



Ongetoetst LCA-rapport voor Beschoeiings- element van gerecycled kunststof

In opdracht van Unie van Waterschappen



Committed to the Environment

Ongetoetst LCA-rapport voor Beschoeiings-element van gerecycled kunststof

In opdracht van Unie van Waterschappen

De analyse is opgesteld en rapport geschreven door: Maarten Bruinsma, CE Delft

Interne review door: Marijn Bijleveld, CE Delft

Delft, CE Delft, april 2021

Publicatienummer: 20.190163.095b

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 gerecycled kunststof	(Ongetoetst) LCA-rapport voor Beschoeiings-element van
Versie	1.1
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	3
1	Inleiding	5
	1.1 Project	5
	1.2 Korte productomschrijving	5
	1.3 Methodologie en materialen	5
	1.4 Doel en reikwijdte	7
2	Inventarisatie en modellering	10
	2.1 Productomschrijving	10
	2.2 Inventarisatie productgegevens	11
	2.3 Datakwaliteit en representativiteit	23
3	LCA-resultaten	24
	3.1 MKI-scores (gewogen milieuprofiel)	24
	Bronvermelding	25



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 (cat.3)-LCA's. Een cat.3-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

Het beschoeiingselement van gerecycled kunststof heeft als hoofdfunctie grondkering en oeverbescherming. Het bestaat uit gerecycled kunststof panelen van 1 meter lang, en combi-palen. De combi-palen zijn opgebouwd uit naaldhouten palen van 4 meter met bovenop een gerecycled kunststof paalhuls van 1 meter lang. De kunststof palen en kunststoffen paalhuls zijn als apart product gemodelleerd in Dubocalc. De hart op hart afstand van de kunststof palen is 0,7 m.

De RAW-code van dit product is 522103.

De kunststof palen en kunststoffen paalhuls zijn als één product gemodelleerd in GWW hoofdstuk 47.

1.3 Methodologie en materialen

Methodologie

Deze cat.3-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), welke 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).

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

Software, databases en milieueffectbepaling

De gebruikte software voor het LCA-model is SimaPro 9.0.0.49. De gebruikte achtergrond-databases 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 op de CML-IA-database⁴. Weging vindt plaats op basis van de 'MKI-SBK single-score'set, ook geïntegreerd in SimaPro. 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 energierterugwinning (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 verreken 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

² <https://milieudatabase.nl/>

³ <https://www.ecoinvent.org/>

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



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 cat.3-data zoals die gesteld zijn in de SBK-Bepalingsmethode, teneinde de MKI-scores en gekarakteriseerde waarden van een beschoeiingselement van gerecycled kunststof 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 vierkante meter beschoeiingselement van gerecycled kunststof (branche gemiddeld), met een levensduur van 50 jaar. Per functionele eenheid - 1m² beschoeiing - zijn 1,43 naaldhouten palen nodig, met een lengte van vier meter en met een levensduur van 50 jaar. Dit is de hoeveelheid palen die benodigd is per m² beschoeiingselement (ongeacht de hoogte van de schotten). De beschoeiing van één vierkante meter is standaard 1 strekkende meter lang. Als de gebruiker in DuboCalc de hoogte van het beschoeiingspaneel aanpast, zijn er niet meer palen benodigd. Schaling van de panelen heeft dus geen invloed op de benodigde hoeveelheid palen.

De beschoeiing van kunststof betreft een verzameling van technische productonderdelen. Volgens de CUAS-systematiek (Constructie, Uitwerking, Afwerking, Schilderwerk) omvat de functionele eenheid de elementen zoals beschreven in Tabel 1 en Tabel 3.

Tabel 1 - Productonderdelen van één vierkante meter beschoeiing volgens de CUAS-systematiek

CUAS-categorie	Element	Eenheid
C (constructie)	Paneel	m

Tabel 2 - Productonderdelen van één set palen (2 palen) volgens de CUAS-systematiek

CUAS-categorie	Element	Eenheid
C (constructie)	Palen	Set (2 stuks)
C (constructie)	Paalhuls	Set (2 stuks)

Productstelsel

Alle levenscyclusfasen uit de SBK-Bepalingsmethode zijn van toepassing op deze LCA. Figuur 1 toont de fasen en belangrijkste processtappen van de levenscyclus van het beschoeiingselement van gerecycled kunststof. De in- en outputs van deze processtappen zijn in detail beschreven bij de inventarisatie productgegevens (Paragraaf 2.2).

