill Cut-off, U)	NMD 3.1	Forfaitaire afvalbewerking voor gewapend beton(1% stort, 99% recycling)
Storten wapeningsstaal	Staal	1,21	kg	0253-sto&Stort staal (o.b.v. Scrap steel {Europe without Switzerland} treatment of scrap steel, inert material landfill Cut-off, U)	NMD 3.1	Forfaitaire afvalbewerking voor wapeningsstaal (5% stort, 95% recycling)
Storten zandbed	Zand	4,50	kg	0247-sto&Stort inert afval (o.b.v. Inert waste, for final disposal {RoW} treatment of inert waste, inert material landfill Cut-off, U) fijn-/grofkeramisch, grind, kalkzandsteen, schelpen, zand	NMD 3.1	Forfaitaire afvalbewerking voor zand (1% stort, 99% hergebruik)
Laten zitten	Hout	1,35	kg	0245-sto&Stort hout, 'schoon' (o.b.v. Waste wood, untreated {Europe without Switzerland} treatment of waste wood, untreated, sanitary landfill Cut-off, U)	NMD 3.1	Forfaitaire afvalbewerking schoon hout uit waterbouw (10% laten zitten, 30% AVI, 10% recycling en 50% hergebruik). Laten zitten als stort gemodelleerd
Stort slotbouten	RVS	1,08E-02	kg	0253-sto&Stort staal (o.b.v. Scrap steel {Europe without Switzerland} treatment of scrap steel, inert material landfill Cut-off, U)	NMD 3.1	Forfaitaire afvalbewerking voor metalen bevestigingsmiddelen (5% stort, 5% AVI, 90% recycling). Stort staal als benadering

D: Lasten en baten buiten de systeemgrens

De lasten en baten buiten de systeemgrens van een strekkende meter keerwand zijn weergegeven in Tabel 12.

Tabel 12 - LCA-modelgegevens voor een keerwand (Fase D: Lasten en baten buiten de systeemgrens)

Onderdeel/activiteit	Vermeden materiaal	Hoeveelheid	Eenheid	Referentie	Database	Toelichting
Recyclen beton (Keerwand)	Steenslag	551,22	kg	0271-reD&Module D, grind, per kg NETTO geleverd granulaat/grind (vermeden: Gravel, round {RoW} gravel and sand quarry operation Cut-off, U)	NMD 3.1	Forfaitaire afvalbewerking voor gewapend beton(1% stort, 99% recycling)
Recyclen staal (Wapening keerwand)	Pig iron	19,12	kg	0282-reD&Module D, staal, per kg NETTO geleverd schroot (vermeden: Pig iron {GLO} production Cut-off, U)	NMD 3.1	Forfaitaire afvalbewerking voor wapeningsstaal (5% stort, 95% recycling)
Hergebruik zand (Zandbed)	Zand	445,50	kg	0168-fab&Zand, industriezand, ophoogzand, betonzand, drainagezand (o.b.v. Sand {GLO} market for Cut-off, U)	NMD 3.1	Forfaitaire afvalbewerking voor zand (1% stort, 99% hergebruik). Er is geen secundair materiaal in Module A. Het zand wordt 1-op-1 uitgespaard
Verbranding hout (Gording)	Energie van biogene afkomst	56,7	MJ	0268-avD&Vermeden energieproductie AVI, o.b.v. HERNIEUWBARE grondstoffen, 18% elektrisch en 31% thermisch (per MJ LHV)	NMD 3.1	Forfaitaire afvalbewerking schoon hout uit waterbouw (10% laten zitten, 30% AVI, 10% recycling en 50% hergebruik). Er is geen secundair materiaal in Module A. Forfaitair vermeden energieproductie voor biogene materialen. LHV van 13,99 MJ/kg volgens de SBK-Bepalingsmethode
Recycling hout (Gording)	Houtspaander	1,35	kg	0276-reD&Module D, houtspaanders, per kg NETTO geleverd (o.b.v. Wood chips, dry, measured as dry mass {RER} three layered laminated board production Cut-off, U)	NMD 3.1	Forfaitaire afvalbewerking schoon hout uit waterbouw (10% laten zitten, 30% AVI, 10% recycling en 50% hergebruik). Er is geen secundair materiaal in Module A. houtspaander wordt uitgespaard
Hergebruik hout (Gording)	Hardhouten plank	6,75	kg	0182-fab&Hout, tropisch hardhout, gezaagd (o.b.v. Sawnwood, azobe from sustainable forest management, planed, air dried {GLO}	NMD 3.1	Forfaitaire afvalbewerking schoon hout uit waterbouw (10% laten zitten, 30% AVI, 10% recycling en 50% hergebruik). Er is geen

