

LCA Rapportage categorie 3 data Nationale Milieudatabase

Hoofdstuk 36 Geluidbeperkende constructies langs spoorwegen

Datum rapportage: 29 april 2025
Versie rapportage: 1.5

Opdrachtgever: ProRail
Opdrachtnemer(s): TAUW

Auteur(s): Sabine de Haes, Rianne van der Veen, Julia Opdam (TAUW)

Peer reviewer(s) H. van der Leij, LBP|SIGHT

(Deel)producten / productkaarten in rapportage (versie 4)

Hoofdstuk 36 Geluidbeperkende constructies (Langs spoorwegen)					
(Deel)producten	Hoeveelheden	Eenheid	Versie Bepalingsmethode	NMD versie	EcolInvent versie
Geluidsschermbaan; paneel, aluminium & steenwol (schermhoogte 1-5 m)	1	m ²	1.1	3.10	Set 1: EI3.6 Set 2: EI3.9
Geluidsschermbaan; paneel, gewapend beton & houtvezelbeton (schermhoogte 1-5 m)	1	m ²	1.1	3.10	Set 1: EI3.6 Set 2: EI3.9
Geluidsschermbaan; stijl (schermhoogte 1-5 m)	1	m ²	1.1	3.10	Set 1: EI3.6 Set 2: EI3.9
Geluidsschermbaan; plint (schermhoogte 1-5 m)	1	m ²	1.1	3.10	Set 1: EI3.6 Set 2: EI3.9
Geluidsschermbaan; fundering (schermhoogte 1-5 m)	1	m ²	1.1	3.10	Set 1: EI3.6 Set 2: EI3.9
Geluidsschermbaan; schanskorf (schermhoogte 1- 5 m)	1	m ²	1.1	3.10	Set 1: EI3.6 Set 2: EI3.9
Geluidsschermbaan; anti- graffiti rooster (schermhoogte 1-5 m)	1	m ²	1.1	3.10	Set 1: EI3.6 Set 2: EI3.9
Geluidsschermbaan; volledig scherm met aluminium paneel (schermhoogte 1-5 m)	1	m ²	1.1	3.10	Set 1: EI3.6 Set 2: EI3.9
Geluidsschermbaan; volledig scherm met houtvezelbetonnen paneel (schermhoogte 1-5 m)	1	m ²	1.1	3.10	Set 1: EI3.6 Set 2: EI3.9

Wijzigingenregister

Versie rapport	Datum	Opsteller	Peer review	Gewijzigde productkaarten	Toelichting
1	7 oktober 2020	TAUW			
2	10 december 2021	TAUW			Na doorvoer aanpassingen na invoer NMD
3	12 oktober 2022	TAUW		Houtvezelbeton paneel	Na toevoegen houtvezelbeton paneel
4	16 april 2025	TAUW	H. van der Leij LBP SIGHT	Alle kaarten	Herziening rapportage, zie <i>0 Herziening 2025</i>
5	29 april 2025	Roel van Oosterhout, Ilja Lieshout. EcoReview	-	Betonmortels	Disclaimer. In het NMD Fase 7 Perceel 2 (F7P2) project zijn de oorspronkelijk gebruikte betonmortels in verschillende producten opnieuw geïnventariseerd door middel van expertise van een betontechnoloog. Hierdoor zijn in veel gevallen nieuwe betonrecepturen geselecteerd met afwijkende dichtheid. Afwijkingen in dichtheid zijn in veel gevallen 0-1% en nooit meer dan 3%. Aanvullende data verwerking o.b.v. afwijking van dichtheid was binnen F7P2 niet in scope en zodanig niet uitgevoerd. De oorspronkelijke resultaten zijn niet aangepast na verandering van de betonmortels.

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	4
Herziening 2025 (versie 4).....	5
1 Inleiding	7
1.1 Aanleiding	7
1.2 Achtergrond	7
1.3 Doelstelling en doelgroep	8
1.4 Verantwoording	8
1.5 Leeswijzer	9
2 Methode	10
2.1 Aanpak	10
2.2 Scope en functionele eenheid	10
2.2.1 Productomschrijving	10
2.2.2 Systeemgrenzen	12
3 Levenscyclusinventarisatie (LCI).....	13
3.1 Dataverzameling	13
3.2 Decompositie in materialen en processen	13
3.2.1 Productiefase (A1-3)	13
3.2.2 Transportfase (A4)	16
3.2.3 Bouwfase (A5).....	16
3.2.4 Gebruiksfase (B1-5).....	17
3.2.5 Sloopfase (C1)	18
3.2.6 Transport naar verwerker (C2)	18
3.2.7 Afvalverwerking (C3 en C4)	18
3.2.8 D lasten en baten buiten de milieugrens	21
4 Resultaten	24
4.1 Berekening milieuprofiel	24
4.2 Gewogen resultaten	24
4.3 Zwaartepuntanalyse	27
4.4 Gevoeligheidsanalyse	27
4.5 Schaling	28
5 Referenties	35
Bijlage I Onderbouwing cut-off verpakkingsmateriaal.....	36

Herziening 2025 (versie 4)

Aangevraagde aanpassingen

In versie 3 van *Hoofdstuk 36 Geluidbeperkende constructies* zijn een aantal problemen geconstateerd. Deelproduct Aluminium paneel uit de voorliggende rapportage, *Hoofdstuk 36 Geluidbeperkende constructies langs spoorwegen*, komt overeen met deelproduct Aluminium cassettes uit *Hoofdstuk 36 Geluidbeperkende constructies*. De herziening van die rapportage was de aanleiding om ook in voorliggende rapportage een aantal zaken aan te passen:

- Er was een niet-representatief proces gekozen voor geconserveerd aluminium, rubbers ontbreken, productieprocessen ontbreken en het verpakkingsmateriaal ontbreekt. Deelproduct Aluminium paneel is daarom aangepast:
 - ➔ Aluminium processen zijn aangepast naar gepoedercoat en geanodiseerd aluminium (NMD referentie **0018-fab&Aluminium, met poedercoating** (o.b.v. *Aluminium, cast alloy {GLO}| market for | Cut-off, U; 26% primair, 74% secundair + Powder coat, aluminium sheet {RER}| powder coating, aluminium sheet | Cut-off, U*) in combinatie met **0690-pro&Anodiseren, Aluminium plaat per m2** (o.b.v. *Anodising, aluminium sheet {RER}| processing | Cut-off, U*) in plaats van NMD referentie **0151-fab&Aluminium** (o.b.v. *Aluminium, cast alloy {GLO}| market for | Cut-off, U; 20% primair, 80% scrap*).
 - ➔ De ontbrekende rubbers in *Hoofdstuk 36 Geluidbeperkende constructies* zijn niet van toepassing op de Aluminium cassettes, die corresponderen met het Aluminium paneel in voorliggende rapportage. Hier zijn dus geen wijzigingen in gedaan.¹
 - ➔ Het elektriciteitsverbruik tijdens de productie van het Aluminium paneel is toegevoegd in A1-A3.
 - ➔ Het ontbrekende verpakkingsmateriaal in *Hoofdstuk 36 Geluidbeperkende constructies* is specifiek gebaseerd op een producenten specifieke categorie 1 productkaart. De voorliggende rapportage beschrijft categorie 3 productkaarten. Er is te weinig informatie voorhanden om te kunnen stellen dat deze (deel)producten op dezelfde manier worden verpakt als het categorie 1 product. Daarbij valt de massa en impact van de verpakkingsmaterialen zoals omschreven in de categorie 1 productkaart binnen de cut-off criteria (bijlage 1; <1% massa en <5% MKI). Verpakkingsmaterialen zijn daarom buiten beschouwing gelaten.

De overige onderdelen (deelproducten) in de voorliggende rapportage zijn nieuw of wijken af ten opzichte van *Hoofdstuk 36 Geluidbeperkende constructies*. Een paar algemene zaken zijn wel aangepast:

- Controleren en aanpassen invoer waar nodig, incl. schalingsformules.
 - ➔ Dit is aangepast, zie lijst met wijzigingen
- Verduidelijken rapportages tbv correct gebruik van deze producten in berekeningen.
 - ➔ Dit is aangepast, zie lijst met wijzigingen

¹ De rubbers ontbreken in *Hoofdstuk 36 Geluidbeperkende constructies* bij deelproducten Cassettes met glas, Kunststof cassettes, Geïmpregneerde en geverfde houten panelen en Houten panelen (duurzaamheidsklasse II). Voorliggende rapportage bevat geen soortgelijke deelproducten, dus rubbers zijn buiten beschouwing gelaten.

Rekenmethode

De berekeningen zijn herzien middels het NMD invoerplatform². De berekeningen updaten daardoor automatisch wanneer een nieuwe versie van de rekenmethode of processendatabase vigerend wordt. Versie 4 van deze rapportage bevat resultaten op basis van NMD versie 3.10 / EcoInvent 3.6 (set A1) en EcoInvent 3.9 (set A2).

Wijzigingen ten opzichte van versie 3

- In Sectie 2.2 *Scope en functionele eenheid* is het houtvezelbetonnen geluidsscherm toegevoegd aan de functionele eenheid.
- Sectie 2.2.1 *Productomschrijving* is aangepast en uitgebreid ter verduidelijking.
- Sectie 3.2.1 *Productiefase (A1-A3)* is opgeschoond, leesbaarder gemaakt en waar van toepassing uitgebreid. Informatie rondom gebruikte processen is opgenomen in tabel 3.
- Sectie 3.2.3 *Bouwfase (A5)* is uitgebreid ter verduidelijking van de schalingsformules en de gebruikte waardes. De NMD referenties zijn toegevoegd in tabel 4. Tabel 4 is aangepast naar waardes in lijn met de schalingsformules bij schermhoogte 3 meter.
- Sectie 3.2.5 *Sloof fase (C1)* is aangepast om beter aan te sluiten op sectie 3.2.3.
- Sectie 3.2.6 *Transport naar verwerker (C2)* is uitgebreid zodat de juiste transportafstanden genoemd staan.
- Sectie 3.2.7 *Afvalverwerking (C3 en C4)*
 - o Waar nodig herzien om de forfaitaire scenario's te laten kloppen met *Bijlage: Forfaitaire waarden verwerkingsscenario's einde leven versie mei 2024* uit de Bepalingsmethode. Dit geldt voor:
 - Het verwijderde gedeelte van de Stalen buispaal in deelproduct Fundering
 - De steenwolvulling van het deelproduct Paneel met aluminium
 - o De omschrijving van deelproduct Paneel met houtvezelbeton ontbrak en is toegevoegd
 - o Tabel 6 en 7 zijn aangepast in lijn met de wijze van modelleren in het Invoerplatform. Dit geldt voor zowel de waardes als de NMD referenties.
- Sectie 3.2.8 *D lasten en baten buiten de milieugrens* is aangepast in lijn met de wijze van modelleren in het Invoerplatform. Dit geldt voor zowel de waardes als de NMD referenties.
- Sectie 4.2 *Gewogen resultaten* is aangepast naar de resultaten vanuit het Invoerplatform. Dit geldt voor de tekst, tabel 9, figuur 1 en figuur 2. De resultaten voor set A2 en Param zijn toegevoegd.
- Sectie 4.3 *Zwaartepuntanalyse* is aangepast naar de resultaten vanuit het Invoerplatform. Dit geldt voor de tekst en tabel 10. De resultaten voor set A2 zijn toegevoegd.
- Sectie 4.4 *Gevoeligheidsanalyse* is toegevoegd.
- Hoofdstuk 5 *Discussie* is komen te vervallen.
- Bijlage I is nieuw toegevoegd. De oorspronkelijke bijlages zijn komen te vervallen.

² [Invoerplatform](https://milieudatabase.nl/nl/milieudata-lca/invoerplatform/): <https://milieudatabase.nl/nl/milieudata-lca/invoerplatform/>

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Naar aanleiding van het Meer Jaren Programma Geluidbeperkende constructies van ProRail (MJPG), heeft ProRail adviesbureau TAUW verzocht categorie 3 productkaarten te maken van standaard geluidschermen langs spoorwegen. De productkaarten zullen dienen als referentie MKI-waardes bij aanbestedingen binnen het kader van het MJPG. Deze LCA3-rapportage beschrijft de uitgangspunten en resultaten voor de categorie 3 data in Hoofdstuk 36 in de Nationale Milieudatabase⁴.

1.2 Achtergrond

Rijkswaterstaat, ProRail en de Stichting Nationale Milieudatabase (Stichting NMD) zijn in 2020 gestart met het actualiseren van de categorie 3 data voor de Spoor-, Grond-, Weg- en Waterbouw (GWW) in de Nationale Milieudatabase (NMD). Per RAW-hoofdstuk of thematisch onderwerp wordt de categorie 3 data voor de GWW geactualiseerd.

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'⁵. Met software-instrumenten zoals DuboCalc⁶ kan met behulp van de Nationale Milieudatabase de MKI-waarde voor een product, object en een compleet project berekend worden.

Oprachtgevers 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 krijgt⁷.

