



Circulariteit van bioverrijkt composiet en bioverrijkt beton

Voor GWW-producten met TRL 8-9



Circulariteit van bioverrijkt composiet en bioverrijkt beton

Voor GWW-producten met TRL 8-9

Dit rapport is geschreven door:

CE Delft: Maarten Bruinsma, Pelle Sinke, Isabel Nieuwenhuijse

Witteveen+Bos: Bas Bruins Slot, Jeroen Feij

Delft, CE Delft, Witteveen+Bos, februari 2024

Publicatienummer: 24.230290.011

Oprachtgever: RWS Water, Verkeer en Leefomgeving

Alle openbare publicaties van CE Delft zijn verkrijgbaar via www.ce.nl

Meer informatie over de studie is te verkrijgen bij Isabel Nieuwenhuijse (CE Delft)

© copyright, CE Delft, Delft

CE Delft

Committed to the Environment

CE Delft draagt met onafhankelijk onderzoek en advies bij aan een duurzame samenleving. Wij zijn toonaangevend op het gebied van energie, transport en grondstoffen. Met onze kennis van techniek, beleid en economie helpen we overheden, NGO's en bedrijven structurele veranderingen te realiseren. Al sinds 1978 werken betrokken en kundige medewerkers bij CE Delft om dit waar te maken.



Inhoud

1	Inleiding	7
2	Context	8
3	Definities, afbakening en aanpak	9
	3.1 Afbakening van deze studie	9
	3.2 Bioverrijkt composiet	9
	3.3 Bioverrijkt beton	11
4	Circulariteit	13
	4.1 Circulariteit en de circulaire economie	13
	4.2 Circulariteit en de biobased economie	14
	4.3 Randvoorwaarden toepassing bioverrijkte producten binnen een circulaire economie	15
5	Circulariteit bioverrijkt composiet	17
	5.1 Overzicht op productniveau	17
	5.2 Circulariteit bioverrijkte composieten	22
6	Circulariteit bioverrijkt beton	25
	6.1 Overzicht op productniveau	25
	6.2 Circulariteit van producten met niet-constructief bioverrijkt Miscanthusbeton	28
	6.3 Circulariteit van geluidsschermelementen met geluidsabsorberend bioverrijkt vezelbeton	30
7	Algemene conclusie en aanbevelingen	33
	7.1 Conclusie en aanbevelingen per type	33
	7.2 Aanbevelingen circulaire randvoorwaarden	35
	7.3 Aanbevelingen circulariteit in Nationale Aanpak Biobased Bouwen (NABB)	35
	Referenties	36
A	Circulariteit bioverrijkte composieten	37
	A.1 Milieu-impact	37
	A.2 Levensduur	38
	A.3 Beschikbaarheid en schaalbaarheid	39
	A.4 Hergebruik	40
	A.5 Recycling	41
	A.6 Afdanking	43
B	Circulariteit niet-constructief bioverrijkt Miscanthusbeton	45
	B.1 Milieu-impact	45



	B.2 Levensduur	45
	B.3 Beschikbaarheid en schaalbaarheid	46
	B.4 Hergebruik	46
	B.5 Recycling & afdanking	46
C	Circulariteit geluidsabsorberend bioverrijkt vezelbeton	49
	C.1 Milieu-impact	49
	C.2 Levensduur	49
	C.3 Beschikbaarheid en schaalbaarheid	49
	C.4 Hergebruik	50
	C.5 Recycling & afdanking	50
D	Vergelijking milieu-impacts relevante producten	52
	D.1 Vergelijking voor bioverrijkte composieten	52
	D.2 Vergelijking voor geluidsabsorberend bioverrijkt vezelbeton	52



Samenvatting

Op de markt wordt een groeiend aantal producten aangeboden op basis van bioverrijkte composieten en bioverrijkt beton die toegepast kunnen worden binnen de GWW (Grond- Weg- en Waterbouw). Deze worden ook steeds vaker aangeboden aan Rijkswaterstaat (RWS). Doordat deze producten (deels) uit biomassa bestaan, kunnen ze bijdragen aan de circulaire economie wanneer de biomassa primaire fossiele en minerale grondstoffen vervangt. Er is echter nog beperkt inzicht in de levensduur, herbruikbaarheid en recyclebaarheid van producten met bioverrijkt materiaal.

In deze studie hebben we daarom voor producten die toegepast kunnen worden binnen het areaal van RWS onderzocht in hoeverre producten met bioverrijkt materiaal iets toevoegen op drie circulaire aspecten: levensduur, herbruikbaarheid en recyclebaarheid. Hierbij kijken we specifiek naar producten met bioverrijkte composieten, bioverrijkt Miscanthusbeton en bioverrijkt geluidsabsorberend beton. We gaan uit van de huidige stand van zaken en nemen daarom alleen producten mee die op dit moment TRL 8-9 hebben. Daarnaast spreken we in deze studie van ‘bioverrijkt’, omdat de rijksoverheid bij de term ‘biobased’ uitgaat van producten met minimaal 70%_{m/m} biogene grondstoffen en niet alle producten die in deze studie zijn meegenomen daaraan voldoen.

Bioverrijkte composieten

Producten uit bioverrijkte composieten kunnen nu al toegevoegde waarde hebben voor de circulariteit van de GWW, met name als de composieten uit 100% biobased materialen bestaan. Alle onderzochte producten uit bioverrijkte composieten kunnen al gedowncycled worden en hebben in de regel een lagere klimaatimpact dan vergelijkbare producten uit reguliere materialen. De levensduur is in de regel korter of vergelijkbaar.

Voor circulaire toepassing van producten uit bioverrijkte composieten is het wel van belang dat hoogwaardige recycling verder ontwikkeld wordt, zodat de (biobased) binders die nu in producten uit bioverrijkte composieten worden toegepast, in de toekomst teruggewonnen kunnen worden. Er kan waarschijnlijk aangesloten worden op landelijke programma's en op ontwikkelingen in recycling van reguliere composieten.

Ook moet hergebruik van producten beter gefaciliteerd worden door o.a. opdrachtgevers dan nu het geval is. Hierbij speelt acceptatie van hergebruik binnen de GWW door opdrachtgevers een belangrijke rol.

Ten slotte moeten producten uit bioverrijkte composieten na afdanking gescheiden van reguliere producten (uit metaal, kunststof, etc.) worden ingezameld. Dit voorkomt dat deze materialen worden vermengd na afdanking. Vermenging van deze materialen kan de recycling van bioverrijkte composieten namelijk bemoeilijken. Scheiden is bij producten van bioverrijkt composiet is in de meeste gevallen haalbaar, omdat ze visueel verschillen van dezelfde producten van regulier materiaal.

Niet-constructief bioverrijkt Miscanthusbeton

Producten met niet-constructief bioverrijkt Miscanthusbeton hebben momenteel nog geen toegevoegde waarde voor de circulariteit van de GWW. De Miscanthusvezel heeft geen technische functie in het beton en na afdanking bestaat het risico dat afgedankte producten met Miscanthusbeton de recyclingketen van de beton vervuilen. Miscanthusbeton kan namelijk vermengd worden met afgedankt regulier beton, omdat Miscanthusbeton en regulier een vergelijkbare kleur en dichtheid hebben. Hierdoor kunnen Miscanthusvezels onbedoeld terecht komen in nieuwe reguliere betonmengsels waarin betongranulaat wordt toegepast, waardoor deze mengsels moeten worden afgekeurd. De levensduur en klimaatimpact van producten met niet-constructief bioverrijkt Miscanthusbeton zijn vergelijkbaar met producten uit regulier beton. Voor een vergelijkbare levensduur is het wel van belang dat het Miscanthusbeton is beschermd door een toplaag (10%_{m/m}) van regulier beton.

Om producten met niet-constructief bioverrijkt Miscanthusbeton circulair toe te kunnen passen binnen de GWW, is het noodzakelijk dat producten met niet-constructief Miscanthusbeton na afdanking gescheiden ingezameld worden en dat de Miscanthusvezels uit dit beton gefilterd worden. Zowel gescheiden inzameling als het filteren van de vezels vindt momenteel nog niet plaats. Er zijn geen landelijke programma's waarin dit momenteel is opgenomen. Daarnaast moet generiek hergebruik van betonproducten in de GWW breder geaccepteerd worden door opdrachtgevers.

Geluidsabsorberend bioverrijkt vezelbeton

Geluidsschermelementen met geluidsabsorberend, bioverrijkt vezelbeton hebben momenteel nog geen duidelijke toegevoegde waarde voor de circulariteit van de GWW. Dit producttype is namelijk op het moment nog niet goed te recyclen (laagwaardig of hoogwaardig) tot nieuwe betonproducten. Dat komt door het hoge percentage vezels dat aanwezig is in de toplaag ten behoeve van de geluidsabsorberende functie. De levensduur is vergelijkbaar met geluidsschermelementen uit andere materialen. De klimaatimpact is lager dan vergelijkbare geluidsschermelementen uit primair kunststof, maar hoger dan van geluidsschermelementen uit regulier beton of uit hout.

Omdat dit type product al vele jaren bestaat, is er al veel ervaring met gescheiden inzameling en verwerking van afgedankte geluidsschermelementen met geluidsabsorberend bioverrijkt vezelbeton. Om deze reden, en omdat vezelbeton in kleur en dichtheid afwijkt van regulier beton, is er daarom weinig risico dat afgedankt vezelbeton vermengd wordt met afgedankt regulier beton, mits er een ingangscntrole is bij de verwerkers. Hergebruik komt echter nog weinig voor, mede doordat generiek hergebruik van betonproducten in de GWW nog niet breed geaccepteerd is door opdrachtgevers.

De onderlaag van regulier beton kan wel laagwaardig of hoogwaardig gerecycled worden, als deze gescheiden kan worden van de toplaag. Met dit scheiden is echter nog geen ervaring. Bovendien is dit product pas volledig circulair toe te passen, als ook de toplaag gerecycled in plaats van gedowncycled wordt. Op basis van de huidige inventarisatie van bestaande en theoretisch mogelijke recycletechnieken, is toekomstige laag- of hoogwaardige recycling van de onderlaag echter niet aannemelijk.



Scope en producten

Binnen deze studie hebben we producten uit bioverrijkte composieten meegenomen die toegepast worden als verkeers- en bewegwijzeringsborden, picknickbanken (palen, planken), lichtmasten (tot tien meter) en oeverbescherming. De bioverrijkte composieten in deze producten bestaan grofweg uit een thermohardend of thermoplastisch bindmiddel (soms biogeen, soms fossiel en soms gemengd) en natuurvezels, waaraan bij sommige varianten vulstoffen en functionele additieven toegevoegd zijn. Bioverrijkte composieten vervangen in deze producten verschillende reguliere materialen zoals staal, aluminium, fossiele kunststoffen, composieten met fossiele of minerale vezels en hardhout.

Niet-constructief bioverrijkt Miscanthusbeton wordt toegepast als straatstenen/tegels en als andere geprefabriceerde producten zoals platen, trottoirbanken, zitranden en bloembakken. Deze producten bestaan uit een toplaag (10% van de massa) van regulier beton en een onderlaag (90% van de massa) van Miscanthusbeton. De onderlaag bevat 1%_{m/m} tot 6%_{m/m} uit Miscanthusvezels. Producten uit bioverrijkt Miscanthusbeton vervangen producten uit regulier beton.

Geluidsabsorberend bioverrijkt vezelbeton wordt toegepast in geluidsschermelementen, die naast snelwegen en N-wegen staan. Deze elementen bestaan uit een bioverrijkte toplaag (15 tot 30%_{m/m}) van vezelbeton waarvan circa 11%_{m/m} bestaat uit natuurlijke vezels van hout of miscanthus. Daarnaast bestaan de producten uit een onderlaag (70 tot 85%_{m/m} van de massa) van regulier beton. Geluidsschermelementen met geluidsabsorberend bioverrijkt vezelbeton vervangen geluidsschermen uit primair kunststof, hout, glas of andere materialen.

1 Inleiding

Er zijn steeds meer GWW-producten van bioverrijkt composiet en bioverrijkt beton op de markt. Deze worden ook steeds vaker aangeboden aan en af en toe ingekocht door RWS. Vaak worden ze toegepast als de producten qua MKI en klimaatimpact beter¹ scoren dan andere (conventionelere) producten die worden aangeboden in een aanbesteding. Daarnaast dragen producten die (deels) op biomassa gebaseerd zijn bij aan de circulaire economie omdat deze grondstof hernieuwbaar is, en primaire fossiele en minerale grondstoffen vervangt.

Tegelijkertijd rijst de vraag bij RWS in hoeverre deze bioverrijkte producten verder aan de circulaire economie bijdragen. Het is vaak onzeker of onbekend hoe ze scoren op circulariteitskenmerken anders dan beperking van gebruik van primaire niet-hernieuwbare grondstoffen. In dit rapport gaan we in op de *levensduur*, mogelijkheden tot *hergebruik* en *recycling* mogelijkheden van producten van bioverrijkt composiet en bioverrijkt beton die momenteel op de markt beschikbaar zijn. Met andere woorden: we onderzoeken wat deze bioverrijkte producten toevoegen als we kijken naar deze drie aspecten van circulariteit.

De hoofdvraag is: ‘Wat voegen producten uit bioverrijkte composieten en producten met bioverrijkt beton toe aan de circulaire economie met betrekking tot levensduur, herbruikbaarheid en recyclebaarheid?’

Het is goed om op te merken dat we binnen deze studie alleen focussen op de end-of-life fase. We gaan niet in op de klimaatimpact, MKI en andere kenmerken van de onderzochte materialen en producten. Daarnaast kijken we met name naar de huidige stand van zaken in de markt. Eén en ander kan in de toekomst veranderen en zich verder ontwikkelen.

Leeswijzer

In Hoofdstuk 2 geven we de context van studie. In Hoofdstuk 3 geven we een overzicht van definities van bioverrijkte composieten en bioverrijkt beton, en de afbakening en aanpak van dit onderzoek. In Hoofdstuk 4 gaan we in op circulariteit in het algemeen. In Hoofdstuk 5 geven we de resultaten en conclusies van dit onderzoek over de circulariteit van bioverrijkte composieten en in Hoofdstuk 6 de conclusies over de circulariteit met bioverrijkt beton. In Hoofdstuk 7 geven we nog enkele algemene aanbevelingen. In de bijlages gaan we in meer detail in op de bevindingen rondom de circulariteit van bioverrijkte composieten en bioverrijkt beton.

¹ Al komt dit in sommige gevallen door de tijdelijk koolstofverwijdering die optreedt door de biogene CO₂-opslag in het product, wat conform de Bepalingsmethode niet mag worden meegenomen in MKI-berekeningen.



2 Context

Rijkswaterstaat (RWS) heeft als ambitie in 2030 circulair te werken. RWS volgt hiervoor onder andere de strategie ‘Klimaatneutrale en Circulaire Infrastructuurprojecten’ (KCI) van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (I&W). Het toepassen van (deels) hernieuwbare grondstoffen en materialen past binnen deze ambitie. Dat maakt het inkopen van producten van bioverrijkte composieten en bioverrijkt beton aantrekkelijk.

Onlangs is door het (demissionaire) kabinet de Nationale Aanpak Biobased Bouwen (NABB) gepresenteerd, met als medeondertekenaar de staatssecretaris van I&W. Daarin is een opschalingsplan opgenomen voor het toepassen van biobased en bioverrijkte producten² in de GWW-/Infrasector en B&U-sector in Nederland. Bij de NABB zijn vele ketenspelers betrokken zoals boeren, gewasverwerkers, producenten van biobased materialen en producten, en opdrachtgevers in de B&U en GWW (waaronder RWS en ProRail). Het doel van de NABB is *“om bij te dragen aan nationale klimaat- en natuurdoelstellingen - en wettelijke verplichtingen - door de transitie van de nu nog gangbare (abiotische) bouwpraktijk naar een duurzame (biobased) bouwpraktijk te stimuleren”*. Binnen het programma is een aantal ambities voor toepassing van biobased bouwmaterialen opgesteld, waarvan de volgende voor RWS relevant zijn:

- tenminste 10% van het wegmeubilair (inclusief geluidsschermelementen, verkeersborden, lichtmasten en geleiderails) is biobased;
- tenminste 15% van het straatmeubilair is biobased;
- tenminste 30% van de nieuwe oeverbeschoeiing is gemaakt van bioverrijkt composiet;
- tenminste 20% van het niet-constructieve beton dat toegepast wordt in de GWW is bioverrijkt voor tenminste 15%;
- 5.000 fiets- en voetgangersbruggen zijn verrijkt met biocomposiet in het dek en/of de leuning.

Binnen de NABB wordt kort ingegaan op de in deze studie onderzochte circulariteits-aspecten: *“Om duurzaam gebruik van materialen in de toekomst te bevorderen, moet ook bij de toepassing van biogene materialen aandacht zijn voor levensduur, losmaakbaarheid, herbruikbaarheid en recyclebaarheid. Het streven is om toepassingen te ontwikkelen waarbij vrijkomende biogene grondstoffen na de eerste levenscyclus hergebruikt worden, zodat ze wederom in de bouw worden toegepast. Idealiter zijn de biogene bouwmaterialen later herbruikbaar als grondstof in een nieuw bouw materiaal of in de natuur, wanneer ze vrijkomen bij een sloop, demontage of renovatie. Het is essentieel om biogene materialen dusdanig zuiver te houden dat ze geen milieubelasting vormen als ze (eventueel) terug worden gebracht in de natuur.”*

² In de NABB is afgesproken om van *biobased* bouwmaterialen te spreken wanneer deze voor 70 massa% uit hernieuwbare grondstoffen bestaan, en *bioverrijkte* bouwmaterialen als deze een lager massa% hernieuwbare grondstoffen bevat. Wij spreken hier verder over ‘bioverrijkt’, om verwarring te voorkomen. Sommige van de door ons besproken producten zouden echter ook als biobased aangeduid mogen worden.



