

Levenscyclusanalyse inblaas- miscanthus

Categorie 2 productkaart: Inblaas miscanthus, representatief voor de bedrijven die aangesloten zijn bij Stichting Building Balance

Datum van uitgifte

03-03-2025

Conform

Bepalingsmethode v1.2

Opdrachtgever

Stichting Building Balance

LCA Uitvoerder

Hedgehog Company B.V.
Donauweg 10
1043 AJ Amsterdam

Inhoudsopgave

1 Introductie	2
1.1 Achtergrond	2
1.2 Doel en doelgroep van de studie	2
1.3 Verificatie statement	2
2 Reikwijdte	3
2.1 Product omschrijving	3
2.2 Functionele eenheid	3
2.3 Procesboom	4
2.4 Systeemgrenzen	5
2.4.3 Allocatie	6
3 Levenscyclus inventarisatie	7
3.1 Methode voor gegevensverzameling	7
3.2 Inventarisatie en allocatie	7
3.2.1 Productiefase (A1-A3)	7
3.2.1.1 Winning van grondstoffen(A1)	7
Biogene koolstof	8
3.2.1.2 Transport (A2)	8
3.2.1.3 Productie (A3)	8
Energieverbruik	8
Productieverlies	8
3.2.2 Bouwfase (A4-A5)	8
3.2.2.1 Transport (A4)	8
3.2.2.2 Bouw- en installatieproces, aanleg (A5)	9
3.2.3 Gebruiksfase (B1-B5)	9
3.2.4 Sloop- en verwerkingsfase (C1-C4)	9
3.2.4.1 Sloop (C1)	9
3.2.4.2 Afvalverwerking (C2-4)	9
3.2.5 Baten en lasten buiten de systeemgrenzen (D)	9
4 Gegevensverzameling	10
4.1 Controle van datakwaliteit, representativiteit en consistentie	10
4.1.1 Representativiteit	10
4.1.2 Compleetheid milieu-ingrepen en economische stromen	10
4.1.3 Consistentie en reproduceerbaarheid	10
4.2 Kwalitatieve en kwantitatieve beschrijving van de processen, scenario's en bronnen	10
5 Levenscycluseffectbeoordeling	13
5.1 Milieuprofiel	13
5.2 Milieukostenindicator (MKI)	17
5.2.1. Overgang MKI naar set 2	18
6 Interpretatie	19
6.1 Zwaartepuntanalyse	19
6.2 Gevoeligheidsanalyse	21
6.3 Schaalbaarheid	25
Referenties	26
Appendix I.	27
Appendix II. Verificatiestatement	28
Appendix III. Worst-case milieuprofiel	29

1 Introductie

1.1 Achtergrond

Deze LCA studie is uitgevoerd in opdracht van Building Balance en is opgesteld door Joël Beuerle en Rik Wessels. Dit rapport is opgesteld op 03-03-2025 en voldoet aan de eisen gesteld in de NEN-EN ISO 14040 [1], NEN-EN ISO 14044 [2], EN 15804+A2:2019 [3] en de Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken versie 1.2 [4]. De studie is opgesteld voor toetsing conform het NMD Toetsingsprotocol [5]. Naast de Bepalingsmethode wordt EN 16783 gebruikt als specifieke Product Category Rules (PCR) [6]. Voor de berekeningen is gebruik gemaakt van Simapro 9.6.0.1 [7]. De studie is na uitgave tot 5 jaar geldig. De resultaten van LCA studies en resulterende 'Environmental Product Declarations' of EPD's zijn enkel vergelijkbaar indien deze aan de in deze LCA studie aangehouden versie Bepalingsmethode voldoen.

Stichting Building Balance versnelt de toepassing van biograndstoffen in de bouwsector. Ze werken samen met ministeries en provincies aan de Nationale Aanpak Biobased Bouwen en regionale ketenprojecten. De stichting creëert vraag naar biobased materialen, ondersteunt de verwerkende industrie en verbindt hen met klanten en telers. Ze bevorderen het gebruik van Nederlandse teelten en reststromen voor biobased bouwproducten, en zorgen voor een optimale teelt van vezelgewassen.

1.2 Doel en doelgroep van de studie

Het doel van de studie is om betrouwbare en nauwkeurige kwantitatieve milieugegevens voor Nederlands inblaas-miscanthus op te leveren en over te dragen aan de Nationale Milieudatabase (NMD), in de vorm van een categorie 2 productkaart. De milieugegevens worden verstrekt voor het doorgeven van milieugegevens in de keten, zodat ook volgende schakels in staat zijn een milieuverklaring van hun product of gebouw op te stellen. Daarnaast worden de milieugegevens verstrekt voor toepassing in LCA-berekeningen van bouwwerken. Hiervoor is vooral de methodische vergelijkbaarheid (optelbaarheid) van de milieugegevens van belang.

De doelgroep van deze studie betreffen afnemers van de inblaas-miscanthus, waarmee Building Balance de milieugegevens wenst te delen. Daarnaast behoren gebruikers van de NMD tot de doelgroep.

1.3 Verificatie statement

Deze LCA is geverifieerd conform het NMD Toetsingsprotocol. De Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken versie 1.2 is gevolgd als PCR. Het verificatie statement van de verificateur is te vinden in de Appendix.

2 Reikwijdte

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

2.1 Product omschrijving

Deze studie behandelt het product inblaas-miscanthus, wat toegepast kan worden als isolatie in bouwwerken. De inblaas-miscanthus wordt geproduceerd vanuit de Miscanthus plant, welke verhakseld wordt in inblaasbare fractiegroottes. Deze studie behandelt inblaas-miscanthus, wat afkomstig is van miscanthus wat specifiek geproduceerd is in Nederland. Deze studie behandelt een gewogen gemiddelde van alle input parameters van vier verwerkers van deze miscanthus (Mussche, Verhoeven, Agrifirm en Agristro) welke werkzaam zijn op Nederlandse bodem. Er wordt aangenomen dat de verwerkers een gelijk marktaandeel hebben.

De technische specificaties zijn als volgt:

- Dichtheid na inblazen: 135 kg/m³
- Warmtegeleiding: $\lambda = 0,05437$ W/mk
- Vochtgehalte = 14% (o.b.v. Ecoinvent referentie)



Figuur 1. Open element met inblaas-miscanthus.

2.2 Functionele eenheid

De functie van inblaas-miscanthus is om constructie-elementen in een gebouw thermisch en akoestisch te isoleren. Het inblaas-miscanthus kan worden toegepast als isolatielaag voor:

- Binnenwanden
 - Constructief (B&U 22.2)
 - Niet-constructief (B&U 22.1)
- Buitenwanden
 - Constructief (B&U 21.2)
 - Niet-constructief (B&U 21.1)
- Hellende daken
 - Constructief (B&U 27.2)

Deze LCA berekent de milieu-impact van één vierkante meter inblaas-miscanthus. De inblaas-miscanthus kan worden toegepast in diktes tussen de 40-500 mm. Indien miscanthus goed beschermd wordt tegen vocht heeft het een erg lange levensduur. Er zijn in Europa praktijkvoorbeelden van woningen met stro die al meer dan 100 jaar staan¹, wat vergelijkbaar is met het gebruik van miscanthus. Op basis van deze informatie wordt verwacht dat de levensduur van het inblaas-miscanthus ten minste gelijk is aan de levensduur van een gebouw. Daarmee wordt een verwachte levensduur van 75 jaar aangehouden. Dit komt ook overeen met de levensduur van inblaas stro, een vergelijkbaar biobased isolatiemateriaal met veel data over levensduur. Net als miscanthus heeft het een lage dichtheid en moet het tegen vocht beschermd worden.

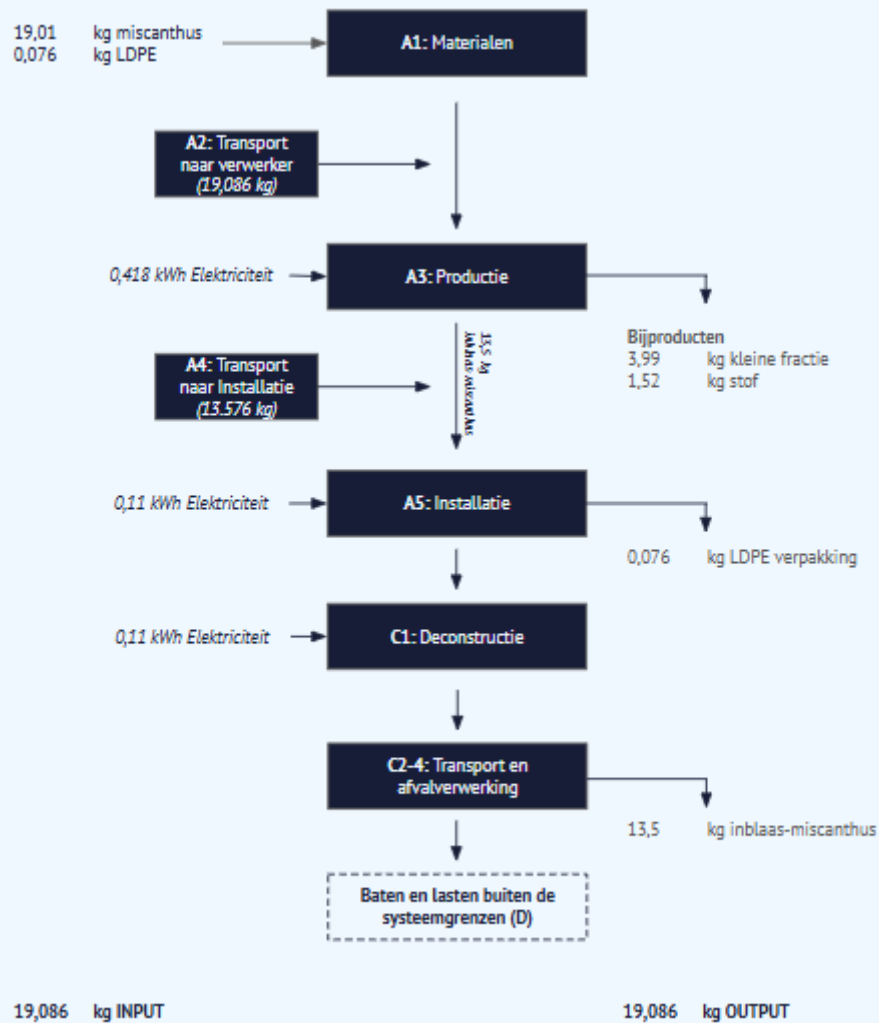
Deze studie hanteert een standaard dikte van 10 cm, welke schaalbaar is tussen de 4 en 50 cm. De functionele eenheid is gedefinieerd als:

- *de productie, installatie en afvalverwerking van 1 vierkante meter inblaas-miscanthus, met een Rd waarde van 1,84 m²K/W en een dikte van 10 cm, toegepast in een gebouw, met een levensduur van 75 jaar.*

2.3 Procesboom

Figuur 2 presenteert een weergave van de procesboom.