Onderdeel/activiteit	Vermeden materiaal	Hoeveelheid	Eenheid	Referentie	Database	Toelichting
				market for Cut-off, U + 7000 km ocean transport en 650 kg/m ³)		secundair materiaal in Module A. Het hardhouten object wordt 1-op-1 uitgespaard
Recyclen staal (Bevestigingsmiddelen)	Pig iron	6,37E-02	kg	0282-reD&Module D, staal, per kg NETTO geleverd schroot (vermeden: Pig iron {GLO} production Cut-off, U)	NMD 3.1	Secundair staal spaart pig iron uit. In 0202-fab&Staal, hooggelegeerd, RVS zit 27,5% secundair RVS. Van dit secundaire RVS is 47% secundair staal (de rest is nieuw ferrochroom en ferronikkel). Daarvan wordt volgens de SBK-Bepalingsmethode 90% gerecycled
Recycling ferronikkel (Bevestigingsmiddelen)	Ferronikkel	5,58E-02	kg	Ferronikkel, 25% Ni {GLO} market for Cut-off, U	Ecoinvent 3.5 cut-off	Secundair ferronikkel spaart virgin nikkel uit. In 0202-fab&Staal, hooggelegeerd, RVS zit 27,5% secundair RVS en 72,5% virgin RVS. Van het secundaire RVS is 29% ferronikkel, van het virgin RVS is 29% ferronikkel. Het forfaitaire afvalscenario voor licht staal wordt gebruikt, in lijn met het staal: 90% gerecycling
Recycling ferrochroom (Bevestigingsmiddelen)	Ferrochromium	4,62E-02	kg	Ferrochromium, high-carbon, 68% Cr {GLO} market for Cut-off, U	Ecoinvent 3.5 cut-off	Secundair ferrochroom spaart virgin chromiet uit. In 0202-fab&Staal, hooggelegeerd, RVS zit 27,5% secundair RVS en 72,5% virgin RVS. Van het secundaire RVS is 24% ferrochroom, van het virgin RVS is 24% ferrochroom. Het forfaitaire afvalscenario voor licht staal wordt gebruikt, in lijn met het staal: 90% gerecycling
Toeslagpercentage lasten en baten bouwafval prefab producten		+3%		D (alle bovenstaande lasten en baten)		Forfaitaire waarde voor bouwafval van prefab producten

2.3 Datakwaliteit en representativiteit

De gegevens zijn gebaseerd op regels voor CATIII LCA zoals beschreven in de SBK-Bepalingsmethode (SBK 2019). Het gaat hier om branchegemiddelde waarden die alleen representatief zijn voor een strekkende meter keerwand. De waarden zijn niet representatief voor een keerwand van een specifiek merk of type.