3 Definities, afbakening en aanpak

3.1 Afbakening van deze studie

In deze studie onderzoeken we de circulariteit van GWW-producten van bioverrijkte composieten en bioverrijkt beton met een TRL van 8-9. Deze producten zijn nu al goed verkrijgbaar op de markt of worden dat binnenkort. Daarmee wordt bedoeld dat ze kunnen worden aangeboden aan RWS in aanbestedingen. Uit deze afbakening volgt welke producten we hebben onderzocht in dit onderzoek.

3.2 Bioverrijkt composiet

Bioverrijkte composieten zijn samengestelde materialen bestaande uit een natuurvezel en een bindmiddel, eventueel in combinatie met vulstoffen en/of additieven ter verbetering van de materiaaleigenschappen. Bij bioverrijkte composieten is de natuurvezel en/of het bindmiddel geheel of gedeeltelijk van biogene oorsprong.

- **Bioverrijkte composieten** mogen zo genoemd worden als minimaal 30%_{m/m} van de bestanddelen van biogene oorsprong zijn.³
- **Biobased bouw materiaal** wordt door rijksoverheid gedefinieerd als een materiaal dat voor minimaal 70%_{m/m} uit grondstoffen van biogene oorsprong bestaat.

Niet alle bioverrijkte composieten mogen volgens deze definities dus als ‘biobased’ worden gekwalificeerd.

3.2.1 Samenstellingen

Bioverrijkte composieten bestaan in hoofdzaak uit vezels en een bindmiddel. Daaraan kunnen vulmiddelen en additieven zijn toegevoegd.

Bindmiddelen

De bindmiddelen zijn kunststoffen. Kunststoffen kunnen vervaardigd worden uit biogene grondstoffen, maar ook uit niet-hernieuwbare grondstoffen. In dit rapport noemen we binders op basis van biogene grondstoffen ‘biogene binders’ en binders op basis van niet-hernieuwbare grondstoffen ‘fossiele binders’.

De kunststoffen in composieten kunnen thermoharders zijn, zoals epoxy, of thermoplasten, zoals PLA.

- Thermoplasten zijn kunststoffen die bij verhitting zacht en vervormbaar worden.
- Thermoharders zijn kunststoffen die bij verhitting hard blijven en dus niet smelten.

³ Zie www.mnext.nl/biobased-wiki/biocomposiet/



Vezels

Aan de bindmiddelen worden plantaardige vezels toegevoegd (afkomstig van bijvoorbeeld hennep, vlas, Miscanthus, bermgras of van cellulose). De massapercentages vezels variëren, van 20 tot 65% vezels, op basis van gesprekken die voor dit onderzoek zijn gevoerd met producenten. Langere vezels zijn vanwege hun sterkte-eigenschappen in het algemeen het meest geschikt voor bioverrijkte composieten.

Vulmiddelen en additieven

Vulmiddelen worden soms toegepast in bioverrijkte composieten en de samenstelling daarvan hangt af van de toepassing. Een voorbeeld is het gebruik van (gerecycled) kalk om de prestaties op vlak van hardheid en stijfheid te verhogen.

Daarnaast kunnen additieven (biogeen of fossiel/mineraal) aan het composiet worden toegevoegd om de gewenste esthetische, fysische of chemische eigenschappen te verkrijgen. Een voorbeeld hiervan is carbon black, dat wordt toegevoegd om het materiaal beter bestand te maken tegen uv-straling.

3.2.2 Toepassingen

Bioverrijkte composieten kunnen voor een zeer brede range aan producten worden toegepast. Binnen de afbakening van deze studie hebben we de volgende producten onderzocht: verkeers- en bewegwijzeringsborden, picknickbanken (palen, planken), lichtmasten (tot tien meter), oeverbescherming. Deze producten zijn relevant voor RWS en worden op dit moment aangeboden op basis van bioverrijkt composiet.

Bij de binnen deze opdracht onderzochte producten vervangt bioverrijkt composiet hoofdzakelijk de volgende materialen:

- staal en aluminium in verkeersborden en palen;
- fossiele kunststoffen in oeverbescherming (beschoeiing);
- composieten van synthetisch hars en koolstofvezel (kunststoffen) of glasvezel in verkeers- en bewegwijzeringsborden en oeverbescherming;
- (hard)hout of kunststoffen in picknickbanken, palen en balken.

Zowel de metalen die kunnen worden vervangen door bioverrijkt composiet als de grondstoffen in synthetische composieten en fossiele kunststoffen, kunnen (deels) uit gerecyclede content bestaan.

3.2.3 Marktconsultatie

Voor dit onderzoek zijn de volgende marktpartijen benaderd en geïnterviewd. Daarnaast is literatuuronderzoek gedaan.

Producenten/ontwikkelaars bioverrijkte composieten:

- HR Groep & Plantics;
- Bio Based Supply/Circulus & Barrera;
- NPSP;
- Biopanel;
- Millvision.

Recyclers composieten:

- Plantics;
- Adherent Technologies (e-mail);
- Flexipol Composites (e-mail).

Onderzoeksbureaus/kennisinstituten:

- VanBerkel Consultancy BV (e-mail);
- Brightlands Institute for Supply Chain Innovation & Maastricht University (e-mail);
- Wageningen University & Research (e-mail).

3.3 Bioverrijkt beton

3.3.1 Samenstellingen

In dit onderzoek nemen we producten mee met de twee soorten bioverrijkt beton die momenteel aangeboden worden:

- producten met niet-constructief bioverrijkt Miscanthusbeton;
- producten met geluidsabsorberend bioverrijkt vezelbeton (hout- of Miscanthusvezels).

Producten van niet-constructief bioverrijkt Miscanthusbeton (straatstenen/tegels en andere geprefabriceerde producten) bestaan uit een toplaag van regulier beton (10% massa), met een onderlaag van Miscanthusbeton (90% massa). De onderlaag is een mengsel van niet-constructief beton waarvan 1 tot 6% van de massa (20 tot 40% van het volume) uit Miscanthusvezels bestaat. Deze vezels hebben geen technische functie. De toplaag van regulier beton dient als bescherming, om te voorkomen dat het Miscanthusbeton niet beschadigt door directe belasting van bijvoorbeeld voetgangers of verkeer.

Producten met geluidsabsorberend bioverrijkt vezelbeton bestaat uit een toplaag van bioverrijkt vezelbeton (15 tot 30% massa) en een ondersteunende onderlaag van regulier beton (70 tot 85% massa). De toplaag is een mengsel van niet-constructief beton, waarvan 11% van de massa uit natuurvezels bestaat. De vezels geven de toplaag een geluidsabsorberende functie. De onderlaag draagt de toplaag en bestaat volledig uit regulier beton.

3.3.2 Toepassingen

Niet-constructief bioverrijkt Miscanthusbeton wordt toegepast in de volgende GWW-betonproducten die voor RWS relevant zijn, bijvoorbeeld op verzorgingsplaatsen:

- bestratingsmateriaal en tegels;
- platen;
- trottoirbanden;
- bankjes, zitranden en bloembakken;
- plint geluidswanden.

Geluidsabsorberend bioverrijkt vezelbeton wordt binnen het areaal van RWS toegepast in geluidsabsorberende wanden naast snelwegen en provinciale wegen, omdat het een geluidsabsorberende eigenschap bezit.

3.3.3 Marktconsultatie

Voor dit onderzoek zijn de volgende marktpartijen benaderd en geïnterviewd. Daarnaast is literatuuronderzoek gedaan.

Producenten/ontwikkelaars bioverrijkt beton:

- Bio Bound & Morssinkhof Groep;
- Reanco.

Recyclers bioverrijkt beton:

- Twee R Recycling;
- Smart Circular Products/Rutte Groep (email).

Onderzoeksbureaus/kennisinstituten:

- CROW (e-mail).



4 Circulariteit

4.1 Circulariteit en de circulaire economie

RWS wil in 2030 circulair werken.⁴ Dit past binnen de ambitie van het Rijk om in Nederland een volledig circulaire economie te hebben in 2050⁵. Het doel hiervan is ten eerste het verlagen van de impact op het klimaat. Algemener draagt het bij aan bescherming van mens en milieu⁶, en aan leveringszekerheid van (kritieke) materialen (Ministerie van I&W, 2023). Circulariteit is daarom een middel om duurzaamheidsdoelen te bereiken.

Circulariteit en de circulaire economie zijn brede begrippen. Tekstkader 1 geeft definities hiervan en rangschikt de circulaire middelen van meest naar minst effectief.

Tekstkader 1 - Definities van circulariteit en circulaire economie

Uit 'Naar duurzame producten met de principes van circulariteit' (CE Delft, 2023b). Overzichtsrapport voor RWS bij de ontwikkeling van het Circulair Materialenplan (CMP).

In een circulaire economie worden producten die nodig zijn binnen gesloten kringlopen geproduceerd, gedistribueerd en geconsumeerd. De waarde van grondstoffen, materialen en producten wordt zo lang mogelijk behouden en zorgvuldig (her)gebruikt, waardoor het einde van de levensduur van producten en materialen zo lang mogelijk wordt uitgesteld. Wanneer dit einde toch wordt bereikt, worden materialen zo hoogwaardig mogelijk gerecycled en resterende afvalstromen zorgvuldig verwerkt met inachtneming van risico's voor mens en milieu. In het Nationaal Programma Circulaire Economie (NPCE) worden vier 'knoppen' onderscheiden op het gebied van grondstoffengebruik:

- 1. Vermindering van grondstoffengebruik.** Minder (primaire) grondstoffen gebruiken door af te zien van producten, deze te delen of ze efficiënter te maken ('narrow the loop').
- 2. Substitutie van grondstoffen.** Primaire grondstoffen vervangen door secundaire grondstoffen of duurzame biograndstoffen die zo hoogwaardig mogelijk toegepast worden, of door andere, meer algemeen, beschikbare grondstoffen met minder milieudruk ('substitution').
- 3. Levensduurverlenging.** Producten en onderdelen langer en intensiever gebruiken door hergebruik en reparatie. Dit vertraagt de vraag naar nieuwe grondstoffen ('slow the loop').
- 4. Hoogwaardige verwerking.** De kringloop sluiten door recycling van materialen en grondstoffen, zodat er minder afval wordt verbrand of gestort én er meer hoogwaardig aanbod van secundaire grondstoffen ontstaat ('close the loop').

Een product kan worden beschouwd als meer of minder circulair naar de mate waarin het bijdraagt aan de bovenstaande knoppen. Er is een koppeling tussen de zogenoemde R-strategieën⁷ en de knoppen zoals geformuleerd in het NPCE. Zie CE Delft (2023b) voor verdere toelichting.

Om te beoordelen hoe circulair een materiaal of product is en of het bijdraagt aan het verlagen van milieu-impact, is een levenscyclusperspectief nodig. Dat wil zeggen dat er nagedacht moet worden over meerdere opeenvolgende toepassingen ervan. Een product of materiaal kan lang in de keten blijven, met name als het een lange levensduur heeft en

⁴ <https://www.RWS.nl/leefomgeving/duurzaam-werken/circulaire-economie>

⁵ <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/circulaire-economie/nederland-circulair-in-2050>

⁶ Uit (nog vertrouwelijk en in ontwikkeling zijnde) 'Werkdocument richtlijnen voor wanneer een initiatief bijdraagt aan de CE' (Ministerie van I&W).

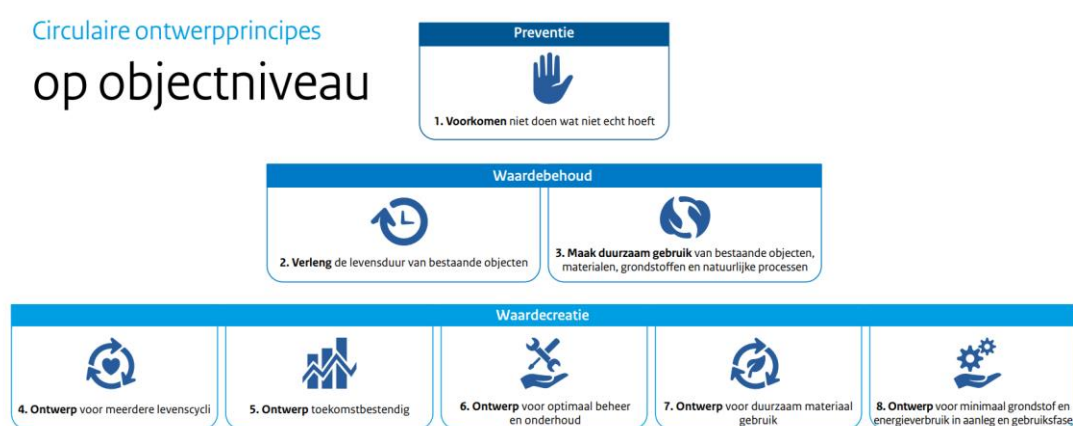
⁷ <https://www.rvo.nl/onderwerpen/r-ladder>



daarna hoogwaardig in meerdere levenscycli hergebruikt, gerepareerd of gerecycled kan worden. Daar dient bij het ontwerp al rekening mee te worden gehouden. Dit sluit ook aan bij de invulling van de circulariteitsprincipes van RWS (zie Figuur 1). Een materiaal met een hoge milieu-impact per kilogram kan op die manier duurzamer zijn dan een alternatief met een lagere milieu-impact dat een kortere levensduur heeft en/of niet opnieuw of slechts laagwaardig kan worden toegepast na de eerste levenscyclus (afgankelijk en ‘downcycling’). Tegelijkertijd is een kortere levensduur niet per definitie een nadeel, wanneer de milieu-impact van een product laag genoeg is om daarvoor te compenseren. Dit geldt zeker wanneer het product kan worden hergebruikt, of het materiaal kan worden gerecycled na einde levensduur.

In dit rapport kijken we specifiek naar producten die relevant zijn voor RWS en vallen onder ‘bioverrijkte composieten’ en ‘bioverrijkt beton’ en schetsen we de relevante afwegingen rondom circulariteit en duurzaamheid vanuit een levenscyclusperspectief.

Figuur 1 - Circulaire ontwerpprincipes opgesteld door RWS



Bron: Circulair wegmeubiliar - overzicht alternatieven - RWS.

4.2 Circulariteit en de biobased economie

In een biobased economie worden energie en materialen gemaakt met koolstof van biogene oorsprong, in plaats van met koolstof van fossiele oorsprong of met minerale delfstoffen. Concreet betekent dit dat biomassa (landbouwgewassen, hout, biogene reststromen, microalgen, etc.) wordt gebruikt als grondstof, in plaats van fossiele grondstoffen en minerale delfstoffen (aardolie, aardgas, steenkool, ijzererts, bauxiet etc.). Biomassa is per definitie hernieuwbaar, waar fossiele grondstoffen en veel minerale delfstoffen dit niet zijn. Wanneer biomassa het gebruik van primaire abiotische grondstoffen vervangt, verlaagt dit de vraag naar ‘fossiel’ en ‘mineraal’ materiaal⁸. Daardoor heeft biomassa een belangrijke plek in de circulaire economie. Voorwaarde hierbij is wel dat de biomassa uit duurzame bronnen komt en duurzaam wordt verwerkt tot materialen en producten.⁹

⁸ Nationale Aanpak Biobased Bouwen (2023).

⁹ Er zijn biobased grondstoffen die wel bijdragen aan circulaire doelstellingen, maar doordat ze uit niet-duurzame bronnen komen, niet bijdragen aan het verlagen van impact op klimaat, mens of milieu, zoals palmolie geproduceerd door illegale ontbossing of bamboe waarvoor (oer)bossen hebben moeten wijken.

Binnen de circulaire economie wordt onderscheid gemaakt tussen de technische cyclus en de biologische cyclus, bijvoorbeeld door de Ellen MacArthur Foundation. Het idee daarachter is dat biogene (biotische) en fossiele/minerale (abiotische) materialen verschillende verwerkingstechnologieën hebben en daarom gescheiden moeten blijven. Verwerkingsroutes voor biogene materialen (vergisting, compostering) worden gehinderd door fossiele/minerale grondstoffen. Aan de andere kant kunnen recyclingprocessen van fossiele/minerale grondstoffen ook gehinderd worden door aanwezigheid van biogene grondstoffen. Dit hoeft niet per definitie zo te zijn (bioPET kan niet gecomposteerd worden, maar kan wel worden gerecycled met fossiele PET), maar is wel een overweging wanneer biogene en fossiele/minerale grondstoffen in één materiaal of product worden gemengd (Tazelaar, 2017). Dit is relevant voor zowel bioverrijkt beton (altijd) als voor bioverrijkte composieten (soms). Bovendien kunnen 100% biogene composieten ook na gebruik in de fase van afvalverwerking (onbedoeld) gemengd worden met fossiele/minerale producten, zoals fossiel kunststof.

Tot slot zien we dat 100% biogene materialen/producten vaak ‘circulair’ worden genoemd, met als argument dat het materiaal/product volledig bestaat uit hernieuwbare grondstoffen en dus zonder schadelijke effecten kan worden afgebroken. Dat een product volledig uit biogene materialen bestaat, zegt echter niets over de levensduur van het product en of het product meerdere keren kan worden hergebruikt of gerecycled. Daarnaast betekent 100% biogeen ook niet per definitie dat het product biologisch afbreekbaar is, aangezien dit afhankelijk is van het type materiaal (een 100% biogene thermoplast zal bijvoorbeeld waarschijnlijk beter biologisch afbreekbaar zijn dan een 100% biogene thermoharder). Het is goed om hier aandacht voor te hebben, in de NABB wordt immers expliciet benoemd dat deze circulaire aspecten ook belangrijk zijn voor materialen en producten op basis van biomassa.

4.3 Randvoorwaarden toepassing bioverrijkte producten binnen een circulaire economie

Het komen tot een circulaire economie gaat niet vanzelf. Momenteel is onze economie lineair ingericht, en er zullen daarom niet alleen nieuwe technologieën (grondstoffen, materialen, productieprocessen) moeten worden ontwikkeld, maar ook andere manieren van werken om de implementatie van deze technologieën op grote schaal te bereiken. Dit noemen we hier randvoorwaarden voor de circulaire economie.