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

Categorie 3 data wordt automatisch geactualiseerd als Stichting NMD de Achtergrondprocessendatabase actualiseert, als gevolg van een update van de Ecolnvent database. Dit kan betekenen dat de waarden die in deze rapportage zijn beschreven, zullen verouderen. In dit rapport staat beschreven welke versies van de Ecolnvent 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.

³ LCA = Levenscyclusanalyse. Meer informatie, zie bijvoorbeeld <https://www.rivm.nl/life-cycle-assessment-lca/wat-is-lca>

⁴ Meer informatie over de Nationale Milieudatabase: <https://milieudatabase.nl/>

⁵ Meer informatie over de Bepalingsmethode: <https://milieudatabase.nl/milieuprestatie/bepalingsmethode/>

⁶ Meer informatie over DuboCalc: <https://www.dubocalc.nl/>

⁷ Meer informatie over het gebruik van de MKI-waarde als gunningscriterium: <https://www.dubocalc.nl/hoer-dubocalc-toepassen/>

1.3 Doelstelling en doelgroep

In deze studie zijn milieuprofielen opgesteld van Geluidbeperkende constructies op basis van hoofdstuk 36 van de RAW Bepalingen 2020 en specifieke ontwerpisen van geluidbeperkende constructies van ProRail. Het doel van de studie is het aanvullen en verbeteren van de categorie 3 productkaarten in de Nationale Milieudatabase (NMD).

De onderhavige rapportage heeft tot doel om de gemaakte keuzes in materialen en milieudata te documenteren als verantwoording. De rapportage zal, naast de ingevoerde productkaarten, worden aangeboden aan de NMD en via de rekeninstrumenten en de website beschikbaar worden gemaakt aan de sector.

De studie is opgesteld voor de volgende doelgroepen:

- Stichting NMD als beheerder van de NMD.
- Opdrachtgevers in de GWW-sector als basis voor referentieontwerpen, verkennende (ontwerp)studies en voor gebruik in aanbestedingen.
- Marktpartijen zoals ingenieurs- en LCA-bureaus en aannemers actief in de GWW-sector om inzicht te krijgen in de uitgangspunten van de categorie 3 data.

1.4 Verantwoording

De LCA is uitgevoerd conform de eisen en richtlijnen uit de *Bepalingsmethode Milieuprestatie Gebouwen en GWW-werken versie 3.0 (januari 2019) inclusief het wijzigingsblad d.d. 1 juli 2019 en het wijzigingsblad dd. januari 2020*, en het *NMD-toetsingsprotocol (versie 3.0, januari 2019 + Amendement 002, juli 2019)*. De Bepalingsmethode is gebaseerd op de *ISO 14040 - ISO14044* en de *NEN-EN 15804:2012 + A1 (2013)*⁸.

De LCA is uitgevoerd door TAUW. De gegevensverzameling heeft plaatsgevonden in de periode juli tot en met augustus 2020 waarna aansluitend de berekeningen zijn uitgevoerd en het LCA-dossier is opgesteld.

Het LCA-dossier dat in het kader van deze studie is opgesteld is getoetst conform het NMD-toetsingsprotocol door een externe derde partij. In deze pre toets is gekeken naar o.a. de uitgangspunten van productsamenstelling en materiaalgebruik op basis van ontwerp- en praktijkkennis. Ook is de rekenwijze gecontroleerd. Deze toets is gedaan door Harry van Ewijk van SGS.

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

Dit rapport is in meerdere fasen tot stand gekomen en wordt regelmatig geactualiseerd. Dit heeft tot gevolg dat er verschillende versies van de basisprocessen database NMD en EcoInvent gebruikt zijn in het rapport. Het overzicht van de verschillende productkaarten en de daarvoor gebruikte

⁸ Alleen het optellen van milieu-impactscores tot een totaalscore (de MKI, zie hoofdstuk 4.6) valt buiten de ISO14044.

softwareversies zijn te vinden op pagina 2. Op pagina 3 en in hoofdstuk 0 *Herziening 2025* zijn de revisies opgenomen voor versie 4 van deze rapportage. Dit kan tot gevolg hebben dat de MKI waarden in rekensoftware afwijkt van de MKI waarden in het rapport. De overige informatie is echter nog steeds actueel.

1.5 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 beschreven.

2 Methode

2.1 Aanpak

Dit rapport beschrijft één hoofdproduct en de verschillende deelproducten die onderdeel zijn van dit hoofdproduct. Voor deze deelproducten wordt de volledige levenscyclus geanalyseerd en beschreven conform de bepalingmethode (zie paragraaf 1.4).

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

- Processendatabase Nationale Milieudatabase (NMD) versie 3.1
- EcolInvent database versie 3.5

NB: Dit rapport is in meerdere fasen tot stand gekomen en wordt regelmatig geactualiseerd. Dit heeft tot gevolg dat er verschillende versies van de basisprocessen database NMD en EcolInvent gebruikt zijn in het rapport. Het overzicht van de verschillende productkaarten en de daarvoor gebruikte softwareversies zijn te vinden op pagina 1. Op pagina 2 en in hoofdstuk 0 *Herziening 2025* zijn de revisies opgenomen voor versie 4 van deze rapportage.

2.2 Scope en functionele eenheid

De scope van deze studie omvat het geheel van absorberende of reflecterende elementen ten behoeve van het weren van geluid van railverkeer exclusief bevestigings- en afdichtingsmiddelen, deuren en afdekprofielen.

Voor de deelproducten geldt dat niet alle componenten tot in detail beschreven zijn. Zo zijn bijvoorbeeld bepaalde verbindingen niet meegenomen. Voor ieder product zijn de belangrijkste componenten geïnterpreteerd. Een standaard uitgangspunt voor categorie 3 LCA's is om de producten te inventariseren die samen tenminste 80% van de milieu-impact bepalen.

Tenslotte, niet alle mogelijke afwijkingen zijn meegenomen in de berekeningen. Zo kan het zijn dat een scherm extra belast zal worden, omdat het bodemtype dit vereist of omdat er zonnepanelen op worden gemonteerd. Doordat dit zeer variabel is, afhankelijk van de projectlocatie, is uitgegaan van een standaard situatie ten behoeve van een branchegemiddelde LCA.

De functionele eenheid betreft:

- 1 m² aluminium geluidscherm (spoorweg), met een levensduur van 50 jaar
- 1 m² houtvezelbetonnen geluidscherm (spoorweg), met een levensduur van 50 jaar

2.2.1 Productomschrijving

De studie is gebaseerd op hoofdstuk 36 van de Standaard RAW Bepalingen 2020 (CROW, 2020) met aanvullingen van ProRail. De volgende onderdelen zijn meegenomen in deze studie:

- Fundering, bestaande uit stalen buispalen, een betonprop en wapening en ankerplaten
- Stalen stijlen met ankerplaten;
- Een plint, bestaande uit gewapend beton
- Twee typen panelen:

- aluminium paneel met steenwol schermvulling
- paneel van gewapend beton bekleed met een laag houtvezelbeton
- Een anti-graffitirooster
- Een schanskorf behang

De decompositie met gewichten en materiaalsamenstellingen is te zien in tabel 1. De waardes in deze rapportage zijn representatief voor een gemiddelde vierkante meter uit een geluidsscherm met een hoogte van 3 meter. De hoogte is schaalbaar (zie paragraaf 2.2.2). Een volledig geluidsscherm bevat alle onderdelen inclusief één van de twee typen panelen.

Tabel 1: Hoofdproduct, deelproducten, materiaalsamenstellingen en gewichten per functionele eenheid (m²) bij een hoogte van 3 meter

Productkaart	Geluidsscherm (spoor)		
Deelproduct	Materiaal	Gemiddeld gewicht (kg) per m ² scherm h=3	Eenheid
Fundering	Stalen buispaal	25,28	kg
	Betonprop	16,49	kg
	Wapeningstaal	1,17	kg
Stijlen	Constructiestaal	8,64	kg
	Stalen platen	1,62	kg
Plint	Betonmortel	57,64	kg
	Wapeningsstaal	2,36	kg
Paneel Aluminium	Aluminium frame	8,10	kg
	Aluminium omhulsel	5,00	kg
	Steenwol	30,00	kg
Anti-graffiti rooster	Draadstaal	7,00	kg
Schanskorf	Verzinkt staal	21,29	kg
	Breuksteen	170,00	kg
Paneel Houtvezelbeton	Gewapend beton – beton	300,00	kg
	Gewapend beton – wapeningsstaal	16,80	kg
	Houtvezelbeton - vezelbeton	70,00	kg
	Houtvezelbeton - resthout	26,00	kg

Voor vluchtdeuren in geluidschermen is ingeschat dat deze slechts 1 keer op de 400 meter voorkomen. De bijdrage aan de MKI is hierdoor naar schatting <1% en niet relevant, waardoor in deze analyse de vluchtdeuren niet worden meegerekend.

De stijlen, de buispalen en de betonprop hebben een h.o.h. afstand van 6 meter.

ProRail past een schanskorf toe die 'hangt' aan de scherm-constructie, en slechts 10cm dik is.

De levensduur van alle onderdelen is 50 jaar (conform RAW hoofdstuk 36).

Deze LCA is deels gebaseerd op een eerdere LCA studie voor modulaire geluidschermen van RWS9. De overeenkomende onderdelen zijn de aluminium panelen. De overige onderdelen zijn nieuw of wijken af.

2.2.2 Systeemgrenzen

De processen die binnen de LCA worden bekeken zijn afgebakend met systeemgrenzen. De systeemgrenzen bepalen welke fasen en processen van de levenscyclus worden meegenomen in de LCA. In tabel 3, volgend uit de *EN 15804* en de *Bepalingsmethode*, staat vastgelegd welke informatie er per levenscyclusfase beschouwd moet worden. In deze LCA is de milieu-impact over de gehele levenscyclus meegenomen. Er wordt volgens ProRail onderhoud gepleegd bestaande uit inspectierondes, eventuele schoonmaak, en eventuele reparatie/vervanging; dit wordt echter vanwege de kleine bijdrage aan de MKI als nul gedeclareerd in deze LCA.

		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	Finale afvalverwerking	Mogelijkheden voor hergebruik, teruggewinning en recycling
EPD	Cradle-to-gate met opties	x	x	x	x	x	0	0	0	0	nvt	x	x	x	x	x

Tabel 2: Systeemgrenzen (X: waarde meegenomen in lca studie, 0: 0 gedeclareerd, nvt: 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 CO₂, CO, NO_x (N₂), SO₂, C_xH_x en fijnstof (PM10 deeltjes < 10µm);
- emissies naar water van CVZ, BZV, P-totaal, N-totaal en vaste stoffen (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 het geluidsscherm.

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 Movares, ProRail en IV Infra.

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 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.

3.2 Decompositie in materialen en processen

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

3.2.1 Productiefase (A1-3)

Omdat 3 meter hoge geluidschermen de meest voorkomende variant zal zijn is in SimaPro gerekend met de gewichten per m² geluidsscherm behorende bij deze hoogte. Als met een andere hoogte wordt gewerkt dienen de schalingformules te worden toegepast om de bijpassende gewichten te berekenen. Met betrekking tot het kwantificeren van de input- en outputstromen van de productiefase zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- De milieuprofielen van de deelproducten worden ten behoeve van de productkaart los berekend.
- De massa's van de fundering, stijl en plint per m² geluidsscherm zijn afhankelijk van de hoogte van de stijlen. De schalingformules staan in **Error! Reference source not found..**
- Verpakkingsmaterialen zijn buiten beschouwing gelaten, omdat de massa en impact van de verpakkingsmaterialen zoals omschreven in de categorie 1 productkaart binnen de cut-off criteria vallen (bijlage 1; <1% massa en <5% MKI).

In Tabel 3 is de decompositie van de verschillende onderdelen weergegeven voor fase A1-A3.