3 LCA-resultaten

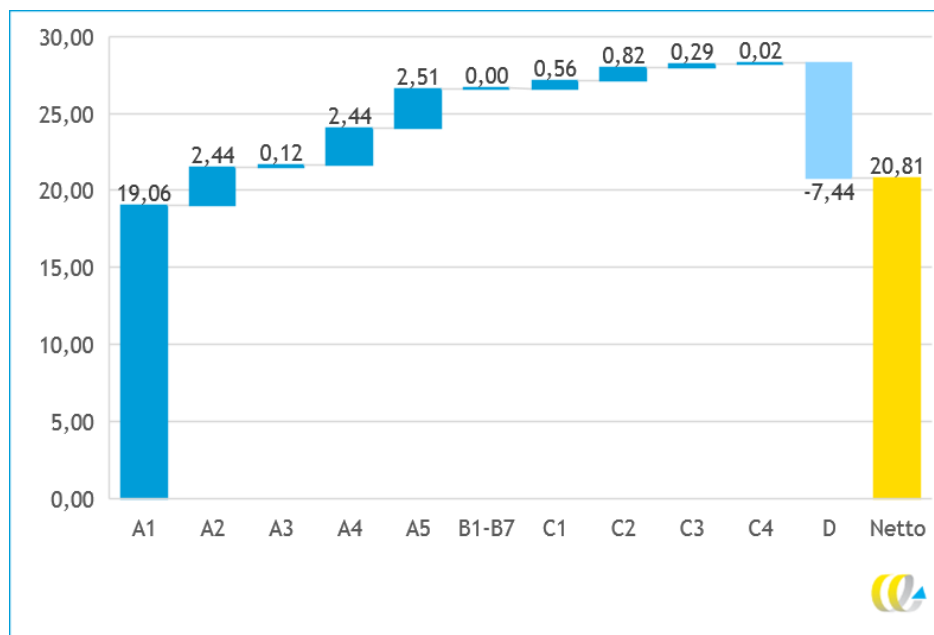
3.1 MKI-scores (gewogen milieuprofiel)

De totale MKI-score van een strekkende meter keerwand is € 20,81. De opgetelde MKI-scores per levenscyclusfase zijn weergegeven in Tabel 13 en Figuur 3. De uitgebreide resultaten (met onderscheid tussen de relatieve bijdrage van verschillende milieueffectcategorieën aan het totaal) zijn te vinden in Bijlage A.1.

Tabel 13 - MKI-scores voor een strekkende meter keerwand, opgedeeld in levensfasen (exclusief 30% categorie-opslag)

Levenscyclusfase		MKI -score (€)	Relatief aandeel (%)
Productie	A1: Grondstoffen	19,06	92%
	A2: Transport naar producent	2,44	12%
	A3: Productie	0,12	1%
Bouw	A4: Transport naar bouwplaats	2,44	12%
	A5: Aanleg (bouw- en installatieproces)	2,51	12%
Gebruik	B1-B7: Gebruik en onderhoud	-	0%
Sloop en afvalverwerking	C1: Sloop	0,56	3%
	C2: Transport naar afvalverwerking	0,82	4%
	C3: Afvalbewerking	0,29	1%
	C4: Finale afvalverwerking	0,02	0%
Aanvullend	D: Lasten en baten buiten de systeemgrens	-7,44	-36%
Totaal		20,81	100%

Figuur 3 - Opbouw MKI-score voor een strekkende meter keerwand, opgedeeld in levensfasen (exclusief 30% categorie-opslag)



3.2 Gekarakteriseerde waarden (ongewogen milieuprofiel)

De gekarakteriseerde waarden van een strekkende meter keerwand voor alle milieueffectcategorieën en alle levenscyclusfasen zijn te vinden in Bijlage A.2.



Bronvermelding

NEN (2006): NEN-EN-ISO 14044:2006 en - Milieumanagement - Levenscyclusanalyse - Eisen en richtlijnen. NEN, Delft

NEN (2010): NEN-EN-ISO 14025:2010 en - Milieu-etiketteringen en -verklaringen - Type III milieuverklaringen - Principes en procedures. NEN, Delft

NEN (2011): NEN-EN 15978:2011 en - Duurzaamheid van constructies - Beoordeling van milieuprestaties van gebouwen - Rekenmethode. NEN, Delft

NEN (2013): NEN-EN 15804:2012+A1:2013 en - Duurzaamheid van bouwwerken - Milieuverklaringen van producten - Basisregels voor de productgroep bouwproducten. NEN, Delft

SBK 2019: Bepalingsmethode 'Milieuprestatie Gebouwen en GWW-werken' versie 3.0, januari 2019, met wijzigingsblad d.d. 1 juli 2019, Stichting Bouwkwiteit, Rijswijk

van Harmelen AK, Broers JW, Duijsens LJE, Korentromp RHJ, Ligthart TN 2004: Toxiciteit heeft z'n prijs: schaduwrijzen voor (eco-)toxiciteit en uitputting van abiotische grondstoffen binnen DuboCalc. 9036955688, RWS DWW, Delft

A Milieuprofielen

A.1 MKI

Tabel 14 toont het gewogen milieuresultaat, de milieukostenindicator (MKI) in Euro's voor een strekkende meter keerwand .