In ons onderzoek naar de circulaire aspecten van bioverrijkte composieten en bioverrijkt beton, zijn we verschillende van deze randvoorwaarden tegengekomen. Dit zijn de volgende:

- Om een hoogwaardige verwerking aan het einde van een levenscyclus mogelijk te maken, is gescheiden inzameling van de materialen en producten vaak nodig. Om dit mogelijk te maken, kan de wijze van afdanking contractueel vastgelegd worden, waarbij dit bij voorkeur gekoppeld is aan een branche brede aanpak van producenten voor recycling/hergebruik van (bioverrijkte) producten.
- Vraag functioneel, in plaats van technisch uit. Dit betekent:
 - Niet naar specifieke materialen vragen (zoals aluminium of staal voor verkeersborden).
 - Eisen stellen aan de mate van duurzaamheid, uitgedrukt in MKI, klimaatimpact en circulariteitsaspecten (levensduur, hergebruik, recycling).
 - Flexibeler zijn ten aanzien van niet-functionele ontwerpaspecten van materialen en producten. Als die heel expliciet zijn, maar afgesteld op conventionele materialen,



is het mogelijk dat producten op bioverrijkte basis niet aan die eisen kunnen voldoen en daarmee niet kunnen worden aangeboden¹⁰.

Daarnaast zou een ander ontwerp ervoor kunnen zorgen dat bioverrijkt composiet of bioverrijkt beton beter tot z'n recht komt op bijvoorbeeld levensduur;

- Normen en certificering kunnen de toepassing van biobased materialen en producten bij voorbaat uitsluiten, ook als zij functioneel voldoen aan de toepassing. Meer flexibiliteit om uitzonderingen op normen en certificeringen mogelijk te maken is daarom nodig - bijvoorbeeld in pilotprojecten en experimenteerruimte binnen reguliere projecten. Certificering van elk uniek product van één producent is namelijk zeer kostbaar, en het aanpassen van normen kost veel tijd.

Er wordt in de NABB gemonitord met behulp van vier impactindicatoren. De eerste drie zijn het verlagen van de CO₂-voetafdruk van de bouwsector, het bijdragen aan een rendabel verdienmodel voor boeren en tuinders, en het bijdragen aan het verbeteren van de bodem- en waterkwaliteit, de biodiversiteit en de ruimtelijke kwaliteit. De vierde impactindicator waarop wordt gemonitord is bijdrage aan circulariteit: *“Bijdragen aan een circulaire economie, door primaire abiotische grondstoffen en minerale delfstoffen (met uitzondering van oppervlakedelfstoffen (zand, grind, klei)) te vervangen door hernieuwbare grondstoffen en materialen”*. Er wordt bij deze circulariteitsindicator echter niet gestuurd op levensduur, hergebruik of recycling. In de NABB zijn actielijnen uitgezet om de ambities te halen. De volgende actielijnen zijn relevant voor RWS in de context van ons onderzoek, hier kunnen de door ons onderzochte circulariteitsaspecten wellicht een rol gaan spelen:

- **II.5:** Vergroten rol overheid als launching customer van biobased bouwmaterialen;
- **II.7:** Doorontwikkelen van pilotprojecten tot marktrijpe oplossingen in de GWW-sector;
- **VI. 44:** Verkenning Garantiefonds voor de GWW-sector.

¹⁰ Een voorbeeld hiervan zijn randen van een verkeersbord die omgebogen moeten zijn: dit is met metalen veel makkelijker te bereiken dan met bijvoorbeeld bioverrijkte composieten.

5 Circulariteit bioverrijkt composiet

In dit hoofdstuk presenteren we op hoofdlijnen de bevindingen over de levensduur, herbruikbaarheid en recyclebaarheid van voor RWS relevante producten van bioverrijkt composiet die nu op de markt zijn (zie Hoofdstuk 3 over afbakening). In Bijlage A is hierover meer informatie te vinden.

5.1 Overzicht op productniveau

Op de volgende pagina's worden de resultaten van ons onderzoek op productniveau gepresenteerd in tabelvorm. Dit gaat over de drie circulariteitsaspecten (levensduur, herbruikbaarheid en recyclebaarheid) van voor RWS relevante, nu op de markt beschikbare producten van bioverrijkt composiet.

Tabel 1 - Overzicht producten van bioverrijkte composieten binnen deze studie, eigenschappen en circulariteit (situatie in 2023)*

Product	Toepassing voor RWS	Producent/aanbieder	Normering & certificering	Materiaal (massa-percentage)	Levensduur**	Hergebruik (huidig)	Recycling (huidig)	Afdanking (huidig)
RVV-borden/ HM-borden/ bewegwijzerings- borden, palen	A-wegen en (sommige) N-wegen; verzorgings- plaatsen	NPSP: Nabasco 5010	EN13501	65% biobased: 30% biogene vezel (meerdere vezels mogelijk), 35% synthetische hars, 35% biohars (thermoharders)	50 jaar (verwacht)	Hergebruik mogelijk mits de producten niet gebroken zijn. Reparatie kleine beschadigingen is goed mogelijk met vezelmat, maar komt nu nog zelden voor	Downcycling door vermalen en bijmengen als vulmiddel in nieuwe producten	Stort, eventueel verbranding (duurder). Niet biologisch afbreekbaar of te composteren
		NPSP: Nabasco 8010 & 8012	EN13501	35% biobased: 20% biogene vezel (meerdere vezels mogelijk), 50% vulmiddel (calcium carbonaat: gerecycled kalk of gemalen schelpen), 15% synthetische hars, 15% biohars (thermoharders)	50 jaar (verwacht)	Hergebruik mogelijk mits de producten niet gebroken zijn. Reparatie mogelijk met vezelmat, maar komt zelden voor	Downcycling door vermalen en bijmengen als vulmiddel in nieuwe producten	Stort, eventueel verbranding (duurder). Niet biologisch afbreekbaar of te composteren
		NPSP: Nabasco 8040 (toekomstig product)	Nog geen (toekomstig product)	50% biobased: 20% biogene vezel (meerdere vezeltypen mogelijk), 50% vulmiddel (calcium carbonaat: gerecycled kalk of gemalen schelpen), 30% biohars (thermoharder)	50 jaar (verwacht)	Hergebruik mogelijk mits de producten niet gebroken zijn. Reparatie mogelijk met vezelmat, maar komt zelden voor	Downcycling door vermalen en bijmengen als vulmiddel in nieuwe producten	Stort, eventueel verbranding (duurder). Niet te composteren, wel biologisch afbreekbaar
		NPSP: Nabasco sign	EN13501	35% biobased: 20% biogene vezel (meerdere vezels	50 jaar (verwacht)	Hergebruik mogelijk mits de producten niet gebroken zijn.	Downcycling door vermalen en bijmengen als	Stort, eventueel verbranding (duurder). Niet biologisch

Product	Toepassing voor RWS	Producent/aanbieder	Normering & certificering	Materiaal (massa-percentage)	Levensduur**	Hergebruik (huidig)	Recycling (huidig)	Afdanking (huidig)
				mogelijk), 50% vulmiddel (calcium carbonaat: gerecycled kalk of gemalen schelpen), 15% synthetische hars, 15% biohars (thermoharders)		Reparatie mogelijk met vezelmat, maar komt zelden voor	vulmiddel in nieuwe producten	afbreekbaar of te composteren
		HR-Groep/Plantics: NTS	CE-certificering voor NL-markt	100% biobased: 20% hennepvezelmat, 80% Plantics biohars (thermoharder)	>20 jaar, aangetoond in klimaatkassen	Hergebruik binnen 1-3 jaar na plaatsing mogelijk, maar komt zelden voor. Reparatie niet mogelijk	Downcycling door vermalen en bijmengen als vulmiddel in nieuwe producten. Volgens Plantics is het daarnaast mogelijk om haar biohars te scheiden uit de composiet en te recyclen (20-30% kwaliteitsverlies)	Stort, eventueel verbranding (duurder). Compostering theoretisch mogelijk, omdat het materiaal zich gedraagt als hout. Formeel voldoet het materiaal niet aan de composteringseisen
		Biopanel	Geen; wel bewezen en toegepast in praktijk	100% biobased: 30% hennepvezels, 70% PLA (thermoplast)	10 jaar (aangetoond), 20 jaar (verwacht)	Hergebruik of reparatie niet mogelijk	Downcycling binnen 10 jaar beperkt mogelijk door vermalen en bijmengen als vulmiddel in nieuwe producten. Omsmelten is voor zover bekend niet mogelijk, door aanwezigheid vezels	Stort, eventueel verbranding (duurder). Industriële compostering mogelijk
Picknickbanken	Verzorgingsplaatsen	Bio Based Supply & Barrera: Biobased Barrier	Geen; wel bewezen en toegepast in praktijk	65% biobased: 65% bermgras + 35% mixed fossiele plastics	Ten minste 20 jaar	Hergebruik of reparatie niet mogelijk	Downcycling door vermalen en bijmengen als vulmiddel in nieuwe	Stort, eventueel verbranding (duurder). Niet biologisch

Product	Toepassing voor RWS	Producent/aanbieder	Normering & certificering	Materiaal (massa-percentage)	Levensduur**	Hergebruik (huidig)	Recycling (huidig)	Afdanking (huidig)
				uit afvalscheiding (thermoplast)			producten. Omsmelten is voor zover bekend niet mogelijk, door aanwezigheid vezels	afbreekbaar of te composteren
Lichtmasten (tot 10 meter)	A-wegen en (sommige) N-wegen; verzorgings-plaatsen	Bio Based Supply	Geen; wel bewezen en toegepast in praktijk	65% biobased: 65% vlasvezelmat, 35% synthetische hars (thermoharder)	Vergelijkbaar met conventionele lichtmasten (verwacht)	Hergebruik of reparatie niet mogelijk	Downcycling door vermalen en bijmengen als vulmiddel in nieuwe producten	Stort, eventueel verbranding (duurder). Niet biologisch afbreekbaar of te composteren
Oever-bescherming (beschoeiing)	Oevers binnenwateren	Bio Based Supply	Geen, wel bewezen en toegepast in praktijk	65% biobased: 65% bermgras + 35% mixed fossiele plastics uit afvalscheiding (thermoplast)	7 jaar (aangetoond), 25 jaar (verwacht)	Hergebruik of reparatie niet mogelijk	Downcycling door vermalen en bijmengen als vulmiddel in nieuwe producten. Omsmelten is niet mogelijk, door aanwezigheid vezels	Stort, eventueel verbranding (duurder). Niet biologisch afbreekbaar of te composteren
		NPSP: Nabasco 10010 (toekomstig product)	Nog geen (toekomstig product)	100% biobased: 50% vlasvezel, 50% biohars (thermoharder)	50 jaar (verwacht)	Hergebruik mogelijk mits de producten niet gebroken zijn. Reparatie mogelijk met vezelmat, maar komt zelden voor	Downcycling door vermalen en bijmengen als vulmiddel in nieuwe producten	Stort, eventueel verbranding (duurder). Niet te composteren, wel biologisch afbreekbaar

* De verwerking van (bioverrijkte) composieten is volop in ontwikkeling en kan in de nabije toekomst veranderen.

** De verwachte levensduur is gebaseerd op claims van producenten. Er is nog geen bewijs voor deze levensduur geleverd. Het is nu nog onduidelijk welke faalmechanismen exact optreden en wanneer.

Tabel 2 - Onderzochte composieten, buiten de scope van deze studie

Product	Toepassing voor RWS	Producent/aanbieder	Materiaal	Verklaring buiten scope
Geleiderail	Langs provinciale (80 km) wegen, mogelijk snelwegen	BG4US biobased guardrail, Millvision	Bio-based Polymeer (solanyl) + agro-wood)	Te lage TRL. Product is nog in testfase. Wordt in Noord Brabant uitgetest op provinciale wegen
Geluidsschermelementen	Langs provinciale wegen en snelwegen	HAN + Sweco + provincie Gelderland: Infra-wall geluidscherm	Geluidspanelen van grasvezels en mycelium	Te lage TRL. Het is geen composiet materiaal op basis van vezels en hars
(Fiets)brugdekken	Kleine bruggen (boven fiets-/ wandelpad)	TUE+TUD+ROC's Eindhoven: Bioverrijkt composiet brug	Vlas- + hennepvezels om PLA-schuim. Epoxyhars (65% biologisch, 35% fossiele basis) thermoharder	Te lage TRL. Alleen nog pilotprojecten
Geotextielen	Alle waterbouw (in theorie)	Naue: Secutex Green	Biobased geotextiel, samenstelling onbekend. (geen bioverrijkt composiet)	Geen bioverrijkt composiet materiaal.
		Duvano	100 % Gerecycled kunststof	Geen bioverrijkt composietmateriaal

5.2 Circulariteit bioverrijkte composieten

5.2.1 Milieu-impact, levensduur en schaalbaarheid

De klimaatimpact en MKI van producten uit bioverrijkte composieten lijken voor zover bekend in de regel lager te zijn dan vergelijkbare producten van metalen, beton en glasvezelcomposieten (zie Bijlage D)¹¹. Deze observatie is echter gemoeid met enkele onzekerheden. Tussen individuele bioverrijkte composieten zijn namelijk verschillen in toepassing, levensduur en functie. Daarnaast zijn niet voor alle producten uit bioverrijkte composieten milieuberekeningen uitgevoerd en zijn vergelijkbare producten in DuboCalc slechts beperkt beschikbaar. Voor producten uit bioverrijkte composieten waar wel milieudata voor beschikbaar is, zijn de scope en rekenregels niet altijd onderling vergelijkbaar. Zo wordt bijvoorbeeld in sommige gevallen CO₂-opslag meegenomen in de milieuberekening en marketing van de producten, waar dit volgens de geldende Nederlandse en Europese rekenregels voor milieuberekeningen niet is toegestaan.^{12, 13}

De levensduur van producten uit bioverrijkte composieten varieert van 10 tot 50 jaar, en is daarmee korter of vergelijkbaar met een zelfde soort producten van metalen, beton, glasvezelcomposieten en hout. Een kortere levensduur hoeft hierbij niet per definitie een nadeel te zijn, als de milieu-impact van het product uit bioverrijkte composiet lager is. Dit kan onder andere onderzocht worden in een LCA-studie.

Bij de levensduur speelt met name het type binder een belangrijke rol. Bioverrijkte composieten op basis van thermoharders hebben in de regel een langere levensduur dan bioverrijkte composieten op basis van thermoplasten, doordat thermoplasten gevoeliger zijn voor degradatie door uv-straling. Ondanks dat er aan bioverrijkte composieten met thermoplasten additieven worden toegevoegd om dit effect te minimaliseren, is hun levensduur dus in de regel korter. De invloed van de vezels op de levensduur is minder groot, al kan de levensduur van producten waarin vezels verwerkt zijn die gevoelig zijn voor vocht (zoals bermgras) potentieel korter zijn. Dit speelt met name wanneer de binder wordt aangetast en de vezels daardoor met de buitenlucht in aanraking komen.

Momenteel is het aanbod van producten uit bioverrijkte composieten nog beperkt, maar technisch gezien kan dit goed opgeschaald worden. De hogere kosten van bioverrijkte composieten ten opzichte van reguliere materialen kunnen echter een barrière vormen. Daarnaast is het voor opschaling noodzakelijk dat het aanbod van biogene vezels en met name biogene binders groeit. Voor de productie van biogene bouwmaterialen zijn al landelijke programma's opgezet. Daarnaast kan een verhoogde vraag naar bioverrijkte

¹¹ Bij deze vergelijking gaan we uit van milieudata uit vertrouwelijke LCA rapporten van producenten (Ecochain Technologies, 2021, 2022; KNN, 2019; Recell Group BV, 2023), aangevuld met categorie 3 milieudata van vergelijkbare producten in DuboCalc 6.0 (zie Bijlage D). Categorie 3 milieudata in DuboCalc (uit de Nationale Milieudatabase) is berekend door experts op basis van openbare data en aannames. Deze data is niet specifiek voor één type producent en is niet getoetst.

¹² Conform de [PEF \(EU\)](#) mag opname of emissie biogeen CO₂ niet meegenomen worden in milieuberekeningen. Conform de [EN15804+A2 \(EU\)](#) en [Bepalingsmethode \(NL\)](#) moet de klimaatimpact van biogene CO₂ over de gehele levensduur netto 0 zijn (opname en emissie moeten in balans zijn binnen de levensduur van een product).

¹³ Vanuit de rijksoverheid wordt momenteel onderzocht of koolstofverwijdering als gevolg van (tijdelijke) CO₂-opslag wel meegenomen kan worden in beleid, in afwijking van de geldende rekenregels. Hier is echter nog geen definitief besluit over genomen.



composieten bijdragen aan een hoger aanbod van binders en vezels binnen de productieketen, doordat de productie economisch rendabeler en zekerder wordt.

5.2.2 Hergebruik

Hergebruik van producten uit bioverrijkte composieten is beperkt mogelijk en komt nog niet voor. Deze relatief nieuwe producten degraderen met de tijd (zie levensduur in Paragraaf 5.2.1), waardoor hergebruik alleen mogelijk is als producten vrijkomen voordat de technische levensduur is verlopen. Dat dit nog niet plaats vindt, lijkt met name te komen doordat hergebruik nog niet gebruikelijk is binnen de GWW bij de betrokken partijen (opdrachtgevers, leveranciers, aannemers). Daarnaast is het niet altijd mogelijk om kleine beschadigingen te repareren bij producten uit bioverrijkte composieten.

Een belangrijke randvoorwaarde om hergebruik te faciliteren, is dat de acceptatie van het toepassen van hergebruikte producten toeneemt. Daarnaast kan bij samengestelde producten uit bioverrijkte composieten, zoals verkeersborden met stickers/folie, een losmaakbaar ontwerp, hergebruik in de toekomst faciliteren.

5.2.3 Recycling en afdanking

Recycling en verbranding van producten uit bioverrijkte composieten komt nog maar weinig voor. Vrijwel alle producten uit composieten, zowel regulier als bioverrijkt, worden momenteel gestort. Recycling komt nog niet veel voor en verbranding is nog niet economisch rendabel. Producten uit volledig biogene composieten kunnen biologisch afbreekbaar zijn, waarbij biogene CO₂ en methaan (CH₄) vrijkomt.