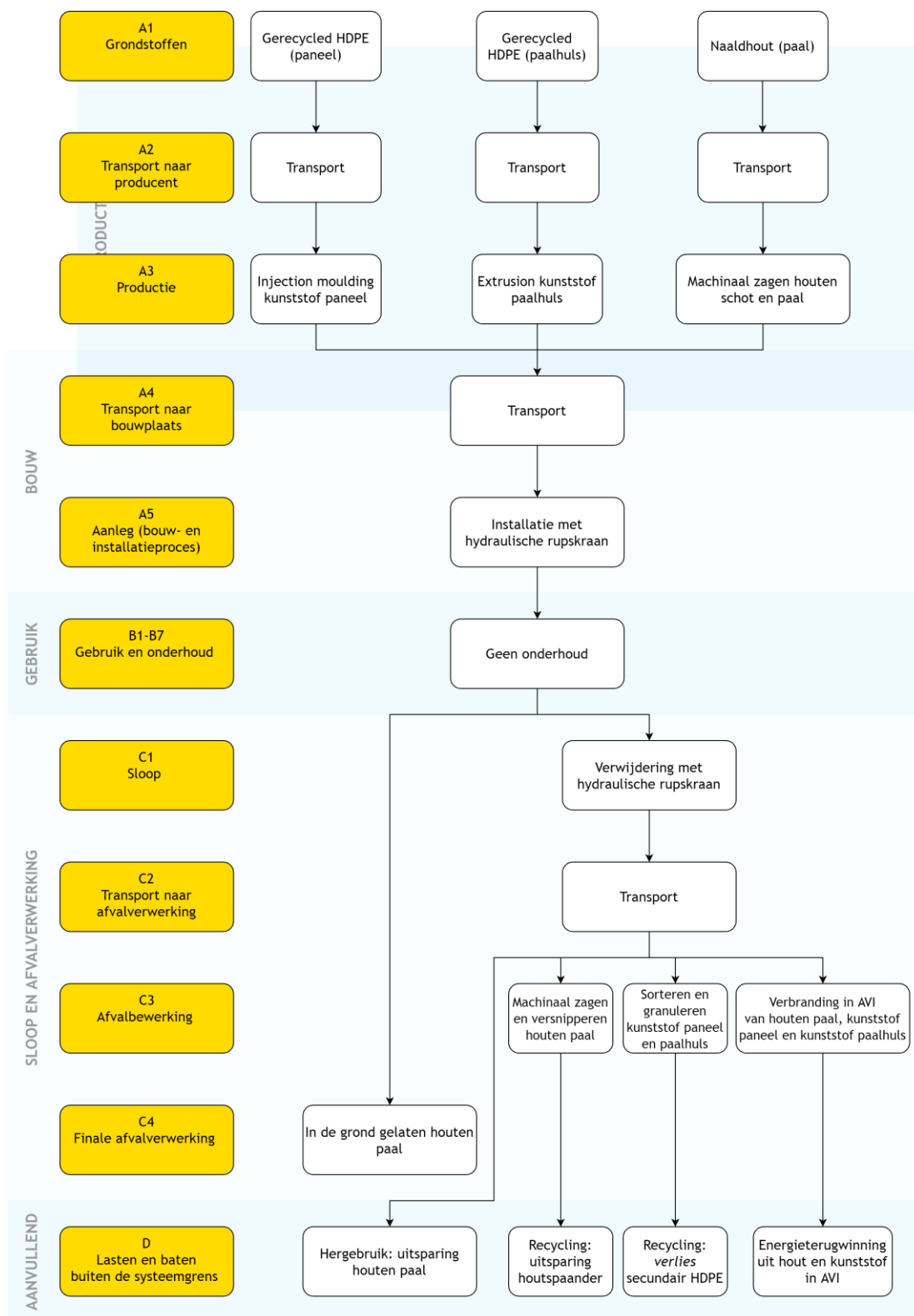
Systeemgrenzen en cut-offs

Selectie van processen en bepaling van cut-offs vindt plaats op basis van de beschrijving van systeemgrenzen (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 gebruikmaakt van basisprocessen uit de NMD 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 beschoeiing van kunststof is weergegeven in Figuur 1.

Figuur 1 - Levenscyclusfasen en belangrijkste processtappen van een beschoeiingselement van gerecycled kunststof (inclusief kunststof paal)



2 Inventarisatie en modellering

2.1 Productomschrijving

Een beschoeiingselement van gerecycled kunststof (Figuur 2) is een constructie die toegepast wordt om de stabiliteit van een oever of waterkant te vergroten. Een beschoeiing beschermt tegen invloeden zoals afkalven en golfkrachten. Beschoeiingen worden ook in de bouwsector gebruikt langs wanden van bouwputten om droog te kunnen werken.