Tabel 14 - Gewogen milieuprofiel (MKI, in €) van een strekkende meter keerwand, opgedeeld in levensfasen (exclusief 30% categorie-opslag)

Impactcategorie	Eenheid	Totaal	A1	A2	A3	A4	A5	B1-B7	C1	C2	C3	C4	D
MKI, totaal	€	2,08E+01	1,91E+01	2,44E+00	1,20E-01	2,44E+00	2,51E+00	0,00E+00	5,59E-01	8,15E-01	2,89E-01	1,51E-02	-7,44E+00
1 Abiotic depletion, non-fuel (AD)	€	7,34E-05	5,73E-05	9,32E-06	2,63E-07	9,32E-06	3,15E-06	0,00E+00	2,27E-07	3,12E-06	1,88E-06	1,37E-08	-1,11E-05
2 Abiotic depletion, fuel (AD)	€	1,37E-01	1,04E-01	2,45E-02	6,98E-04	2,45E-02	1,95E-02	0,00E+00	4,65E-03	8,19E-03	1,99E-03	1,67E-04	-5,11E-02
4 Global warming (GWP)	€	7,77E+00	6,36E+00	1,02E+00	3,87E-02	1,02E+00	9,26E-01	0,00E+00	2,10E-01	3,42E-01	9,83E-02	8,06E-03	-2,26E+00
5 Ozone layer depletion (ODP)	€	5,12E-04	2,23E-04	1,15E-04	2,46E-06	1,15E-04	8,67E-05	0,00E+00	2,28E-05	3,83E-05	6,93E-06	7,58E-07	-9,85E-05
6 Photochemical oxidation (POCP)	€	1,76E-01	2,00E-01	2,43E-02	6,27E-03	2,43E-02	3,49E-02	0,00E+00	8,51E-03	8,12E-03	8,19E-03	1,94E-04	-1,39E-01
7 Acidification (AP)	€	2,54E+00	1,92E+00	3,55E-01	9,37E-03	3,55E-01	4,84E-01	0,00E+00	1,27E-01	1,19E-01	4,69E-02	2,18E-03	-8,75E-01
8 Eutrophication (EP)	€	1,22E+00	7,76E-01	1,61E-01	6,24E-03	1,61E-01	2,38E-01	0,00E+00	6,45E-02	5,38E-02	2,57E-02	1,12E-03	-2,68E-01
9 Human toxicity (HT)	€	8,46E+00	9,38E+00	7,55E-01	5,39E-02	7,55E-01	7,66E-01	0,00E+00	1,36E-01	2,52E-01	9,75E-02	3,10E-03	-3,75E+00
10 Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	€	4,09E-02	2,27E-02	7,31E-03	2,06E-03	7,31E-03	3,31E-03	0,00E+00	6,32E-04	2,44E-03	2,46E-03	2,29E-05	-7,32E-03
12 Ecotoxicity, marine water (MAETP)	€	4,29E-01	2,58E-01	8,69E-02	1,36E-03	8,69E-02	3,64E-02	0,00E+00	7,11E-03	2,90E-02	5,95E-03	2,76E-04	-8,30E-02
14 Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	€	3,55E-02	3,18E-02	1,74E-03	1,67E-03	1,74E-03	1,65E-03	0,00E+00	1,50E-04	5,80E-04	1,80E-03	5,49E-06	-5,66E-03

A.2 Milieueffectcategorieën

Tabel 15 toont het ongewogen milieuresultaat, in gekarakteriseerde waarden per impact categorie voor een strekkende meter keerwand.