Sommige van de onderzochte producten kunnen daarnaast, in ieder geval volgens de desbetreffende producenten, industrieel gecomposteerd worden. Compostering zal echter alleen wenselijk plaatsvinden als deze producten tijdens composteren ook daadwerkelijk nutriënten zoals fosfor- en zwavelverbindingen opbrengen. Dit is met name aannemelijk voor bioverrijkte composieten op basis van PLA (een biogeen thermoplast), maar minder waarschijnlijk voor bioverrijkte composieten op basis van thermoharders. Voor individuele producten is de praktische mogelijkheid van biodegradatie en compostering voor zover bekend nog niet in detail onderzocht. Ook de relatie tussen (een lange) levensduur en geschiktheid voor industriële compostering is nog niet in detail onderzocht.

Voor zowel reguliere composieten als voor bioverrijkte geldt momenteel dat deze nog niet goed hoogwaardig te recycleren zijn (Tazelaar, 2017). Downcycling door vermalen van afgedankte producten uit bioverrijkte composieten tot vulstof is al wel mogelijk en vindt op kleine schaal plaats. Technieken hiervoor worden ontwikkeld door producenten van producten uit bioverrijkte composieten, voor zowel producten op basis van thermoplasten als op basis van thermoharders. De vulstof kan in nieuwe bioverrijkte composieten toegepast worden, waarbij het 10 tot 30% van de massa kan vervangen. Het effect van meerdere keren downcyclen van bioverrijkte composieten op de kwaliteit van producten waarin dit materiaal wordt toegepast is nog niet onderzocht. Voor zover bekend is het materiaalverlies tijdens downcyclen verwaarloosbaar.

Hoogwaardige recycling is in theorie ook mogelijk, door bioverrijkte composieten chemisch te recycleren, waarbij de waardevolle binder teruggewonnen kan worden voor nieuwe toepassingen. Er zijn meerdere vormen van chemische recycling, die in grote lijnen op te delen zijn in depolymerisatie, extractie op basis van oplosmiddelen, vergassing en pyrolyse (CE Delft, 2023a). Het is niet bekend of bij chemisch recycleren de vezel ook wordt teruggewonnen. Deze recycletechnieken zijn echter nog in ontwikkeling voor producten uit bioverrijkte composieten en de exacte techniek kan flink verschillen per bioverrijkte



composiet. Bovendien is chemisch recyclen momenteel nog niet economisch rendabel. Mechanische recycling, waarbij kunststof versnipperd en gesmolten wordt voor nieuw gebruik, is voor zover bekend niet mogelijk voor producten uit bioverrijkte composieten, door de aanwezigheid van vezels.

Een randvoorwaarde voor de toepassing van producten uit bioverrijkte composieten, is daarom dat chemisch recyclen verder ontwikkeld en economisch rendabeler wordt. Mogelijk wordt de ontwikkeling van deze recycletechniek binnenkort binnen het Groeifondsproject BioBased Circular verder ondersteund. Voor bioverrijkte composieten op basis van thermoplasten zou ook de mogelijkheid van mechanische recycling verder onderzocht kunnen worden. Toekomstige recycling van producten uit bioverrijkte composieten kan daarnaast waarschijnlijk ook profiteren van de huidige ontwikkelingen binnen chemisch recyclen voor producten uit reguliere composieten, die momenteel veel aandacht krijgen omdat windmolenwieken daarvan zijn gemaakt. Steeds meer windmolens bereiken namelijk de komende jaren het einde van hun levensduur. Daarnaast zijn er ook voorbeelden van onderzoek naar nieuwe, 100% biogene binders met aandacht voor recyclebaarheid, maar die zijn vaak nog wel op een zeer laag ontwikkelingsniveau (Change Inc., 2023).

Een andere randvoorwaarde voor de toepassing van producten uit bioverrijkte composieten is dat deze na afdanking gescheiden van overige materialen ingezameld worden. Vermenging van bioverrijkte composieten met bijvoorbeeld traditionele kunststoffen, verstoort namelijk de recycling van zowel bioverrijkte composieten als kunststoffen. Sommige producenten werken al met een terugnamegarantiesysteem en statiegeld. Het is echter onbekend hoe dit in de praktijk werkt en met name hoe dit op termijn kan blijven werken.

Een aandachtspunt bij bioverrijkte composieten is dat momenteel in sommige producten fossiele/synthetische grondstoffen worden gecombineerd met biogene grondstoffen. Binnen een circulaire biobased economie is dit ongewenst (Tazelaar, 2017).

6 Circulariteit bioverrijkt beton

In dit hoofdstuk presenteren we de bevindingen over de levensduur, herbruikbaarheid en recyclebaarheid van voor RWS relevante producten met bioverrijkt beton dat momenteel wordt aangeboden in de markt (zie Hoofdstuk 3 over afbakening). Hierbij maken we onderscheid tussen twee soorten producten met bioverrijkt beton:

1. Producten met niet-constructief bioverrijkt Miscanthusbeton.
2. Producten met geluidsabsorberend bioverrijkt vezelbeton.

In dit hoofdstuk geven we een overzicht van de verschillende producten die momenteel aangeboden worden in de markt. Daarnaast geven we inzicht in de circulariteit van de onderzochte producten met bioverrijkt beton. Meer details en informatie zijn te vinden in Bijlage B voor producten met niet-constructief bioverrijkt Miscanthusbeton en Bijlage C voor producten met geluidsabsorberend bioverrijkt vezelbeton.

6.1 Overzicht op productniveau

Op de volgende pagina's worden de resultaten van ons onderzoek op productniveau gepresenteerd in tabelvorm. Dit gaat over de circulariteitsaspecten (levensduur, herbruikbaarheid en recyclebaarheid) van voor RWS relevante, nu op de markt beschikbare producten met bioverrijkt beton. Tabel 3 gaat in op producten met niet-constructief bioverrijkt Miscanthusbeton, Tabel 4 gaat in op producten met geluidsabsorberend bioverrijkt vezelbeton.

Tabel 3 - Overzicht producten met niet-constructief bioverrijkt Miscanthusbeton binnen deze studie, eigenschappen en circulariteit

Product	Toepassing voor RWS	Producent/aanbieder	Normering en certificering	Samenstelling product	Levensduur	Hergebruik (huidig)	Recycling (huidig)	Afdanking (huidig)
Bestratingsmateriaal en tegels	Op verzorgingsplaatsen, op taluds onder viaducten	Morssinkhof Beton, Smart Circular Products (Rutte Groep), Strukton e.a. via Bio Bound	KIWA-certificaat	Totale product: 1% _{m/m} -5% _{m/m} biobased: Toplaag (10% _{m/m}): 100% _{m/m} regulier niet-constructief beton Onderlaag (90% _{m/m}): 1% _{m/m} - 6% _{m/m} Miscanthusvezel (20% _{v/v} -40% _{v/v}), 94% _{m/m} -99% _{m/m} regulier niet-constructief beton	Identiek aan vergelijkbare reguliere betonproducten (verwacht)	Hergebruik mogelijk mits de producten niet gebroken zijn, maar komt voor zover bekend (nog) niet voor	Downcyclen tot menggranulaat voor toepassing onder wegfundering. In <i>theorie</i> volledig te recycleren tot betongranulaat voor toepassing in nieuwe niet-constructieve betonproducten	Niet toegestaan, recycling verplicht
Prefab producten (platen, trottoirbanden, bankjes, zitranden en bloembakken)	Op verzorgingsplaatsen	Morssinkhof Beton, Smart Circular Products (Rutte Groep), Strukton e.a. via Bio Bound	KIWA-certificaat	Totale product: 1% _{m/m} -5% _{m/m} biobased: Toplaag (10% _{m/m}): 100% _{m/m} regulier niet-constructief beton Onderlaag (90% _{m/m}): 1% _{m/m} - 6% _{m/m} Miscanthusvezel (20% _{v/v} -40% _{v/v}), 94% _{m/m} -99% _{m/m} regulier niet-constructief beton	Identiek aan vergelijkbare reguliere betonproducten (verwacht)	Hergebruik mogelijk mits de producten niet gebroken zijn, maar komt voor zover bekend (nog) niet voor	Downcyclen tot menggranulaat voor toepassing onder wegfundering. In <i>theorie</i> volledig te recycleren tot betongranulaat voor toepassing in nieuwe niet-constructieve betonproducten	Niet toegestaan, recycling verplicht

Tabel 4 - Overzicht geluidsschermelementen met geluidsabsorberend bioverrijkt vezelbeton binnen deze studie, eigenschappen en circulariteit

Product	Toepassing voor RWS	Producent/ aanbieder	Normering en certificering	Samenstelling product	Levensduur	Hergebruik (huidig)	Recycling (huidig)	Afdanking (huidig)
Geluidsschermelement voor geluidswering	Wand- en gevelbekleding bij viaducten, op betonnen geluids-absorberende voorzieningen langs A- en N-wegen	Reanco (en anderen): geluidsabsorberend houtvezelbeton	GCW 2012, EN 1793-1794, EN 14449 en alle separaat gestelde betonnormen	Totale product: 2% _{m/m} biobased, bestaand uit: - Toplaag (15% _{m/m} -20% _{m/m}): 11% _{m/m} Miscanthusvezels (75% _{v/v}), 89% _{m/m} regulier, niet-constructief beton - Onderlaag (80% _{m/m} -85% _{m/m}): 100% _{m/m} regulier, niet-constructief beton	Tot 50 jaar (aangetoond)	Zeer beperkt mogelijk (gebruikt product is vrijwel altijd esthetisch devalueert)	Downcyclen tot menggranulaat voor toepassing onder wegfundering. Onderlaag in <i>theorie</i> te recycelen tot betongranulaat voor toepassing in nieuwe betonproducten	Niet toegestaan, recycling verplicht
		Reanco: geluidsabsorberend Miscanthusvezel-beton	GCW 2012, EN 1793-1794, EN 14449 en alle separaat gestelde betonnormen	Totale product: 2m%-3m% biobased, bestaand uit: Toplaag (15m%-30m%): 11m% Miscanthusvezels (75v%), 89m% regulier, niet-constructief beton Onderlaag (70m%-85m%): 100m% regulier, niet-constructief beton	50 jaar (aangetoond)	Zeer beperkt mogelijk (gebruikt product is vrijwel altijd esthetisch devalueert)	Downcyclen tot menggranulaat voor toepassing onder wegfundering. Onderlaag in <i>theorie</i> te recycelen tot betongranulaat voor toepassing in nieuwe betonproducten	Niet toegestaan, recycling verplicht

6.2 Circulariteit van producten met niet-constructief bioverrijkt Miscanthusbeton

In deze paragraaf gaan we in op de circulariteit van producten met niet-constructief bioverrijkt Miscanthusbeton.

6.2.1 Milieu-impact, levensduur en schaalbaarheid

De klimaatimpact en levensduur van producten met niet-constructief bioverrijkt Miscanthusbeton zijn vergelijkbaar met de klimaatimpact van vergelijkbare producten uit regulier beton (zie Bijlage B en D voor meer details). Als rekening gehouden wordt met CO₂-opslag,^{14, 15} is de klimaatimpact van producten met niet-constructief bioverrijkt Miscanthusbeton waarschijnlijk lager¹⁶. Het meenemen van CO₂-opslag is echter volgens de geldende Nederlandse en Europese rekenregels voor milieuberekeningen niet toegestaan. Hierbij wordt aangenomen dat de Miscanthusvezel langer dan 100 jaar in het betonproduct vastgelegd wordt, of gedurende die tijd gerecycled wordt in nieuwe betonproducten, waarmee de koolstof in het Miscanthus opgeslagen blijft.

Ook de levensduur van producten met niet-constructief bioverrijkt Miscanthusbeton is vergelijkbaar met producten uit regulier beton. Met name voor producten die belast worden door voetgangers of voertuigen (stoeptegels, fietspaden, etc.) is hierbij wel een toplaag van regulier beton benodigd, om het onderliggende Miscanthusbeton te beschermen. Voor dit soort toepassingen is Miscanthusbeton op zichzelf qua levensduur dus niet vergelijkbaar met regulier beton, maar daar wordt in de producten *met* niet-constructief bioverrijkt Miscanthusbeton rekening mee gehouden door de toplaag met regulier beton toe te voegen.

De huidige beschikbaarheid van deze producten is momenteel nog klein, maar kan technisch goed opgeschaald worden. Voor opschaling is het echter wel noodzakelijk dat het aanbod Miscanthusvezels groeit, met name in Nederland. Hier zijn al landelijke programma's voor opgezet.

6.2.2 Hergebruik

Hergebruik van producten met niet-constructief bioverrijkt Miscanthusbeton is technisch mogelijk, maar komt voor zover bekend momenteel nog niet voor in de praktijk. Hergebruik is namelijk voor zowel bioverrijkt beton als voor regulier beton momenteel nog niet gebruikelijk bij de partijen die hierbij een rol moeten spelen (opdrachtgever, leverancier, aannemer).

¹⁴ Conform de [PEF \(EU\)](#) mag opname of emissie biogeen CO₂ niet meegenomen worden in milieuberekeningen. Conform de [EN15804+A2 \(EU\)](#) en [Bepalingsmethode \(NL\)](#) moet de klimaatimpact van biogene CO₂ over de gehele levensduur netto 0 zijn (opname en emissie moeten in balans zijn binnen de levensduur van een product).

¹⁵ Vanuit de rijksoverheid wordt momenteel onderzocht of koolstofverwijdering als gevolg van (tijdelijke) CO₂-opslag wel meegenomen kan worden in beleid, in afwijking van de geldende rekenregels. Hier is echter nog geen definitief besluit over genomen.

¹⁶ In de NMD is de MKI van 'biobased betontegels' lager dan van 'betontegels', wat met name lijkt te komen doordat er meer gerecycled materiaal wordt toegepast in dat type biobased betontegels (30%), dan in de betontegels (5%) (LBP & SIGHT, 2022; SGS Search Consultancy, 2020)



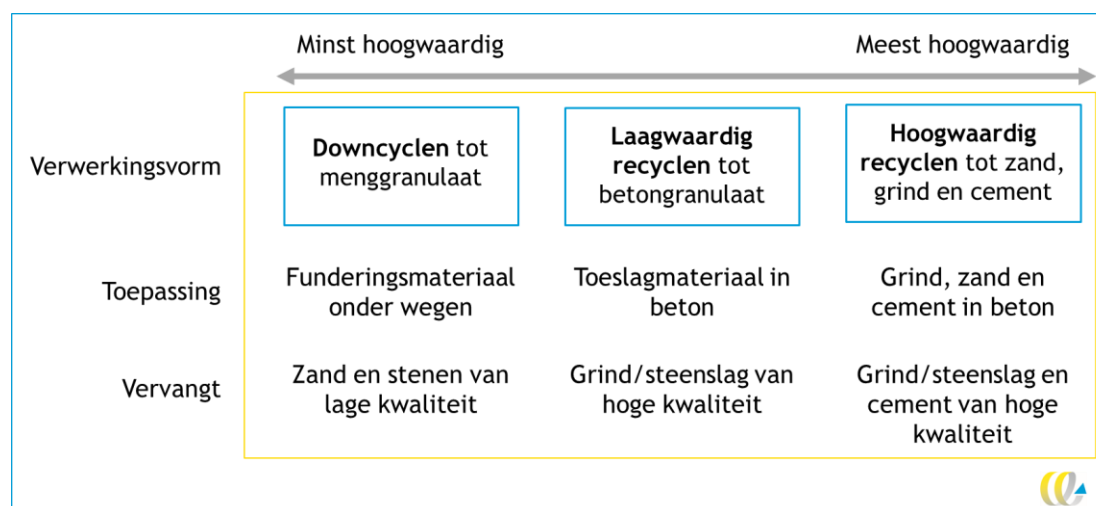
Een belangrijke randvoorwaarde voor hergebruik van producten met niet-constructief bioverrijkt Miscanthusbeton, is dat de acceptatie van het toepassen van hergebruikte (niet-constructieve) betonproducten toeneemt.

6.2.3 Recycling & afdanking

Storten van beton is niet toegestaan. Afdankte betonproducten die niet worden hergebruikt, worden momenteel op drie manieren verwerkt (Figuur 2, in volgorde van minst naar meest hoogwaardig)¹⁷:

1. **Downcycling** tot menggranulaat¹⁸ (voor toepassing als funderingsmateriaal onder wegen).
2. **Laagwaardige recycling** tot betongranulaat¹⁹ (voor toepassing in nieuwe niet-constructieve betonproducten).
3. **Hoogwaardige recycling** tot zand, grind en cement (voor toepassing in nieuwe betonproducten).

Figuur 2 - Opties voor downcyclen en recyclen van betonproducten



Afdankte producten van niet-constructief bioverrijkt Miscanthusbeton worden momenteel vrijwel altijd gedowncycled, door deze te breken tot menggranulaat voor toepassing onder wegfundering. Hierbij gaat zo'n 5% van het materiaal verloren. Laagwaardige recycling van deze afdankte producten tot betongranulaat voor toepassing in nieuwe reguliere betonproducten is nog niet mogelijk in installaties waar ook ander beton wordt verwerkt, doordat de Miscanthusvezels tijdens het mengproces van nieuw beton, boven komen drijven. Dat leidt tot een ongeschikt nieuw product.

¹⁷ Binnen deze studie duiden we de minst hoogwaardige verwerking van afdankt beton voor toepassing in nieuwe betonproducten aan als 'downcyclen', en de meest hoogwaardige verwerking als 'hoogwaardige recycling'. De andere verwerking, 'laagwaardige recycling', heeft vanuit een oogpunt van circulariteit de voorkeur boven downcycling, maar is minder gewenst dan 'hoogwaardige recycling'.

¹⁸ Menggranulaat is een mengsel van beton- en metselwerkgranulaat dat meer dan 50% beton met een volumieke massa $\rho_a \geq 2100 \text{ kg/m}^3$ bevat, conform NEN 8005 (NEN-EN 206, Bijlage E).

¹⁹ Betongranulaat is materiaal dat meer dan 90% beton met een volumieke massa $\rho_a \geq 2100 \text{ kg/m}^3$ bevat, conform NEN 8005 (NEN-EN 206, Bijlage E).