Tabel 3: Decompositie en gewicht van onderdelen per 1 m² bij een schermhoogte van 3 meter (exclusief bouwafval)

Deelproduct	Type materiaal/proces	Gewicht per m ²	Eenheid	Referentie NMD/EcolInvent	Opmerkingen
Fundering	Stalen buispaal (SBP) (273 mm)	25,28	kg	0318-fab&Staal, warmgewalst, buis- en kokerprofielen {GLO} (79,0% primair, 21,0% secundair)	
Fundering	Betonprop	16,49	kg	0589-fab&Betonmortel C45/55 (o.b.v. CEM I), 2366,8 kg/m ³	Oorspronkelijke dichtheid was 2440 kg/m ³ (pre versie 1.5)
Fundering	Wapeningsstaal	1,17	kg	0167-fab&Staal, wapening (betonstaal, wapeningsnet, vezels, voorspanstaal) (o.b.v. 21,5% Steel, unalloyed, 78,5% Steel, low-alloyed & Hot rolling, steel {GLO}) market for Cut-off, U; 17,8% primair, 82,2% secundair)	
Stijl type HEA160	Stijl, constructiestaal	8,64 *	kg	0316-fab&Staal, warmgewalst, constructieprofielen {GLO} (22,3% primair, 77,7% secundair)	
Stijl type HEA160	Ankerplaat, staalplaat	1,62	kg	0317-fab&Staal, warmgewalst, plaat- en bandstaal {GLO} (79,0% primair, 21,0% secundair)	
Stijl type HEA160	Natlaksysteem op stijl	0,10	kg	0029-fab&Alkydharsverf, gemodificeerd, voor buiten INCLUSIEF EMSISSIE OPLOSMIDDEL (voldoet aan Verplichtlijn 2004/42/EC) - onderhoud 1 maal per 10 jaar [VVVF]	
Stijl type HEA160	Zink-coat op stijl	0,61 *	m ²	0445-pro&Verzinken, stuks, per m ² , incl. Zink (o.b.v. 1 m ² Zinc coat, pieces {GLO}) market for Cut-off, U) ("zinc coating layer is 65 µm thick")	
Betonnen plint	Betonmortel	57,64	kg	0589-fab&Betonmortel C45/55 (o.b.v. CEM I), 2366,8 kg/m ³	Oorspronkelijke dichtheid was 2407 kg/m ³ (pre versie 1.5)
Betonnen plint	Wapeningstaal	2,36	kg	0167-fab&Staal, wapening (betonstaal, wapeningsnet, vezels, voorspanstaal) (o.b.v. 21,5% Steel, unalloyed, 78,5% Steel, low-alloyed & Hot rolling, steel {GLO}) market for Cut-off, U; 17,8% primair, 82,2% secundair)	
Aluminium paneel	Aluminium frame	8,10	kg	0018-fab&Aluminium, met poedercoating (o.b.v. Aluminium, cast alloy {GLO}) market for Cut-off, U; 26% primair, 74% secundair + Powder coat, aluminium sheet {RER}) powder coating, aluminium sheet Cut-off, U)	

Aluminium paneel	Aluminium omhulsel	5,00	kg	0018-fab&Aluminium, met poedercoating (o.b.v. Aluminium, cast alloy {GLO}) market for Cut-off, U; 26% primair, 74% secundair + Powder coat, aluminium sheet {RER} powder coating, aluminium sheet Cut-off, U)	
Aluminium paneel	Anodiseren aluminium (0,02 m ² /kg Al)	0,33	m ²	0690-pro&Anodiseren, Aluminium plaat per m ² (o.b.v. Anodising, aluminium sheet {RER}) processing Cut-off, U)	
Aluminium paneel	Produceren van aluminium paneel ***	0,43	kWh	0569-pro&Elektriciteit, Nederlandse mix, bij consument, per kWh (73% grijs, 27% hernieuwbaar) (o.b.v. zie toelichting in proces), (01-2028)	
Aluminium paneel	Steenwolvulling	30,00	kg	0013-fab&Steenwol (o.b.v. Stone wool {GLO}) market for stone wool Cut-off, U)	
Anti-graffiti rooster	Draadstaal (wapeningsstaal)	7,00	kg	0167-fab&Staal, wapening (betonstaal, wapeningsnet, vezels, voorspanstaal) (o.b.v. 21,5% Steel, unalloyed, 78,5% Steel, low-alloyed & Hot rolling, steel {GLO}) market for Cut-off, U; 17,8% primair, 82,2% secundair)	
Schanskorf behang	Rooster (verzinkt staal; staal)	20,98 **	kg	0214-fab&Staal, ongelegeerd (o.b.v. Steel, unalloyed {GLO}) market for Cut-off, U; 79% primair, 21% secundair)	
Schanskorf behang	Rooster (verzinkt staal; zink)	0,66 **	m ²	0445-pro&Verzinken, stuks, per m ² , incl. zink (o.b.v. 1 m ² Zinc coat, pieces {GLO}) market for Cut-off, U) ("zinc coating layer is 65 µm thick")	
Schanskorf behang	Gebroken steen	170,00	kg	0171-fab&Breuksteen, waterbouwsteen (NVLB: A1)	
Paneel, houtvezelbeton	Beton CEMI / 42,5 (C45/55) voor gewapend beton	300	kg	0589-fab&Betonmortel C45/55 (o.b.v. CEM I), 2366,8 kg/m ³	Oorspronkelijke dichtheid was 2351,2 kg/m ³ (pre versie 1.5)
Paneel, houtvezelbeton	Staal B500B voor wapening	16,8	kg	0167-fab&Staal, wapening (betonstaal, wapeningsnet, vezels, voorspanstaal) (o.b.v. 21,5% Steel, unalloyed, 78,5% Steel, low-alloyed & Hot rolling, steel {GLO}) market for Cut-off, U; 17,8% primair, 82,2% secundair	
Paneel, houtvezelbeton	Vezelbeton CEM III/A 42,5) voor vezelbeton	70	kg	0349-fab&Cement, CEM III/A [NL-PCR Cement]	
Paneel, houtvezelbeton	Resthout/vuren voor vezelbeton	26	kg	0067-fab&Hout, zachthout, vuren, grenen, lariks, douglas (o.b.v. Sawnwood, softwood, dried (u=10%), planed {RER}) market for Cut-off, U en 1 m ³ = 464,64 kg)	

Paneel, houtvezelbeton	Coating	0,1	kg	0383-fab&Polyurethaan coating, natlak conserveringssysteem (verbruik 0,51 kg/m ² , uitgaande van 25% overspray en laagdikte 320 µm; Incl. Emissie na aanbrengen)	
------------------------	---------	-----	----	---	--

* 0,61 m² bij een laagdikte van 65 µm staat gelijk aan 0,28 kg zink

** 1 m² 0233-fab&Staal, staalplaat, verzinkt (o.b.v. 98,6% Steel, unalloyed {GLO}) market for | Cut-off, U + Sheet rolling; 0,06 m² Zinc coat, coils) bevat 0,014 kg zink en 0,986 kg staal. Deze verhouding is aangehouden om het zink en het staal uit 21,29 kg verzinkt staal los te modelleren tbv module D in de Cat3 invoermodule; 20,98 kg staal en 0,30 kg zink, oftewel 0.66 m² zinklaag.

*** Dit energieverbruik is toegevoegd naar aanleiding van de categorie I productkaart. Proces 0081 (cat.I productkaart) is aangepast naar 0569.

3.2.2 Transportfase (A4)

Met betrekking tot het kwantificeren van de input- en outputstromen van de transportfase zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Conform de forfaitaire waarden wordt een transportafstand aangehouden van 150 kilometer per halffabricaat/deelproduct naar de bouwplaats of 50 voor bulkmateriaal (het te storten beton).
- Het gewicht benodigd voor de functionele eenheid wordt per deelproduct uitgedrukt in ton en vermenigvuldigd met 50 km resp. 150 km om tot de hoeveelheid tonkilometers te komen.
- Het volgende forfaitaire proces uit de NMD 3.1 is gehanteerd:
 - o Wegtransport:
0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO}) market for | Cut-off, U)

3.2.3 Bouwfase (A5)

Met betrekking tot het kwantificeren van de input- en outputstromen van de bouwfase zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Het heien van de stalen buispalen uit deelproduct Fundering duurt bij een schermhoogte van 3 meter 0,19 uur per m² scherm. Hier hoort een schalingsformule bij van $u=0,005h + 0,18$ (u=uur en h=hoogte).
- De betonprop wordt in situ gestort met een betonpomp en een trilplaat. De montage schaaft mee met de betonprop en wapening.
- Het monteren van de stijlen duurt, onafhankelijk van de hoogte, 0,11 uur per m² scherm.
- Het monteren van de plint duurt, onafhankelijk van de hoogte, 0,028 uur per m² scherm.
- Het monteren van de panelen en de schanskorf duurt bij geluidsscherm van 3 meter hoog 0,165 uur per m² scherm. Hier hoort een schalingsformule bij van $u = 0,055h$
- Het monteren van het anti-graffitirooster duurt bij een schermhoogte van 3 meter 0,083 uur per m² scherm. Hier hoort een schalingformule bij van $u = 0,055 \cdot 0,5 \cdot h$
- Er wordt in het LCA model rekening gehouden met verliezen in de vorm van bouwafval tijdens de installatiefase. Dit zijn voornamelijk prefab producten wat een verlies van 3% betekent. De betonprop voor de fundering wordt in het werk gestort en het natlaksysteem voor de stijlen wordt ter plekke aangebracht. Het bouwverlies voor het beton in de fundering (in situ) is 5%. Voor het natlaksysteem op de stijlen (afwerkingsmateriaal) is dit 15%. Bouwverlies wordt automatisch berekend bij invoer in het NMD invoerplatform. De waarden in de tabellen zijn daarom exclusief bouw- en productieverlies.

In Tabel 4 zijn de processen opgenomen waarmee het milieuprofiel van de bouwphase is berekend:

Tabel 4: Module A5 Bouwphase montage per 1 m² bij een schermhoogte van 3 meter

Proces	Hoeveelheid per m ²	Eenheid	Referentie NMD/EcolInvent	Bron
Heien buispaal	0,19 (0,005h+0,18)	uur	0118-pro&Heistelling, mob.rups. 300-500kN, palentrilset, per uur (o.b.v. 199 kWh Diesel, burned in building machine {GLO}) market for Cut-off, U)	Memo IV-Infra
Betonpomp	0,01	m ³	0099-pro&Betonpomp, incl. voertuig, per m3 (o.b.v. data uit 1995; gemiddelde van giekpomp, leidingpomp en mixerpomp)	SGS Search
Verdichten beton	16,49	kg	0113-pro&Verdichten beton, trilnaald, per ton (o.b.v. 0,33 kWh/m3 Electricity, low voltage {NL}) market for Cut-off, U; data uit 1995)	SGS Search
Monteren van stijlen	0,11	uur	0121-pro&Kraan hydr.tele. band, per uur (o.b.v. 263 kWh Diesel, burned in building machine {GLO}) market for Cut-off, U)	Memo IV-Infra
Aanleggen plint	0,028	uur	0121-pro&Kraan hydr.tele. band, per uur (o.b.v. 263 kWh Diesel, burned in building machine {GLO}) market for Cut-off, U)	ProRail
Monteren van aluminium en houtvezel panelen	0,165 (0,055h)	uur	0121-pro&Kraan hydr.tele. band, per uur (o.b.v. 263 kWh Diesel, burned in building machine {GLO}) market for Cut-off, U)	Memo IV-Infra
Monteren van Anti-graffitirooster	0,083 (0,055*0,5*h)	uur	0121-pro&Kraan hydr.tele. band, per uur (o.b.v. 263 kWh Diesel, burned in building machine {GLO}) market for Cut-off, U)	ProRail
Monteren schanskorf	0,165 (0,055h)	uur	0121-pro&Kraan hydr.tele. band, per uur (o.b.v. 263 kWh Diesel, burned in building machine {GLO}) market for Cut-off, U)	ProRail

3.2.4 Gebruiksphase (B1-5)

Met betrekking tot het kwantificeren van de input- en outputstromen van de gebruiksfase zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- De gebruiksfase (B1) wordt 0 gedeclareerd. De conserveringssysteem verweren weliswaar (als emissies in lucht en grondwater), maar er zijn geen milieueffecten als gevolg hiervan berekend.
- Volgens ProRail vindt onderhoud (B2 en B3) van de geluidschermen eens per 5 jaar plaats. Dit zal slechts plaatsvinden bij incidenten, waarvoor geen schatting van frequentie is opgegeven. De impact van het onderhoud is verwaarloosbaar, aangezien zeer weinig materiaal en energie verbruikt wordt tijdens het onderhoud en de schoonmaak van de geluidschermen. Ook hier wordt 0 gedeclareerd. In deze rapportage is geen sprake van transparante geluidsschermen en daardoor ook niet van periodieke schoonmaak ten behoeve van de lichtdoorlatendheid.
- Incidenteel wordt een schermdeel vervangen (B4) vanwege vernieling, dit is tevens te verwaarlozen.
- Verbouwingen (B5) worden niet gedeclareerd.

3.2.5 Sloopfase (C1)

Module C1 betreft het slopen op de bouwplaats. De uitgangspunten:

- Voor module C1 gelden grotendeels dezelfde werktijden als bij module A5. Er is alleen geen sprake van een betonpomp, trilplaat of heistelling. De schalingformules zijn gelijk aan module A5 en zijn weergegeven in tabel 2, 5 en 6.
- Van de stalen buispalen blijft in de praktijk vaak 90% na de sloop achter in de grond vanwege risico op grondverzakking bij het compleet verwijderen. 90% van de stalen buispalen wordt dus niet verwijderd.

