

climate cleanup

Bepalingsmethode materiaalgebonden CO₂-opslag

Versie 1.0

Beheerder: Stichting Climate Cleanup

Collectie: Construction Stored Carbon

Publicatienummer: CSC-2026-01

Over dit document

Deze Bepalingsmethode biedt de rekenregels, databronnen en verplichtingen voor het bepalen van 'materiaalgebonden CO₂-opslag' op product- en gebouwniveau. De uitkomsten van deze bepaling zijn te benutten voor de gelijknamige indicator in de standaard [Het Nieuwe Normaal](#). Materiaalgebonden CO₂-opslag, ook wel *Construction Stored Carbon*, betreft de hoeveelheid 'biogene koolstof' – koolstof die middels fotosynthese uit de atmosfeer is verwijderd – die gedurende de levensduur van een biobased bouw materiaal is vastgelegd. Deze hoeveelheid wordt uitgedrukt in tonnen CO₂-equivalenten (CO₂e).

Deze Bepalingsmethode bestaat uit drie hoofdstukken:

- Hoofdstuk 1 licht de **Context** van materiaalgebonden CO₂-opslag toe;
- Hoofdstuk 2 beschrijft de relevante **Normen en beleid** voor deze Bepalingsmethode;
- Hoofdstuk 3 bevat de **Rekenmethodiek** voor materiaalgebonden CO₂-opslag.

Deze Bepalingsmethode bouwt voort op eerder werk, waaronder met name:

- Climate Cleanup Foundation, ASN Bank & Gideon. (2021). *Construction Stored Carbon: a financial metric for carbon storage in the built environment*. [Engelstalig]. [LINK](#).
- SGS Search (2022). Berekeningsmethodiek koolstofvastlegging biobased bouwmaterialen. [LINK](#).
- Stichting Nationale Koolstofmarkt. (2023). *Certificeringsmethode voor langdurige koolstofopslag in biobased bouwmaterialen*. [LINK](#).
- Climate Cleanup Foundation. (2024). *Biobased Construction: Certification Protocol for the measurement of net carbon removal benefit*. [Engelstalig]. [LINK](#).
- Van den Oever et al. (2024-2025). *Bio-based building products in the Dutch Environmental Database (NMD). Part 1, Part 2, Part 3*. [Engelstalig]. [LINK](#).

Ga voor meer informatie over Construction Stored Carbon / materiaalgebonden CO₂-opslag naar www.constructionstoredcarbon.org.

Auteurs

Stichting Climate Cleanup

Sacha Brons | sacha@climatecleanup.org

Jelle de Bijl | jelle@climatecleanup.org

Climate Cleanup is een non-profit stichting en sociale onderneming, gefinancierd door ambassadeurs en nauw samenwerkende partners. Onze missie is om klimaatverandering tegen te gaan door 1500 ton CO₂ uit de atmosfeer te verwijderen met natuurlijke oplossingen. We doen dit door de systemische voorwaarden te creëren voor de opschaling van een regeneratieve economie. We zijn onze ambassadeurs dankbaar; zonder hun steun is dit werk onmogelijk.

Publieke consultatie

Op het moment van publiceren van deze versie van de Bepalingsmethode (**v1.0**) is de eerste ronde van de publieke consultatie geopend. Vragen, opmerkingen en suggesties kunnen direct gestuurd worden naar csc@climatecleanup.org onder vermelding van publicatienummer **CSC-2026-01**.

Er zijn nog geen publieke commentaren verwerkt in deze versie van de Bepalingsmethode. In een volgende versie zullen publieke commentaren en hun verwerking hier te zien zijn.