¹ Zie <https://strawbuilding.eu/> voor verschillende referentieprojecten in Europa



Figuur 2. Procesboom voor de levenscyclus van één vierkante meter inblaas-miscanthus.

Deze LCA omvat de gehele levenscyclus van de inblaas-miscanthus. De productiefase start bij de winning van grondstoffen waarna transport naar de verwerkers plaatsvindt. Op de productielocaties wordt de inblaas-miscanthus geproduceerd waarna deze getransporteerd wordt naar, en geïnstalleerd wordt op, de gebruikslocatie. Tijdens de gebruiksfase (Module B1-5) zijn er geen relevante materiaal en energie inputs nodig. Mogelijk ontstane impacts zijn verwaarloosbaar en daarom wordt er binnen deze module 0 impact gedeclareerd. De verdere afvalverwerking vindt plaats volgens de standaard afvalscenario's van de NMD.

2.4 Systeemgrenzen

In deze studie zijn alle inputs en outputs - zoals emissies, energie- en materiaalvoer - meegenomen in de berekening conform de Bepalingsmethode. Dit houdt in dat er geen rekening is gehouden met de productie, aanvoer/afvoer en onderhoud van kapitaalgoederen op de productielocatie, omdat de bijdrage aan elke effectcategorie van deze kapitaalgoederen naar schatting niet meer bedraagt dan 5%.

Tabel 1 geeft een overzicht van de gehanteerde modules volgens de Bepalingsmethode.

Tabel 1. Overzicht van de LCA-stadia beschreven in deze studie.

Productiefase	A1	X	Levering van grondstoffen
	A2	X	Vervoer
	A3	X	Productie
Bouwfase	A4	X	Vervoer naar locatie
	A5	X	Constructie - installatieproces
Gebruiksfase	B1	X	Gebruik
	B2	X	Onderhoud
	B3	X	Reparatie
	B4	X	Vervanging
	B5	X	Renovatie
Eindelevensfase	C1	X	Deconstructie sloop
	C2	X	Vervoer
	C3	X	Afvalverwerking
	C4	X	Beschikbaarheid
Baten en lasten buiten de systeemgrenzen	D	X	Hergebruik - Terugwinning - Recyclingpotentieel

2.4.3 Allocatie

De afvalverwerkingsprocessen zijn gealloceerd aan de module waarin ze ontstaan. De allocatie van materialen aan deze of aan een volgende levenscyclus (gebruik/hergebruik secundaire grondstoffen) heeft plaatsgevonden op basis van het polluters pays principle. De milieueffecten van processen die kosten veroorzaken voor dit product (zoals afvalverwerking) zijn meegerekend.

3 Levenscyclus inventarisatie

De levenscyclusinventarisatie omvat de wijze van dataverzameling en de inventarisatie van de relevante in- en uitstromen van het productsysteem. In dit hoofdstuk is voor elke stap in het productieproces een inventarisatie opgenomen van de in- en uitstromen van energie, materiaal en transport. De verzamelde gegevens worden gebruikt om de milieu-impact te berekenen door bijvoorbeeld emissies naar lucht, oppervlaktewater, water en uitputting van hulpbronnen.

3.1 Methode voor gegevensverzameling

Alle verwerkers in Nederland die meewerken aan het Building Balance project zijn gevraagd om milieurelevante productinformatie aan te leveren voor deze studie. Vier verwerkers welke opereren op de Nederlandse markt (Mussche, Verhoeven, Agrifirm en Agristro) hebben gegevens aangeleverd met betrekking tot het energieverbruik tijdens productie. Tevens hebben zij economische gegevens verstrekt over de verschillende co-producten welke vrijkomen bij de productie van inblaas-miscanthus. Gebaseerd op de informatie van de producenten zijn representatieve proceskaarten geselecteerd uit de Nationale Milieudatabase (v3.9) en Ecoinvent (v3.6). De keuzes voor specifieke proceskaarten zijn verder uitgewerkt in paragraaf 4.3.

3.2 Inventarisatie en allocatie

Deze paragraaf beschrijft de kwantiteit en kwaliteit van de gehanteerde materialen, energiestromen en vrijgekomen emissies. Voor deze beschrijving is rekening gehouden met de eisen voor systeemgrenzen zoals vermeld in de Bepalingsmethode.

3.2.1 Productiefase (A1-A3)

3.2.1.1 Winning van grondstoffen(A1)

Inblaas-miscanthus wordt geproduceerd vanuit de miscanthus teelt. Wanneer de miscanthus bij de verwerker aankomt wordt het verwerkt in verschillende fractie groottes. Deze verschillende fracties hebben allemaal een verschillende economische waarde. Dit maakt dat de milieu-impact van het telen van de miscanthus gealloceerd wordt over de verschillende fracties op basis van economische allocatie. Zie Tabel 2 voor de uitwerking van deze allocatie. Voor de productie van 1 ton grove fractie miscanthus wordt dus $1.000 / 0,71 * 0,7384 = 1,046$ kg miscanthus impact gealloceerd aan de grove fractie.

Voor de productie van één vierkante meter met een standaard dikte van 10 cm, is er 13,5 kg inblaas-miscanthus output nodig, aangezien de dichtheid van het inblaas-miscanthus 135 kg/m³ is.

Tabel 2. Allocatie van de verschillende miscanthus fracties. Verwerker specifieke waarden zijn te vinden in Appendix A1.

Materiaal	Gemiddelde fractieverhouding	Gemiddelde prijs (€/ton)	Opbrengst per ton miscanthus (€)	Allocatie, gecorrigeerd voor prijsverschil
Grove fractie, voederstro/inblaasstro	71%	291,88	207,23	73,84%
Kleine fractie, kuikenstrooisel	21%	203,83	43,31	22,32%
Stof, pellets	8%	165,00	12,79	3,84%

Tabel 3. Samenstelling eind-product, één vierkante meter inblaas-miscanthus (10 cm dik).

Deel	Materiaal	Eenheid	Hoeveelheid
Inblaas-miscanthus	Miscanthus, grove fractie	kg	13,5
Inpak folie	LDPE	kg	0,059

Biogene koolstof

In lijn met de Bepalingsmethode en EN 16449 is het biogene koolstofgehalte van de inblaas-miscanthus berekend. Eén kilogram biogene koolstof staat gelijk aan 44/12 kg CO₂. In één kilogram droge miscanthus zit 47,6% koolstof [8]. Het miscanthus heeft een gemiddeld vochtgehalte van 14%. Conform EN 16449 is berekend dat één kilogram inblaas-miscanthus 1,53 kg CO₂ vastlegt (0,42 kg C).

3.2.1.2 Transport (A2)

Deze studie beslaat enkel miscanthus afkomstig uit Nederland. Door de grote variëteit aan leveranciers van miscanthus wordt er in deze studie gerekend met een forfaitaire transport afstand van 150 kilometer voor zowel het miscanthus als de inpakfolie.

Het transport is als volgt gemodelleerd: $(13,5 \text{ kg} / 0,71 * 0,7384 * 150 \text{ km} / 1000)$ voor het miscanthus gedeelte + $0,059 \text{ kg} * 150 \text{ km} / 1000$ voor de verpakking. In lijn met de PCR EN 16783 wordt vol volume transport aangehouden voor de miscanthus. Dit is gemodelleerd door de emissies van gehanteerde proceskaart te vermenigvuldigen met een factor twee.

3.2.1.3 Productie (A3)

De inblaas-miscanthus wordt geproduceerd met behulp van een hakselaar waarin het miscanthus wordt ingebracht. Door middel van de hakselaar kan de miscanthus in drie fractiegroottes worden verwerkt. Na hakselen worden de verschillende fractiegroottes verpakt in balen.

De verwerkers hebben aangegeven dat er gemiddeld 47,48 kWh elektriciteit wordt verbruikt om 1 ton grove fractie miscanthus te produceren. Dit energieverbruik is gecorrigeerd op basis van economische allocatie. Deze allocatie is berekend op basis van gegevens uit de Appendix Tabel A2.

Energieverbruik

Op basis van de verschillende ingekochte elektriciteit mixen van de verwerkers is een gemiddelde energiemix opgesteld (Appendix A2).

Drie van de vier verwerkers hebben elektrische heftrucks in gebruik voor intern transport. Het energieverbruik van het interne transport is bij deze verwerkers meegenomen in het totale elektriciteitsverbruik. Eén verwerker heeft een LPG-heftruck en een diesel heftruck. Beide heftrucks verbruiken ongeveer 0,6 L brandstof per ton verwerkt miscanthus. Eén vierde van dit interne transport is meegenomen in deze studie op basis van diesel en propaan verbrandingsreferenties.

Productieverlies

Er wordt aangenomen dat er geen productieverliezen plaatsvinden, omdat ook de kleine fractie en het stof verkocht worden als bijproducten.

3.2.2 Bouwfase (A4-A5)

3.2.2.1 Transport (A4)

Het inblaas-miscanthus wordt na productie via een isolatiebedrijf of houtskeletbouwer naar de bouwplaats getransporteerd. In lijn met de Bepalingsmethode wordt de standaardafstand tot de bouwplaats aangehouden, 150 kilometer. De inblaas-miscanthus wordt inclusief verpakkingsmateriaal vanaf de verwerker naar de bouwplaats getransporteerd. De transportmodus is per vrachtwagen. In lijn met EN 16783 wordt volume transport aangehouden.

3.2.2.2 Bouw- en installatieproces, aanleg (A5)

Het inblazen van het miscanthus wordt gedaan met behulp van een inblaasmachine. Deze machine heeft een standaardverbruik van 8,22 kWh per ton inblaas-miscanthus. Dit komt neer op een verbruik van 0,11 kWh (= $8,22 / 1000 * 13,5$ kg) per vierkante meter inblaas-miscanthus van 10 cm dik. De energie is gemodelleerd op basis van de Nederlandse markt mix. Het vervoer van de inblaasmachine naar de bouwplaats is niet meegenomen in de modellering.

Bouwverlies

De PCR EN 16783 schrijft een standaard bouwverlies van 2% voor. In overleg met de verificateur is echter besloten om 0% bouwverlies aan te houden aangezien er bij het inblazen nagenoeg geen verliezen plaatsvinden.

Afvalverwerking van verpakkingsmaterialen

Verder is de afvoer en verwerking van verpakkingsmateriaal dat vrijkomt op de bouwplaats meegenomen. De volgende percentages zijn aangehouden voor de verwerkingsmethoden van de inpakfolie: 10% stort, 85% verbranding en 5% recycling (o.b.v. forfaitair afval scenario polyolefinen (o.a. pe, pp)).

3.2.3 Gebruiksfase (B1-B5)

Tijdens de gebruiksfase zijn geen additionele materiaal-inputs of energie-inputs nodig. De gebruiksfase is daarom gedeclareerd als 0.

3.2.4 Sloop- en verwerkingsfase (C1-C4)

De sloop- en verwerkingsfase omvat de werkzaamheden op de slooplocatie, te beginnen wanneer het gebouw buiten gebruik wordt gesteld. Deze eindigt wanneer het bouwwerk ontmanteld is. De systeemgrens voor de einde-afvalfase is bepaald zoals beschreven in 2.2.3.