Tabel 5: Module C1 Sloopfase per 1 m² bij een schermhoogte van 3 meter

Deelproduct	Proces	Hoeveelheid per m ² geluidscherm	Eenheid	NMD
Fundering	Verwijderen betonprop en 10% buispaal	0,10	uur	0121-pro&Kraan hydr.tele. band, per uur (o.b.v. 263 kWh Diesel, burned in building machine {GLO}) market for Cut-off, U)
Stijlen	Verwijderen stijlen	0,11	uur	0121-pro&Kraan hydr.tele. band, per uur (o.b.v. 263 kWh Diesel, burned in building machine {GLO}) market for Cut-off, U)
Plint	Verwijderen plint	0,028	uur	0121-pro&Kraan hydr.tele. band, per uur (o.b.v. 263 kWh Diesel, burned in building machine {GLO}) market for Cut-off, U)
Panelen	Demoneren panelen	0,165 (0,055h)	uur	0121-pro&Kraan hydr.tele. band, per uur (o.b.v. 263 kWh Diesel, burned in building machine {GLO}) market for Cut-off, U)
Anti-graffiti rooster	Demoneren rooster	0,083 (0,055*0,5*h)	uur	0121-pro&Kraan hydr.tele. band, per uur (o.b.v. 263 kWh Diesel, burned in building machine {GLO}) market for Cut-off, U)
Schanskorf	Demoneren schanskorven	0,165 (0,055h)	uur	0121-pro&Kraan hydr.tele. band, per uur (o.b.v. 263 kWh Diesel, burned in building machine {GLO}) market for Cut-off, U)

3.2.6 Transport naar verwerker (C2)

Voor module C2 gelden de volgende transportafstanden:

- Einde leven naar AVI 150 km
- Einde leven naar sorteercentrum ter recycling 50 km
- Einde leven naar sorteercentrum ter hergebruik 0 km
- Einde leven naar stort (grond) 50 km
- Einde leven naar stort (overig) 100 km

Transport is in tonkm gemodelleerd met behulp van 0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO}) market for | Cut-off, U).

3.2.7 Afvalverwerking (C3 en C4)

Per deelproduct is er een verwerkingsscenario opgesteld gebaseerd op de forfaitaire waarden uit bijlage 1 van de Bepalingsmethode. Voor staal en beton is er sprake van recyclingprocessen in module C3.

Voor het kwantificeren van de input- en outputstromen van de sloop- en verwerkingsfase zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Voor deelproduct *Fundering*:
 - o Betonprop en ankerplaat: 100% verwijderen en verwerken (breekinstallatie) volgens onderstaande forfaitaire scenario's.
 - o Beton: 99% recycling, 1% stort

- Wapeningsstaal: 95% recycling, 5% stort
 - Stalen buispaal: 90% laten zitten (behandelen als stort), 10% verwijderen (bovenste stuk, ca. 1 meter) en verwerken volgens onderstaande scenario:
 - Staal, constructieprofiel: 1% stort, 94% recycling, 5% hergebruik
- Voor de *Stijlen* wordt voor de einde levensduur het forfaitaire scenario gehanteerd:
 - 100% verbranding verf (natlaksysteem op stijlen, verbranding tijdens recycling dus exclusief baten)
 - 95% recycling verzinkt stalen stijlen en ankers
 - 5% stort verzinkt stalen stijlen en ankers
- Voor de *Betonnen plint* wordt voor de einde levensduur het forfaitaire scenario gehanteerd:
 - 99% recyclen beton
 - 1% storten beton
 - 95 % recyclen wapeningsstaal
 - 5 % storten wapeningstaal
- Voor het *paneel met aluminium* wordt voor de einde levensduur het forfaitaire scenario gehanteerd:
 - 3% AVI aluminium
 - 97% recyclen aluminium
 - 85% storten steenwol
 - 5% AVI steenwol
 - 10% recyclen steenwol
- Voor het *paneel met houtvezelbeton*:
 - Gewapend betonnen paneel verwerken volgens de forfaitaire scenario's:
 - Beton: 99% recycling, 1% stort
 - Wapeningsstaal: 95% recycling, 5% stort
 - Houtvezelbeton laag en coating verwerken volgens het scenario voor Afwerkingen, verkleefd aan puin (100% stort)
- Voor het *Anti-graffitirooster* wordt voor de einde levensduur het forfaitaire scenario gehanteerd:
 - 95% recyclen staal
 - 5% storten staal
- Voor de *Schanskorf* wordt voor de einde levensduur het forfaitaire scenario gehanteerd:
 - 95% recyclen staal & zinklaag
 - 5% storten staal & zinklaag
 - 99% recyclen stenen
 - 1% storten stenen

Tabel 6: Module C3 Afvalbewerking (sorteren en verbranden) per 1 m² bij een schermhoogte van 3 meter

Deelproduct	Type proces	Gewicht per m ²	Eenheid	Referentie NMD/EcoInvent
Fundering	Sorteren en persen stalen buispaal (10% verwijderd) tbv hergebruik en recycling	2,51	kg	0315-reC&Sorteren en persen oud ijzer (o.b.v. Iron scrap, sorted, pressed {RER}) sorting and pressing of iron scrap Cut-off, U)
Fundering	Sorteren en persen wapeningsstaal	1,11	kg	0315-reC&Sorteren en persen oud ijzer (o.b.v. Iron scrap, sorted, pressed {RER}) sorting and pressing of iron scrap Cut-off, U)
Fundering	Breken betonprop	16,33	kg	0270-rec&Breken, per kg steenachtig (o.b.v. SBK Breken steenachtig MRPI)

Stijl	Sorteren staal voor recycling (stijl)	8,21	kg	0315-rec&Sorteren en persen oud ijzer (o.b.v. Iron scrap, sorted, pressed {RER}) sorting and pressing of iron scrap Cut-off, U)
Stijl	Sorteren zink voor recycling (stijl)	0,27	kg	0315-rec&Sorteren en persen oud ijzer (o.b.v. Iron scrap, sorted, pressed {RER}) sorting and pressing of iron scrap Cut-off, U)
Stijl	Sorteren staal voor recycling (ankerplaat)	1,54	kg	0315-rec&Sorteren en persen oud ijzer (o.b.v. Iron scrap, sorted, pressed {RER}) sorting and pressing of iron scrap Cut-off, U)
Plint	Breken betonprop	57,06	kg	0270-rec&Breken, per kg steenachtig (o.b.v. SBK Breken steenachtig MRPI)
Plint	Sorteren staal voor recycling	2,42	kg	0315-rec&Sorteren en persen oud ijzer (o.b.v. Iron scrap, sorted, pressed {RER}) sorting and pressing of iron scrap Cut-off, U)
Paneel aluminium	Sorteren aluminium voor recycling; frame	7,86	kg	0315-rec&Sorteren en persen oud ijzer (o.b.v. Iron scrap, sorted, pressed {RER}) sorting and pressing of iron scrap Cut-off, U)
Paneel aluminium	Sorteren aluminium voor recycling; omhulsel	4,85	kg	0315-rec&Sorteren en persen oud ijzer (o.b.v. Iron scrap, sorted, pressed {RER}) sorting and pressing of iron scrap Cut-off, U)
Paneel aluminium	Sorteren steenwol voor recycling	3,00	kg	0272-rec&Recycling vlakglas (worst case: Glass cullet, sorted {RER}) treatment of waste glass from unsorted public collection, sorting Cut-off, U)
Anti-graffiti rooster	Sorteren staal voor recycling	6,65	kg	0315-rec&Sorteren en persen oud ijzer (o.b.v. Iron scrap, sorted, pressed {RER}) sorting and pressing of iron scrap Cut-off, U)
Schanskorf	Sorteren staal voor recycling; staal	19,93	kg	0315-rec&Sorteren en persen oud ijzer (o.b.v. Iron scrap, sorted, pressed {RER}) sorting and pressing of iron scrap Cut-off, U)
Schanskorf	Sorteren staal voor recycling; zinklaag	0,288	kg	0315-rec&Sorteren en persen oud ijzer (o.b.v. Iron scrap, sorted, pressed {RER}) sorting and pressing of iron scrap Cut-off, U)
Schanskorf	Breken breuksteen	168,3	kg	0270-rec&Breken, per kg steenachtig (o.b.v. SBK Breken steenachtig MRPI)
Paneel houtvezelbeton	Breken beton; gewapend beton	297	kg	0270-rec&Breken, per kg steenachtig (o.b.v. SBK Breken steenachtig MRPI)
Paneel houtvezelbeton	Sorteren staal voor recycling; gewapend beton	15,96	kg	0315-rec&Sorteren en persen oud ijzer (o.b.v. Iron scrap, sorted, pressed {RER}) sorting and pressing of iron scrap Cut-off, U)

Tabel 7: Module C4 Afvalbewerking (stort en verbranden zonder energierugwinning) per 1 m² bij een schermhoogte van 3 meter

Deelproduct	Type proces	Gewicht per m ²	Eenheid	Referentie NMD/EcoInvent
Fundering	Storten stalen buispaal (blijft zitten)	22,75	kg	0253-sto&Stort staal (o.b.v. Scrap steel {Europe without Switzerland}) treatment of scrap steel, inert material landfill Cut-off, U)
Fundering	Storten stalen buispaal (na verwijdering)	0,025	kg	0253-sto&Stort staal (o.b.v. Scrap steel {Europe without Switzerland}) treatment of scrap steel, inert material landfill Cut-off, U)
Fundering	Storten beton	0,17	kg	0240-sto&Stort beton, cellenbeton (o.b.v. Waste concrete {Europe without Switzerland}) treatment of waste concrete, inert material landfill Cut-off, U)
Fundering	Storten wapeningsstaal	0,06	kg	0253-sto&Stort staal (o.b.v. Scrap steel {Europe without Switzerland}) treatment of scrap steel, inert material landfill Cut-off, U)
Stijl	Stort verzinkt staal; staal (stijl)	0,43	kg	0248-sto&Stort koper, lood, verzinkt staal, zink (o.b.v. Scrap tin sheet {CH}) treatment of, sanitary landfill Cut-off, U, bij gebrek aan passender proces
Stijl	Stort verzinkt staal; zink (stijl)	0,014	kg	0248-sto&Stort koper, lood, verzinkt staal, zink (o.b.v. Scrap tin sheet {CH}) treatment of, sanitary landfill Cut-off, U, bij gebrek aan passender proces

Stijl	Stort staal (ankerplaat)	0,081	kg	0253-sto&Stort staal (o.b.v. Scrap steel {Europe without Switzerland}) treatment of scrap steel, inert material landfill Cut-off, U)
Stijl	Verbranding verflaag (stijl)	0,10	kg	0266-avC&Verbranden verf (10,14 MJ/kg) (o.b.v. Waste paint {Europe without Switzerland}) treatment of waste paint, municipal incineration Cut-off, U)
Plint	Storten beton	0,58	kg	0240-sto&Stort beton, cellenbeton (o.b.v. Waste concrete {Europe without Switzerland}) treatment of waste concrete, inert material landfill Cut-off, U)
Plint	Storten wapeningstaal	0,12	kg	0253-sto&Stort staal (o.b.v. Scrap steel {Europe without Switzerland}) treatment of scrap steel, inert material landfill Cut-off, U)
Paneel aluminium	Storten steenwol	25,50	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
Paneel aluminium	Verbranden aluminium; frame	0,24	kg	0255-avC&Verbranden aluminium (o.b.v. Scrap aluminium {Europe without Switzerland}) treatment of scrap aluminium, municipal incineration Cut-off, U)
Paneel aluminium	Verbranden aluminium; omhulsel	0,15	kg	0255-avC&Verbranden aluminium (o.b.v. Scrap aluminium {Europe without Switzerland}) treatment of scrap aluminium, municipal incineration Cut-off, U)
Paneel aluminium	Verbranden steenwol	1,50	kg	0256-avC&Verbranden glas (o.b.v. Waste glass {Europe without Switzerland}) treatment of waste glass, municipal incineration Cut-off, U)
Anti-graffitirooster	Storten wapeningstaal	0,35	kg	0253-sto&Stort staal (o.b.v. Scrap steel {Europe without Switzerland}) treatment of scrap steel, inert material landfill Cut-off, U)
Schanskorf	Storten verzinkt staal; staal	1,05	kg	0253-sto&Stort staal (o.b.v. Scrap steel {Europe without Switzerland}) treatment of scrap steel, inert material landfill Cut-off, U)
Schanskorf	Storten verzinkt staal; zink	0,015	kg	0248-sto&Stort koper, lood, verzinkt staal, zink (o.b.v. Scrap tin sheet {CH}) treatment of, sanitary landfill Cut-off, U, bij gebrek aan passender proces)
Schanskorf	Storten breuksteen	1,70	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
Paneel houtvezelbeton	Storten beton; gewapend beton	3	kg	0240-sto&Stort beton, cellenbeton (o.b.v. Waste concrete {Europe without Switzerland}) treatment of waste concrete, inert material landfill Cut-off, U)
Paneel houtvezelbeton	Stort staal; gewapend beton	0,84	kg	0253-sto&Stort staal (o.b.v. Scrap steel {Europe without Switzerland}) treatment of scrap steel, inert material landfill Cut-off, U)
Paneel houtvezelbeton	Storten vezelbeton	70	kg	0240-sto&Stort beton, cellenbeton (o.b.v. Waste concrete {Europe without Switzerland}) treatment of waste concrete, inert material landfill Cut-off, U)
Paneel houtvezelbeton	Storten houtvezels	26	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)
Paneel houtvezelbeton	Stort polyurethaan coating	0,1	kg	0299-sto&Stort verf (o.b.v. Waste paint {Europe without Switzerland}) treatment of waste paint, sanitary landfill Cut-off, U)

3.2.8 D lasten en baten buiten de milieugrens

Module D betreft uitgespaarde materialen door het recyclingproces en uitgespaarde energie door energiewinning uit de afvalverbrandingscentrale.

De uitgespaarde materialen gelden alleen voor het aandeel primaire materiaal dat in module A in de

producten is verwerkt. Zo worden alleen de materialen meegenomen die netto worden doorgegeven in de volgende toepassing.