Laagwaardige recycling is volgens gespecialiseerde recyclers in theorie echter wel mogelijk, door de Miscanthusvezel uit het gebroken beton te filteren. Hier is echter nog geen ervaring mee opgedaan. Door extra kosten is dit voor recyclers, economisch gezien, minder aantrekkelijk dan downcycling tot menggranulaat.

Laagwaardige recycling van afgedankt niet-constructief bioverrijkt Miscanthusbeton zonder filterstap is wel mogelijk als het gescheiden plaatsvindt en het gebroken granulaat toegepast wordt in nieuw niet-constructief bioverrijkt Miscanthusbeton. Producent Bio Bound doet dit momenteel zelf al op kleine schaal. Het is niet bekend hoeveel cycli dit kan worden gedaan, of wat het effect is op de kwaliteit van de betonproducten. Zo'n 5% van het beton gaat bij laagwaardige recycling verloren. Aangezien de toplaag van producten met niet-constructief bioverrijkt Miscanthusbeton in veel gevallen uit regulier niet-bioverrijkt Miscanthusbeton bestaat, kan het gebroken granulaat niet in deze toplaag toegepast worden. Wel is het mogelijk om deze toplaag met regulier betongranulaat uit te voeren.

Hoogwaardige recycling van afgedankt niet-constructief bioverrijkt Miscanthusbeton tot zand, grind, cement en Miscanthusvezels is technisch mogelijk, maar heeft alleen op pilotschaal plaatsgevonden. Bij deze vorm van recyclen gaat zo'n 10% van het materiaal verloren. Verwacht wordt dat het gerecyclede cement zo'n 20% primair cement in nieuwe betonproducten kan vervangen (CE Delft, 2021b). Het gerecyclede zand en grind uit producten met Miscanthusbeton kan zand en grind in nieuwe betonproducten vervangen, maar het is nog niet bekend tot welk percentage. Voor de gerecyclede miscanthusvezels is voor zover bekend nog geen nieuwe toepassing gevonden.

Een belangrijke randvoorwaarde voor de toepassing van niet-constructief bioverrijkt Miscanthusbeton is dat dit beton na het einde van de levensduur gescheiden van reguliere betonproducten wordt ingezameld. Anders vormt de afdanking van dit beton een risico voor de recycling in de gehele betonketen. Als afgedankt bioverrijkt en regulier beton worden gemengd, is de enige verwerkingsmogelijkheid namelijk downcycling tot menggranulaat, de meest laagwaardige optie. Sommige producenten van niet-constructief bioverrijkt Miscanthusbeton werken al met een terugnamegarantiesysteem om gescheiden inzameling te stimuleren. Het is onbekend hoe dit terugnamesysteem in de toekomst, op het moment dat de nu toegepaste producten vrijkomen, werkt. Bij de toepassing van niet-constructief bioverrijkt Miscanthusbeton is het daarom van belang dat recycling en/of hergebruik van producten met Miscanthusbeton vanuit inzamelaars en aannemers georganiseerd is, zodat er zorg voor gedragen wordt dat beton na toepassing apart wordt ingezameld. Bij voorkeur wordt ook contractueel vastgelegd hoe afdanking georganiseerd moet worden.

6.3 Circulariteit van geluidsschermelementen met geluidsabsorberend bioverrijkt vezelbeton

In deze paragraaf gaan we in op de circulariteit van geluidsschermelementen met geluidsabsorberend bioverrijkt vezelbeton. We nemen twee varianten van dit vezelbeton mee: met houtvezels en met Miscanthusvezels.

6.3.1 Milieu-impact, levensduur en schaalbaarheid

De klimaatimpact van geluidsschermelementen²⁰ met geluidsabsorberend bioverrijkt vezelbeton is lager dan vergelijkbare varianten van primair kunststof, maar hoger dan vergelijkbare varianten van beton en hout (zie bijlage C en D)²¹. De levensduur van de geluidsschermelementen met geluidsabsorberend bioverrijkt vezelbeton is vergelijkbaar met reguliere geluidsschermelementen uit beton of ander materiaal.

Het aanbod van geluidsschermelementen met geluidsabsorberend bioverrijkt vezelbeton kan momenteel goed aan de vraag voldoen. Het aanbod van geluidsschermelementen met Miscanthusvezels is kleiner dan het aanbod van geluidsschermelementen met houtvezels, doordat het geluidsschermelement met Miscanthusvezels relatief nieuw is. Opschaling van beide type geluidsschermelementen is technisch goed mogelijk, maar wel afhankelijk van het aanbod biogene vezels. Voor houtvezels worden tot 2030 geen leveringsproblemen verwacht (CE Delft, 2023b). Het aanbod Miscanthusvezels moet echter groeien om opschaling van bioverrijkt vezelbeton met Miscanthusvezels te kunnen faciliteren. Hier zijn in Nederland al landelijke programma's voor opgezet (zie Paragraaf 6.2.1).

6.3.2 Hergebruik

Hergebruik van geluidsschermelementen met geluidsabsorberend bioverrijkt vezelbeton heeft (binnen de levensduur van het geluidsschermelement) al plaatsgevonden in de praktijk, maar is zeldzaam. De toplaag van dit type geluidsschermelementen is namelijk gevoelig voor beschadigingen, waardoor ze om esthetische redenen minder aantrekkelijk zijn voor beheerders en opdrachtgevers.

Hergebruik van zowel bioverrijkt beton als regulier beton is daarnaast nog niet gebruikelijk bij de partijen in de keten (opdrachtgever, leverancier, aannemer). Zoals ook genoemd in Paragraaf 6.2.2 is een belangrijke randvoorwaarde voor hergebruik van geluidsschermelementen met geluidsabsorberend bioverrijkt vezelbeton daarom dat de acceptatie van het toepassen van hergebruikte geluidsschermelementen toeneemt.

6.3.3 Recycling & afdanking

Zoals genoemd in Paragraaf 6.2.3 is storten van beton niet toegestaan, waardoor afgedankte betonproducten die niet worden hergebruikt momenteel op drie manieren worden verwerkt (in volgorde van minst naar meest hoogwaardig): downcycling tot menggranulaat, laagwaardige recycling tot betongranulaat en hoogwaardige recycling tot zand, grind en cement (zie ook Paragraaf 6.2.3).

Alle geluidsschermelementen met geluidsabsorberend bioverrijkt vezelbeton worden momenteel gedowncycled tot menggranulaat, voor toepassing als funderingsmateriaal onder wegen. Hierbij gaat zo'n 5% van het materiaal verloren.

Laagwaardige of hoogwaardige recycling van de toplaag (de laag uit vezelbeton) voor toepassing in nieuwe betonproducten is niet mogelijk, doordat deze laag een te hoog gehalte biogene vezels bevat. De onderlaag van regulier beton kan in theorie wel laagwaardig of hoogwaardig gerecycled worden, als deze gescheiden kan worden van de toplaag door de toplaag eraf te schrapen. Hier is echter nog geen ervaring mee opgedaan in

²⁰ Een geluidsschermelement bestaat uit een toplaag van geluidsabsorberend bioverrijkt vezelbeton en een onderlaag van regulier beton, zie **Tabel 4**.

²¹ Eventuele (tijdelijke) opslag van CO₂ is hierbij, conform de Bepalingsmethode en EN15804+A2, niet meegenomen.



de praktijk. Momenteel worden daarom zowel de top- als onderlaag van geluidsschermelementen met geluidsabsorberend bioverrijkt vezelbeton gezamenlijk gedowncycled.

Net zoals bij niet-constructief bioverrijkt Miscanthusbeton, is een belangrijke voorwaarde voor de mogelijkheid tot hoogwaardiger recycling van het reguliere beton uit geluidsschermelementen met geluidsabsorberend bioverrijkt vezelbeton dat dit beton na het einde van de levensduur gescheiden van reguliere betonproducten wordt ingezameld (zie Paragraaf 6.2.3). Vooral contractueel vastleggen wie verantwoordelijk is voor dit beton aan het einde van de levensduur, kan deze aparte inzameling faciliteren.



7 Algemene conclusie en aanbevelingen

In dit hoofdstuk geven we voor bioverrijkte composieten en bioverrijkt beton antwoord op de hoofdvraag: “Wat voegen producten uit bioverrijkte composieten en producten met bioverrijkt beton toe aan de circulaire economie, met betrekking tot levensduur, herbruikbaarheid en recyclebaarheid?”

Er zijn ook enkele algemene aanbevelingen gegeven voor randvoorwaarden om de drie circulaire aspecten (tot levensduur, herbruikbaarheid en recyclebaarheid) voor alle producten en materialen in de praktijk verder te brengen. Hierbij geven we ook aan in welke onderdelen van de Nationale Aanpak Biobased Bouwen deze aspecten een plek kunnen krijgen.

7.1 Conclusie en aanbevelingen per type

7.1.1 Bioverrijkte composieten: Toepassen onder voorwaarden

Producten uit bioverrijkte composieten kunnen nu al toegevoegde waarde hebben voor de circulariteit van de GWW. Deze producten vervangen producten uit fossiele en synthetische materialen, zijn momenteel al (laagwaardig) te recyclen. Hoogwaardige recycling is daarnaast momenteel in ontwikkeling, waardoor deze recyclingtechniek aan het einde van de levensduur van deze producten al beschikbaar kan zijn.

De levensduur van deze producten is vaak korter dan, of vergelijkbaar met, die van dezelfde soort producten uit fossiele of minerale materialen. Wanneer het korter is, hoeft dit voor de milieu-impact niet per se een probleem te zijn, zeker wanneer hoogwaardige recycling en hergebruik de komende jaren verder ontwikkeld en gefaciliteerd wordt. Hier lijkt de komende jaren vanuit reguliere composieten en vanuit landelijke programma's voor bioverrijkte producten al aandacht voor te zijn.

Producten uit bioverrijkte composieten waarin zowel fossiele/minerale als biogene grondstoffen zitten, kunnen recycling en een biobased economie wel in de weg zitten. De voorkeur ligt daarom bij 100% biobased bioverrijkte composieten. Bij toekomstige afdanking van producten uit bioverrijkte composieten is gescheiden inzameling noodzakelijk, om te voorkomen dat bioverrijkte composieten terecht komen in andere afvalstromen, zoals traditionele kunststoffen. Bij voorkeur wordt dit vanuit een branche-brede aanpak georganiseerd.

7.1.2 Bioverrijkt beton - Miscanthusbeton: Niet toepassen, tenzij aan voorwaarden kan worden voldaan

Producten met niet-constructief bioverrijkt Miscanthusbeton hebben momenteel nog geen toegevoegde waarde voor de circulariteit van de GWW. Dit komt met name doordat de recycling van deze producten een risico kan zijn voor de circulariteit van de betonketen. Als de vezels in deze betonproducten, die geen technische functie hebben, na afdanking via laagwaardige recycling terecht komen in nieuwe reguliere betonmengsels, zal dit namelijk tot afgekeurde betonproducten leiden, doordat de vezels naar boven zullen drijven.



Dit beton kan momenteel daarom alleen gedowncycled worden tot menggranulaat voor toepassing onder wegfundering, of gerecycled tot betongranulaat voor toepassing in nieuw Miscanthusbeton.

De levensduur van producten met niet-constructief bioverrijkt Miscanthusbeton is daarnaast alleen vergelijkbaar met producten uit regulier beton, als het Miscanthusbeton is beschermd door een toplaag van regulier beton.

Er is momenteel een risico dat Miscanthusbeton na afdanking wordt vermengd met afgedankt regulier beton, omdat producten met Miscanthusbeton qua kleur en dichtheid op reguliere betonproducten lijken. Hierdoor kan het Miscanthusbeton terecht komen in betongranulaat voor toepassing in nieuwe reguliere betonproducten, of kan het reguliere beton alleen nog toegepast worden als menggranulaat onder wegfunderingen. Beide scenario's zijn ongewenst, omdat het vervuiling in de betonstroom oplevert.

De enige mogelijkheid om producten met niet-constructief bioverrijkt Miscanthusbeton wel circulair toe te kunnen passen is als de vezels uit afgedankt Miscanthusbeton gefilterd worden. Hierbij is het ook van belang dat Miscanthusbeton gescheiden ingezameld wordt van regulier beton, om te voorkomen dat al het beton (ook regulier) na breken gefilterd moet worden. Er is momenteel echter nog geen ervaring met gescheiden inzameling of met het filteren van vezels uit gebroken beton. Met hoogwaardige recycling van beton is het wel al mogelijk om grind, zand, cement en Miscanthusvezels van elkaar te scheiden, maar hoogwaardige recycling wordt momenteel alleen nog zeer kleinschalig toegepast.

7.1.3 Bioverrijkt beton - Geluidsabsorberend bioverrijkt vezelbeton: Niet toepassen, tenzij aan voorwaarden kan worden voldaan

Geluidsschermen met geluidsabsorberend bioverrijkt vezelbeton hebben momenteel nog geen toegevoegde waarde voor de circulariteit van de GWW. Dit komt met name doordat dit type beton momenteel niet laagwaardig of hoogwaardig gerecycled kan worden tot nieuwe betonproducten, vanwege het hoge percentage vezels dat aanwezig is in de toplaag. De hoge concentratie vezels zorgt ervoor dat het product geluidsabsorberend is. Deze vezels zorgen er echter ook voor dat geluidsschermen met geluidsabsorberend bioverrijkt vezelbeton alleen gedowncycled kunnen worden tot menggranulaat voor toepassing onder wegfunderingen.

De kans dat de vezels onbedoeld terecht komen in granulaat in nieuwe producten van regulier beton is echter niet groot, doordat de kleur en dichtheid van vezelbeton goed te onderscheiden is van regulier beton. Daarnaast is al veel ervaring met gescheiden inzameling en met de verwerking van dit afgedankte beton bij recyclers. De levensduur van deze producten is vergelijkbaar met die van reguliere betonproducten met dezelfde functie.

Als de toplaag gescheiden kan worden van de onderlaag, bijvoorbeeld door deze eraf te schrapen, kan de onderlaag wel laag- of hoogwaardig gerecycled worden. Dit zou de circulaire prestatie van geluidsschermen met geluidsabsorberend bioverrijkt vezelbeton verhogen. Maar pas als de toplaag ook laag- of hoogwaardig gerecycled kan worden, kan dit product echt circulair toegepast worden. Op basis van de huidige inventarisatie van bestaande en theoretisch mogelijke recycletechnieken, is toekomstige laag- of hoogwaardige recycling van de onderlaag echter niet aannemelijk.

7.2 Aanbevelingen circulaire randvoorwaarden

In deze paragraaf zetten we de algemene aanbevelingen omtrent de randvoorwaarden voor hergebruik en recycling uiteen die voor zowel bioverrijkte composieten als producten met bioverrijkt beton gelden op een rij. Daarbij moet worden opgemerkt dat deze ook vaak gelden voor producten van reguliere materialen:

- Hergebruik van producten binnen de GWW moet meer geaccepteerd worden bij opdrachtgevers, zodat opdrachtnemers, aannemers en andere betrokken partijen hierop in kunnen spelen.
- Wees duidelijk over de wensen van RWS omtrent levensduur, reparatie, hergebruik en recycling. Dit geeft duidelijkheid voor de lange termijn en stimuleert daarmee de markt om hieraan mee te werken en in te ontwikkelen. Wanneer de markt hier nog niet rijp voor lijkt te zijn, kan samen worden onderzocht hoe deze aspecten er in de praktijk uit kunnen zien. Denk hierbij aan de volgende aspecten:
 - Wat gebeurt er als product de levensduur niet haalt?
 - Welke eisen worden er aan losmaakbaarheid gesteld?
 - Welke eisen worden er aan ontwerp van producten gesteld? Soms kan een alternatief ontwerp ervoor zorgen dat bijvoorbeeld met een nieuw materiaal een langere levensduur wordt gehaald, terwijl conventionele (esthetische) eisen dit in de weg kunnen zitten.
 - Hoe moeten producten worden vergeleken op milieugebied? Het kan nuttig zijn meerdere levenscycli mee te nemen in deze vergelijking.
- Bedenk hoe moet worden omgegaan met de verschillende materialen die in het areaal aanwezig zijn. Hoe wordt gescheiden inzameling van objecten en materialen georganiseerd en vastgelegd? Dit zou de mogelijkheid tot circulair werken aan het einde van de levensduur verbeteren.

7.3 Aanbevelingen circulariteit in Nationale Aanpak Biobased Bouwen (NABB)

Zoals genoemd in Hoofdstuk 4, zijn in de NABB actielijnen uitgezet om de ambities omtrent toepassing van biobased bouwmaterialen te halen. De volgende actielijnen zijn relevant voor de GWW in de context van ons onderzoek, hier kunnen de door ons onderzochte circulariteitsaspecten wellicht een rol gaan spelen:

- **II.5:** Vergroten rol overheid als launching customer van biobased bouwmaterialen: In deze actielijn staat onder andere dat “er met potentiële launching customers (zoals RWS) zal worden gekeken hoe uitvraagcriteria versneld kunnen worden opgeschroefd en welke indicatoren daarvoor passend zijn.” We raden aan hierin de verwachtingen die de uitvragende partijen hebben op het gebied van levensduur, hergebruik en recycling (nu en in de toekomst) te vertalen naar uniforme indicatoren/eisen/wensen. Uniformiteit geeft duidelijkheid aan de markt.
- **II.7:** Doorontwikkelen van pilotprojecten tot marktrijpe oplossingen in de GWW-sector: In deze actielijn zouden de circulariteitsaspecten hergebruik (o.a. losmaakbaarheid, mogelijkheid tot reparatie), en mogelijkheid tot (hoogwaardige) recycling onderdeel van de te ontwikkelen aspecten van de materialen moeten zijn.
- **VI. 44:** Verkenning Garantiefonds voor de GWW-sector: In deze actielijn staat onder andere “Verkennen van de mogelijkheden om onzekerheden rondom levensduur weg te nemen door een publiek-privaat garantiefonds (fase 1) en de implementatie daarvan (fase 2)”. We onderstrepen dat het nuttig is dit voor onzekerheden omtrent levensduur, maar ook t.a.v. herbruikbaarheid en recyclebaarheid te onderzoeken. We raden aan te onderzoeken of iets dergelijks ook nodig is wanneer eisen gesteld gaan worden aan herbruikbaarheid en recycling, met name als het gaat om reparatie en een terugnamegarantie. Wat als hieraan niet kan worden voldaan bij mankementen of einde van de functionele levensduur, bijvoorbeeld door een faillissement?