3.2.4.1 Sloop (C1)

Er wordt aangenomen dat er tijdens demontage evenveel energie moet worden verbruikt als tijdens de aanlegfase. Dit komt neer op 0,11 kWh per vierkante meter inblaas-miscanthus van 10 cm dik. De energie is gemodelleerd op basis van de Nederlandse markt mix.

3.2.4.2 Afvalverwerking (C2-4)

Deze LCA maakt gebruik van de standaard Nederlandse transportwaarden en forfaitaire afvalscenario's uit de Bepalingsmethode. Tabel 5 toont deze waarden per afvalscenario.

Tabel 5. Gehanteerd afvalscenario.

Transportafstand (km)	50	100	-	-
Materiaal	Stortplaats (%)	Verbranding (%)	Recycling (%)	Hergebruik (%)
Miscanthus (o.b.v. NMD-afvalscenario organisch, overig; o.a. isolatie)	5	95	-	-

3.2.5 Baten en lasten buiten de systeemgrenzen (D)

Door de verbranding van miscanthus worden baten gerekend op basis van vermeden hernieuwbare energie productie. Dit is tot stand gekomen door het vermenigvuldigen van de massa met de energiedichtheid van gedroogd miscanthus (17,52 MJ/kg en een vochtpercentage van 2,6% [12]). Gecorrigeerd voor een vochtpercentage van het inblaas-miscanthus (14%) leidt dit tot de volgende netto LHV: $17,52 / (1,14 - 0,026) = 15,73$ MJ/kg.

De baten voor het verbranden van het verpakkingsmateriaal zijn berekend op basis van de LHV van LDPE, 42,47 MJ/kg. Voor recycling van LDPE is PE productie uitgespaard, er is gerekend met de standards kwaliteitsfactor van 0,67.

4 Gegevensverzameling

4.1 Controle van datakwaliteit, representativiteit en consistentie

De datakwaliteit is gebaseerd op het principe dat de datakwaliteit van de gegevens van de processen die bij de producent van het product plaatsvinden, hoger moet zijn dan die van de overige processen. Voorts wordt het principe gehanteerd dat de economische stromen de werkelijkheid zo goed mogelijk moeten benaderen binnen praktisch haalbare grenzen voor de uitvoerder van de LCA. De datakwaliteit wordt hieronder, in paragraaf 4.1.1, beoordeeld met het datakwaliteitssysteem voor eenheidsprocessen uit bijlage VI van de Bepalingsmethode.

4.1.1 Representativiteit

Gebruikte referenties voor milieu-ingrepen zijn recent (<2 jaar). De Pedigree score voor de doorgerekende eenheidsprocessen is 1 op een schaal van 1-5, waarbij 1 staat voor een hoge en 5 voor een lage kwaliteit.

De processen in het productsysteem die plaatsvinden tijdens de reparatie geven een geografisch representatief beeld. Er is namelijk gebruik gemaakt van werkelijke inventarisatiegegevens van vier verschillende verwerkers, met specifieke achtergrondprocessen voor dit gebied. Er is zoveel mogelijk gebruik gemaakt van aangeleverde data van leveranciers waarbij er specifieke achtergrondprocessen zijn gehanteerd voor de relevante gebieden waarin de ruwe materialen en grondstoffen worden gewonnen en geproduceerd.

Verder geeft deze studie een technologisch representatief beeld, omdat specifieke bedrijfs-, proces- en productgegevens over 2023 en 2024 zijn gebruikt voor de studie. De gegevens zijn daarmee actueel en representatief voor de huidige stand van de techniek.

4.1.2 Compleetheid milieu-ingrepen en economische stromen

Alle milieu-ingrepen en economische stromen waarvoor gegevens beschikbaar zijn - zoals grondstoffen, energie, emissies en afval - zijn in milieueffecten gekwantificeerd. Schattingen voor ontbrekende data zijn conservatief ('worst case') gedaan.

Alle geïdentificeerde milieu-ingrepen zijn vertaald naar milieueffecten. Directe emissies uit de inventarisatie zijn alle gekarakteriseerd via de karakterisatiefactoren van de Bepalingsmethode. De gebruikte proceskaarten zijn afkomstig uit geaccepteerde databases zoals Ecoinvent en de NMD, waarmee gewaarborgd is dat alle relevante milieu-ingrepen gekarakteriseerd zijn.

4.1.3 Consistentie en reproduceerbaarheid

De procesbeschrijvingen en hoeveelheden in deze studie zijn volledig kwantitatief reproduceerbaar met behulp van de inventaris in sectie 3.2 en proceskaarten zoals beschreven in sectie 4.2. In het kader van reproduceerbaarheid zijn alle referenties van de bronnen, zowel primaire als publieke bronnen en literatuur, vastgelegd in het hoofdstuk Referenties.

4.2 Kwalitatieve en kwantitatieve beschrijving van de processen, scenario's en bronnen

In deze paragraaf worden alle achtergrondprocessen beschreven die worden gebruikt om deze LCA uit te voeren. Tabel 6 beschrijft welke referenties per emissiebron zijn geselecteerd, uit welke database deze referentie is verzameld en waarom deze referentie is gekozen.

Tabel 6. Inventarisatie en gebruikte referenties van alle materialen en processen in deze LCA.

Bron		Referentie	Databank	Argumentatie
A1	Miscanthus	Miscanthus, chopped {DE} miscanthus production Cut-off, U	Ecoinvent v3.6 Cut-off	Meest representatieve referentie voor Miscanthus productie, waar de miscanthus op het land (zonder machines) tot ~14% vochtgehalte gedroogd wordt.
	Inpakfolie	0012-fab&Polyetheen, LDPE, folie (o.b.v. Packaging film, low density polyethylene {GLO} market for Cut-off, U)	NMD v3.9	Meest representatieve referentie voor inpakfolie.
A2	Transport, vrachtwagen	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO} market group for transport, freight, lorry, unspecified Cut-off, U)	NMD v3.9	Meest representatieve referentie voor transport.
A3	Elektriciteit	0569-pro&Elektriciteit, Nederlandse mix, bij consument, per kWh (73% grijs, 27% hernieuwbaar) (o.b.v. zie toelichting in proces), (01-2028)	NMD v3.9	Meest representatieve referentie voor reguliere elektriciteitsmix.
		0496-pro&Elektriciteit, Hernieuwbaar, bij consument, per kWh (o.b.v. zie toelichting in proces), (01-2028)	NMD v3.9	Meest representatieve referentie voor gemiddelde hernieuwbare elektriciteitsmix.
		0572-pro&Elektriciteit, hernieuwbaar, van windturbines op land, bij consument, per kWh (o.b.v. zie toelichting in proces), (01-2028)	NMD v3.9	Meest representatieve referentie voor elektriciteit uit ingekochte energie van wind. Op basis van informatie van energieleverancier.
		0494-pro&Elektriciteit, Grijs, bij consument, per kWh (o.b.v. zie toelichting in proces), (01-2028)	NMD v3.9	Meest representatieve referentie voor elektriciteit uit ingekochte energie van aardgas. Op basis van informatie van energieleverancier.
		0570-pro&Elektriciteit, hernieuwbaar, uit biomassa, bij consument, per kWh (o.b.v. zie toelichting in proces), (01-2028)	NMD v3.9	Meest representatieve referentie voor elektriciteit uit ingekochte energie van biomassa. Op basis van informatie van energieleverancier.
		Electricity, high voltage {CH} hydro, run-of-river, import from France Cut-off, U	Ecoinvent v3.6 Cut-off	Meest representatieve referentie voor elektriciteit uit ingekochte energie van waterkracht. Op basis van informatie van energieleverancier.
		0573-pro&Elektriciteit, hernieuwbaar, uit PV, bij consument, per kWh (o.b.v. zie toelichting in proces), (01-2028)	NMD v3.9	Meest representatieve referentie voor elektriciteit uit eigen PV installatie en ingekochte PV elektriciteit.
	Intern transport	0095-pro&Diesel, gasolie, gebruik, liter (o.b.v. 35,8 MJ Diesel, burned in building machine {GLO} processing Cut-off, U)	NMD v3.9	Meest representatieve referentie voor dieselverbruik heftrucks.
		0434-pro&Propane, gebruik, per MJ (o.b.v. Propane, burned in building machine {GLO} market for Cut-off, U)	NMD v3.9	Meest representatieve referentie voor LPG verbruik heftrucks.

A4	Transport, vrachtwagen	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO}) market group for transport, freight, lorry, unspecified Cut-off, U)	NMD v3.9	Meest representatieve referentie voor transport.
A5	Inblaasmachine, elektriciteit	0569-pro&Elektriciteit, Nederlandse mix, bij consument, per kWh (73% grijs, 27% hernieuwbaar) (o.b.v. zie toelichting in proces), (01-2028)	NMD v3.9	Meest representatieve referentie voor reguliere elektriciteitsmix.
	Afvalverwerking inpakfolie	0286-reC&verwerking kunststof voor recycling (o.b.v. Waste polyethylene, for recycling, sorted {Europe without Switzerland}) treatment of waste polyethylene, for recycling, unsorted, sorting Cut-off, U)	NMD v3.9	Meest representatieve referentie voor recycling inpakfolie.
		0251-sto&Stort PE (o.b.v. Waste polyethylene {Europe without Switzerland}) treatment of waste polyethylene, sanitary landfill Cut-off, U), ook elastomeren als epdm	NMD v3.9	Meest representatieve referentie voor stort inpakfolie.
		0311-avC&Verbranden PE (42,47 MJ/kg) (o.b.v. Waste polyethylene {RoW}) treatment of waste polyethylene, municipal incineration Cut-off, U)	NMD v3.9	Meest representatieve referentie voor verbranding inpakfolie.
C1	Inblaasmachine, elektriciteit	0569-pro&Elektriciteit, Nederlandse mix, bij consument, per kWh (73% grijs, 27% hernieuwbaar) (o.b.v. zie toelichting in proces), (01-2028)	NMD v3.9	Meest representatieve referentie voor reguliere elektriciteitsmix.
C2	Transport, vrachtwagen	0001-tra&Transport, vrachtwagen (o.b.v. Transport, freight, lorry, unspecified {GLO}) market group for transport, freight, lorry, unspecified Cut-off, U)	NMD v3.9	Meest representatieve referentie voor transport.
C3	Verbranding miscanthus	0262-avC&Verbranden hout, 'schoon' (13,99 MJ/kg) (o.b.v. Waste wood, untreated {CH}) treatment of, municipal incineration Cut-off, U)	NMD v3.9	Meest representatieve referentie voor verbranding miscanthus.
C4	Stort miscanthus	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 v3.9	Meest representatieve referentie voor stort miscanthus.
D	Baten verbranding miscanthus	0268-avD&Vermeden energieproductie AVI, o.b.v. HERNIEUWBARE grondstoffen, 18% elektrisch en 31% thermisch (per MJ LHV)	NMD v3.9	Meest representatieve referentie voor energierugwinning.
	Baten verwerking verpakkings-materiaal	0278-reD&Module D, PE, per kg NETTO geleverd (o.b.v. vermeden Polyethylene, high density, granulate {RER}) production Cut-off, U en kwaliteitsfactor 0,67)	NMD v3.9	Meest representatieve referentie voor uitsparing PE door recycling.
		0267-avD&Vermeden energieproductie AVI, o.b.v. FOSSIELE grondstoffen, 18% elektrisch en 31% thermisch (per MJ LHV)	NMD v3.9	Meest representatieve referentie voor uitsparing fossiele energie.