Figuur 2 - beschoeiingselement van gerecycled kunststof



Bron: <https://www.lankhorst-recycling.com/files/1/6/3/8/TECHNISCHE%20BROCHURE%20SEPTEMBER%202019%20-%20rev7.pdf>

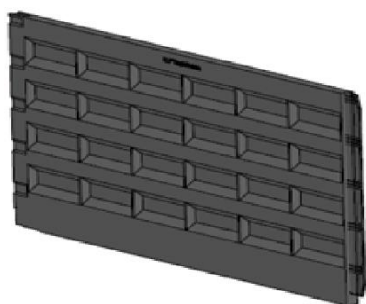
Deze gerecycled kunststof beschoeiing is samengesteld uit gerecycled kunststof panelen, die op hun plek worden gehouden met combi-palen. Deze palen zijn opgebouwd uit een houten paal en een gerecycled kunststof paalhuls die aan het gerecycled kunststof paneel is bevestigd. Eventuele bevestigingselementen in de vorm van spijkers, schroeven of lijm zijn buiten beschouwing gelaten.

2.2 Inventarisatie productgegevens

Hierna 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 Lankhorst Recycling door Waternet zijn aangegeven als referentie. Transportafstanden en afvalscenario's zijn gebaseerd op forfaitaire waarden uit de SBK-Bepalingsmethode.

Figuur 3 - Kunststof paneel



Bron: <https://www.lankhorst-recycling.com/files/1/6/3/8/TECHNISCHE%20BROCHURE%20SEPTEMBER%202019%20-%20rev7.pdf>

Het gewicht van één gerecycled kunststof paneel is ingeschat op 6,52 kg. Voor deze beschoeiing is een gerecycled kunststof paneel van 1 meter lang aangehouden. De gerecycled kunststof beschoeiingen van Lankhorst Recycling⁶ door Waternet aangegeven als referentiekader. De panelen van deze beschoeiingselementen zijn 0,21 meter breed met een paneeldikte van 49 millimeter⁷ en hebben daarmee een volume van 0,1 m³ per stuk. Het paneel is echter niet geheel massief. Op basis van de foto in Figuur 3 is aangenomen dat het volume van het paneel hierdoor met 1/3^e afneemt. De gerecycled kunststof panelen zijn gemaakt van oude flessendoppen, kratten en landbouwplastic⁸. Deze producten zijn over het algemeen gemaakt van hogedichtheidpolyetheen (HDPE). De dichtheid van HDPE is aangenomen op 950 kg/m³, dus één paneel weegt 6,52 kg. Met een breedte van 0,21 meter zijn er 4,76 panelen per vierkante meter beschoeiing nodig. Daarmee is het gewicht van de gerecycled kunststof panelen per vierkante meter beschoeiing 31,03 kg.

Het gewicht van één naaldhouten paal is ingeschat op 14,45 kg. Deze ronde naaldhouten palen zijn 4 meter lang met een diameter van 0,10 meter. De dichtheid is aangenomen op 460 kg/m³, aansluitend bij naaldhoud in de NMD 3.1. Er wordt uitgegaan van een cilinder, waarmee het volume uitkomt op 0,03 m³ en het gewicht op 14,45 kg. De naaldhouten palen

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

⁶ Referentie voor kunststof beschoeiing, zoals opgegeven door Waternet: <https://www.lankhorst-recycling.com/nl/kunststof-beschoeiing>

⁷ Referentie voor kunststof beschoeiingspaneel: <https://www.lankhorst-recycling.com/files/1/6/3/8/TECHNISCHE%20BROCHURE%20SEPTEMBER%202019%20-%20rev7.pdf>

⁸ Referentie voor kunststof beschoeiingspaneel, beschrijving kunststof: <https://www.lankhorst-recycling.com/nl/duurzaam-kunststof>

staan 0,70 meter van elkaar verwijderd, dus per strekkende meter zijn er 1,43 palen nodig. Daarmee is het gewicht van de naaldhouten paal per strekkende meter beschoeiing 20,64 kg.