Tabel 8: Module D Lasten en baten buiten de milieugrens per 1 m² bij een schermhoogte van 3 meter

Deelproduct	Type proces	Gewicht per m ²	Eenheid	Referentie NMD/Ecolnvent
Fundering	Recyclen stalen buispaal (gedeelte verwijderd)	1,93	kg	0282-red&Module D, staal, per kg NETTO geleverd schroot (vermeden: Pig iron {GLO} production Cut-off, U)
Fundering	Recyclen betonprop	17,14	kg	0271-red&Module D, grind, per kg NETTO geleverd granulaat/grind (vermeden: Gravel, round {row} gravel and sand quarry operation Cut-off, U)
Fundering	Recyclen wapeningstaal	0,15	kg	0282-red&Module D, staal, per kg NETTO geleverd schroot (vermeden: Pig iron {GLO} production Cut-off, U)
Stijl	Recycling staal uit ankerplaat	1,54	kg	0282-red&Module D, staal, per kg NETTO geleverd schroot (vermeden: Pig iron {GLO} production Cut-off, U)
Stijl	Recycling zink	0,27	kg	0283-red&Module D, zink, per kg NETTO geleverd schroot (vermeden: Zinc {row} primary production from concentrate Cut-off, U)
Stijl	Recycling staal uit ankerplaat	1,24	kg	0282-red&Module D, staal, per kg NETTO geleverd schroot (vermeden: Pig iron {GLO} production Cut-off, U)
Plint	Recyclen beton	58,78	kg	0271-red&Module D, grind, per kg NETTO geleverd granulaat/grind (vermeden: Gravel, round {row} gravel and sand quarry operation Cut-off, U)
Plint	Recyclen wapeningsstaal	0,31	kg	0282-red&Module D, staal, per kg NETTO geleverd schroot (vermeden: Pig iron {GLO} production Cut-off, U)
Paneel aluminium	Recyclen aluminium; frame	1,92	kg	0269-red&Module D aluminium, per kg NETTO geleverd schroot (vermeden: Aluminium, cast alloy {GLO} aluminium ingot, primary, to market Cut-off, U; Aluminium, cast alloy {RER} treatment of aluminium scrap, post-consumer, prepared for recycling, at refiner Cut-off, U)
Paneel aluminium	Recyclen aluminium; omhulsel	1,84	kg	0269-red&Module D aluminium, per kg NETTO geleverd schroot (vermeden: Aluminium, cast alloy {GLO} aluminium ingot, primary, to market Cut-off, U; Aluminium, cast alloy {RER} treatment of aluminium scrap, post-consumer, prepared for recycling, at refiner Cut-off, U)
Paneel aluminium	Recyclen steenwol	2,16 *	kg	0442-red&Module D, Basalt, per kg NETTO vermeden basalt - steenwol vermijdt 70% basalt (vermeden: Basalt {RER} quarry operation Cut-off, U)
Anti-graffiti rooster	Recyclen wapeningsstaal	0,92	kg	0282-red&Module D, staal, per kg NETTO geleverd schroot (vermeden: Pig iron {GLO} production Cut-off, U)
Schanskorf	Recyclen staal	15,99	kg	0282-red&Module D, staal, per kg NETTO geleverd schroot (vermeden: Pig iron {GLO} production Cut-off, U)
Schanskorf	Recyclen zink	0,29	kg	0283-red&Module D, zink, per kg NETTO geleverd schroot (vermeden: Zinc {row} primary production from concentrate Cut-off, U)
Schanskorf	Recyclen natuursteen	173,35	kg	0439-red&Module D, Spoorballast, winning t/m aanleg (A1-A5), per kg (o.b.v. 0205-fab&Steenslag, groeve;

				Transport; 0095-pro&Diesel, gasolie, gebruik, liter)
Paneel houtvezelbeton	Recyclen beton; gewapend beton	305,91	kg	0271-red&Module D, grind, per kg NETTO geleverd granulaat/grind (vermeden: Gravel, round {row} gravel and sand quarry operation Cut-off, U)
Paneel houtvezelbeton	Recyclen wapeningstaal; gewapend beton	2,22	kg	0282-red&Module D, staal, per kg NETTO geleverd schroot (vermeden: Pig iron {GLO} production Cut-off, U)

* 3,09 kg met kwaliteitsfactor 0,7

4 Resultaten

Disclaimer:

In het NMD Fase 7 Perceel 2 (F7P2) project zijn de oorspronkelijk gebruikte betonmortels in verschillende producten opnieuw geïnventariseerd door middel van expertise van een betontechnoloog. Zodoende zijn in veel gevallen nieuwe betonmortels geselecteerd, welke leiden tot een andere milieu-impact dan voorheen.

De milieu-impact is in deze versie van dit rapport niet geüpdatet, omdat de resultaten uit de NMD Invoermodule leidend worden geacht. De verklaring hiervoor is:

1. De resultaten zijn tijdens de NMD-kaartenupdate in december 2024 nooit geüpdatet, om deze reden is het inconsistent met de rest van de rapporten om nu de resultaten wel te updaten.

2. De rapporten komen niet langer overeen met de NMD-invoermodule, zodoende zou resultaten uitdraaien uit de invoermodule en plaatsen in dit rapport leiden tot inconsistentie.

4.1 Berekening milieuprofiel

In deze LCA zijn de volgende rekenprocedures toegepast:

- De berekeningen in deze LCA zijn gemaakt volgens de eisen en richtlijnen van NEN-EN 15804 en de Bepalingsmethode Milieuprestaties Gebouwen en GWW-werken.
- De 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.
 - EcolInvent processen zijn doorgerekend inclusief infrastructuurprocessen en kapitaalgoederen.
 - EcolInvent 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.

NB: in versie 4 van deze rapportage zijn de processen opnieuw doorgerekend. De rekenwijze en vigerende databases zijn opgenomen in Hoofdstuk 0 Herziening 2025

4.2 Gewogen resultaten

In tabel 10 is de milieu-impact van zowel de deelproducten als de volledige geluidsschermen te zien in MKI (euro's) per m². De totale MKI volgens set A1 van één vierkante meter geluidsscherm met een hoogte van 3 meter bedraagt EUR 39,67 wanneer een aluminium paneel is toegepast en EUR 41,02 wanneer er een houtvezelbeton paneel is toegepast. In figuur 1 is de MKI van de deelproducten goed te vergelijken. Bij set A1 draagt het houtvezelbetonnen paneel het meest bij met EUR 15,47. Deze impact wordt voornamelijk bepaald door de productieprocessen van betonmortel.

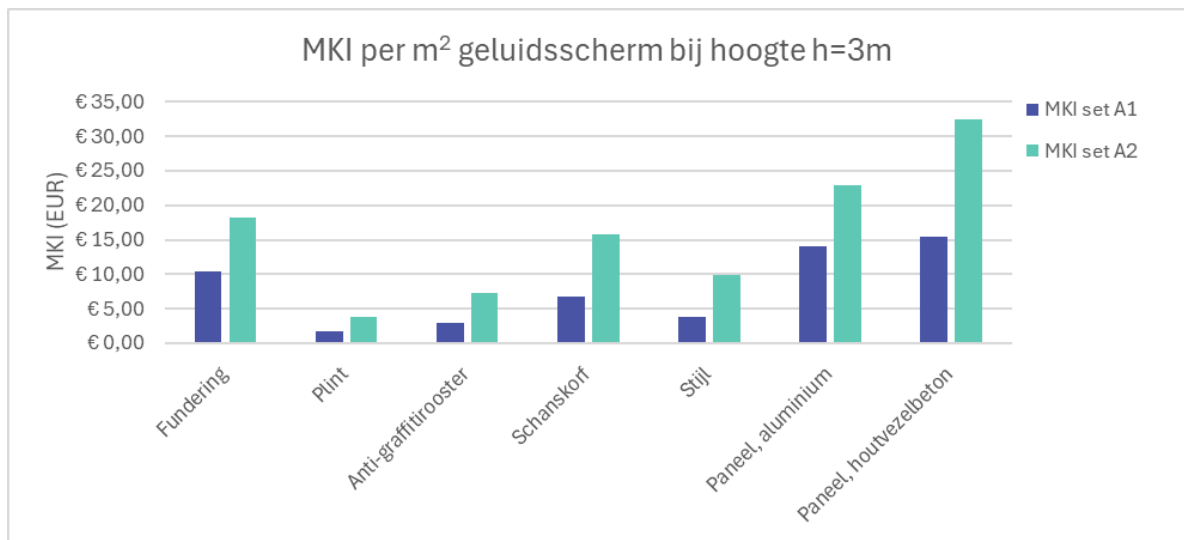
De daarop volgende belangrijkste bijdrage aan de A1 MKI is aluminium paneel (EUR 14,13) en de fundering (EUR 10,41). Deze impact wordt voornamelijk bepaald door de productieprocessen van aluminium en steenwol, het staal voor de stalen buispalen en het laten zitten van de palen in de grond

na het einde van de levensduur, waardoor er bij module D weinig milieu baten zijn door recycling van materialen (te zien in Figuur 2).

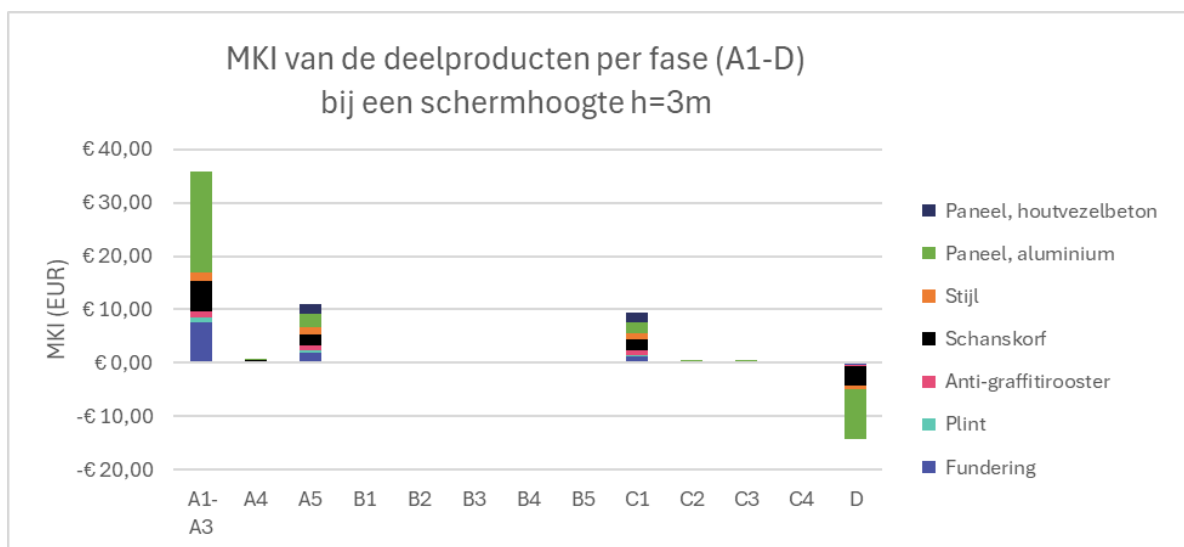
Tabel 9: De MKI van de deelproducten per m² geluidscherm met een hoogte van 3 meter (in euro's). De resultaten zijn weergegeven exclusief de 30% opslag op cat.III LCA's.