5 Levenscycluseffectbeoordeling

Dit hoofdstuk toont de resultaten van de LCA-berekening. Dit milieuprofiel wordt in twee sets gepresenteerd. Set 1 is conform EN15804+A1:2013, en is aangevuld met de juiste karakterisatie factoren zoals beschreven in de Bepalingsmethode. Set 2, conform EN15804+A2:2019, is een aanvulling op de eerste set en bevat extra milieu-impact categorieën. Samen vormen set 1 en 2 het volledige milieuprofiel.

5.1 Milieuprofiel

Het milieuprofiel van de inblaas-miscanthus is in onderstaande tabellen weergegeven. De waarden van de effectcategorieën zijn als volgt berekend: alle milieu-ingrepen uit de inventarisatie worden per effect categorie vermenigvuldigd met de karakterisatiefactoren uit de Bepalingsmethode. Tot slot zijn de verkregen waarden gesommeerd per effectcategorie.

Opmerking over het milieuprofiel en de gevoeligheidsanalyse

Het milieuprofiel gepresenteerd in dit hoofdstuk valt in de gevoeligheidsanalyse in hoofdstuk 6.2 buiten de marge van 20%. Hierdoor zijn de impacts van set 2 niet-conform de bepalingmethode. Voor de NMD is het worst-case milieuprofiel uit Appendix III gebruikt.

Tabel 7. Milieuprofiel voor één vierkante meter inblaas-miscanthus, met een dikte van 10 cm, volgens NMD set 1.

Set 1 - Impact category	Unit	A1	A2	A3	A4	A5	B1-5	C1	C2	C3	C4	D	Total
Milieu kosten indicator (MKI) - set 1	Euro	€ 0,15	€ 0,07	€ 0,02	€ 0,07	€ 0,01	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,02	€ 0,05	€ 0,00	-€ 0,32	€ 0,08
Abiotic depletion, non fuel (ADPE)	kg Sb eq	6,61E-05	1,45E-05	3,05E-06	1,39E-05	2,82E-07	0,00E+00	2,35E-07	4,50E-06	6,85E-07	7,66E-08	-1,25E-05	9,10E-05
Abiotic depletion, fuel (ADPF)	kg Sb eq	7,43E-03	4,19E-03	1,28E-03	4,01E-03	3,93E-04	0,00E+00	3,76E-04	1,30E-03	6,26E-04	8,22E-05	-6,00E-03	1,37E-02
Global warming (GWP)	kg CO2 eq	1,04E+00	5,69E-01	1,61E-01	5,45E-01	2,41E-01	0,00E+00	4,32E-02	1,76E-01	1,11E-01	5,09E-02	-9,47E-01	1,99E+00
Ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	7,55E-08	1,01E-07	1,51E-08	9,67E-08	4,12E-09	0,00E+00	3,86E-09	3,13E-08	1,31E-08	1,77E-09	-2,56E-07	8,67E-08
Photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	7,44E-04	3,44E-04	6,00E-05	3,29E-04	9,38E-06	0,00E+00	7,95E-06	1,06E-04	5,21E-04	1,59E-05	-2,74E-03	-6,02E-04
Acidification (AP)	kg SO2 eq	6,19E-03	2,50E-03	5,66E-04	2,40E-03	9,39E-05	0,00E+00	7,24E-05	7,74E-04	2,71E-03	4,71E-05	-1,75E-02	-2,18E-03
Eutrophication (EP)	kg PO4--- eq	3,41E-03	4,92E-04	1,14E-04	4,71E-04	2,11E-05	0,00E+00	1,31E-05	1,52E-04	7,05E-04	1,94E-05	-5,79E-03	-3,91E-04
Human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	4,31E-01	2,40E-01	4,25E-02	2,29E-01	1,19E-02	0,00E+00	5,28E-03	7,42E-02	3,24E-01	4,41E-03	-1,52E+00	-1,55E-01
Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	-2,89E-02	7,00E-03	8,85E-04	6,70E-03	2,43E-03	0,00E+00	1,21E-04	2,17E-03	2,50E-03	7,17E-05	-3,17E-02	-3,87E-02
Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	1,63E+01	2,52E+01	2,85E+00	2,41E+01	3,79E+00	0,00E+00	4,44E-01	7,79E+00	6,31E+00	2,94E-01	-4,28E+01	4,42E+01
Ecotoxicity, terrestrial (TETP)	kg 1,4-DB eq	-1,31E-02	8,47E-04	1,64E-03	8,11E-04	2,64E-04	0,00E+00	2,54E-04	2,62E-04	3,23E-04	1,43E-05	-9,69E-03	-1,84E-02

Tabel 8. Milieuprofiel voor één vierkante meter inblaas-miscanthus, met een dikte van 10 cm, volgens NMD set 2.

Set 2 - Impact category	Unit	A1	A2	A3	A4	A5	B1-5	C1	C2	C3	C4	D	Total
Milieu kosten indicator (MKI) - set 2	Euro	-€ 2,27	€ 0,12	€ 0,03	€ 0,11	€ 0,03	€ 0,00	€ 0,01	€ 0,04	€ 2,45	€ 0,13	-€ 0,58	€ 0,06
Climate change (GWP-total)	kg CO2 eq	-2,06E+01	5,74E-01	1,58E-01	5,50E-01	2,41E-01	0,00E+00	4,35E-02	1,78E-01	2,07E+01	1,12E+00	-9,72E-01	2,00E+00
Climate change - Fossil (GWP-f)	kg CO2 eq	1,08E+00	5,74E-01	1,58E-01	5,50E-01	2,41E-01	0,00E+00	4,35E-02	1,78E-01	1,13E-01	7,29E-03	-9,62E-01	1,99E+00
Climate change - Biogenic (GWP-b)	kg CO2 eq	-2,17E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,06E+01	1,11E+00	0,00E+00	2,41E-02
Climate change - Land use and LU change (GWP-luluc)	kg CO2 eq	7,96E-04	2,10E-04	8,96E-05	2,01E-04	7,83E-06	0,00E+00	6,65E-06	6,51E-05	3,04E-05	3,51E-06	-9,70E-03	-8,29E-03
Ozone depletion (ODP)	kg CFC11 eq	9,00E-08	1,27E-07	1,62E-08	1,21E-07	4,46E-09	0,00E+00	4,16E-09	3,92E-08	1,44E-08	2,21E-09	-2,61E-07	1,57E-07
Acidification (AP)	mol H+ eq	8,05E-03	3,33E-03	8,25E-04	3,19E-03	1,27E-04	0,00E+00	9,72E-05	1,03E-03	4,00E-03	6,21E-05	-2,75E-02	-6,83E-03
Eutrophication, freshwater (EP-fw)	kg P eq	4,64E-04	5,79E-06	4,13E-06	5,54E-06	9,23E-07	0,00E+00	8,80E-07	1,79E-06	2,30E-06	1,50E-07	-8,66E-05	3,99E-04
Eutrophication, marine (EP-m)	kg N eq	4,09E-03	1,17E-03	1,54E-04	1,12E-03	3,42E-05	0,00E+00	2,06E-05	3,63E-04	1,86E-03	4,02E-05	-8,06E-03	8,11E-04
Eutrophication, terrestrial (EP-t)	mol N eq	2,33E-02	1,29E-02	2,98E-03	1,24E-02	4,49E-04	0,00E+00	3,04E-04	4,00E-03	2,14E-02	2,30E-04	-1,32E-01	-5,44E-02

Photochemical ozone formation (POCP)	kg NMVOC eq	5,83E-03	3,69E-03	4,67E-04	3,54E-03	1,01E-04	0,00E+00	6,48E-05	1,14E-03	5,59E-03	8,20E-05	-2,32E-02	-2,73E-03
Resource use, minerals and metals (ADP-mm)	kg Sb eq	6,60E-05	1,45E-05	3,05E-06	1,39E-05	2,82E-07	0,00E+00	2,35E-07	4,50E-06	6,85E-07	7,66E-08	-1,25E-05	9,09E-05
Resource use, fossils (ADP-f)	MJ	1,46E+01	8,66E+00	2,41E+00	8,29E+00	7,41E-01	0,00E+00	7,08E-01	2,68E+00	1,16E+00	1,69E-01	-1,22E+01	2,72E+01
Water use (WDP)	m3 depriv.	4,52E-01	3,10E-02	3,07E-02	2,97E-02	7,26E-03	0,00E+00	6,57E-03	9,58E-03	4,11E-02	7,25E-03	-1,03E-01	5,12E-01
Particulate matter (PM)	disease inc.	5,16E-08	5,16E-08	7,63E-09	4,94E-08	6,63E-10	0,00E+00	4,73E-10	1,60E-08	3,22E-08	1,17E-09	-3,72E-07	-1,61E-07
Ionising radiation (IR)	kBq U-235 eq	3,31E-02	3,63E-02	4,30E-03	3,47E-02	1,14E-03	0,00E+00	1,07E-03	1,12E-02	2,95E-03	6,62E-04	-4,32E-02	8,23E-02
Ecotoxicity, freshwater (ETF)	CTUe	1,74E+02	7,72E+00	3,42E+00	7,39E+00	5,00E-01	0,00E+00	4,38E-01	2,39E+00	2,89E+00	1,70E-01	-2,67E+02	-6,75E+01
Human toxicity, cancer (HTC)	CTUh	1,34E-09	2,51E-10	8,12E-11	2,40E-10	1,78E-11	0,00E+00	9,60E-12	7,75E-11	3,79E-09	4,67E-12	-3,06E-09	2,74E-09
Human toxicity, non-cancer (HTNC)	CTUh	-5,77E-08	8,44E-09	2,74E-09	8,08E-09	6,00E-10	0,00E+00	3,10E-10	2,61E-09	1,20E-08	1,82E-10	-1,11E-07	-1,34E-07
Land use (SQP)	Pt	4,09E+02	7,51E+00	7,93E+00	7,19E+00	4,73E-01	0,00E+00	4,52E-01	2,32E+00	3,76E-01	4,00E-01	-1,05E+03	-6,11E+02

Tabel 9. Parameters.