Het gewicht van één gerecycled kunststof paalhuls is ingeschat op 3,06 kg. Deze huls wordt over de houten paal geschoven en is 1 meter lang. Er wordt uitgegaan van een wanddikte van 5 mm. De diameter is daarmee binnen 100 mm en buiten 105 mm. Op basis van de beschrijving van Lankhorst-recycling wordt voor de paalhulzen uitgegaan van hetzelfde materiaal als de gerecycled kunststof panelen: gerecycled HDPE met een dichtheid van 950 kg/m³, dus één paalhuls weegt 3,06 kg. Aangezien er 1,43 palen met vierkante meter beschoeiing nodig zijn, komt het gewicht per vierkante meter beschoeiing uit op 4,37 kg.

Het gerecycled kunststof paneel en de naaldhouten paal zijn schaalbaar in lengte. De gerecycled kunststof paalhuls is niet schaalbaar. De resultaten (MKI-scores en gekarakteriseerde waarden) in dit rapport zijn gebaseerd op de uitgangswaarden (Tabel 3).

Tabel 3 - Uitgangswaarden materiaalgebruik voor één vierkante meter beschoeiingselement van gerecycled kunststof

Type materiaal/onderdeel	Hoeveelheid per FU	Eenheid	Toelichting
Gerecycled kunststof panelen	31,03	kg	Paneel van 1 m hoog, 1 m breed, 49 mm dik. Paneel is op delen dunner, op basis van foto's aangenomen dat hierdoor de materiaalhoeveelheid met 1/3e afneemt. 950 kg/m ³ .
Naaldhouten palen	20,64	kg	Paal diameter 0,10 m, lengte 4,0 m, h.o.h. 0,70 m. 460 kg/m ³ .
Gerecycled kunststof paalhuls	4,37	kg	Paalhuls van 1 meter lang en een interne diameter van 0,10 m en een dikte van 5 mm. 950 kg/m ³ .

A1: Grondstoffen

De benodigde grondstoffen voor de productie en aanleg (exclusief kapitaalgoederen omdat die per proces worden meegenomen) van één vierkante meter beschoeiingselement van gerecycled kunststof zijn weergegeven in Tabel 4.

Voor het gerecycled kunststof wordt uitgegaan van gerecycled kunststof geproduceerd door Lankhorst Recycling. Dit bedrijf is geselecteerd als representatieve producent op aanwijzing van Waternet⁹. De gerecycled kunststof panelen zijn gemaakt van oude flessendoppen, kratten en landbouwplastic. Deze producten zijn over het algemeen gemaakt van hogedichtheidpolyetheen (HDPE). Het polytheen van secundaire afkomst is toepasbaar voor specifieke doeleinden nadat het gesorteerd en gegraneerd is. Volgens het stappenplan bepaling einde afval in Bijlage IV van de SBK-Bepalingsmethode (SBK, 2019), is dit granulaat daarom vrij van impact toe te passen in Module A1.

⁹ Beschrijving gerecycled kunststof: <https://www.lankhorst-recycling.com/nl/duurzaam-gerecycled-kunststof>

Tabel 4 - LCA-modelgegevens voor één vierkante meter beschoeiingselement van gerecycled kunststof (Fase A1: Grondstoffen)

Onderdeel/activiteit	Materiaal	Hoeveelheid	Eenheid	Referentie	Database	Toelichting
Gerecycled kunststof panelen	Secundair HDPE	31,03	kg	Secundair granulaat is vrij van impact	x	Secundair HDPE is na sorteren en granuleren toepasbaar voor specifieke doelen. Dit granulaat is daarmee vrij van impact toe te passen in Module A1.
Naaldhouten palen	Naaldhout	20,64	kg	0067-fab&Hout, zachthout, vuren, grenen, lariks, douglas (o.b.v. Sawwood, softwood, dried (u=10%), planed {RER} production Cut-off, U en 1 m ³ = 460 kg)	NMD 3.1	Niet-gelamineerd zachthout komt overeen met de aangeleverde informatie.
Gerecycled kunststof paalhuls	Secundair HDPE	4,37	kg	Secundair granulaat is vrij van impact	x	Secundair HDPE is na sorteren en granuleren toepasbaar voor specifieke doelen. Dit granulaat is daarmee vrij van impact toe te passen in Module A1.

A2: Transport naar producent

Het benodigde transport van materialen naar de producent van één vierkante meter beschoeiingselement van gerecycled kunststof is weergegeven in Tabel 5.