Effectcategorie	Totaal - aluminium	Totaal - houtvezelbeton	Fundering	Plint	Anti-graffitirooster	Schanskorf	Stijl	Paneel, aluminium	Paneel, houtvezelbeton
Totaal A1	€ 39,67	€ 41,02	€ 10,41	€ 1,70	€ 2,89	€ 6,78	€ 3,76	€ 14,13	€ 15,47
Uitputting van abiotische grondstoffen, ex. Fossiele energiedragers	€ 0,01	€ 0,01	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,01	€ 0,00	€ 0,01	€ 0,00
Uitputting van fossiele energiedragers	€ 0,32	€ 0,31	€ 0,08	€ 0,01	€ 0,02	€ 0,06	€ 0,03	€ 0,11	€ 0,11
Klimaatverandering	€ 14,84	€ 16,72	€ 4,00	€ 0,77	€ 1,07	€ 2,52	€ 1,36	€ 5,13	€ 7,01
Ozonlaagaantasting	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
Fotochemische oxidantvorming (smog)	€ 0,62	€ 0,67	€ 0,21	€ 0,02	€ 0,04	€ 0,09	€ 0,07	€ 0,19	€ 0,25
Verzuring	€ 6,84	€ 6,72	€ 1,50	€ 0,30	€ 0,55	€ 1,13	€ 0,73	€ 2,63	€ 2,51
Vermesting	€ 2,74	€ 2,97	€ 0,63	€ 0,13	€ 0,26	€ 0,53	€ 0,37	€ 0,81	€ 1,04
Humaan-toxicologische effecten	€ 13,12	€ 12,37	€ 3,75	€ 0,42	€ 0,86	€ 2,19	€ 1,05	€ 4,85	€ 4,11
Ecotoxicologische effecten, aquatisch (zoetwater)	€ 0,14	€ 0,12	€ 0,04	€ 0,00	€ 0,01	€ 0,02	€ 0,02	€ 0,06	€ 0,03
Ecotoxicologische effecten, aquatisch (zoutwater)	€ 0,83	€ 0,84	€ 0,16	€ 0,04	€ 0,06	€ 0,16	€ 0,09	€ 0,33	€ 0,33
Ecotoxicologische effecten, terrestrisch	€ 0,21	€ 0,28	€ 0,04	€ 0,01	€ 0,03	€ 0,07	€ 0,05	€ 0,01	€ 0,08
Totaal A2	€ 77,76	€ 87,36	€ 18,23	€ 3,87	€ 7,28	€ 15,72	€ 9,80	€ 22,86	€ 32,46
Klimaatverandering - totaal	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
Klimaatverandering - fossiel	€ 38,26	€ 43,39	€ 9,59	€ 2,02	€ 3,09	€ 7,00	€ 4,13	€ 12,44	€ 17,58
Klimaatverandering - biogeen	€ 0,03	€ 0,14	-€ 0,03	€ 0,00	€ 0,01	€ 0,02	€ 0,01	€ 0,02	€ 0,14
Klimaatverandering - landgebruik en verandering landgebruik	€ 0,07	€ 0,08	€ 0,03	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,01	€ 0,02	€ 0,01	€ 0,02
Ozonlaagaantasting	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
Verzuring	€ 0,86	€ 0,87	€ 0,17	€ 0,04	€ 0,08	€ 0,15	€ 0,10	€ 0,32	€ 0,32
Vermesting zoetwater	€ 0,03	€ 0,04	€ 0,01	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,01	€ 0,01	€ 0,01	€ 0,01
Vermesting zeewater	€ 2,38	€ 2,62	€ 0,49	€ 0,12	€ 0,26	€ 0,51	€ 0,34	€ 0,65	€ 0,89
Vermesting land	€ 2,91	€ 3,17	€ 0,59	€ 0,15	€ 0,30	€ 0,60	€ 0,40	€ 0,87	€ 1,13
Smogvorming	€ 3,16	€ 3,45	€ 0,72	€ 0,15	€ 0,32	€ 0,64	€ 0,41	€ 0,91	€ 1,21
Uitputting van abiotisch grondstoffen mineralen en metalen	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,00
Uitputting van abiotisch grondstoffen fossiele brandstoffen	€ 1,30	€ 1,32	€ 0,29	€ 0,05	€ 0,11	€ 0,24	€ 0,14	€ 0,45	€ 0,47
Watergebruik	€ 0,48	€ 0,45	€ 0,16	€ 0,01	€ 0,03	€ 0,07	€ 0,05	€ 0,16	€ 0,12
Fijnstof emissie	€ 25,20	€ 27,83	€ 5,56	€ 1,17	€ 2,77	€ 5,65	€ 3,65	€ 6,40	€ 9,02
Ioniserende straling	€ 0,21	€ 0,21	€ 0,04	€ 0,01	€ 0,01	€ 0,03	€ 0,02	€ 0,09	€ 0,09
Ecotoxiciteit zoetwater	€ 0,33	€ 0,37	€ 0,06	€ 0,01	€ 0,03	€ 0,09	€ 0,04	€ 0,10	€ 0,14
Humane toxiciteit, carcinogeen	€ 1,67	€ 2,05	€ 0,43	€ 0,08	€ 0,19	€ 0,45	€ 0,30	€ 0,23	€ 0,60
Humane toxiciteit, non carcinogeen	€ 0,83	€ 1,06	€ 0,11	€ 0,04	€ 0,09	€ 0,28	€ 0,15	€ 0,15	€ 0,38
Landgebruik gerelateerde impact / bodemkwaliteit	€ 0,03	€ 0,34	€ 0,02	€ 0,00	€ 0,00	-€ 0,03	€ 0,01	€ 0,03	€ 0,34
Parameters									
Gebruik van hernieuwbare primaire energie exclusief hernieuwbare primaire energie gebruikt als materialen	6,28E-01	1,79E-02	7,83E-04	2,74E-03	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,24E-01	1,44E-02
Gebruik van hernieuwbare primaire energie gebruikt als materialen	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Totaal gebruik van hernieuwbare primaire energie (hernieuwbare primaire energie en hernieuwbare primaire energie gebruikt als materialen)	2,21E+02	1,07E+03	3,35E+01	5,50E+00	1,00E+01	2,33E+01	1,91E+01	1,30E+02	9,79E+02
Gebruik van niet-hernieuwbare primaire energie exclusief niet hernieuwbare energie gebruikt als materialen	4,39E+00	6,66E+00	2,91E-01	1,02E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,08E+00	5,35E+00
Gebruik van niet-hernieuwbare primaire energie gebruikt als materialen	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Totaal gebruik van niet-hernieuwbare primaire energie (niet-hernieuwbare primaire energie en niet-hernieuwbare primaire energie gebruikt als materialen)	4,76E+03	4,29E+03	9,07E+02	1,71E+02	3,38E+02	9,49E+02	4,69E+02	1,93E+03	1,46E+03
Gebruik van secundaire materialen	1,87E-04	1,53E-04	6,70E-06	2,35E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,57E-04	1,23E-04
Gebruik van hernieuwbare secundaire brandstoffen	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Gebruik van niet-hernieuwbare secundaire brandstoffen	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Netto gebruik van zoet water	3,05E+00	2,97E+00	8,22E-01	1,50E-01	1,91E-01	3,59E-01	3,14E-01	1,22E+00	1,13E+00
Gevaarlijk afval	6,71E-02	3,71E-02	7,30E-03	9,77E-04	2,06E-03	1,35E-02	5,43E-03	3,78E-02	7,79E-03
Niet-gevaarlijk afval	1,21E+02	2,06E+02	3,76E+01	3,96E+00	4,96E+00	1,81E+01	7,62E+00	4,83E+01	1,34E+02
Radioactief afval	3,10E-03	2,83E-03	4,79E-04	1,16E-04	1,85E-04	3,75E-04	3,35E-04	1,61E-03	1,34E-03
Materialen voor hergebruik	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Materialen voor recycling	6,29E-04	4,74E-04	2,07E-05	7,25E-05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,36E-04	3,80E-04
Materialen voor energie	3,65E-05	2,01E-05	8,79E-07	3,08E-06	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,25E-05	1,62E-05
Geëxporteerde energie, elektrisch	1,36E-03	1,36E-03	5,95E-05	2,08E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,09E-03	1,09E-03
Geëxporteerde energie, thermisch	2,34E-03	2,35E-03	1,03E-04	3,59E-04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,87E-03	1,89E-03



Figuur 1: MKI per m² geluidsscherm met een hoogte van 3 meter



Figuur 2: MKI (EUR) per m² geluidsscherm, deelproducten per fase bij een schermhoogte van 3 meter

4.3 Zwaartepuntanalyse

Op basis van de zwaartepuntanalyse worden een aantal processen per fase verder uitgelicht die bepalend zijn voor de MKI. In Figuur 2 en Tabel 10 is te zien dat de productiefase (A1-A3) de grootste bijdrage levert aan de MKI per m². Dit is ook een bundeling van verschillende significante processen en lange transportafstanden. De panelen leveren de belangrijkste bijdrage aan de MKI per m², daarop volgt de fundering en de schanskorf. De hoogste winst bij module D wordt gehaald door het recyclen van het aluminium van het paneel. Onderstaande waardes zijn exclusief cat.III toeslag.

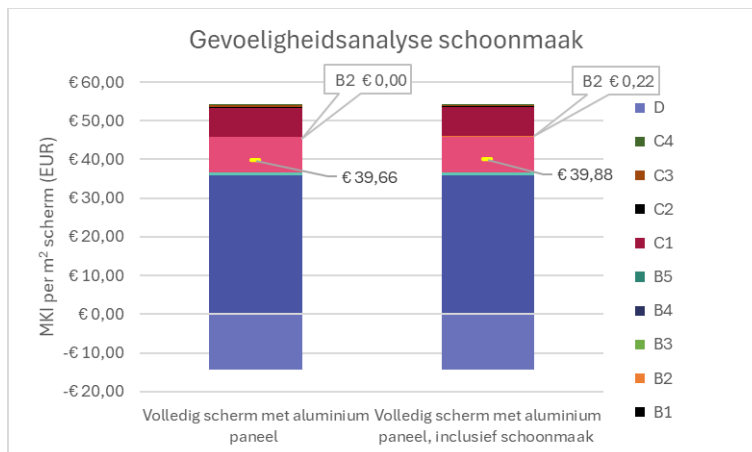
Tabel 10: MKI per m² geluidsscherm per deelproduct per fase (h=3m). Fase B is altijd EUR 0

	A1-A3	A4	A5	C1	C2	C3	C4	D	Totale MKI
Fundering	€ 7,56	€ 0,08	€ 1,90	€ 1,15	€ 0,02	€ 0,02	€ 0,02	-€ 0,33	€ 10,41
Plint	€ 0,95	€ 0,05	€ 0,38	€ 0,35	€ 0,05	€ 0,02	€ 0,00	-€ 0,08	€ 1,70
Anti-graftitirooster	€ 1,05	€ 0,02	€ 0,99	€ 0,95	€ 0,01	€ 0,04	€ 0,00	-€ 0,15	€ 2,89
Schanskorf	€ 5,75	€ 0,46	€ 2,09	€ 1,90	€ 0,16	€ 0,14	€ 0,00	-€ 3,72	€ 6,78
Stijl	€ 1,67	€ 0,03	€ 1,33	€ 1,26	€ 0,01	€ 0,07	€ 0,00	-€ 0,61	€ 3,76
Paneel, aluminium	€ 18,89	€ 0,10	€ 2,47	€ 1,90	€ 0,06	€ 0,09	€ 0,02	-€ 9,41	€ 14,13
Paneel, houtvezelbeton	€ 10,12	€ 1,00	€ 2,25	€ 1,90	€ 0,41	€ 0,14	€ 0,19	-€ 0,53	€ 15,48
Totaal geluidsscherm met aluminium paneel	€ 35,86	€ 0,74	€ 9,15	€ 7,51	€ 0,29	€ 0,38	€ 0,04	-€ 14,30	€ 39,66
Totaal geluidsscherm met houtvezelbeton paneel	€ 27,09	€ 1,63	€ 8,93	€ 7,51	€ 0,65	€ 0,42	€ 0,20	-€ 5,42	€ 41,01

4.4 Gevoeligheidsanalyse

In deze rapportage is het uitgangspunt dat de geluidsschermen niet schoongemaakt hoeven worden, omdat de schermvulling niet transparant is. Bovendien heeft ProRail aangegeven dat schoonmaak incidenteel of hooguit eens per 5 jaar plaatsvindt. Om deze aanname te verifiëren is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd op basis van de impact van schoonmaken zoals berekend in *Hoofdstuk 36 Geluidbeperkende constructies*¹⁰. Figuur 3 laat zien dat de impact van het onderhoud inderdaad verwaarloosbaar is, aangezien zeer weinig materiaal en energie verbruikt wordt tijdens het onderhoud en de schoonmaak van de geluidsschermen. De MKI van 1 m² geluidsscherm met aluminium verandert hiermee van € 39,66 naar € 39,88, een toename van 0,5%.

¹⁰ Per m² geluidsscherm over de gehele levensduur 5x 1,5 tonkm transport (NMD_0001 Transport, vrachtwagen), 5x 0,09 kg schoonmaakmiddel (NMD_0711 Ammonia, vloeibaar) en 5x 15 liter water (NMD_0289 Water, drinkwater)



Figuur 3: Gevoeligheidsanalyse van schoonmaken

4.5 Schaling

De geluidsschermen zijn uitgewerkt voor een hoogte van 3 meter, maar zijn uiteraard ook toe te passen in andere formaten, van minimaal 1 meter tot maximaal 5 meter. De panelen zijn dusdanig gemodelleerd dat de MKI per m² gelijk blijft bij een andere hoogte dan 3 meter. Dat geldt echter niet alle onderdelen. In deze milieuverklaring zitten een aantal schaalbare onderdelen:

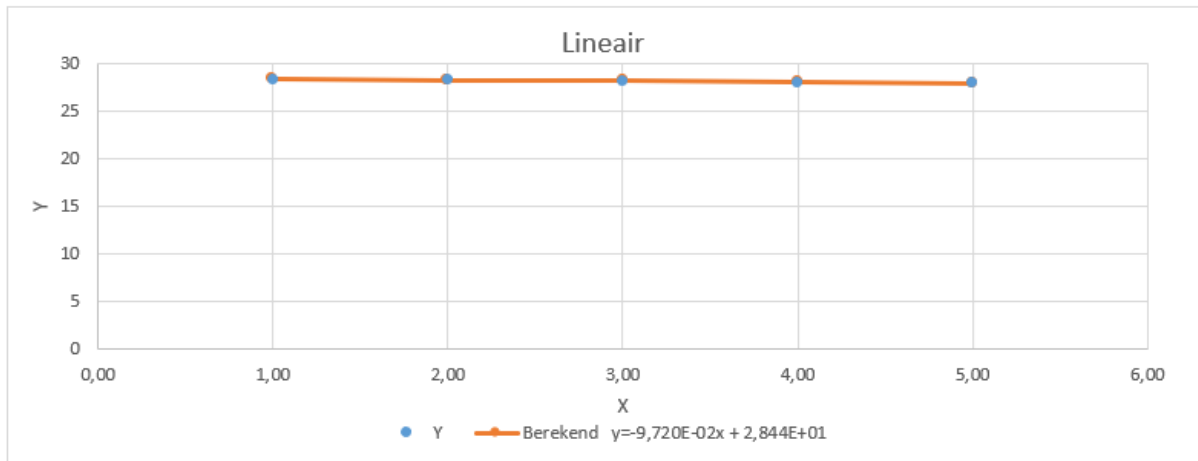
Stalen buispalen	Stalen buispalen in deelproduct Fundering
Betonprop, wapening en ankerplaten	Betonprop en wapening in deelproduct Fundering, Ankerplaten in deelproduct Stijl
Stijl	Stijl (staal en zinklaag) in deelproduct Stijl
Betonnen plint	Geheel deelproduct Betonnen plint
Montage en demontage A	Heien buispaal in deelproduct Fundering
Montage en demontage B	Montage en demontage deelproducten Aluminium paneel, Houtvezelbetonnen paneel, Schanskorf
Montage en demontage C	Montage en demontage deelproduct Anti-graffitirooster
Niet-schalende onderdelen	(De)montage van deelproducten Fundering, Stijl en Plint, Massa natlaksysteem van deelproduct Stijl, Massa van deelproducten Aluminium paneel, Houtvezelbetonnen paneel, Anti-graffitirooster en Schanskorf

De voorgespannen buispalen

De schaling is van 1 tot 5 meter, met een referentiewaarde van 3 meter.