Resource use - Parameter	A1	A2	A3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D	Total
Energy, primary, renewable, excluding materials (PERE)	8,21E+01	0,00E+00	2,80E+02	1,08E-01	2,51E+00	0,00E+00	1,56E-01	3,35E-02	5,18E-02	2,98E-03	-2,44E+02	1,21E+02
Energy, primary, renewable, materials (PERM)	1,98E+02	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	0,00E+00	1,98E+02
Energy, primary, renewable (PERT)	2,80E+02	0,00E+00	2,80E+02	1,08E-01	2,51E+00	0,00E+00	1,56E-01	3,35E-02	5,18E-02	2,98E-03	-2,44E+02	3,20E+02
Energy, primary, non-renewable, excluding materials (PENRE)	1,35E+01	9,19E+00	2,62E+00	8,80E+00	8,08E-01	0,00E+00	7,72E-01	2,84E+00	1,25E+00	1,80E-01	-1,43E+01	2,57E+01
Energy, primary, non-renewable, materials (PENRM)	3,23E+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	0,00E+00	0,00E+00	3,23E+00
Energy, primary, non-renewable (PENRT)	1,68E+01	9,19E+00	2,62E+00	8,80E+00	8,08E-01	0,00E+00	7,72E-01	2,84E+00	1,25E+00	1,80E-01	-1,43E+01	2,89E+01
Secondary material (SM)	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	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Secondary fuel, renewable (RSF)	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	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Secondary fuel, non-renewable (NRSF)	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	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00

Water, fresh water use (FW)	1,24E-02	1,05E-03	1,03E-03	1,01E-03	2,46E-04	0,00E+00	2,19E-04	3,26E-04	6,23E-03	1,77E-04	-3,17E-03	1,95E-02
Waste flows - Parameter	A1	A2	A3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D	Total
Waste, hazardous (HWD)	2,64E-05	2,19E-05	1,22E-05	2,10E-05	1,51E-06	0,00E+00	1,29E-06	6,79E-06	3,29E-06	2,60E-07	-4,24E-05	5,22E-05
Waste, non hazardous (NHWD)	5,45E-01	5,49E-01	1,04E-02	5,26E-01	1,14E-02	0,00E+00	1,29E-03	1,70E-01	8,39E-02	6,77E-01	-4,39E-01	2,14E+00
Waste, radioactive (RWD)	4,53E-05	5,69E-05	4,50E-06	5,44E-05	1,12E-06	0,00E+00	1,03E-06	1,76E-05	3,52E-06	1,01E-06	-7,35E-05	1,12E-04
Output flows - Parameter	A1	A2	A3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D	Total
Components for re-use (CRU)	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	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Materials for recycling (MFR)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,80E-03	0,00E+00	0,00E+00	3,80E-03
Materials for energy recovery (MER)	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	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Exported energy, electric (EEE)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,94E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,39E+01	0,00E+00	0,00E+00	3,44E+01
Exported energy, thermal (EET)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	8,51E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,84E+01	0,00E+00	0,00E+00	5,93E+01

5.2 Milieukostenindicator (MKI)

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

De tabel hieronder geeft weer welke weegfactoren gebruikt zijn voor het berekenen van de MKI-waarde. De weegfactoren van de indicatoren zijn alle 0, omdat deze van zichzelf niet bijdragen aan de milieu-impact (bijvoorbeeld: energieverbruik zelf is geen milieu-impact, maar de bijbehorende CO₂-emissie wel). De verantwoording van het gebruik van MKI staat in de rapporten “Handboek schaduw prijzen” van CE Delft (2010) [9] en “Toxiciteit heeft z’n prijs” van TNO (2004) [10].

Tabel 10. De MKI wegingsfactoren en resulterende MKI voor set 1.

Impact categorie	Eenheid	MKI Wegingsfactor (€)	MKI
Uitputting van abiotische grondstoffen	kg Sb-eq.	0,16	< € 0,00
Uitputting van fossiele energiedragers	kg Sb-eq.	0,16	< € 0,00
Klimaatverandering	kg CO ₂ -eq.	0,05	€ 0,10
Aantasting van de ozonlaag	kg CFK-11-eq.	30	< € 0,00
Fotochemische oxidantvorming	kg etheen-eq.	2	< € 0,00
Verzuring	kg SO ₂ -eq.	4	€ -0,01
Vermesting	kg PO ₄ ³⁻ -eq.	9	< € 0,00
Humaan-toxicologische effecten	kg 1,4-DB-eq.	0,09	€ -0,01
Ecotoxicologische effecten, zoetwater	kg 1,4-DB-eq.	0,03	< € 0,00
Ecotoxicologische effecten, zeewater	kg 1,4-DB-eq.	0,0001	< € 0,00
Ecotoxicologische effecten, terrestisch	kg 1,4-DB-eq.	0,06	< € 0,00
Totaal			€ 0,077

5.2.1. Overgang MKI naar set 2

Vanaf 1 januari 2025 zal worden overgestapt naar een nieuwe weegset voor het bepalen van de MKI op basis van de 19 milieu-impact categorieën volgens EN15804:A2 (set 2). Tabel 11 bevat de nieuwe weegfactoren en geeft weer wat de hieruit volgende MKI wordt, indien deze weegset in werking zal treden.

Tabel 11. De MKI wegingsfactoren en resulterende MKI voor set 2.

Impact categorie	Eenheid	MKI Wegingsfactor (€)	MKI
Climate change (GWP-total)	kg CO2 eq	-	< € 0,00
Climate change - Fossil (GWP-f)	kg CO2 eq	0,116	€ 0,23
Climate change - Biogenic (GWP-b)	kg CO2 eq	0,116	€ 0,00
Climate change - Land use and LU change (GWP-luluc)	kg CO2 eq	0,116	< € 0,00
Ozone depletion (ODP)	kg CFC11 eq	32	< € 0,00
Acidification (AP)	mol H+ eq	0,39	< € 0,00
Eutrophication, freshwater (EP-fw)	kg P eq	1,96	< € 0,00
Eutrophication, marine (EP-m)	kg N eq	3,28	< € 0,00
Eutrophication, terrestrial (EP-t)	mol N eq	0,36	-€ 0,02
Photochemical ozone formation (POCP)	kg NMVOC eq	1,22	< € 0,00
Resource use, minerals and metals (ADP-mm)	kg Sb eq	0,3	< € 0,00
Resource use, fossils (ADP-f)	MJ	0,00033	€ 0,01
Water use (WDP)	m3 depriv.	0,00506	< € 0,00
Particulate matter (PM)	disease inc.	549750	-€ 0,09
Ionising radiation (IR)	kBq U-235 eq	0,049	< € 0,00
Ecotoxicity, freshwater (ETF)	CTUe	0,00013	-€ 0,01
Human toxicity, cancer (HTC)	CTUh	1096368	< € 0,00
Human toxicity, non-cancer (HTNC)	CTUh	147588	-€ 0,02
Land use (SQP)	Pt	0,000087	-€ 0,05
Totaal			€ 0,058

6 Interpretatie

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de LCA verder geanalyseerd met een bijdrageanalyse in paragraaf 6.1. Daarnaast wordt in paragraaf 6.2 een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd. In paragraaf 6.3 wordt een schaalbaarheidsformule uitgewerkt.

6.1 Zwaartepuntanalyse

Om beter inzicht te krijgen in welke processen de milieu-emissies veroorzaken, wordt een zwaartepuntanalyse uitgevoerd. Door de emissies terug te herleiden tot de emissiebron, kan beter inzicht worden verkregen in de hotspots in de levenscyclus van het productiesysteem.

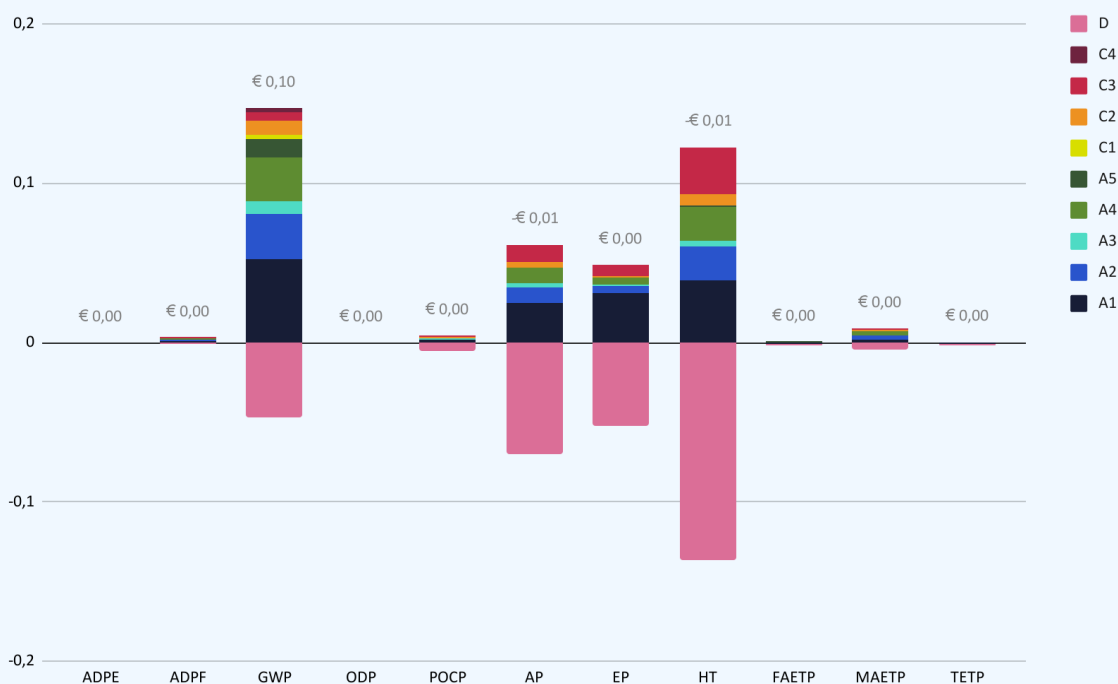


Figuur 2. Bijdrage van de modules aan de totale MKI in set 1.