Tabel 5 - LCA-modelgegevens voor één vierkante meter beschoeiingselement van gerecycled kunststof (Fase A2: Transport naar producent)

Onderdeel/activiteit	Modus	Hoeveelheid	Eenheid	Referentie	Database	Toelichting
Transport (Gerecycled kunststof panelen)	Weg	4,66	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 (Naaldhouten palen)	Weg	3,10	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 (Gerecycled kunststof paalhuls)	Weg	0,66	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 vierkante meter beschoeiingselement van gerecycled kunststof zijn weergegeven in Tabel 6.

De naaldhouten palen voor de gerecycled kunststof beschoeiingen van Lankhorst Recycling zijn onbehandeld, aangezien deze op de watergrens worden beschermd door een gerecycled kunststof paalhuls¹⁰.

Tabel 6 - LCA-modelgegevens voor één vierkante meter beschoeiingselement van gerecycled kunststof (Fase A3: Productie)

Onderdeel/activiteit	Techniek	Hoeveelheid	Eenheid	Referentie	Database	Toelichting
Gerecycled kunststof panelen	Injection moulding	31,22	kg	0359-pro&Spuitsieten, kunststof (exclusief kunststof) (o.b.v. Injection moulding {GLO} market for Cut-off, U; "1 kg of this process equals 0.994 kg of injection moulded plastics")	NMD 3.1	Conservatieve inschatting voor het productieproces van een massief plastic product. 1 kg injection moulding staat gelijk aan 0,994 kg plastic product (Ecoinvent-beschrijving).
Naaldhouten palen	Machinaal zagen	3,33E-02	uur	0362-pro&Zagen, hout, benzinemotor, per uur (o.b.v. Power sawing, with catalytic converter {GLO} market for Cut-off, U)	NMD 3.1	Twee minuten aangenomen. Verlies aan hout tijdens zagen is buiten beschouwing gelaten, aangezien wordt aangenomen dat dit verwaarloosbaar is.
Gerecycled kunststof paalhuls	Extrusion	4,39	kg	0357-pro&Extruderen, kunststof, buizen (exclusief kunststof) (o.b.v. Extrusion, plastic pipes {GLO} market for Cut-off, U; "1 kg of this process equals 0.996 kg of extruded plastic pipes.")	NMD 3.1	Meest geschikte productieproces voor een plastic huls (pijp). 1 kg extrusion staat gelijk aan 0,996 kg plastic product (Ecoinvent-beschrijving).

¹⁰ Referentie voor kunststof beschoeiing, zoals opgegeven door Waternet: <https://www.lankhorst-recycling.com/nl/kunststof-beschoeiing>

A4: Transport naar bouwplaats

Het benodigde transport naar de bouwplaats van één vierkante meter beschoeiingselement van gerecycled kunststof is weergegeven in Tabel 7.

Tabel 7 - LCA-modelgegevens voor één vierkante meter beschoeiingselement van gerecycled kunststof (Fase A4: Transport naar bouwplaats)

Onderdeel/activiteit	Modus	Hoeveelheid	Eenheid	Referentie	Database	Toelichting
Transport (Gerecycled kunststof panelen)	Weg	4,66	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 (Naaldhouten palen)	Weg	3,10	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 (Gerecycled kunststof paalhuls)	Weg	0,66	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 vierkante meter beschoeiingselement van gerecycled kunststof zijn weergegeven in Tabel 8. Aangezien het gebruikte materieel niet (lineair) meeschaalt met de lengte van de gerecycled kunststof panelen (informatie op basis van toelichting Waterschappen), hebben we dat als los element gemodelleerd. 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:

- Prefabproducten: 3%.
- In-situ-producten: 5%.

Tabel 8 - LCA-modelgegevens voor één vierkante meter beschoeiingselement van gerecycled kunststof (Fase A5: Aanleg (bouw- en installatieproces))

Onderdeel/activiteit	Materiaal	Hoeveelheid	Eenheid	Referentie	Database	Toelichting
Plaatsen beschoeiing	Hydraulische rupskraan	0,33	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	Een hydraulische rupskraan is een graafmachine, zoals bijvoorbeeld de Caterpillar 320.
Toeslagpercentage extra productie en transport bouwafval prefab-producten (damwand-planken, gording)		3%		A1-A4 en C2-C4		Forfaitaire waarde voor bouwafval van prefabproducten.

B1-B7: Gebruik en onderhoud

Tijdens de levenscyclus van een beschoeiingselement van gerecycled kunststof is er geen sprake van onderhoud of vervanging van onderdelen.