Het gewicht van de palen schaalt met de formule $g = -0,0972h + 28,438$, met de schalingsformule:
 $y = -9,720E-02x + 2,844E+01$

Waarbij x= hoogte in m en y= kg paal



Productnaam	Deelproduct fundering	
Naam Productonderdeel	Palen	
Schalingsprincipe	1 variabele	
	variabele 1	Variabele 2
Invoer variabele(n)	Hoogte scherm	
Eenheid	m	
Minimum waarde	1	0
Maximum waarde	5	0
Standaard waarde	3	3

Productnaam	variabele 1 Hoogte scherm (m)	variabele 2 ()	X (variabele)	Y
Product 1	1		1	28,3408
product 2	2		2	28,2436
Product 3	3		3	28,1464
Product 4	4		4	28,0492
Product 5	5		5	27,952

Omschrijving schaling

In deze milieuverklaring zit een schaalbaar onderdeel. Dit is de massa van de funderingspalen. De massa schaalt evenredig met de hoogte van het geluidsscherm volgens de formule $g = -0,0972h + 28,438$

Rekenwaarden voor schalingsformule

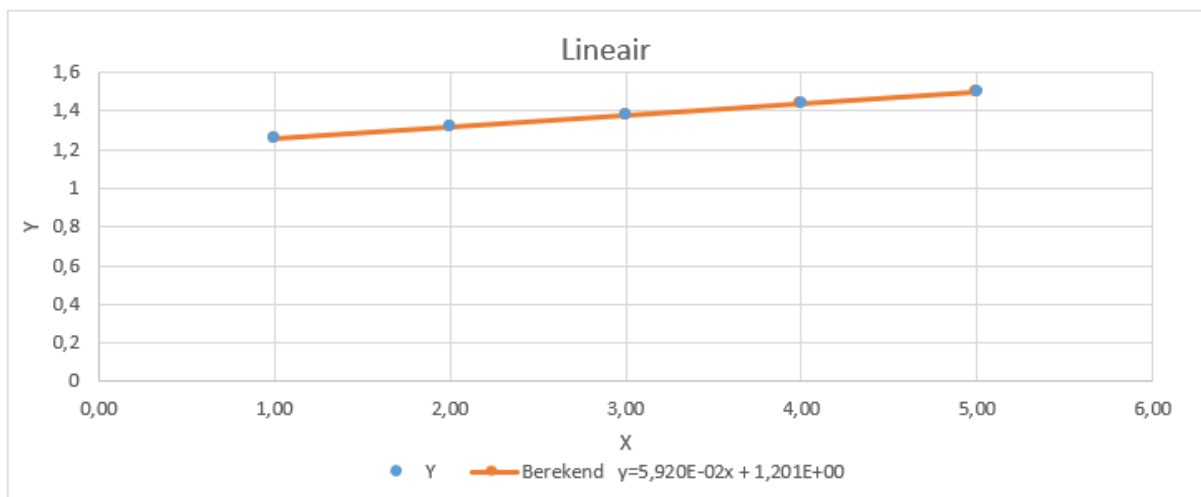
X (variabele)	Y
1,00	28,3408
2,00	28,2436
3,00	28,1464
4,00	28,0492
5,00	27,952

Betonprop, wapening en ankerplaten

De schaling is van 1 tot 5 meter, met een referentiewaarde van 3 meter.

De massa van deze onderdelen schaalt volgens de formule $g = 0,0592h + 1,2011$, met de schalingsformule: **$y = 5,920E-02x + 1,201E+00$**

Waarbij x = hoogte in m en y = uur



Productnaam	Deelproducten fundering en Stijl			
Naam Productonderdeel	Betonprop, wapening en ankerplaten			
Schalingsprincipe	1 variabele			
	variabele 1	variabele 2		
Invoer variabele(n)	hoogte scherm			
Eenheid	m			
Minimum waarde	1	0		
Maximum waarde	5	0		
Standaard waarde	3		3	
	variabele 1	variabele 2		
uctnaam	hoogte scherm (m)	()	X (variabele)	Y
Product 1	1		1	1,2603
product 2	2		2	1,3195
Product 3	3		3	1,3787
Product 4	4		4	1,4379
Product 5	5		5	1,4971

Omschrijving schaling

In deze milieuverklaringen zitten schaalbare onderdelen. Dit is de massa van de betonprop, wapening en ankerplaten. De massa schaal evenredig met de hoogte van het geluidsscherm volgens de formule $g = -0,0972h + 28,438$

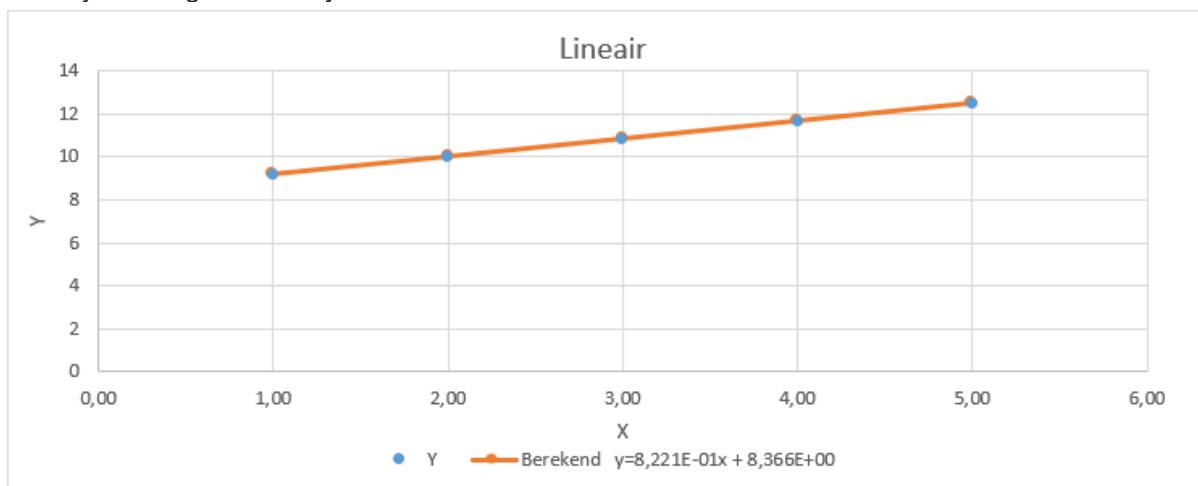
Rekenwaarden voor schalingsformule		
X (variabele)	Y	
1,00	1,2603	
2,00	1,3195	
3,00	1,3787	
4,00	1,4379	
5,00	1,4971	

Stijl (staal en zinklaag)

De schaling is van 1 tot 5 meter, met een referentiewaarde van 3 meter.

De massa van deze onderdelen schaal volgens de formule $g = 0,8221h + 8,3659$, met de schalingsformule: $y = 8,221E-01x + 8,366E+00$

Waarbij x = hoogte in m en y = uur



Productnaam	Deelproduct Stijl			
Naam Productonderdeel	Stijl (Zink coat en staal)			
Schalingsprincipe	1 variabele			
	variabele 1	variabele 2		
Invoer variabele(n)	hoogte scherm			
Eenheid	m			
Minimum waarde	1	0		
Maximum waarde	5	0		
Standaard waarde	3		3	
	variabele 1	variabele 2		
Productnaam	hoogte scherm (m)	()	X (variabele)	Y
Product 1	1		1	9,188
product 2	2		2	10,0101
Product 3	3		3	10,8322
Product 4	4		4	11,6543
Product 5	5		5	12,4764

Omschrijving schaling

In deze milieuverklaring zit een schaalbaar onderdeel. Dit is de massa van de stijl (zink coat en staal). De massa schaal evenredig met de hoogte van het geluidsscherm volgens de formule $g = 0,8221h + 8,3659$

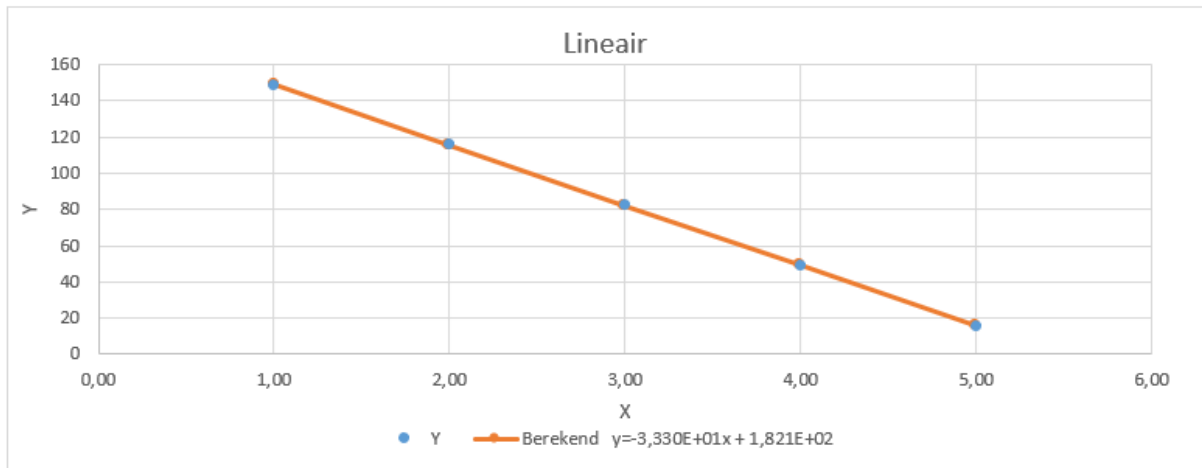
Rekenwaarden voor schalingsformule		
X (variabele)	Y	
1,00	9,188	
2,00	10,0101	
3,00	10,8322	
4,00	11,6543	
5,00	12,4764	

Betonnen plint

De schaling is van 1 tot 5 meter, met een referentiewaarde van 3 meter.

De massa van deze onderdelen schaalt volgens de formule $g = -33,3h + 182,1$, met de schalingsformule: $y = -3,330E+01x + 1,821E+02$

Waarbij x = hoogte in m en y = uur



Productnaam	Deelproduct Betonnen plint	
Naam Productonderdeel	Plint	
Schalingsprincipe	1 variabele	
	variabele 1	variabele 2
Invoer variabele(n)	hoogte scherm	
Eenheid	m	
Minimum waarde	1	0
Maximum waarde	5	0
Standaard waarde	3	

	variabele 1 hoogte scherm (m)	variabele 2 ()	X (variabele)	Y
Product 1	1		1	148,8
product 2	2		2	115,5
Product 3	3		3	82,2
Product 4	4		4	48,9
Product 5	5		5	15,6

Omschrijving schaling

In deze milieuverklaring zit een schaalbaar onderdeel. Dit is de massa van de betonnen plint. De massa schaalt evenredig met de hoogte van het geluidsscherm volgens de formule $g = -33,3h + 182,1$

Rekenwaarden voor schalingsformule

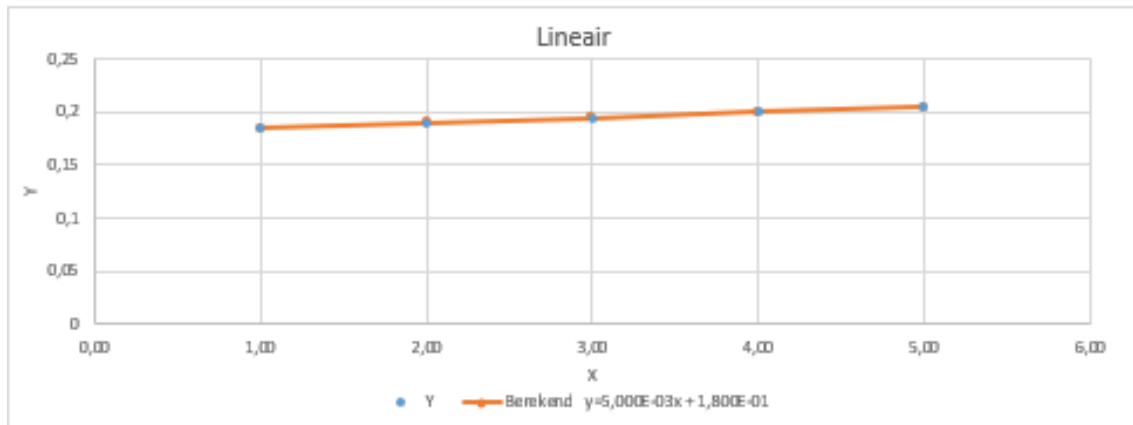
X (variabele)	Y
1,00	148,8
2,00	115,5
3,00	82,2
4,00	48,9
5,00	15,6

Heien van de funderingspalen

De schaling is van 1 tot 5 meter, met een referentiewaarde van 3 meter.