Tabel 15 - Ongewogen milieuprofiel (gekaracteriseerde waarden) van een strekkende meter keerwand, opgedeeld in levensfasen (exclusief 30% categorie-opslag)

Impactcategorie	Eenheid	Totaal	A1	A2	A3	A4	A5	B1-B7	C1	C2	C3	C4	D
1 Abiotic depletion, non fuel (AD)	kg Sb-eq.	4,59E-04	3,58E-04	5,83E-05	1,65E-06	5,83E-05	1,97E-05	0,00E+00	1,42E-06	1,95E-05	1,17E-05	8,56E-08	-6,95E-05
2 Abiotic depletion, fuel (AD)	kg Sb-eq.	8,56E-01	6,49E-01	1,53E-01	4,36E-03	1,53E-01	1,22E-01	0,00E+00	2,91E-02	5,12E-02	1,24E-02	1,04E-03	-3,19E-01
4 Global warming (GWP)	kg CO ₂ -eq.	1,55E+02	1,27E+02	2,05E+01	7,75E-01	2,05E+01	1,85E+01	0,00E+00	4,20E+00	6,84E+00	1,97E+00	1,61E-01	-4,53E+01
5 Ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11-eq.	1,71E-05	7,44E-06	3,82E-06	8,20E-08	3,82E-06	2,89E-06	0,00E+00	7,61E-07	1,28E-06	2,31E-07	2,53E-08	-3,28E-06
6 Photochemical oxidation (POCP)	kg C ₂ H ₄ -eq.	8,82E-02	1,00E-01	1,21E-02	3,14E-03	1,21E-02	1,74E-02	0,00E+00	4,25E-03	4,06E-03	4,10E-03	9,71E-05	-6,94E-02
7 Acidification (AP)	kg SO ₂ -eq.	6,36E-01	4,80E-01	8,87E-02	2,34E-03	8,87E-02	1,21E-01	0,00E+00	3,19E-02	2,96E-02	1,17E-02	5,46E-04	-2,19E-01
8 Eutrophication (EP)	kg PO ₄ -eq.	1,35E-01	8,62E-02	1,79E-02	6,94E-04	1,79E-02	2,64E-02	0,00E+00	7,17E-03	5,98E-03	2,86E-03	1,24E-04	-2,98E-02
9 Human toxicity (HT)	kg 1,4-DB-eq.	9,40E+01	1,04E+02	8,39E+00	5,99E-01	8,39E+00	8,51E+00	0,00E+00	1,51E+00	2,80E+00	1,08E+00	3,44E-02	-4,16E+01
10 Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB-eq.	1,36E+00	7,56E-01	2,44E-01	6,86E-02	2,44E-01	1,10E-01	0,00E+00	2,11E-02	8,15E-02	8,21E-02	7,64E-04	-2,44E-01
12 Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB-eq.	4,29E+03	2,58E+03	8,69E+02	1,36E+01	8,69E+02	3,64E+02	0,00E+00	7,11E+01	2,90E+02	5,95E+01	2,76E+00	-8,30E+02
14 Ecotoxicity, terrestic (TETP)	kg 1,4-DB-eq.	5,92E-01	5,31E-01	2,89E-02	2,78E-02	2,89E-02	2,75E-02	0,00E+00	2,50E-03	9,67E-03	3,00E-02	9,16E-05	-9,43E-02
PERT	MJ	6,88E+02	1,43E+03	3,35E+00	2,49E+00	3,35E+00	4,45E+01	0,00E+00	3,55E-01	1,12E+00	4,26E+00	2,09E-02	-8,05E+02
PENRT	MJ	1,61E+03	9,95E+02	3,40E+02	9,83E+00	3,40E+02	2,59E+02	0,00E+00	6,52E+01	1,14E+02	2,77E+01	2,33E+00	-5,42E+02
Water consumption (FW)	m ³	5,50E-01	1,83E+00	5,42E-02	1,06E-03	5,42E-02	8,42E-02	0,00E+00	8,03E-03	1,81E-02	1,10E-02	2,25E-03	-1,51E+00
Hazardous waste (HWD)	kg	1,29E-03	4,59E-03	2,03E-04	1,12E-05	2,03E-04	2,39E-04	0,00E+00	2,74E-05	6,79E-05	4,15E-05	1,51E-06	-4,10E-03
Non hazardous waste (NHWD)	kg	7,83E+01	2,16E+01	1,95E+01	7,68E-02	1,95E+01	2,65E+00	0,00E+00	6,54E-02	6,51E+00	1,90E+00	1,26E+01	-6,00E+00
Radioactive waste (RWD)	kg	9,29E-03	3,38E-03	2,15E-03	4,03E-05	2,15E-03	1,60E-03	0,00E+00	4,26E-04	7,19E-04	1,40E-04	1,43E-05	-1,33E-03