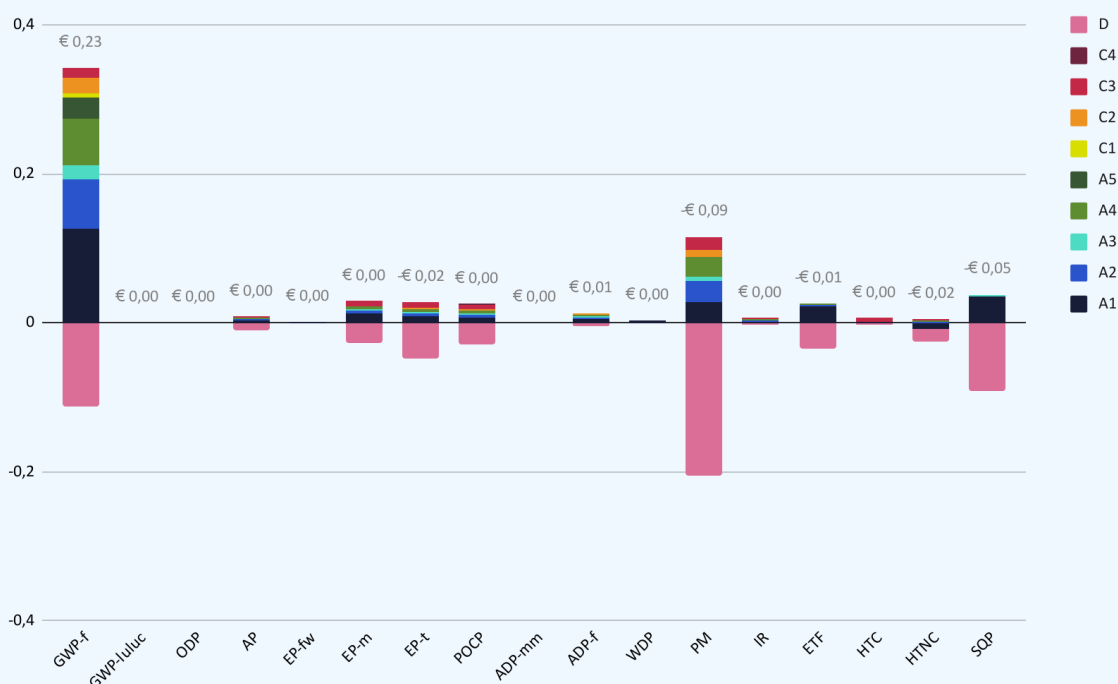
Uit Figuur 2 blijkt dat module A1 de grootste bijdrage levert aan de MKI in set 2. Verder valt op dat de baten uit de verbranding van miscanthus, de lasten van miscanthus productie weer meer dan teniet doen. Om extra inzicht te krijgen in welke impact categorieën de grootste bijdragen leveren aan de MKI voor zowel set 1 als 2, is hiervoor ook een analyse uitgevoerd.

Uit Figuur 3 blijkt dat klimaatverandering (GWP) de grootste invloed heeft op de MKI in set 1. Vermesting (EP), verzuring (AP) en humane toxiciteit (HT) hebben een grote bijdrage aan modules A-C. De baten van miscanthus verbrandingen maken echter dat dit effect gecompenseerd wordt, en zelfs tot een negatieve bijdrage in deze impact categorieën leidt.

Uit Figuur 4 blijkt dat fossiele klimaatverandering (GWP-f) in set 2 de grootste invloed heeft op de MKI. Wat verder opvalt, is dat de uitsparing van hernieuwbare energie door miscanthus verbranding leidt tot een relatief groot negatief effect op fijnstof (PM) en landverbruik (SQP).



Figuur 3. Bijdrage van de verschillende impact categorieën aan de MKI, set 1.



Figuur 4. Bijdrage van de verschillende impact categorieën aan de MKI, set 2.

6.2 Gevoeligheidsanalyse

Sectie 6.2 onderzoekt in hoeverre de onzekerheid in de inputparameters invloed heeft op de berekende MKI-waarden. Hierbij wordt gekeken naar de invloed van variatie binnen de dataset, met name door de individuele prestaties van verwerkers af te zetten tegen het groepsgemiddelde.

Omdat deze studie gemiddelde gegevens hanteert van vier verwerkers, wordt een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd waarin de gegevens van de individuele verwerker worden vergeleken met het groepsgemiddelde. Voor de profielen wordt ook de allocatie aangepast op basis van de bedrijfsspecifieke informatie. Tabel 12 presenteert de milieuprofielen voor set 1 van de vier verschillende verwerkers.

Uit Tabel 12 blijkt dat de verschillen tussen de verwerkers in de meeste impact categorieën binnen de marge van 20% afwijking blijven voor set 1 en dat de totale MKI geen variatie heeft groter dan 12%.

In Tabel 13 wordt dezelfde analyse uitgevoerd op basis van set 2. Uit de tabel blijkt dat de totale impact van twee verwerkers buiten de toegestane grens van 20% valt. Omdat de totale MKI dicht bij €0,00 ligt, heeft een klein verschil in impact een relatief grote invloed op de totale variatie tussen de verwerkers. **Aangezien dit soort verschil niet aan de randvoorwaarden uit de bepalingmethode voldoet, wordt de MKI van de verwerker met de hoogste impact als worst case gepubliceerd in de Nationale Milieu Database.**

Het definitieve milieuprofiel ter publicatie voor NMD is te vinden in Appendix III.

Tabel 12. Gevoeligheidsanalyse op basis van set 1.

Set 1 - Impact										
category	Unit	Gemiddeld	Verwerker A	Vershil	Verwerker B	Vershil	Verwerker C	Vershil	Verwerker D	Vershil
Milieu kosten indicator (MKI)	Euro	€ 0.08	€0.07	12.0%	€0.07	2.3%	€0.08	-8.6%	€0.08	-1.7%
Abiotic depletion, non fuel (ADPE)	kg Sb eq	9.10E-05	8.97E-05	1.4%	8.96E-05	1.5%	9.16E-05	-0.7%	9.95E-05	-9.3%
Abiotic depletion, fuel (ADPF)	kg Sb eq	1.37E-02	1.30E-02	4.7%	1.42E-02	-3.6%	1.46E-02	-6.9%	1.26E-02	7.6%
Global warming (GWP)	kg CO2 eq	1.99E+00	1.91E+00	4.3%	2.03E+00	-1.9%	2.09E+00	-5.1%	1.92E+00	3.5%
Ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	8.67E-08	7.87E-08	9.2%	8.93E-08	-3.0%	9.62E-08	-11.0%	6.14E-08	29.1%
Photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	-6.00E-04	-6.40E-04	-6.7%	-6.30E-04	-5.0%	-5.90E-04	1.7%	-8.00E-04	-33.3%
Acidification (AP)	kg SO2 eq	-2.18E-03	-2.57E-03	-17.9%	-2.50E-03	-14.7%	-2.12E-03	2.8%	-2.91E-03	-33.6%
Eutrophication (EP)	kg PO4--- eq	-3.90E-04	-4.60E-04	-17.9%	-5.00E-04	-28.2%	-3.20E-04	17.9%	-5.19E-04	-33.2%
Human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	-1.55E-01	-1.81E-01	-16.4%	-1.70E-01	-9.7%	-1.51E-01	3.0%	-2.49E-01	-60.7%
Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	-3.87E-02	-3.95E-02	-2.0%	-3.86E-02	0.4%	-3.97E-02	-2.6%	-4.50E-02	-16.2%
Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	4.42E+01	4.27E+01	3.5%	4.37E+01	1.2%	4.49E+01	-1.5%	4.18E+01	5.5%
Ecotoxicity, terrestic (TETP)	kg 1,4-DB eq	-1.84E-02	-1.96E-02	-6.5%	-1.82E-02	1.1%	-1.92E-02	-4.2%	-1.98E-02	-7.7%

Tabel 13. Gevoeligheidsanalyse op basis van set 2.

Set 2 - Impact category										
category	Unit	Gemiddeld	Verwerker A	Vershil	Verwerker B	Vershil	Verwerker C	Vershil	Verwerker D	Vershil
MKI Set 2	Euro	€0.056	€0.040	-28.5%	€0.056	-0.2%	€0.073	29.8%	€0.056	-1.1%
Climate change (GWP-total)	kg CO2 eq	2.00E+00	1.92E+00	-4.1%	2.05E+00	2.1%	2.11E+00	5.4%	1.90E+00	-4.9%
Climate change - Fossil (GWP-f)	kg CO2 eq	1.99E+00	1.90E+00	-4.1%	2.03E+00	2.2%	2.09E+00	5.4%	1.89E+00	-5.0%
Climate change - Biogenic (GWP-b)	kg CO2 eq	2.41E-02	2.41E-02	0%	2.41E-02	0%	2.41E-02	0%	2.41E-02	0%
Climate change - Land use and LU change (GWP-luluc)	kg CO2 eq	-8.29E-03	-8.36E-03	0.8%	-8.36E-03	0.8%	-8.32E-03	0.4%	-8.15E-03	-1.7%
Ozone depletion (ODP)	kg CFC11 eq	1.57E-07	1.49E-07	-5.1%	1.60E-07	1.9%	1.68E-07	7.0%	1.49E-07	-5.1%
Acidification (AP)	mol H+ eq	-6.83E-03	-7.42E-03	8.6%	-7.35E-03	7.6%	-6.81E-03	-0.3%	-5.87E-03	-14.1%
Eutrophication, freshwater (EP-fw)	kg P eq	3.99E-04	4.00E-04	0.3%	3.94E-04	-1.3%	4.14E-04	3.8%	3.87E-04	-3.0%
Eutrophication, marine (EP-m)	kg N eq	8.11E-04	7.26E-04	-10.5%	6.91E-04	-14.8%	9.24E-04	13.9%	8.69E-04	7.2%
Eutrophication, terrestrial (EP-t)	mol N eq	-5.44E-02	-5.68E-02	4.4%	-5.67E-02	4.2%	-5.48E-02	0.6%	-5.00E-02	-8.1%
Photochemical ozone formation (POCP)	kg NMVOC eq	-2.73E-03	-3.02E-03	10.6%	-2.99E-03	9.5%	-2.57E-03	-5.9%	-2.41E-03	-11.7%
Resource use, minerals and metals	kg Sb eq	9.09E-05	8.97E-05	-1.3%	8.96E-05	-1.4%	9.15E-05	0.7%	9.22E-05	1.4%

(ADP-mm)										
Resource use, fossils (ADP-f)	MJ	2.72E+01	2.60E+01	-4.4%	2.81E+01	3.3%	2.90E+01	6.6%	2.52E+01	-7.2%
Water use (WDP)	m3 depriv.	5.12E-01	4.99E-01	-2.7%	5.16E-01	0.6%	5.29E-01	3.3%	5.00E-01	-2.4%
Particulate matter (PM)	disease inc.	-1.60E-07	-1.70E-07	6.2%	-1.70E-07	6.2%	-1.60E-07	0.0%	-1.50E-07	-6.3%
Ionising radiation (IR)	kBq U-235 eq	8.23E-02	8.02E-02	-2.6%	8.27E-02	0.5%	8.54E-02	3.8%	8.01E-02	-2.7%
Ecotoxicity, freshwater (ETF)	CTUe	-6.75E+01	-6.89E+01	2.0%	-7.10E+01	5.1%	-6.30E+01	-6.6%	-6.80E+01	0.8%
Human toxicity, cancer (HTC)	CTUh	2.74E-09	2.69E-09	-1.8%	2.71E-09	-1.1%	2.76E-09	0.7%	2.79E-09	1.8%
Human toxicity, non-cancer (HTNC)	CTUh	-1.30E-07	-1.40E-07	7.7%	-1.30E-07	0.0%	-1.40E-07	7.7%	-1.30E-07	0.0%
Land use (SQP)	Pt	-6.11E+02	-6.15E+02	0.6%	-6.22E+02	1.8%	-6.04E+02	-1.2%	-6.06E+02	-0.9%

6.3 Schaalbaarheid

In praktijk kan de dikte, en dus de Rd waarde, van de inblaas-miscanthus isolatie variëren, afhankelijk van waar het toegepast wordt. De isolatie wordt in de praktijk toegepast in diktes tussen de 40 en 500 mm. Afhankelijk van deze diktes verschilt de Rd waarde en de hoeveelheid toegepaste inblaas-miscanthus.