Referenties

- Arcadis. (2022). *De Urgente Belofte van Biobased*.
- Bours, S., Swartjes, J., & Hekkert, M. (2022). *Transitie naar een circulaire grond-, weg- en waterbouw*.
- CE Delft. (2017). *Biobased Plastics in a Circular Economy : Policy suggestions for biobased and biobased biodegradable plastics*.
- CE Delft. (2020). *Duurzaamheid biobased kunststoffen*.
- CE Delft. (2021a). *Kennisnotitie Circulair Zuid-Holland Biobased bouwen*.
- CE Delft. (2021b). *Kostencurves beton 2020*.
- CE Delft. (2023a). *Impacts of allocation rules on chemical recycling: Consequences on the environment and maximum circularity of plastics*.
- CE Delft. (2023b). *Naar duurzame producten met de principes van circulariteit*.
- Change Inc. (2023). *Biobased windmolen-lijm uit Amerika is niet alleen duurzaam, maar ook robuust*. https://www.change.inc/ict/biobased-windmolen-lijm-uit-amerika-is-niet-alleen-duurzaam-maar-ook-robuust-40656?utm_medium=email&_hsmi=80061035&_hsenc=p2ANqtz-911kkT5KYmPzsDgHTvMy2b4pNlok7JAl9mmSWeFAyuNd7L-eME2Gg35RqsKalxETEMG3TTwIKX3EL0y9MqNpP3ZcXOxA&utm_content=80061035&utm_source=hs_email
- Diez-Canamero, B., & Mendoza, J. M. F. (2023). Circular economy performance and carbon footprint of wind turbine blade waste. *Waste Management*(164), 94-105.
- Ecochain Technologies. (2021). *LCA Report of Hemp Biocomposite*.
- Ecochain Technologies. (2022). *Natural Traffic Sign LCA insights*.
- KNN. (2019). *CO2 footprint analyse Biopanel van AbelLeisure vs Trespa/HPL paneel en aluminiumpaneel*.
- LBP, & SIGHT. (2022). *LCA Rapportage categorie 3 data Nationale Milieudatabase - Hoofdstuk 83 Elementverhardingen*.
- Ministerie van I&W. (2023). *Nationaal Programma Circulaire Economie 2023-2030 (NCPE)*.
- Recell Group BV. (2023). *LCA Rapport Biobased Supply*.
- SGS Search Consultancy. (2020). *Ongetoetst LCA rapport voor prefab betonitems (bestrating en riolering)*.
- Tazelaar, K. (2017). *Bio-Composieten - Ontwerpen met vezels en 'bio' polymeren*.
- WUR. (2023). *Regional supply of herbaceous biomass for local circular bio-based industries in the Netherlands*.



A Circulariteit bioverrijkte composieten

Deze bijlage bevat de gedetailleerde bevindingen over de milieu-impact, beschikbaarheid, schaalbaarheid, levensduur, herbruikbaarheid en recyclebaarheid van producten uit bioverrijkte composieten die momenteel worden aangeboden in de markt en relevant zijn voor RWS.

A.1 Milieu-impact

De milieu-impact van producten uit bioverrijkte composieten lijkt in het eerste opzicht lager te zijn dan vergelijkbare reguliere producten uit metalen (aluminium, staal), beton en glasvezelcomposiet. Dit geldt zowel voor de impact als gevolg van productie, als voor de impact over de totale levenscyclus (productie, gebruik en einde levensduur)²². Deze observatie is gebaseerd op een beperkte vergelijking van verkeersborden in DuboCalc en vertrouwelijke LCA rapporten van producten uit bioverrijkte composieten. Voor vergelijkbare producten met hout of met andere typen producten kan geen concrete vergelijking worden gemaakt met de beschikbare milieudata (zie bijlage D).

Er kan echter niet met zekerheid gesteld worden dat de milieu-impacts van producten uit bioverrijkte composieten in alle gevallen daadwerkelijk lager zijn dan van vergelijkbare reguliere producten van metaal, beton, glasvezelcomposiet of hout. De vergelijking tussen producten uit bioverrijkte composieten en uit reguliere materialen is namelijk onzeker, omdat er grote verschillen tussen de bioverrijkte composieten zijn in toepassing, levensduur en functie. Daarnaast zijn de milieu-impactberekeningen van (producten van) bioverrijkte composieten niet allemaal volgens dezelfde geldende LCA rekenregels van de Bepalingsmethode berekend, waardoor een consistente vergelijking niet mogelijk is.

Zo zijn niet alle hier onderzochte bioverrijkt composietproducten voorzien van een LCA-rapport. Daarnaast wordt voor producten waarvoor een LCA is uitgevoerd het voordeel van CO₂-opslag vaak meegenomen, terwijl dit volgens de geldende Nederlandse en Europese rekenregels voor milieuberekeningen niet is toegestaan^{23, 24}. Bij einde-levensduurscenario's wordt daarnaast veelal uitgegaan van recycling (downcycling, middels vermalen en toepassing als vulstof), terwijl gescheiden inzameling na afdanking van de producten niet gegarandeerd is. Ten slotte kan de levensduur van producten met bioverrijkte composieten

²² Bij deze vergelijking gaan we uit van milieudata uit vertrouwelijke LCA rapporten van producenten (Ecochain Technologies, 2021, 2022; KNN, 2019; Recell Group BV, 2023), aangevuld met categorie 3 milieudata van vergelijkbare producten in DuboCalc 6.0 (zie bijlage D). Categorie 3 milieudata in DuboCalc (uit de Nationale Milieudatabase) is berekend door experts op basis van openbare data en aannames. Deze data is niet specifiek voor één type producent en is niet getoetst.

²³ Conform de [PEF \(EU\)](#) mag opname of emissie biogeen CO₂ niet meegenomen worden in milieuberekeningen. Conform de [EN15804+A2 \(EU\)](#) en [Bepalingsmethode \(NL\)](#) moet de klimaatimpact van biogene CO₂ over de gehele levensduur netto 0 zijn (opname en emissie moeten in balans zijn binnen de levensduur van een product).

²⁴ Vanuit de rijksoverheid wordt momenteel onderzocht of koolstofverwijdering als gevolg van (tijdelijke) CO₂-opslag wel meegenomen kan worden in beleid, in afwijking van de geldende rekenregels. Hier is echter nog geen definitief besluit over genomen.



afwijken van reguliere producten van aluminium, beton, glasvezel en/of hout (zie Bijlage A.2). Over de gehele levensduur kan dit daarom voor een deel van de bioverrijkte composieten betekenen dat er meerdere producten uit bioverrijkt composiet benodigd zijn om één regulier product te vervangen²⁵. Het is met de huidige (milieu)data niet mogelijk om dit voor specifieke bioverrijkte composieten vast te kunnen stellen.

A.2 Levensduur

De levensduur van bioverrijkte composieten is sterk afhankelijk van het type binder dat is gebruikt. De levensduur van bioverrijkte composieten op basis van thermoharders is in de regel langer dan van bioverrijkte composieten op basis van thermoplasten. Thermoharders zijn namelijk beter bestand tegen slijtage, uv-straling en chemicaliën, waardoor deze binders minder snel degraderen (brozer worden) dan thermoplasten. De maximale levensduur van producten van bioverrijkte composieten die wij hebben onderzocht is zo'n 10-25 jaar bij de toepassing van thermoplasten en zo'n 20-50 jaar bij de toepassing van thermoharders. Met name uv-straling kan de binder negatief beïnvloeden. Om deze reden worden vaak additieven toegevoegd om de weerstand tegen uv-straling te verhogen, zoals zwarte koolstof (carbon black).

De levensduur wordt ook beïnvloed door het type vezel dat is toegepast, doordat verschillende vezels grotere of kleinere gevoeligheid kunnen hebben voor vocht en weersinvloeden (Tazelaar, 2017). Uit gesprekken met producenten en experts is voortgekomen dat met name bermgrasvezels gevoelig kunnen zijn voor vocht en weersinvloeden, terwijl met name *Miscanthus* hier goed tegen bestand is. De invloed van vocht op de kwaliteit van de bioverrijkte composieten is volgens alle producenten echter minimaal, doordat de vezel door de binder beschermd wordt.

Bioverrijkte composieten op basis van thermoplasten én vezels die gevoelig zijn voor vocht en weersinvloeden lopen in theorie het grootste risico op een kortere levensduur. Als producten brozer worden kunnen namelijk meer vezels blootgesteld worden aan vocht en weersinvloeden, waardoor degradatie van de vezels sneller plaats kan vinden. Dit heeft ook invloed op de herbruikbaarheid van producten uit bioverrijkte composieten op basis van thermoplasten, omdat deze aan het einde van de levensduur zodanig gedegradeerd kunnen zijn dat deze niet in dezelfde of een vergelijkbare toepassing opnieuw ingezet zouden kunnen worden. Gedurende de aangetoonde levensduur van de producten, zouden geen problemen moeten optreden.

Een kortere levensduur is niet per definitie een nadeel, aangezien de milieu-impacts van producten uit bioverrijkte composieten lager kunnen zijn dan van reguliere producten uit metaal, beton of glasvezel. Zoals de milieu-impact van een product uit bioverrijkte composiet bijvoorbeeld meer dan twee keer lager is dan van reguliere producten of composieten, wordt een halvering van de levensduur milieutechnisch 'gecompenseerd' door deze lagere milieu-impact. Hierbij moet niet alleen gelet worden op de technische (theoretische) levensduur, maar ook op de praktische levensduur (de juiste dimensionering) van producten. In de praktijk kunnen producten namelijk al vervangen worden voordat de technische levensduur bereikt is, doordat eisen veranderen. Om deze overwegingen tegen

²⁵ Om zeker te weten dat een innovatief product duurzamer en circulaire is dan een regulier product, wordt in het Landelijke Afvalbeheerplan (LAP3) een methodiek voor een multicycluslevensanalyse (mLCA) voorgesteld, waarin alle levenscycli tot en met uiteindelijk afdanking van het materiaal (via stort, immobilisatie of verbranding) worden meegenomen. Deze methodiek is echter niet opgenomen in de geldende rekenregels, waarbij naar één levenscyclus wordt gekeken.



elkaar af te kunnen zetten, kan bijvoorbeeld een LCA over meerdere levenscycli worden gedaan (mLCA).

A.3 Beschikbaarheid en schaalbaarheid

Het aanbod van producten op basis van bioverrijkte composieten is nog beperkt, maar kan uitgebreid worden. Alle producenten die wij gesproken hebben, geven aan dat opschaling van de productiecapaciteit technisch goed mogelijk is. Beperkingen in opschaling hebben voornamelijk te maken met het (beperkte) aanbod van biogene grondstoffen waaruit de bioverrijkte composieten bestaan. Dit geldt met name voor de binders en in mindere mate voor biogene vezels uit landbouw en landschapsbeheer (incl. infra).

Voor zowel binders als vezels geldt echter ook dat een groeiende vraag naar deze grondstoffen het aanbod zal doen toenemen. Veel producenten die wij gesproken hebben, geven aan dat meer vraag naar bioverrijkte composieten noodzakelijk is om hun aanvoerketen voor biogene grondstoffen op te schalen en efficiënter te maken. Hier zijn al landelijke programma's voor opgezet, zoals de Nationale Aanpak Biobased Bouwen²⁶. Met dergelijke landelijke initiatieven kan ook gewaarborgd worden dat de toeleveringsketen goed gereguleerd is, waarmee bijvoorbeeld een verhoogde klimaatimpact door ontbossing²⁷ buiten Nederland kan worden voorkomen. De duurzaamheid van de biomaterialen en-producten wordt namelijk ook bepaald door de duurzaamheid van de grondstofketen (CE Delft, 2017, 2020, 2021a, 2023b).

Biogene binders

Het aanbod van biogene binders groeit, maar is nog relatief klein. Momenteel kiest een deel van de producenten van bioverrijkte composieten nog voor synthetische harsen zoals furaaanhars en styreenhars. Door het beperkte aanbod van biogene binders worden echter ook nog synthetische harsen toegepast in de bioverrijkt composietproducten.

PLA is de enige binder die op grote schaal verkrijgbaar is, maar de vraag naar deze binder is dermate hoog dat er een risico is voor de leveringszekerheid van PLA als de vraag naar bioverrijkte composieten o.b.v. PLA plotseling sterk zou stijgen.

Biogene vezels

Bij biogene vezels kan onderscheid gemaakt worden tussen vezels uit landbouw (zoals hennep, Miscanthus, vlas, suikerriet, rijstvlies) en vezels uit natuur- en wegbeheer (zoals berm- en natuurgas, riet en Aziatische duizendknoop). Producenten van 100% biogene composieten werken over het algemeen met geteelde vezelgewassen (Arcadis, 2022; WUR, 2023). Bij natuurvezels is met name de vraag naar hennepvezels groter dan het aanbod in Nederland, waardoor deze vezels voor een deel geïmporteerd moeten worden uit andere landen. Bij opschaling kan dit ook het geval zijn voor Miscanthusvezels, aangezien deze in ons land nog maar beperkt worden verbouwd. In theorie is het aanbod van reststromen uit

²⁶ <https://www.volkshuisvestingnederland.nl/documenten/publicaties/2023/11/07/nationale-aanpak-biobased-bouwen>

²⁷ Klimaatimpact wordt niet alleen veroorzaakt door emissies van broeikasgassen, maar ook door direct land use change (dLUC) en indirect land use change. Hierbij verdwijnt bos doordat er meer vraag is naar landbouwgrond, waardoor CO₂ vrijkomt en minder CO₂ permanent wordt opgeslagen in bossen.



natuur- en bermbeheer veel groter dan de vraag, al is niet het volledige aanbod toepasbaar in bioverrijkte composieten door vervuiling van o.a. andere planten en afval in het gras.

A.4 Hergebruik

Hergebruik van bioverrijkte composieten heeft vanuit een oogpunt van circulariteit de voorkeur boven recycling of afdanking. Bij hergebruik kan onderscheid gemaakt worden tussen (Tazelaar, 2017):

- het volledige product;
- componenten van het product.

A.4.1 Technische mogelijkheden

Hergebruik van materialen en producten uit bioverrijkte composieten is beperkt mogelijk. Door de jaren degraderen deze composieten namelijk, onder invloed van uv-straling, vocht en andere externe factoren (Tazelaar, 2017). In geval van degradatie is herstel van het (onderdeel van het) materiaal of product nodig voordat het kan worden hergebruikt. Reparatie van producten uit bioverrijkte composieten is echter volgens de producenten die we gesproken hebben in de meeste gevallen (momenteel) niet mogelijk. Specifiek voor thermoharders kan het wel mogelijk zijn om kleine beschadigingen te repareren met een vezelmat en hars, maar dit wordt maar door één van de producenten genoemd als optie en komt momenteel nog vrijwel niet voor in de praktijk.

Hergebruik van producten van bioverrijkte composieten is daarom alleen mogelijk binnen de levensduur van de producten en als de materialen of producten niet beschadigd zijn, volgens enkele producenten met name in de eerste 3 jaar. Bioverrijkte composieten verkleuren (vergrijzen) wel met de tijd, wat ervoor kan zorgen dat de kwaliteit door opdrachtgevers en gebruikers lager ingeschat wordt dan daadwerkelijk het geval is (Tazelaar, 2017).

A.4.2 Randvoorwaarden

Herbruikbaarheid van een bioverrijkt composiet product, is deels afhankelijk van de losmaakbaarheid van het product. Met name voor samengestelde producten, waarbij onderdelen uit bioverrijkt composiet worden gecombineerd met andere onderdelen/materialen, speelt losmaakbaarheid een rol. Een voorbeeld van zo'n samengesteld product is een bewegwijzeringsbord met folie eroverheen. Wanneer deze folie niet meer aan de eisen voldoet (bijvoorbeeld omdat het niet meer de juiste informatie weergeeft of omdat deze beschadigd is) en van de bioverrijkte composieten plaat kan worden verwijderd, kan de plaat mogelijk opnieuw worden gebruikt met een nieuwe folie. Hier moet bij het ontwerpen van een product over na worden gedacht. RWS kan hierbij een rol spelen door bij samengestelde producten te eisen dat onderdelen van elkaar kunnen worden gedemonteerd. Aandachtspunt is om de functionaliteit of levensduur van het product hiermee niet (te veel) te verlagen.

Om hergebruik mogelijk te maken, moeten producten uit bioverrijkte composieten daarnaast actief en gescheiden van producten uit andere materialen teruggenomen worden, als ze voor het einde van hun levensduur uit de openbare ruimte verwijderd worden. Terugname van materialen en producten is in de aannemerij niet gebruikelijk, omdat dit meer tijd en moeite kost dan vervanging en afdanking. Om terugname mogelijk te maken moet daarom langdurig eigenaarschap contractueel vastgelegd worden bij de inkoop van deze materialen en producten, bij voorkeur bij de beheerder of eigenaar van het product aangezien niet gegarandeerd kan worden dat de producent bij einde levensduur van de

producten nog aanwezig is. Deze terugname kan daarnaast gefaciliteerd worden door het aanbrengen van inleverpunten waar aannemers terecht kunnen met herbruikbare bioverrijkte composieten. Een voorbeeld hiervan zijn marktplaatsen voor GWW-producten, die er steeds meer zijn. Ook statiegeld op producten van bioverrijkte composieten en terugnamegaranties van producenten in combinatie met materialenpaspoorten kan hierbij helpen. Enkele van de producenten die wij gesproken hebben werken hier al mee.

In de praktijk verwachten we dat het uitdagend zal zijn om de materialen of producten van verschillende producten van bioverrijkte composieten apart in te zamelen. De grote hoeveelheid betrokken partijen bemoeilijkt het maken van afspraken die meerdere jaren na inkoop nagekomen zullen kunnen worden.

Voor hergebruik van producten van bioverrijkte composieten is het ook van belang dat de acceptatie van het toepassen van hergebruikte producten toeneemt bij opdrachtgevers. Dit zit gedeeltelijk in beeldvorming, omdat de kwaliteit van hergebruikte producten uit composieten (bioverrijkt en regulier) door sommige opdrachtgevers als lager ingeschat wordt.