De duur van het heien schaalt volgens de formule $u = 0,005h + 0,18$, met de schalingsformule:
 $y = 5,000E-03x + 1,800E-01$

Waarbij x = hoogte in m en y = uur



Productnaam	Deelproduct fundering		
Naam Productonderdeel	Heien		
Schalingsprincipe	1 variabele		
	variabele 1	Variabele 2	
Invoer variabele(n)	hoogte scherm		
Eenheid	m		
Minimum waarde	1	0	
Maximum waarde	5	0	
Standaard waarde	3		3

Productnaam	variabele 1 hoogte scherm (m)	variabele 2 (l)	X (variabele)	Y
Product 1	1		1	0,185
Product 2	2		2	0,19
Product 3	3		3	0,195
Product 4	4		4	0,2
Product 5	5		5	0,205

Omschrijving schaling

In deze milieuvklaring zit een schaalbaar onderdeel. Dit is de duur van het heien van de funderingspalen. De duur (uren) schaalt evenredig met de hoogte van het geluidsscherm volgens de formule $u = 0,005h + 0,18$

Rekenwaarden voor schalingsformule		
X (variabele)	Y	
1,00		0,185
2,00		0,19
3,00		0,195
4,00		0,2
5,00		0,205

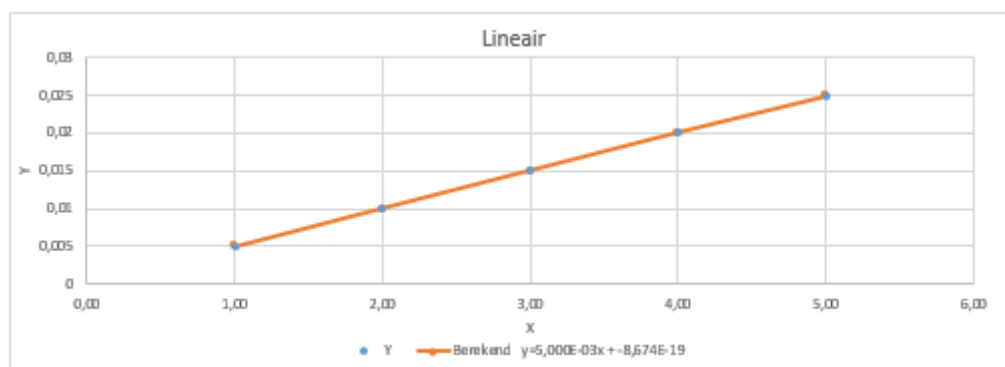
Montage en demontage

Geldt voor: Montage en demontage deelproducten Aluminium paneel, Houtvezelbetonnen paneel, Schanskorf

De schaling is van 1 tot 5 meter, met een referentiewaarde van 3 meter.

De duur van de montage en demontage schaalt volgens de formule $u = 0,005h$, met de schalingsformule: **$y = 5,000E-03x + -8,674E-19$**

Waarbij x = hoogte in m en y = uur



Productnaam	Verschillende deelproducten		
Naam Productonderdeel	Montage en demontage		
Schalingsprincipe	1 variabele		
	variabele 1	Variabele 2	
Invoer variabele(n)	hoogte scherm		
Eenheid	m		
Minimum waarde	1	0	
Maximum waarde	5	0	
Standaard waarde	3	3	

Productnaam	variabele 1 hoogte scherm (m)	variabele 2 ()	X (variabele)	Y
Product 1	1		1	0,005
product 2	2		2	0,01
Product 3	3		3	0,015
Product 4	4		4	0,02
Product 5	5		5	0,025

Omschrijving schaling

In deze milieuverklaring zit een schaalbaar onderdeel. Dit is de duur van het heien van de funderingspalen. De duur (uren) schaaft evenredig met de hoogte van het geluidsscherm volgens de formule $u = 0,005h$. Deze formule geldt voor: Montage en demontage deelproducten Aluminium paneel, Houtvezelbetonnen paneel, Schanskorf

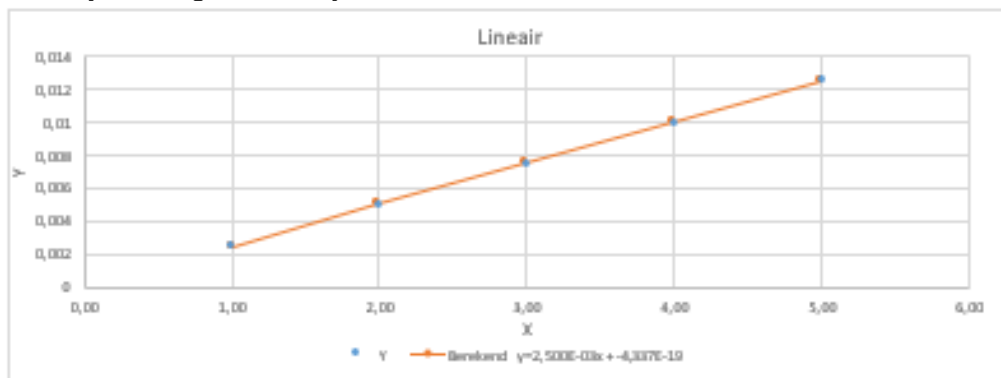
Rekenwaarden voor schalingsformule		
X (variabele)	Y	
	1,00	0,005
	2,00	0,01
	3,00	0,015
	4,00	0,02
	5,00	0,025

Geldt voor: Montage en demontage anti-graffitirooster

De schaling is van 1 tot 5 meter, met een referentiewaarde van 3 meter.

De duur van de montage en demontage schaaft volgens de formule $u = 0,005 \cdot 0,5 \cdot h$, met de schalingsformule: $y = 2,500E-03x + -4,337E-19$

Waarbij x = hoogte in m en y = uur



Productnaam	Anti-graffitirooster		
Naam Productonderdeel	Montage en demontage		
Schalingsprincipe	1 variabele		
	variabele 1	Variabele 2	
Invoer variabele(n)	hoogte scherm		
Eenheid	m		
Minimum waarde	1	0	
Maximum waarde	5	0	
Standaard waarde	3	3	

Productnaam	variabele 1 hoogte scherm (m)	variabele 2 ()	X (variabele)	Y
Product 1	1		1	0,0025
product 2	2		2	0,005
Product 3	3		3	0,0075
Product 4	4		4	0,01
Product 5	5		5	0,0125

Omschrijving schaling

In deze milieuverklaring zit een schaalbaar onderdeel. Dit is de duur van de montage en demontage van het anti-graffitirooster. De duur (uren) schaaft evenredig met de hoogte van het geluidsscherm volgens de formule $u = 0,005h$. Deze formule geldt voor: Montage en demontage deelproducten Aluminium paneel, Houtvezelbetonnen paneel, Schanskorf

Rekenwaarden voor schalingsformule		
X (variabele)	Y	
	1,00	0,0025
	2,00	0,005
	3,00	0,0075
	4,00	0,01
	5,00	0,0125

Resulterende MKI waarden

Tabel 4.11 De MKI voor de referentie, de minimale waarde en de maximale waarde

Scherminhoogte (m)	Stalen buispalen	Betonprop	Wapening	Ankerplaten	Stijl	Betonnen plint	Heien	Montage en démontage schanskorf en panelen	Montage en démontage anti- graffitirooster
1	€ 7,32	€ 0,16	€ 0,15	€ 0,23	€ 0,73	€ 1,83	€ 1,59	€ 1,25	€ 0,65
2	€ 7,29	€ 0,17	€ 0,16	€ 0,24	€ 0,79	€ 1,42	€ 1,61	€ 2,50	€ 1,26
3	€ 7,27	€ 0,17	€ 0,17	€ 0,26	€ 0,86	€ 1,01	€ 1,65	€ 3,79	€ 1,91
4	€ 7,24	€ 0,18	€ 0,17	€ 0,27	€ 0,92	€ 0,60	€ 1,70	€ 5,05	€ 2,55
5	€ 7,22	€ 0,19	€ 0,18	€ 0,28	€ 0,99	€ 0,20	€ 1,74	€ 6,35	€ 3,20

5 Referenties

Bepalingsmethode Milieuprestatie Gebouwen en GWW-werken versie 3.0 (januari 2019) inclusief het wijzigingsblad d.d. 1 juli 2019 en het wijzigingsblad dd. januari 2020. De Bepalingsmethode is gebaseerd op de ISO 14040 - ISO14044 en de NEN-EN 15804:2012 + A1 (2013)

LCA Rapportage categorie 3 data modulaire geluidschermen RWS (TAUW, 2019)

LCA Rapportage fundering geluidbeperkende constructies (SGS, 2020)

Memo ten behoeve van LCA Modulaire geluidschermen (IV Infra, 2019)

NMD-toetsingsprotocol (versie 3.0, januari 2019 + Amendement 002, juli 2019).

RAW hoofdstuk 36

Bijlage I Onderbouwing cut-off verpakkingsmateriaal

Cut-off <1% van totale massa

Onderstaande tabel bevat de materialisatie van het verpakkingsmateriaal voor 1 m² van een volledig geluidsscherm zoals gemodelleerd in de Cat.I productkaart. De totale massa is 0,54 kg. Een gemiddelde m² uit een volledig geluidsscherm weegt (exclusief verpakkingsmateriaal) tussen de 510 en 902 kg (Tabel 2.1 en 2.2). De verpakking is daar 0,1% tot 0,06% van. **Op basis van massa mag verpakkingsmateriaal daarom buiten beschouwing worden gelaten.**

Materiaal	Hoeveelheid	Eenheid	NMD proceskaart
Hout	0,52	kg	0067-fab&Hout, zachthout, vuren, grenen, lariks, douglas (o.b.v. Sawntwood, softwood, dried (u=10%), planed {RER} production Cut-off, U en 1 m3 = 460 kg)
Karton	0,02	kg	0058-fab&Papier/karton (o.b.v. Core board {GLO} market for Cut-off, U; 24% primair, 76% secundair)
Totaal	0,54	kg	

Cut-off <5% milieu-effecten

Bovenstaande materialisatie is doorgerekend met behulp van het rekenblad *Categorie 3 invoer en rekenblad_versie 1.4.3.xlsx*. Het verpakkingsmateriaal is als volgt gemodelleerd:

- A4 Transport: 150 km
- A5-C1: niet van toepassing
- C2-D:
 - o Hout: scenario 34 5% stort, 80% AVI, 10% recycling
 - o Karton: scenario 51 15% stort, 85% AVI

	Stort	AVI	Recycling & hergebruik	D
Hout	0245-sto&Stort hout, 'schoon' (o.b.v. Waste wood, untreated {Europe without Switzerland} treatment of waste wood, untreated, sanitary landfill Cut-off, U)	0262-avC&Verbranden hout, 'schoon' (13,99 MJ/kg) (o.b.v. Waste wood, untreated {CH} treatment of, municipal incineration Cut-off, U)	0285-reC&Schaven hout (o.b.v. aangepaste Sawntwood, beam, softwood, dried (u=10%), planed {RoW} planing, beam, softwood, u=10% Cut-off, U)	0275-reD&Module D, houten balk, per kg NETTO geleverd (o.b.v. Sawntwood, beam, softwood, dried (u=10%), planed {RoW} planing, beam, softwood, u=10% Cut-off, U)
Karton	0701-sto&Stort papier/karton (o.b.v. Waste paperboard {RoW} treatment of waste paperboard, sanitary landfill Cut-off, U)	0696-avC&Verbranden papier/karton (15,92 MJ/kg) (o.b.v. Waste paperboard {RoW} treatment of waste paperboard, municipal incineration Cut-off, U)	--	--

Bovenstaande modellering resulteert in een MKI set A1 van €0,008. Een gemiddelde m² uit een volledig geluidsscherm (exclusief verpakkingsmateriaal) heeft gemiddeld een MKI set A1 van € 39,60. De verpakking is daar <1% van. **Op basis van MKI mag verpakkingsmateriaal daarom buiten beschouwing worden gelaten.**