C1: Sloop

De benodigde activiteiten voor de demontage en sloop van één vierkante meter beschoeiingselement van gerecycled kunststof zijn weer-gegeven in Tabel 9. Net als binnen Module A5 is deze module alleen gekoppeld aan de gerecycled kunststof paalhuls, zodat deze niet meeschaalt als de panelen langer wordt uitgevoerd. Hierbij is de aanname gedaan dat de sloop niet lineair meeschaalt met de lengte van de panelen, en dat de extra sloop voor langere panelen verwaarloosbaar is.

Tabel 9 - LCA-modelgegevens voor één vierkante meter beschoeiingselement van gerecycled kunststof (Fase C1: Sloop)

Onderdeel/activiteit	Materiaal	Hoeveelheid	Eenheid	Referentie	Database	Toelichting
Verwijderen beschoeiing	Hydraulische rupskraan	8,33E-02	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	Een hydraulische rupskraan is een graafmachine, zoals bijvoorbeeld de Caterpillar 320.

C2: Transport naar afvalverwerker

Het benodigde transport naar de afvalverwerker van één vierkante meter beschoeiingselement van gerecycled kunststof is weergegeven in Tabel 10.

Volgens eerder onderzoek van CE Delft naar gerecycled kunststofrecycling, is het mogelijk om afgedankte gerecycled kunststof producten van gerecycled plastic meermaals te recyclen¹¹. Er wordt daarom ook voor deze gerecycled kunststof uitgegaan van de forfaitaire afvalscenario's voor gerecycled kunststof volgens de SBK-Bepalingsmethode.

Tabel 10 - LCA-modelgegevens voor één vierkante meter beschoeiingselement van gerecycled kunststof (Fase C2: Transport naar afvalverwerker)

Onderdeel/activiteit	Materiaal	Hoeveelheid	Eenheid	Referentie	Database	Toelichting
Transport (Gerecycled kunststof panelen)	Weg	2,95	tkm	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO} market for Cut-off, U)	NMD 3.1	Forfaitair vervoer voor gerecycled kunststof profielen en platen (90% AVI, 10% recycling. AVI 100 km transport, recycling 50 km).
Transport (Naaldhouten palen)	Weg	1,24	tkm	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO} market for Cut-off, U)	NMD 3.1	Forfaitair vervoer voor hout uit waterbouw (10% laten zitten, 30% AVI, 60% recycling en hergebruik. AVI 100 km transport, rest 50 km).
Transport (Gerecycled kunststof paalhuls)	Weg	0,42	tkm	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO} market for Cut-off, U)	NMD 3.1	Forfaitair vervoer voor gerecycled kunststof profielen en platen (90% AVI, 10% recycling. AVI 100 km transport, recycling 50 km).

¹¹ Bergsma, G., Bijleveld, M. (2017) Recycling van kunststofstromen van bedrijven. CE Delft.

C3: Afvalbewerking

De benodigde activiteiten voor de afvalbewerking van één vierkante meter beschoeiingselement van gerecycled kunststof zijn weergegeven in Tabel 11.

Tabel 11 - LCA-modelgegevens voor één vierkante meter beschoeiingselement van gerecycled kunststof (Fase C3: Afvalbewerking)

Onderdeel/activiteit	Techniek	Hoeveelheid	Eenheid	Referentie	Database	Toelichting
Verbranden polyetheen (Gerecycled kunststof paneel)	AVI	27,93	kg	Waste polyethylene {RoW} treatment of waste polyethylene, municipal incineration Cut-off, U	Ecoinvent 3.5 cut-off	Forfaitaire afvalbewerking voor gerecycled kunststof profielen en platen (90% AVI, 10% recycling. AVI 100 km transport, recycling 50 km). Meest geschikte Ecoinvent-referentie voor verbranding van HDPE.
Recyclen polyetheen (Gerecycled kunststof paneel)	Sorteren	3,10	kg	Polyethylene, high density, granulate, recycled {Europe without Switzerland} polyethylene production, high density, granulate, recycled Cut-off, U	Ecoinvent 3.5 cut-off	Forfaitaire afvalbewerking voor gerecycled kunststof profielen en platen (90% AVI, 10% recycling. AVI 100 km transport, recycling 50 km). Het polyetheen van secundaire afkomst is toepasbaar voor specifieke doeleinden nadat het gesorteerd en gegraneerd is. Volgens het stappenplan bepaling einde afval in Bijlage IV van de SBK-Bepalingsmethode (SBK 2019), valt sorteren en granuleren daarmee onder afvalbewerking.
Verbranden hout (Naaldhouten palen)	AVI	1,55	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).
Zagen van houten balken (Naaldhouten palen)	Machinaal zagen	3,33E-02	uur	Power sawing, with catalytic converter {RER} processing Alloc Rec, U	Ecoinvent 3.5 cut-off	Twee minuten aangenomen. Verlies aan hout tijdens zagen is buiten beschouwing gelaten, aangezien wordt aangenomen dat dit verwaarloosbaar is.