A.5 Recycling

Recycling van bioverrijkte composieten heeft vanuit een oogpunt van circulariteit de voorkeur boven afdanking (verbranding of stort). Onder recycling verstaan we het terugwinnen van de grondstoffen in het materiaal (hier vooral: vezels en binder) of het gehele materiaal, met een minimaal functionaliteitsverlies. Zo kunnen de grondstoffen/materialen weer (grotendeels) op dezelfde manier worden ingezet.

A.5.1 Technische mogelijkheden

Composieten (ook niet-bioverrijkt) staan erom bekend dat ze niet goed recyclebaar zijn. Dit gaat - in theorie - met name om (bioverrijkte) composieten op basis van thermoharders (zoals epoxy hars). Uit onze gesprekken met producenten en recyclers van bioverrijkte composieten komt echter naar voren dat er momenteel weinig verschil is tussen de recyclebaarheid van bioverrijkte composieten op basis van thermoharders of bioverrijkte composieten op basis van thermoplasten (zoals PLA). Bij beide typen bioverrijkte composieten is het namelijk uitdagend om in het recycleproces het bindmiddel te scheiden van de vezel. Volgens Tazelaar (Tazelaar, 2017) zou het mogelijk makkelijker kunnen zijn om thermoplastische bioverrijkte composieten te recyclen, omdat de binder in deze producten in principe terug te winnen kan zijn door middel van smeltprocessen, maar deze vorm van recycling zijn wij in dit onderzoek niet tegengekomen. Bij alle (bioverrijkte) composieten is het namelijk voor zover bekend niet mogelijk om het bindmiddel met mechanische recycling²⁸ van de vezel te scheiden.

In de praktijk komt recyclen van bioverrijkte composieten en reguliere composieten momenteel weinig voor. De producenten van bioverrijkte composieten die wij gesproken hebben geven wel aan dat hun producten goed te recyclen of downcyclen zijn, mits dat volgens hun eigen proces gebeurt. In de gevallen dat (bioverrijkte) composieten momenteel wel gerecycled kunnen worden, betreft dit vaak downcycling waarbij de composiet wordt versnipperd tot vulstof. Hierbij worden bindmiddel en vezel niet gescheiden en gaan de

²⁸ Bij mechanische recycling wordt kunststof versnipperd en gesmolten voor nieuwe toepassing. Deze vorm van recycling is alleen geschikt voor pure thermoplasten. In tegenstelling tot thermoharders kunnen thermoplasten namelijk bij verwarming opnieuw plastisch gemaakt kunnen worden. Voor bioverrijkte composieten geldt dit echter niet, omdat hierbij de thermoplast is gemengd met vezels, waardoor omsmelten niet meer mogelijk is.



eigenschappen van het bindmiddel verloren (Tazelaar, 2017). Uit onze gesprekken met producenten van bioverrijkte composieten komt naar voren dat nieuw bioverrijkt composiet zo'n 10%-30% van dit type vulmiddel kunnen bevatten, waarbij de samenstelling van de vulstof kan afwijken van de samenstelling van de bioverrijkt composiet. Het verlies van materiaal bij deze vorm van downcyclen is verwaarloosbaar klein. Het effect van meerdere keren downcyclen van bioverrijkte composieten op de kwaliteit van producten waarin dit materiaal wordt toegepast is nog niet onderzocht.

Voor beide typen bioverrijkte composieten kan in de toekomst met chemische recycling waarschijnlijk wel het bindmiddel gescheiden van vezels teruggewonnen worden. Met chemische recycling worden de kunststoffen namelijk teruggebracht tot monomeren of andere koolwaterstoffen, door middel van verhitting en/of chemische reacties. Deze vorm van recycling is momenteel in opkomst, maar nog niet economisch rendabel (Tazelaar, 2017). Groot voordeel van deze vorm van recyclen, is dat de waardevolle binder teruggewonnen wordt, waardoor de eigenschappen van het bindmiddel (gedeeltelijk) behouden blijven. Het is niet bekend of de vezel wordt teruggewonnen. Een nadeel is dat deze vorm van recycling meer energie en geld kost dan downcycling tot vulstof. Daarnaast verschilt de techniek voor chemisch recyclen per kunststoftype (CE Delft, 2023a). Een mLCA kan helpen om de milieu-impact van het recyclen in vergelijking met inzet van primair materiaal inzichtelijk te krijgen, waardoor het energiegebruik van recyclingtechnologieën in de juiste context kan worden geplaatst. Producenten die wij gesproken hebben noemen chemisch recyclen wel als mogelijkheid, maar passen deze technologie nog niet toe. Enkele producenten schatten in dat zo'n 10% tot 30% van de kwaliteit van het bindmiddel in bioverrijkte composieten verloren gaat bij chemisch recyclen. Hoeveel chemisch gerecycled materiaal toegepast kan worden in nieuwe bioverrijkte composieten is nog niet bekend. Ook is het materiaalverlies bij recycling nog niet in kaart gebracht en is het effect van meerdere keren downcyclen van bioverrijkte composieten op de kwaliteit van producten waarin dit materiaal wordt toegepast is nog niet onderzocht.

Binnenkort start waarschijnlijk het Groeifondsprogramma BioBased Circular²⁹, waarvan - binnen het subonderwerp 'Biobased harsen voor de bouw- en meubelindustrie' - de terugwinning of direct hergebruik van hars en vezels uit bioverrijkt composiet onderdeel is.

A.5.2 Vergelijking met recycling van reguliere (niet-bioverrijkte) composieten

Recycling van reguliere composieten heeft momenteel veel aandacht. Er komen de komende jaren grote hoeveelheden fossiele en synthetische composieten vrij, met name via de windturbinebladen die het einde van hun levensduur hebben bereikt. Voor dit materiaal is momenteel nog geen grote recyclingtechnologie. Een recente studie van Diez-Canamero en Mendoza (Diez-Canamero & Mendoza, 2023) laat zien dat voor deze composieten de hoogwaardige recyclingtechnologie (solvolyse, een vorm van chemische recycling), in potentie uiteindelijk tot de hoogste circulariteitsscore leidt én de grootste overall klimaatimpactreductie. Die technologie moet wel nog verder worden ontwikkeld. Een van de aanbevelingen in de studie is dat er hiervoor kan worden samengewerkt met onder andere de bouwsector. Dit soort samenwerking zien wij ook als nuttig, om de mogelijkheden tot recycling te versnellen.

Voor dit onderzoek hebben wij contact gehad met een bedrijf dat een techniek heeft ontwikkeld die reguliere composieten kan recyclen, waarbij ook een deel van de vezels kan worden teruggewonnen. De producent van deze technologie geeft aan geen ervaring te

²⁹ <https://www.nationaalgroeifonds.nl/overzicht-lopende-projecten/thema-sleuteltechnologieen-en-valorisatie/biobased-circular>



hebben met bioverrijkte composieten, maar zegt te verwachten dat de samenstellingen zoals onderzocht in deze studie wel met haar technologie kunnen worden gerecycled. Daarbij zal mogelijk wel een (groot) deel van de vezels afbreken tot kortere ketens.

A.5.3 Randvoorwaarden

Een belangrijke randvoorwaarde voor toepassing van bioverrijkte composieten, is dat het hoogwaardig (chemisch) recyclen van deze composieten verder wordt ontwikkeld en economisch rendabeler wordt. Downcyclen is minder interessant, omdat hierbij de eigenschappen van de waardevolle binder verloren gaan en bijmenging maar beperkt mogelijk is (10%-30% van volume in nieuw product). Dit betekent dat bijmenging van alle vrijkomende bioverrijkte composieten alleen mogelijk is zolang de vraag naar hetzelfde type bioverrijkt composieten (veel) groter is dan het aanbod gerecycled vulstof.

Opdrachtgevers kunnen hierin een rol spelen door duidelijkheid te geven wat hun wensen zijn omtrent einde levensduurverwerking. Daarbij kan aanschaf van bioverrijkte composieten door opdrachtgevers indirect bijdragen aan een efficiëntere aanlever- en recyclingketen, doordat producenten met de inkomsten kunnen investeren in het optimaliseren van de recyclebaarheid van en recyclingstechnieken voor hun materialen en producten.

Door de grote variëteit aan bioverrijkte composieten, is een randvoorwaarde voor het recyclen van deze producten dat ze apart van elkaar en apart van andere materialen ingezameld en verwerkt worden (Tazelaar, 2017). Vermenging met bioverrijkte composieten bemoeilijkt namelijk de recycling van zowel traditionele composieten als andere materialen (zoals kunststoffen), wat circulariteit in de weg zit. De samenstelling verschilt daarnaast per bioverrijkt composiet, waardoor elk een andere recyclingstechniek behoeft. Dit geldt zowel voor chemische recycling als voor downcycling tot vulstof. Uit de gesprekken met enkele ketenpartijen blijkt echter dat (bioverrijkte) composieten en kunststoffen momenteel nog gemengd ingezameld en verwerkt worden.

Zoals bij hergebruik (Bijlage A.4) is genoemd, moet voor systematische gescheiden inzameling de verantwoordelijkheid voor einde levensduurverwerking voorafgaand aan toepassing met de inkopende partij, aannemer(s) en producent contractueel vast worden gelegd, bij voorkeur bij de beheerder of eigenaar van het product. Hierbij kunnen opdrachtgever afspraken maken over de toekomstige inzameling en verwerking van producten van bioverrijkte composieten en kunnen inleverpunten worden opgesteld. Ook maatregelen van producenten om statiegeld en terugnamegaranties te implementeren kunnen hierbij helpen. Daarnaast zijn materiaalpaspoorten nodig om in de toekomst de samenstelling van het materiaal te kennen, aangezien niet gegarandeerd kan worden dat de producent bij einde levensduur van de producten nog aanwezig is. Zoals aangegeven in Bijlage A.4, verwachten we echter dat het uitdagend zal zijn om de verschillende bioverrijkte composieten apart in te zamelen.

Tot slot is een aandachtspunt dat een deel van de bioverrijkte composieten fossiele/synthetische grondstoffen bevat, die binnen een circulaire biobased economie zoveel mogelijk van elkaar gescheiden moeten blijven.

A.6 Afdanking

Als hergebruik of recycling niet mogelijk is, kunnen bioverrijkte composieten worden gestort of verbrand. Dit heeft niet de voorkeur binnen een circulaire economie.

A.6.1 Technische mogelijkheden

De meeste bioverrijkte composieten worden momenteel gestort, doordat recycling niet economisch rendabel en/of nog niet technisch mogelijk is. Ook verbranding is vaak economisch niet aantrekkelijk.

De meeste producenten van 100% biogene composieten die wij gesproken hebben geven aan dat hun product gecomposteerd kan worden, maar hierbij lijkt compostering in sommige gevallen door elkaar gehaald te worden met biodegradatie. Composteerders zullen namelijk geen materialen aannemen die geen nutriënten bevatten, zelfs als deze volledig biologisch afbreekbaar zijn. Met name producten uit bioverrijkte composieten op basis van PLA (een biogene thermoplast) kunnen interessant zijn voor composteerders. Bij bioverrijkte composieten op basis van thermoharders is compostering niet waarschijnlijk en moet biodegradatie plaatsvinden door bijvoorbeeld stort (Tazelaar, 2017), of moet het product verbrand worden. Biodegradatie kan meerdere jaren duren, met name bij bioverrijkte composieten op basis van thermoharders, maar hoe lang dit precies duurt is binnen dit onderzoek niet naar boven gekomen.

A.6.2 Randvoorwaarden

Met compostering, stort en verbranding gaat het materiaal verloren. Daarom moeten opdrachtgevers zoals RWS recycling met gescheiden inzameling faciliteren en eisen (zie ook Bijlage A.4), als ze willen dat er circulair gewerkt wordt. Indien recycling niet mogelijk is, moeten claims over composteerbaarheid bewezen zijn, omdat veel bioverrijkte composieten alleen biologisch afbreekbaar zijn (middels stort). Stort van bioverrijkte composieten is niet gewenst, in verband met methaanemissies en mogelijke uitloging van toxische stoffen, waardoor de voorkeur voor niet-composteerbare bioverrijkte composieten uitgaat naar verbranding met energierugwinning. Veel producenten geven wel aan dat hun product 100% biobased en niet toxisch is, wat bij toepassing van stort bewezen moet zijn. Voor bioverrijkte composieten met fossiele bestanddelen kunnen wel toxische stoffen vrijkomen.

B Circulariteit niet-constructief bioverrijkt Miscanthusbeton

Deze bijlage omvat gedetailleerde informatie over de bevindingen over de milieu-impact, beschikbaarheid, schaalbaarheid, levensduur, herbruikbaarheid en recyclebaarheid van producten met niet-constructief bioverrijkt Miscanthusbeton die momenteel worden aangeboden in de markt en relevant zijn voor RWS.

B.1 Milieu-impact

Voor producten met niet-constructief bioverrijkt Miscanthusbeton is de klimaatimpact en MKI lager dan vergelijkbare producten met niet-constructief regulier beton, als rekening gehouden wordt met CO₂-opslag in het beton^{30, 31}. Hierbij wordt aangenomen dat de Miscanthusvezel langer dan 100 jaar in het betonproduct vastgelegd wordt, of gedurende die tijd gerecycled wordt in nieuwe niet-constructieve betonproducten. Zonder CO₂-opslag lijken de klimaatimpact en MKI van beton met of zonder Miscanthus vergelijkbaar te zijn³². Dit is echter niet met zekerheid vast te stellen, aangezien de beschikbare milieudata voor producten met Miscanthusbeton niet berekend is met de geldende LCA-rekenregels van de Bepalingsmethode. Daarnaast is niet voor alle producten met Miscanthusbeton milieudata beschikbaar.

B.2 Levensduur

De levensduur van producten met niet-constructief bioverrijkt Miscanthusbeton is vergelijkbaar met reguliere producten uit niet-constructief beton. Ook in onderhoud lijkt geen sprake te zijn van een noemenswaardig verschil. Voor producten die belast worden door voetgangers of voertuigen (stoeptegels, fietspaden, etc.) is hierbij wel een beschermende toplaag van regulier beton benodigd. Zonder bovenlaag zou het Miscanthus bij belasting (verkeer, voetgangers, etc.) namelijk uit het beton slijten. Het gaat om een bovenlaag die ongeveer 10% van de totale productmassa uitmaakt. Bij de overgrote meerderheid van de producten met niet-constructief bioverrijkt Miscanthusbeton is deze toplaag aanwezig.

³⁰ Conform de [PEF \(EU\)](#) mag opname of emissie biogene CO₂ niet meegenomen worden in milieuberekeningen. Conform de [EN15804+A2 \(EU\)](#) en [Bepalingsmethode \(NL\)](#) moet de klimaatimpact van biogene CO₂ over de gehele levensduur netto 0 zijn (opname en emissie moeten in balans zijn binnen de levensduur van een product)

³¹ Vanuit de rijksoverheid wordt momenteel onderzocht of koolstofverwijdering als gevolg van (tijdelijke) CO₂-opslag wel meegenomen kan worden in beleid, in afwijking van de geldende rekenregels. Hier is echter nog geen definitief besluit over genomen

³² In de NMD is de MKI van 'biobased betontegels' lager dan van 'betontegels', wat met name lijkt te komen doordat er meer gerecycled materiaal wordt toegepast in het type biobased betontegels dat in de NMD is opgenomen (LBP & SIGHT, 2022; SGS Search Consultancy, 2020)



B.3 Beschikbaarheid en schaalbaarheid

Producten met niet-constructief bioverrijkt Miscanthusbeton worden momenteel in kleine hoeveelheden op de markt aangeboden. Volgens de producenten van beide producten die wij gesproken hebben is opschaling van de productiecapaciteit technisch goed mogelijk. Het aanbod van miscanthusvezels is echter beperkt in Nederland, wat de mogelijke opschaling kan vertraging. Er zijn al wel landelijke programma's om het aanbod van biogene grondstoffen zoals miscanthus in Nederland te vergroten, zoals de Nationale Aanpak Biobased Bouwen.

B.4 Hergebruik

Hergebruik van producten met niet-constructief bioverrijkt Miscanthusbeton heeft vanuit een oogpunt van circulariteit de voorkeur boven recycling of afdanking. Bij hergebruik kan onderscheid gemaakt worden tussen hergebruik van (Tazelaar, 2017):

- het volledige product;
- componenten van het product.

B.4.1 Technische mogelijkheden

Hergebruik van producten met niet-constructief bioverrijkt Miscanthusbeton komt, voor zover bekend, vrijwel niet voor, al is dit technisch wel mogelijk. Vrijwel alle betonproducten, zowel uit regulier beton als met niet-constructief bioverrijkt Miscanthusbeton, worden na gebruik gebroken (zie Bijlage B.5) voor downcycling/recycling (Bours et al., 2022).

B.4.2 Randvoorwaarden

Voor hergebruik van zowel reguliere betonproducten als producten met niet-constructief bioverrijkt Miscanthusbeton gelden twee van de randvoorwaarden die ook zijn genoemd zijn in bijlage A.4:

- Voor hergebruik moeten betonproducten na afdanking gescheiden ingezameld en actief teruggenomen worden. Dit kan gefaciliteerd worden door langdurig eigenaarschap van de producten voorafgaand aan toepassing contractueel vast te stellen.
- Voor hergebruik moet acceptatie voor het toepassen van hergebruikte producten toenemen bij opdrachtgevers.

Terugname van betonproducten kan ook gefaciliteerd worden door bijvoorbeeld terugnamegaranties van producenten, zoals het geval is bij de producent van niet-constructief bioverrijkt Miscanthusbeton Bio Bound.

Ten slotte moet voor hergebruik het aanbod van vrijkomende betonproducten op de vraag naar nieuwe betonproducten afgestemd worden. Dit vraagt bijvoorbeeld om een uitbreiding van marktplaatsen zoals de Bruggenbank³³ naar meerdere betonproducten.

B.5 Recycling & afdanking

Als hergebruik niet mogelijk is, kunnen producten met niet-constructief bioverrijkt Miscanthusbeton worden gerecycled. Dit heeft vanuit een oogpunt van circulariteit niet de eerste voorkeur. Storten van beton is in Nederland niet toegestaan.