Tabel 14. Verschillende diktes, Rd-waardes, en respectievelijke MKI.

Dikte (mm)	Massa (kg)	Rd-waarde (m ² K/W)	MKI (€)
40	5,4	0,74	€ 0,01
100*	13,5	1,84	€ 0,02
300	40,5	5,52	€ 0,06
500	67,5	9,20	€ 0,10

* Het referentieprofiel

De Rd-waarde schaalt recht evenredig met de dikte, daarmee hebben we te maken met ééndimensionale recht evenredige schaling. De schalingsformule voor het inblaas-miscanthus is daarmee ook:

$$Y = 1X^1 + 0.$$

Worst-case Scenario

Omdat de gevoeligheidsanalyse aantoont dat een gewogen gemiddelde potentieel niet representatief is, is deze schaalbaarheid ook voor het worst case scenario van verwerker C ontwikkeld. Deze is te zien in Tabel 15.

Tabel 15. Verschillende diktes, Rd-waardes, en respectievelijke MKI voor het worst-case scenario van Verwerker C. .

Dikte (mm)	Massa (kg)	Rd-waarde (m ² K/W)	MKI set 2 (€)
40	5,4	0,74	€ 0,03
100*	13,5	1,84	€ 0,08
300	40,5	5,52	€ 0,25
500	67,5	9,2	€ 0,42

* Het referentieprofiel, worst-case

Referenties

- [1] ISO 14040: Environmental management - Life cycle assessment – Principles and Framework', International Organization for Standardization, ISO14040:2006.
- [2] ISO 14044: Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines', International Organization for Standardization, ISO14044:2006.
- [3] EN 15804+A2: Duurzaamheid van bouwwerken - Milieuverklaringen van producten - Basisregels voor de productgroep bouwproducten, NEN-EN 15804:2012+A2:2019.
- [4] Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken', Stichting Nationale Milieudatabase, versie 1.2, januari 2025.
- [5] NMD-Toetsingsprotocol opname data in de Nationale Milieudatabase, op basis van de Bepalingsmethode Milieuprestatie Bouwwerken', Stichting Nationale Milieudatabase, versie 1.0, juli 2020
- [6] EN 16783: Thermische isolatieproducten - Basisregels voor fabrieksmatig vervaardigde en in-situ gevormde producten voor het opstellen van milieuverklaringen van producten, NEN-EN 16783:2017.
- [7] SimaPro v9.6.0.1
- [8] Van Den Oever, M., Vural Gursel, I. (2024). Bio-based building products in the Dutch Environmental Database (NMD) - Part 1: Proposal for crediting biogenic carbon storage. WFBR. Wageningen University.
- [9] De Bruyn, S.M., Korteland, M.H., Markowska, A.Z., Davidson, M.D., De Jong, F.L., Bles, M., Sevenster, M.N. (2010) "Handboek Schaduw prijzen. Waardering en weging van emissies en milieueffecten", CE Delft.
- [10] Van Harmelen, A.K., Korenromp, R.H.J., Ligthart, T.N., Van Leeuwen, S.M.H., Van Gijlswijk, R.N. (2004) "Toxiciteit heeft z'n prijs. Schaduw prijzen voor (eco-)toxiciteit en uitputting van abiotische grondstoffen binnen DuboCalc", TNO.
- [12] Phyllis2. Miscanthus, silage, dried (1204, 1206) Geraadpleegd via:
<https://phyllis.nl/Browse/Standard/ECN-Phyllis#miscanthus>

Appendix I.

Tabel A1. Verschillende fractiegroottes en verkoopprijzen.

Fractie	Prijs Verwerker B	Verhouding fractie	Prijs Verwerker A	Verhouding fractie	Prijs Verwerker C	Verhouding fractie	Prijs Verwerker D	Verhouding fractie
1-4 cm voederstro/inbla as miscanthus	€ 247,50	75%	€ 257,50	70%	€ 312,50	44%	€ 350,00	95%
1-4 mm kuikenstrooisel	€ 243,48	20%	€ 267,50	15%	€ 304,35	50%	-	0%
Pellets van stof	€ 105,00	5%	€ 160,00	15%	-	6%	€ 230,00	5%

Tabel A2. Energiegegevens verwerkers.²

	Verwerker C	Verwerker D	Verwerker A	Verwerker B
Elektriciteitsverbruik (kWh / ton)	37,4	82	16,5	49,25
Energiemix	Gemiddelde mix	100% specifieke mix energieleverancier [Tabel A3]	20,47% PV; 79,53% specifieke mix energieleverancier [Tabel A4]	10,51% PV; 89,49% specifieke mix energieleverancier [Tabel A4]
Intern transport	Elektrisch	0,6 L diesel, 0,6 L LPG per ton	Elektrisch	Elektrisch

Tabel A3. Gemodelleerde energiemix verwerker D.

Energiebron	Percentage
Wind	28,70%
Zon	25,85%
Biomassa	45,45%

Tabel A4. Gemodelleerde energiemix verwerker A en B.

Energiebron	Percentage
Wind	30,50%
Zon	4,60%
Water	4,70%
Biomassa	0,50%
Aardgas	59,70%

² De verschillen tussen het energieverbruik van de verschillende leveranciers is niet goed verklaarbaar. Dit kan enerzijds liggen aan het feit dat er geen continue productie plaatsvindt bij de verwerkers. Anderzijds zitten er mogelijk verschillen in efficiëntie tussen gebruikte apparatuur.

Appendix II. Verificatiestatement



SHR
Nieuwe Kanaal 9e
6709 PA Wageningen
Website: www.shr.nl
Tel: 0317 – 467 366
KvK nummer: 09190348

Stichting Building Balance
T.a.v. de heer S. Rutten
C. Missetstraat 47
7005 AA DOETINCHEM

Ons kenmerk: AK/dh./25.067
Behandeld door: Ir. A.M. Kloppenburg
E-mail: a.kloppenburg@shr.nl
Betreft: review LCA inblaasmiscanthus Categorie 2

Datum: 13 maart 2025

Geachte heren Rutten en Beuerle,

Het LCA-dossiers "Levenscyclusanalyse inblaas-miscanthus, categorie 2 productkaart: Inblaasmiscanthus, representatief voor de bedrijven die aangesloten zijn bij Stichting Building Balance" opgesteld door Joël Beuerle en Rik Wessels van Hedgehog Company B.V. op 03-03-2025 zijn door mij gereviewd en goed bevonden. Op basis van bovengenoemde LCA dossiers zal een definitief rapport gemaakt worden.

Gebaseerd op het LCA dossier is de conclusie dat wordt voldaan aan de eisen van de NMD Bepalingsmethode versie 1.2. Daarmee is ook voldaan aan de EN 15804:2012+A2:2019 en de onderliggende ISO 14040 en ISO 14044 normen.

De toetsingstabellen zijn afzonderlijk toegestuurd.

Met vriendelijke groet,
SHR



Ir. A.M. Kloppenburg

Appendix III. Worst-case milieuprofiel

Tabel A5. Milieuprofiel voor één vierkante meter inblaas-miscanthus, met een dikte van 10 cm, volgens NMD set 1.

Set 1 - Impact category	Unit	A1	A2	A3	A4	A5	B1-5	C1	C2	C3	C4	D	Total
Milieu kosten indicator (MKI) - set 1	Euro	€ 0,15	€ 0,07	€ 0,02	€ 0,07	€ 0,01	€ 0,00	€ 0,00	€ 0,02	€ 0,05	€ 0,00	-€ 0,32	€ 0,08
Abiotic depletion, non fuel (ADPE)	kg Sb eq	6,82E-05	1,50E-05	1,15E-06	1,39E-05	2,82E-07	0,00E+00	2,35E-07	4,50E-06	6,85E-07	7,66E-08	-1,25E-05	9,16E-05
Abiotic depletion, fuel (ADPF)	kg Sb eq	7,67E-03	4,32E-03	1,85E-03	4,01E-03	3,93E-04	0,00E+00	3,76E-04	1,30E-03	6,26E-04	8,22E-05	-6,00E-03	1,46E-02
Global warming (GWP)	kg CO2 eq	1,07E+00	5,87E-01	2,12E-01	5,45E-01	2,41E-01	0,00E+00	4,32E-02	1,76E-01	1,11E-01	5,09E-02	-9,47E-01	2,09E+00
Ozone layer depletion (ODP)	kg CFC-11 eq	7,79E-08	1,04E-07	1,90E-08	9,67E-08	4,12E-09	0,00E+00	3,86E-09	3,13E-08	1,31E-08	1,77E-09	-2,56E-07	9,62E-08
Photochemical oxidation (POCP)	kg C2H4	7,67E-04	3,54E-04	3,90E-05	3,29E-04	9,38E-06	0,00E+00	7,95E-06	1,06E-04	5,21E-04	1,59E-05	-2,74E-03	-5,88E-04
Acidification (AP)	kg SO2 eq	6,38E-03	2,58E-03	3,55E-04	2,40E-03	9,39E-05	0,00E+00	7,24E-05	7,74E-04	2,71E-03	4,71E-05	-1,75E-02	-2,12E-03
Eutrophication (EP)	kg PO4--- eq	3,52E-03	5,07E-04	6,43E-05	4,71E-04	2,11E-05	0,00E+00	1,31E-05	1,52E-04	7,05E-04	1,94E-05	-5,79E-03	-3,18E-04
Human toxicity (HT)	kg 1,4-DB eq	4,44E-01	2,47E-01	2,59E-02	2,29E-01	1,19E-02	0,00E+00	5,28E-03	7,42E-02	3,24E-01	4,41E-03	-1,52E+00	-1,51E-01
Ecotoxicity, fresh water (FAETP)	kg 1,4-DB eq	-2,98E-02	7,22E-03	5,94E-04	6,70E-03	2,43E-03	0,00E+00	1,21E-04	2,17E-03	2,50E-03	7,17E-05	-3,17E-02	-3,97E-02
Ecotoxicity, marine water (MAETP)	kg 1,4-DB eq	1,68E+01	2,60E+01	2,18E+00	2,41E+01	3,79E+00	0,00E+00	4,44E-01	7,79E+00	6,31E+00	2,94E-01	-4,28E+01	4,49E+01
Ecotoxicity, terrestic (TETP)	kg 1,4-DB eq	-1,35E-02	8,74E-04	1,25E-03	8,11E-04	2,64E-04	0,00E+00	2,54E-04	2,62E-04	3,23E-04	1,43E-05	-9,69E-03	-1,92E-02

Tabel A6. Milieuprofiel voor één vierkante meter inblaas-miscanthus, met een dikte van 10 cm, volgens NMD set 2.