Onderdeel/activiteit	Techniek	Hoeveelheid	Eenheid	Referentie	Database	Toelichting
Recycling hout (Naaldhouten palen)	Hout versnip- peren	2,06	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).
Hergebruik hout (Naaldhouten palen)	Geen impact	x	x	x	x	Forfaitaire afvalbewerking schoon hout uit waterbouw (10% laten zitten, 30% AVI, 10% recycling en 50% hergebruik). Worst-case zachthout in alle gevallen.
Verbranden polyetheen (Gerecycled kunststof paalhuls)	AVI	3,93	kg	Waste polyethylene {RoW} treatment of waste polyethylene, municipal incineration Cut-off, U	Ecoinvent 3.5 cut-off	Forfaitaire afvalbewerking voor gerecycled kunststof profielen en platen (90% AVI, 10% recycling. AVI 100 km transport, recycling 50 km). Meest geschikte Ecoinvent-referentie voor verbranding van HDPE
Recyclen polyetheen (Gerecycled kunststof paalhuls)	Sorteren	0,44	kg	Polyethylene, high density, granulate, recycled {Europe without Switzerland} polyethylene production, high density, granulate, recycled Cut-off, U	Ecoinvent 3.5 cut-off	Forfaitaire afvalbewerking voor gerecycled kunststof profielen en platen (90% AVI, 10% recycling. AVI 100 km transport, recycling 50 km). Het poly- theen van secundaire afkomst is toepas- baar voor specifieke doeleinden nadat het gesorteerd en gegranuleerd is. Volgens het stappenplan bepaling einde afval in Bijlage IV van de SBK-Bepalings- methode (SBK 2019), valt sorteren en granuleren daarmee onder afval- bewerking.

C4: Finale afvalverwerking

De benodigde activiteiten voor de finale afvalverwerking van één vierkante meter beschoeiingselement van gerecycled kunststof zijn weergegeven in Tabel 12.

Tabel 12 - LCA-modelgegevens voor één vierkante meter beschoeiingselement van gerecycled kunststof (Fase C4: Finale afvalverwerking)

Onderdeel/activiteit	Materiaal	Hoeveelheid	Eenheid	Referentie	Database	Toelichting
In de grond gelaten hout (Houten palen)	Hout	2,06	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).

D: Lasten en baten buiten de systeemgrens

De lasten en baten buiten de systeemgrens van één vierkante meter beschoeiingselement van gerecycled kunststof zijn weergegeven in Tabel 13.

Van het toegepaste secundaire HDPE in Module A, gaat 90% in Module C verloren, volgens het forfaitaire scenario voor kunststoffen van de SBK-Bepalingsmethode. De impact van het verloren materiaal in Module D is gebaseerd op het originele virgin materiaal: HDPE granulaat.

Tabel 13 - LCA-modelgegevens voor één vierkante meter beschoeiingselement van gerecycled kunststof (Fase D: Lasten en baten buiten de systeemgrens)

Onderdeel/activiteit	Vermeden materiaal	Hoeveelheid	Eenheid	Referentie	Database	Toelichting
Verbranden gerecycled kunststof (Gerecycled kunststof panelen)	Energie van fossiele afkomst	1.186,2	MJ	0267-avD&Vermeden energieproductie AVI, o.b.v. FOSSIELE grondstoffen, 18% elektrisch en 31% thermisch (per MJ LHV)	NMD 3.1	Forfaitaire energie uitsparing voor gerecycled kunststof volgens de SBK-Bepalingsmethode. LHV van 42,47 MJ/kg volgens de SBK-Bepalingsmethode.
Recycling gerecycled kunststof (Gerecycled kunststof panelen)	HDPE secundair granulaat	-2,06	kg	0353-fab&Polyetheen, HDPE, granulaat (o.b.v. Polyethylene, high density, granulate {GLO} market for Cut-off, U)	NMD 3.1	Forfaitaire afvalbewerking gerecycled kunststof (90% AVI, 10% recycling). Er gaat meer secundair materiaal verloren dan vrij komt. De impact van het verloren materiaal is gebaseerd op het originele virgin materiaal: HDPE granulaat.
Verbranden hout (Naaldhouten palen)	Energie van biogene afkomst	86,65	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 (Naaldhouten palen)	Houtspaander	2,06	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.