³³ <https://www.bruggenbank.nl/>



B.5.1 Technische mogelijkheden

Afgedankte betonproducten die niet worden hergebruikt, kunnen momenteel op drie manieren worden verwerkt (in volgorde van minst naar meest hoogwaardig)³⁴:

1. **Downcycling** tot menggranulaat³⁵ (voor toepassing als funderingsmateriaal onder wegen).
2. **Laagwaardige recycling** tot betongranulaat³⁶ (voor toepassing in nieuwe niet-constructieve betonproducten).
3. **Hoogwaardige recycling** tot zand, grind en cement (voor toepassing in nieuwe betonproducten).

In 90% tot 95% van de gevallen worden afgedankte producten van regulier beton **gedowncycled** door het te breken tot menggranulaat voor toepassing als funderingsmateriaal onder wegen. In 5% tot 10% van de gevallen worden afgedankte producten van regulier beton **laagwaardig gerecycled** door het te breken tot betongranulaat voor toepassing in nieuwe niet-constructieve betonproducten, waardoor het materiaal in de betonketen behouden blijft (CE Delft, 2023b). Het is ook mogelijk om afgedankte producten van regulier beton **hoogwaardig te recyclen**, door zand, grind en cement van elkaar te scheiden voor toepassing in nieuwe constructieve of niet-constructieve betonproducten. Hierbij behouden deze grondstoffen (deels) hun functionaliteit. Deze hoogwaardige recycling tot individuele materialen vindt momenteel al op kleine schaal plaats.

Met downcycling en laagwaardige recycling van producten met niet-constructief bioverrijkt Miscanthusbeton is nog weinig ervaring bij recyclers in Nederland, aangezien dit een relatief nieuw product is. Voor zover bekend bij recyclers die wij gesproken hebben wordt de kleine hoeveelheid afgedankte producten met niet-constructief bioverrijkt Miscanthusbeton momenteel gedowncycled tot menggranulaat, voor toepassing als wegfunderingsmateriaal. Gebroken Miscanthusbeton wordt nog vrijwel niet toegepast als betongranulaat voor toepassing in nieuwe betonproducten, doordat de Miscanthusvezels naar boven komen drijven tijdens het mengen van het betonmengsel. Voor toepassing van het granulaat in producten uit regulier beton, moeten de Miscanthusvezels daarom eerst uit het granulaat gefilterd worden. Deze filterstap vindt momenteel nog niet plaats, al is dit volgens een recycler die wij gesproken hebben technisch wel mogelijk³⁷. Het filteren van de Miscanthusvezel uit het granulaat van bioverrijkte Miscanthusbeton brengt wel extra kosten met zich mee, zowel door het filteren zelf als door de afvalverwerking van de uitgefilterde Miscanthusvezels. Hierdoor is downcycling van producten met Miscanthusbeton tot betongranulaat economisch gezien een minder aantrekkelijke verwerkingsoptie dan het

³⁴ Binnen deze studie duiden we de minst hoogwaardige verwerking van afgedankt beton voor toepassing in nieuwe betonproducten aan als 'downcyclen', en de meest hoogwaardige verwerking als 'hoogwaardige recycling'. De andere verwerking, 'laagwaardige recycling', heeft vanuit een oogpunt van circulariteit de voorkeur boven downcycling, maar is minder gewenst dan 'hoogwaardige recycling'. Eigenlijk is het ook een vorm van downcycling, maar omwille van de leesbaarheid hanteren we hier een andere term.

³⁵ Menggranulaat is een mengsel van beton- en metselwerkgranulaat dat meer dan 50% beton met een volumieke massa $\rho_a \geq 2100 \text{ kg/m}^3$ bevat, conform NEN 8005 (NEN-EN 206, bijlage E)

³⁶ Betongranulaat is materiaal dat meer dan 90% beton met een volumieke massa $\rho_a \geq 2100 \text{ kg/m}^3$ bevat, conform NEN 8005 (NEN-EN 206, bijlage E)

³⁷ Een gespecialiseerde recycler die wij gesproken hebben verwacht dat de Miscanthusvezel goed verwijderd kan worden uit het granulaat, door dit granulaat na breken te wassen en de vezels eruit te blazen. Wat overblijft is granulaat zonder Miscanthusvezel, dat van dezelfde kwaliteit is als betongranulaat uit regulier beton. Deze technologie bestaat al en wordt door deze specifieke recycler toegepast om staal- en kunstvezels uit gebroken beton te filteren



laagwaardigere downcycling tot menggranulaat. Bij breken van beton gaat zo'n 5% van het materiaal verloren. Het effect van de toepassing van gebroken en gefilterd granulaat uit producten met niet-constructief bioverrijkt Miscanthusbeton in nieuwe niet-constructieve betonproducten over meerdere levenscycli is nog niet bekend. De extra filterstap is niet nodig als gebroken Miscanthusbeton toegepast wordt in nieuw Miscanthusbeton. Zo past Bio Bound betongranulaat van hun eigen Miscanthusbeton op kleine schaal toe in nieuwe betonproducten met niet-constructief bioverrijkt Miscanthusbeton.

Hoogwaardige recycling van producten met niet-constructief bioverrijkt Miscanthusbeton heeft, voor zover bekend, tot nu toe alleen op pilotschaal plaatsgevonden. Het gerecyclede zand en grind uit producten met Miscanthusbeton kan zand en grind in nieuwe betonproducten vervangen, maar het is nog niet bekend tot welk percentage. Het gerecyclede cement kan cement in nieuwe betonproducten naar verwachting tot 20% vervangen (CE Delft, 2021b). Bij deze hoogwaardige recycling gaat zo'n 10% van de massa van het cement, zand en grind verloren (onbekend in welke verhouding). Het effect van de toepassing van gerecyclede zand, grind en cement uit Miscanthusbeton in nieuwe betonproducten over meerdere levenscycli is nog niet bekend. Voor de miscanthusvezels is voor zover bekend nog geen nieuwe toepassing gevonden.

B.5.2 Randvoorwaarden

Voor recycling van producten met niet-constructief bioverrijkt Miscanthusbeton gelden dezelfde randvoorwaarden als voor hergebruik (gescheiden inzameling en contractueel eigenaarschap, Bijlage B.4). Zo kan worden voorkomen dat de toepassing van producten met niet-constructief bioverrijkt Miscanthusbeton de recycling van regulier beton niet in de weg zit.

Als afgedankt beton met niet-constructief bioverrijkt Miscanthusbeton wordt vermengd met producten uit regulier beton, moet de volledige mix namelijk worden behandeld als afgedankt bioverrijkt beton. Dit betekent dat de fractie regulier beton zonder extra filterstap niet meer laagwaardig kan worden gerecycled tot betongranulaat voor toepassing in nieuwe betonproducten, maar volledig moet worden gedowncycled tot menggranulaat voor toepassing onder wegfunderingen.

Scheiden van producten met Miscanthusbeton is echter uitdagend, omdat de kleur en textuur in de basis niet veel afwijkt van producten met regulier beton en ook hun gewicht vergelijkbaar is. Dit kan een circulaire toepassing van dit product daarom in de weg zitten.

C Circulariteit geluidsabsorberend bioverrijkt vezelbeton

Deze bijlage omvat gedetailleerde informatie over de bevindingen over de milieu-impact, beschikbaarheid, schaalbaarheid, levensduur, herbruikbaarheid en recyclebaarheid van geluidsschermen met geluidsabsorberend akoestisch bioverrijkt vezelbeton die momenteel worden aangeboden in de markt en relevant zijn voor RWS.

C.1 Milieu-impact

Voor geluidsschermelementen met geluidsabsorberend bioverrijkt vezelbeton hebben we de milieuprestatie vergeleken op basis van categorie 3 milieudata in DuboCalc³⁸. Op basis van deze data, kan gesteld worden dat de milieu-impacts van geluidswering met bioverrijkt vezelbeton over de gehele levensduur (en een periode van 50 jaar) lager is dan van geluidswering uit primair kunststof, maar iets hoger is dan geluidswering uit regulier beton of geïmpregneerd hout (zie bijlage D). Eventuele (tijdelijke) opslag van CO₂ is hierbij, conform de Bepalingsmethode en EN15804+A2, niet meegenomen.

C.2 Levensduur

De functionele levensduur van geluidsschermelementen met geluidsabsorberend bioverrijkt vezelbeton is vergelijkbaar met regulier niet-constructief beton. Ook in onderhoud lijkt geen sprake te zijn van een noemenswaardig verschil. Bij geluidsschermelementen met geluidsdempend bioverrijkt vezelbeton geldt echter wel dat de daadwerkelijke levensduur in de praktijk korter kan zijn, doordat de bovenlaag poreuzer en zachter is dan regulier beton en daardoor gemakkelijker beschadigd raakt. Beschadigt vezelbeton functioneert nog goed, maar ziet er minder mooi uit. Dit kan voor sommige beheerders van het geluidsschermelement een reden zijn om het geluidsschermelement voor het einde van de functionele levensduur te vervangen.

C.3 Beschikbaarheid en schaalbaarheid

Geluidsschermelementen met geluidsabsorberend vezelbeton op basis van houtvezels bestaan al ruim 25 jaar. Het aanbod van geluidsschermelementen met dit type beton en de benodigde houtvezels lijkt momenteel goed afgestemd te zijn op de vraag, al is er voor houtvezels in toenemende mate concurrentie van andere bouwproducten en bio-energiecentrales. Tot 2030 worden echter geen leveringsproblemen verwacht (CE Delft, 2023b).

Sinds een jaar of zeven zijn ook geluidsschermelementen met geluidsabsorberend vezelbeton op basis van Miscanthusvezels beschikbaar. Volgens de producent van dit type geluidsabsorberend vezelbeton die wij gesproken hebben is opschaling van de productiecapaciteit technisch goed mogelijk. Zoals genoemd in bijlage B, is het aanbod van

³⁸ Categorie 3 milieudata in DuboCalc (uit de Nationale Milieudatabase) is berekend door experts op basis van openbare data en aannames. Deze data is niet specifiek voor één type producent en is niet getoetst



Miscanthusvezels is echter beperkt in Nederland, wat de mogelijke opschaling kan vertraging. Bestaande landelijke programma's om het aanbod van biogene grondstoffen zoals Miscanthus in Nederland te vergroten (zie bijlage B) en een verhoogde vraag naar Miscanthus kunnen het aanbod doen toenemen.

C.4 Hergebruik

Hergebruik van geluidsschermelementen met geluidsabsorberend bioverrijkt vezelbeton heeft vanuit een oogpunt van circulariteit de voorkeur boven recycling of afdanking. Bij hergebruik kan onderscheid gemaakt worden tussen hergebruik van (Tazelaar, 2017):

- het volledige product;
- componenten van het product.

C.4.1 Technische mogelijkheden

Hergebruik van geluidsschermelementen met geluidsabsorberend bioverrijkt vezelbeton komt vrijwel niet voor, al is dit technisch wel mogelijk. Betonproducten worden echter na gebruik vrijwel altijd gebroken voor recycling (Bours et al., 2022), wat ook geldt voor geluidsschermelementen met akoestisch bioverrijkt vezelbeton (zie Bijlage C.5).

Op kleine schaal is hergebruik van akoestische wanden met bioverrijkte vezelbeton al wel voorgekomen bij de verbreding van een weg. Specifiek voor geluidsschermelementen met dit type vezelbeton is hergebruik echter uitdagend, omdat de toplaag van deze geluidsschermelementen gevoelig is voor visuele beschadigingen. Ondanks dat dergelijke beschadigingen in de regel geen invloed hebben op de geluidsabsorberende functie van het geluidsschermelement, kan zichtbare schade voor sommige beheerders en opdrachtgevers reden zijn om het geluidsschermelement niet te hergebruiken.

C.4.2 Randvoorwaarden

De randvoorwaarden voor hergebruik van geluidsschermelementen met akoestisch bioverrijkt vezelbeton zijn identiek aan de randvoorwaarden die genoemd zijn in bijlage B.4:

- Voor hergebruik moeten betonproducten na afdanking gescheiden ingezameld en actief teruggenomen worden. Dit kan gefaciliteerd worden door langdurig eigenaarschap van de producten voorafgaand aan toepassing contractueel vast te stellen.
- Voor hergebruik moet acceptatie voor het toepassen van hergebruikte producten toenemen bij opdrachtgevers.

C.5 Recycling & afdanking

Als hergebruik niet mogelijk is, kunnen geluidsschermelementen met geluidsabsorberend bioverrijkt vezelbeton worden gerecycled. Dit heeft vanuit een oogpunt van circulariteit niet de eerste voorkeur. Storten van beton is in Nederland niet toegestaan.

C.5.1 Technische mogelijkheden

Zoals in bijlage B is aangegeven zijn er drie manieren om afgedankte betonproducten die niet hergebruikt worden te verwerken (in volgorde van minst naar meest hoogwaardig):

1. **Downcycling** tot menggranulaat³⁹ (voor toepassing als funderingsmateriaal onder wegen).
2. **Laagwaardige recycling** tot betongranulaat⁴⁰ (voor toepassing in nieuwe niet-constructieve betonproducten).
3. **Hoogwaardige recycling** tot zand, grind en cement (voor toepassing in nieuwe betonproducten).

Geluidsschermelementen met geluidsabsorberend bioverrijkt vezelbeton worden al aangeboden bij betonrecyclers in Nederland. De toplaag van vezelbeton in deze geluidsschermelementen kan alleen gedowncycled worden tot menggranulaat, voor toepassing als wegfunderingsmateriaal. Door het hoge gehalte biogene vezels kan dit vezelbeton *niet* gerecycled worden tot betongranulaat voor toepassing in nieuwe betonproducten, omdat bij toepassing van dit granulaat in nieuwe betonproducten een deel van de biogene vezels vrijkomt. Deze vezels drijven vervolgens op het oppervlak van het nieuwe beton, wat de eigenschappen van dit beton nadelig beïnvloedt. Door het hoge gehalte van deze vezels, is het ook niet mogelijk om deze uit het granulaat te filteren.

Het is in theorie wel mogelijk om de toplaag van bioverrijkte beton van de onderlaag van regulier beton af te schrapen, waardoor de onderlaag gebroken kan worden tot betongranulaat voor toepassing in nieuwe betonproducten. Hier is echter nog geen ervaring mee.

Hoogwaardige recycling van geluidsschermelementen met geluidsabsorberend bioverrijkt vezelbeton tot de grondstoffen ervan is voor zover bekend niet mogelijk, omdat het gehalte biogene vezels in het beton te hoog is.

C.5.2 Randvoorwaarden

Net als in bijlage B gelden voor recycling van geluidsschermelementen met akoestisch bioverrijkt vezelbeton dezelfde randvoorwaarden als voor hergebruik (gescheiden inzameling en contractueel eigenaarschap, Bijlage C.4). Zo kan worden voorkomen dat de toepassing van geluidsschermelementen met akoestisch bioverrijkt vezelbeton de recycling van regulier beton niet in de weg zit.

Beton in geluidsschermen met geluidsabsorberend vezelbeton worden door de recyclers die wij gesproken hebben momenteel al gescheiden gerecycled van reguliere betonproducten. Geluidsschermelementen met geluidsabsorberend vezelbeton zijn qua kleur en textuur goed te onderscheiden van producten uit regulier beton. Daarnaast is het vezelbeton lichter, waardoor het scheiden relatief eenvoudig is.

³⁹ Menggranulaat is een mengsel van beton- en metselwerkgranulaat dat meer dan 50% beton met een volumieke massa $\rho_a \geq 2100 \text{ kg/m}^3$ bevat, conform NEN 8005 (NEN-EN 206, bijlage E)

⁴⁰ Betongranulaat is materiaal dat meer dan 90% beton met een volumieke massa $\rho_a \geq 2100 \text{ kg/m}^3$ bevat, conform NEN 8005 (NEN-EN 206, bijlage E)



D Vergelijking milieu-impacts relevante producten

D.1 Vergelijking voor bioverrijkte composieten

Tabel 5 - Vergelijking verkeersborden in DuboCalc 6.0 (exclusief bioverrijkte composieten i.v.m. vertrouwelijkheid)

Type verkeersbord	Euro MKI	kg CO ₂
Rond RVV verkeersbord cat III, coilcoated aluminium	15,12	178,73
Rond RVV verkeersbord cat III, 100% secundair coilcoated aluminium	14,16	147,87
Rond RVV verkeersbord cat III, Refubished aluminium	2,50	35,01
Rond RVV verkeersbord cat III, bamboe d=10mm	5,92	75,13
Rond RVV verkeersbord cat III, bamboe d=20mm	9,90	119,03

D.2 Vergelijking voor geluidsabsorberend bioverrijkt vezelbeton

Tabel 6 - Vergelijking geluidsschermelementen in DuboCalc 6.0 (exclusief producten met geluidsabsorberend verrijkt vezelbeton i.v.m. vertrouwelijkheid)

Type geluidsschermelement	Euro MKI	kg CO ₂
Geluidsschermelement, compleet		
Geluidsschermelement, type modulair, met cassettes met kunststof	43,74	597,88
Geluidsschermelement, type modulair, met panelen van gewapend houtvezelbeton	30,27	371,44
Geluidsschermelement, type modulair, met panelen van gewapend beton	29,01	348,95
Geluidsschermelement, type modulair, met aluminium panelen	30,43	334,51
Geluidsschermelement, type modulair, met cassettes met geïmpregneerd en geverfd hout	28,43	311,69
Geluidsschermelement, deelproduct (weg)		
Geluidsschermelement, type modulair, deelproduct paneel gewapend houtvezel beton	11,17	155,54
Geluidsschermelement, type modulair, deelproduct paneel gepigmenteerd gewapend beton	11,87	145,9
Geluidsschermelement, type modulair, deelproduct paneel gewapend beton	9,82	132,57
Geluidsschermelement, deelproduct (spoor)		
Geluidsschermelement spoor, paneel, houtvezelbeton 100x600x22cm	10,60	144,48
Geluidsschermelement spoor, deelproduct aluminium paneel	13,46	133,3