Set 2 - Impact category	Unit	A1	A2	A3	A4	A5	B1-5	C1	C2	C3	C4	D	Total
Milieu kosten indicator (MKI) - set 2	Euro	-€ 2,26	€ 0,12	€ 0,03	€ 0,11	€ 0,03	€ 0,00	€ 0,01	€ 0,04	€ 2,45	€ 0,13	-€ 0,58	€ 0,07
Climate change (GWP-total)	kg CO2 eq	-2,06E+01	5,92E-01	2,14E-01	5,50E-01	2,41E-01	0,00E+00	4,35E-02	1,78E-01	2,07E+01	1,12E+00	-9,72E-01	2,11E+00
Climate change - Fossil (GWP-f)	kg CO2 eq	1,12E+00	5,92E-01	2,14E-01	5,50E-01	2,41E-01	0,00E+00	4,35E-02	1,78E-01	1,13E-01	7,29E-03	-9,62E-01	2,09E+00
Climate change - Biogenic (GWP-b)	kg CO2 eq	-2,17E+01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,06E+01	1,11E+00	0,00E+00	2,41E-02
Climate change - Land use and LU change (GWP-luluc)	kg CO2 eq	8,21E-04	2,17E-04	3,26E-05	2,01E-04	7,83E-06	0,00E+00	6,65E-06	6,51E-05	3,04E-05	3,51E-06	-9,70E-03	-8,32E-03
Ozone depletion (ODP)	kg CFC11 eq	9,28E-08	1,31E-07	2,04E-08	1,21E-07	4,46E-09	0,00E+00	4,16E-09	3,92E-08	1,44E-08	2,21E-09	-2,61E-07	1,68E-07
Acidification (AP)	mol H+ eq	8,31E-03	3,43E-03	4,77E-04	3,19E-03	1,27E-04	0,00E+00	9,72E-05	1,03E-03	4,00E-03	6,21E-05	-2,75E-02	-6,81E-03

Eutrophication, freshwater (EP-fw)	kg P eq	4,79E-04	5,97E-06	4,32E-06	5,54E-06	9,23E-07	0,00E+00	8,80E-07	1,79E-06	2,30E-06	1,50E-07	-8,66E-05	4,14E-04
Eutrophication, marine (EP-m)	kg N eq	4,22E-03	1,21E-03	1,01E-04	1,12E-03	3,42E-05	0,00E+00	2,06E-05	3,63E-04	1,86E-03	4,02E-05	-8,06E-03	9,24E-04
Eutrophication, terrestrial (EP-t)	mol N eq	2,40E-02	1,33E-02	1,49E-03	1,24E-02	4,49E-04	0,00E+00	3,04E-04	4,00E-03	2,14E-02	2,30E-04	-1,32E-01	-5,48E-02
Photochemical ozone formation (POCP)	kg NMVOC eq	6,01E-03	3,81E-03	3,18E-04	3,54E-03	1,01E-04	0,00E+00	6,48E-05	1,14E-03	5,59E-03	8,20E-05	-2,32E-02	-2,57E-03
Resource use, minerals and metals (ADP-mm)	kg Sb eq	6,81E-05	1,50E-05	1,15E-06	1,39E-05	2,82E-07	0,00E+00	2,35E-07	4,50E-06	6,85E-07	7,66E-08	-1,25E-05	9,15E-05
Resource use, fossils (ADP-f)	MJ	1,51E+01	8,93E+00	3,48E+00	8,29E+00	7,41E-01	0,00E+00	7,08E-01	2,68E+00	1,16E+00	1,69E-01	-1,22E+01	2,90E+01
Water use (WDP)	m3 depriv.	4,66E-01	3,20E-02	3,23E-02	2,97E-02	7,26E-03	0,00E+00	6,57E-03	9,58E-03	4,11E-02	7,25E-03	-1,03E-01	5,29E-01
Particulate matter (PM)	disease inc.	5,32E-08	5,32E-08	2,32E-09	4,94E-08	6,63E-10	0,00E+00	4,73E-10	1,60E-08	3,22E-08	1,17E-09	-3,72E-07	-1,63E-07
Ionising radiation (IR)	kBq U-235 eq	3,42E-02	3,74E-02	5,24E-03	3,47E-02	1,14E-03	0,00E+00	1,07E-03	1,12E-02	2,95E-03	6,62E-04	-4,32E-02	8,54E-02
Ecotoxicity, freshwater (ETF)	CTUe	1,80E+02	7,97E+00	2,15E+00	7,39E+00	5,00E-01	0,00E+00	4,38E-01	2,39E+00	2,89E+00	1,70E-01	-2,67E+02	-6,30E+01
Human toxicity, cancer (HTC)	CTUh	1,38E-09	2,58E-10	4,71E-11	2,40E-10	1,78E-11	0,00E+00	9,60E-12	7,75E-11	3,79E-09	4,67E-12	-3,06E-09	2,76E-09
Human toxicity, non-cancer (HTNC)	CTUh	-5,96E-08	8,71E-09	1,52E-09	8,08E-09	6,00E-10	0,00E+00	3,10E-10	2,61E-09	1,20E-08	1,82E-10	-1,11E-07	-1,37E-07
Land use (SQP)	Pt	4,22E+02	7,75E+00	2,22E+00	7,19E+00	4,73E-01	0,00E+00	4,52E-01	2,32E+00	3,76E-01	4,00E-01	-1,05E+03	-6,04E+02

Tabel A7. Parameters.

Resource use - Parameter	A1	A2	A3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D	Total
Energy, primary, renewable, excluding materials (PERE)	8,21E+01	0,00E+00	2,80E+02	1,08E-01	2,51E+00	0,00E+00	1,56E-01	3,35E-02	5,18E-02	2,98E-03	-2,44E+02	1,21E+02
Energy, primary, renewable, materials (PERM)	1,98E+02	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	0,00E+00	1,98E+02
Energy, primary, renewable (PERT)	2,80E+02	0,00E+00	2,80E+02	1,08E-01	2,51E+00	0,00E+00	1,56E-01	3,35E-02	5,18E-02	2,98E-03	-2,44E+02	3,20E+02
Energy, primary, non-renewable, excluding materials (PENRE)	1,35E+01	9,19E+00	2,62E+00	8,80E+00	8,08E-01	0,00E+00	7,72E-01	2,84E+00	1,25E+00	1,80E-01	-1,43E+01	2,57E+01
Energy, primary, non-renewable, materials (PENRM)	3,23E+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	0,00E+00	0,00E+00	3,23E+00
Energy, primary, non-renewable (PENRT)	1,68E+01	9,19E+00	2,62E+00	8,80E+00	8,08E-01	0,00E+00	7,72E-01	2,84E+00	1,25E+00	1,80E-01	-1,43E+01	2,89E+01

Secondary material (SM)	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	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Secondary fuel, renewable (RSF)	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	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Secondary fuel, non-renewable (NRSF)	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	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Water, fresh water use (FW)	1,24E-02	1,05E-03	1,03E-03	1,01E-03	2,46E-04	0,00E+00	2,19E-04	3,26E-04	6,23E-03	1,77E-04	-3,17E-03	1,95E-02
Waste flows - Parameter	A1	A2	A3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D	Total
Waste, hazardous (HWD)	2,64E-05	2,19E-05	1,22E-05	2,10E-05	1,51E-06	0,00E+00	1,29E-06	6,79E-06	3,29E-06	2,60E-07	-4,24E-05	5,22E-05
Waste, non hazardous (NHWD)	5,45E-01	5,49E-01	1,04E-02	5,26E-01	1,14E-02	0,00E+00	1,29E-03	1,70E-01	8,39E-02	6,77E-01	-4,39E-01	2,14E+00
Waste, radioactive (RWD)	4,53E-05	5,69E-05	4,50E-06	5,44E-05	1,12E-06	0,00E+00	1,03E-06	1,76E-05	3,52E-06	1,01E-06	-7,35E-05	1,12E-04
Output flows - Parameter	A1	A2	A3	A4	A5	B	C1	C2	C3	C4	D	Total
Components for re-use (CRU)	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	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Materials for recycling (MFR)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,80E-03	0,00E+00	0,00E+00	3,80E-03
Materials for energy recovery (MER)	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	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Exported energy, electric (EEE)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,94E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	3,39E+01	0,00E+00	0,00E+00	3,44E+01
Exported energy, thermal (EET)	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	8,51E-01	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	5,84E+01	0,00E+00	0,00E+00	5,93E+01

Tabel A8. De MKI wegingsfactoren en resulterende MKI voor set 1 **voor de worst-case berekening.**

Impact categorie	Eenheid	MKI Wegingsfactor (€)	MKI
Uitputting van abiotische grondstoffen	kg Sb-eq.	0,16	< € 0,00
Uitputting van fossiele energiedragers	kg Sb-eq.	0,16	< € 0,00
Klimaatverandering	kg CO ₂ -eq.	0,05	€ 0,10
Aantasting van de ozonlaag	kg CFK-11-eq.	30	< € 0,00
Fotochemische oxidantvorming	kg etheen-eq.	2	< € 0,00
Verzuring	kg SO ₂ -eq.	4	€ -0,01
Vermesting	kg PO ₄ ³⁻ -eq.	9	< € 0,00
Humaan-toxicologische effecten	kg 1,4-DB-eq.	0,09	€ -0,01
Ecotoxicologische effecten, zoetwater	kg 1,4-DB-eq.	0,03	< € 0,00
Ecotoxicologische effecten, zeewater	kg 1,4-DB-eq.	0,0001	< € 0,00
Ecotoxicologische effecten, terrestisch	kg 1,4-DB-eq.	0,06	< € 0,00
Totaal			€ 0,083

Tabel A9. De MKI wegingsfactoren en resulterende MKI voor set 2 **voor de worst-case berekening.**

Impact categorie	Eenheid	MKI Wegingsfactor (€)	MKI
Climate change (GWP-total)	kg CO2 eq	-	< € 0,00
Climate change - Fossil (GWP-f)	kg CO2 eq	0,116	€ 0,24
Climate change - Biogenic (GWP-b)	kg CO2 eq	0,116	€ 0,00
Climate change - Land use and LU change (GWP-luluc)	kg CO2 eq	0,116	< € 0,00
Ozone depletion (ODP)	kg CFC11 eq	32	< € 0,00
Acidification (AP)	mol H+ eq	0,39	< € 0,00
Eutrophication, freshwater (EP-fw)	kg P eq	1,96	< € 0,00
Eutrophication, marine (EP-m)	kg N eq	3,28	< € 0,00
Eutrophication, terrestrial (EP-t)	mol N eq	0,36	-€ 0,02
Photochemical ozone formation (POCP)	kg NMVOC eq	1,22	< € 0,00
Resource use, minerals and metals (ADP-mm)	kg Sb eq	0,3	< € 0,00
Resource use, fossils (ADP-f)	MJ	0,00033	€ 0,01
Water use (WDP)	m3 depriv.	0,00506	< € 0,00
Particulate matter (PM)	disease inc.	549750	-€ 0,09
Ionising radiation (IR)	kBq U-235 eq	0,049	< € 0,00
Ecotoxicity, freshwater (ETF)	CTUe	0,00013	-€ 0,01
Human toxicity, cancer (HTC)	CTUh	1096368	< € 0,00
Human toxicity, non-cancer (HTNC)	CTUh	147588	-€ 0,02
Land use (SQP)	Pt	0,000087	-€ 0,05
Totaal			€ 0,072