Onderdeel/activiteit	Vermeden materiaal	Hoeveelheid	Eenheid	Referentie	Database	Toelichting
Hergebruik hout (Naaldhouten palen)	Zachthouten paal	10,30	kg	0067-fab&Hout, zachthout, vuren, grenen, lariks, douglas (o.b.v. Sawnwood, softwood, dried (u=10%), planed {RER} production Cut-off, U en 1 m ³ = 460 kg)	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. Het houten object wordt 1-op-1 uitgespaard.
Verbranden gerecycled kunststof (Gerecycled kunststof paalhuls)	Energie van fossiele afkomst	167,0	MJ	0267-avD&Vermeden energieproductie AVI, o.b.v. FOSSIELE grondstoffen, 18% elektrisch en 31% thermisch (per MJ LHV)	NMD 3.1	Forfaitaire energie uitsparing voor gerecycled kunststof volgens de SBK-Bepalingsmethode. LHV van 42,47 MJ/kg volgens de SBK-Bepalingsmethode.
Recycling gerecycled kunststof (Gerecycled kunststof paalhuls)	HDPE secundair granulaat	-3,93	kg	0353-fab&Polyetheen, HDPE, granulaat (o.b.v. Polyethylene, high density, granulate {GLO} market for Cut-off, U)	NMD 3.1	Forfaitaire afvalbewerking gerecycled kunststof (90% AVI, 10% recycling). Er gaat meer secundair materiaal verloren dan vrij komt. De impact van het verloren materiaal is gebaseerd op het originele virgin materiaal: HDPE granulaat.
Toeslagpercentage extra productie en transport bouwafval prefab-producten (Damwandplanken, gording)		3%		Alles in Module D		Forfaitaire waarde voor bouwafval van prefabproducten.

2.3 Datakwaliteit en representativiteit

De gegevens zijn gebaseerd op regels voor cat.3-LCA zoals beschreven in de SBK-Bepalingsmethode (SBK 2019). Het gaat hier om branche-gemiddelde waarden die alleen representatief zijn voor één vierkante meter beschoeiingselement van gerecycled kunststof. De waarden zijn niet representatief voor een één vierkante meter beschoeiingselement van een specifiek merk of type.

3 LCA-resultaten

3.1 MKI-scores (gewogen milieuprofiel)

De totale MKI-score van één vierkante meter beschoeiingselement van gerecycled kunststof (exclusief palen) is berekend op € 9,8. De totale MKI-score van de naaldhouten palen met gerecycled kunststof paalhuls is per vierkante meter beschoeiing berekend op € 2,0. De MKI-scores per levenscyclusfase zijn weergegeven in Tabel 14 en Tabel 15.

Tabel 14 - MKI-scores voor één vierkante meter beschoeiingselement van gerecycled kunststof (exclusief palen), opgedeeld in levensfasen (exclusief 30% categorie-opslag)

Levenscyclusfase		Relatief aandeel (%)
Productie	A1: Grondstoffen	0%
	A2: Transport naar producent	1%
	A3: Productie	37%
Bouw	A4: Transport naar bouwplaats	1%
	A5: Aanleg (bouw- en installatieproces)	29%
Gebruik	B1-B7: Gebruik en onderhoud	0%
Sloop en afvalverwerking	C1: Sloop	7%
	C2: Transport naar afvalverwerking	1%
	C3: Afvalbewerking	56%
	C4: Finale afvalverwerking	0%
Aanvullend	D: Lasten en baten buiten de systeemgrens	-31%
Totaal		100%

Tabel 15 - MKI-scores voor naaldhouten palen behorende bij 1 m² beschoeiing

Levenscyclusfase		Relatief aandeel (%)
Productie	A1: Grondstoffen	41%
	A2: Transport naar producent	4%
	A3: Productie	13%
Bouw	A4: Transport naar bouwplaats	4%
	A5: Aanleg (bouw- en installatieproces)	3%
Gebruik	B1-B7: Gebruik en onderhoud	0%
Sloop en afvalverwerking	C1: Sloop	0%
	C2: Transport naar afvalverwerking	2%
	C3: Afvalbewerking	51%
	C4: Finale afvalverwerking	1%
Aanvullend	D: Lasten en baten buiten de systeemgrens	-20%
Totaal		100%

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