Versiegeschiedenis

26 januari 2026

Publicatie versie 1.0 en start eerste ronde publieke consultatie

Inhoudsopgave

Over dit document	2
1. Context.....	5
1.1 Biogene koolstofvastlegging.....	5
1.2 Relevante factoren voor materiaalgebonden CO ₂ -opslag	6
1.3 De relatie met (materiaalgebonden) CO ₂ -uitstoot	6
Box 1. Hoe zit het met fossiele koolstofvastlegging?.....	6
2. Normen en beleid	7
2.1 Carbon Removals and Carbon Farming Regulation (CRCF)	7
Box 2. Materiaalgebonden CO ₂ -opslag vs. “Net Carbon Removal Benefit”	7
2.2 Environmental Performance of Buildings Directive 4 (EPBD-IV).....	7
2.3 Milieuprestatie Gebouwen (MPG)	8
2.4 LCA-normen: EN15804, EN16449, EN16760.....	8
3. Rekenmethodiek	9
3.1 Databronnen en voorwaarden	9
Box 3. Verhouding met SGS Search rekenmethodiek	9
3.2 Vaststelling van biogeen koolstofgehalte per producteenheid.....	10
Box 4. Variatie van uitkomsten en verificatie in de praktijk.....	13
3.3 Berekening materiaalgebonden CO ₂ -opslag op productniveau.....	14
Box 5. Berekening van materiaalgebonden CO ₂ -opslag in NMD-rekensoftware	16
3.4 Berekening materiaalgebonden CO ₂ -opslag op gebouwniveau.....	17
Box 6. Toepassing voor CRCF-verordening.....	17
3.5 Rapportage van uitkomsten en invoerwaarden.....	18

1. Context

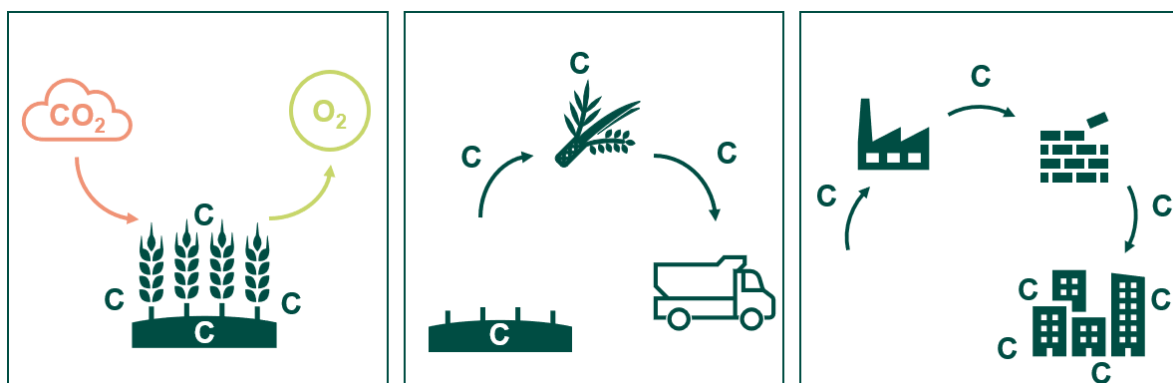
1.1 Biogene koolstofvastlegging

Materiaalgebonden CO₂-opslag of *Construction Stored Carbon* is gebaseerd op fotosynthese door planten. Tijdens de groei verwijdt fotosynthese CO₂ uit de atmosfeer, komt er zuurstof (O₂) vrij, en wordt de opgenomen koolstof (C) vastgelegd in de biomassa van de plant (bijvoorbeeld in cellulose, hemicellulose of lignine). Dit proces heet *biogene koolstofvastlegging* (zie Figuur 1).

Wanneer biomassa wordt geoogst en gebruikt als bouw materiaal, wordt de vastgelegde koolstof langdurig opgeslagen in de gebouwde omgeving. Op dat punt vertegenwoordigt de vastgelegde koolstof CO₂ die is 'gebonden' aan het bouw materiaal – vandaar *materiaalgebonden CO₂-opslag*.

De vastgelegde koolstof komt pas weer vrij als broeikasgas na de volledige levensduur van het bouw materiaal (inclusief hergebruik), indien de biomassa wordt verbrand of gedeecomposeerd. Gedurende de periode tussen verwijdering en heruitstoot van CO₂ heeft de vastgelegde koolstof bijgedragen aan een **tijdelijke** verlaging van het broeikas effect. Hoe langer deze tijd, hoe groter de bijdrage aan het voorkomen of teruggedraaien van klimaatverandering. Om de waarde van materiaalgebonden CO₂-opslag in te schatten dient het klimaateffect gemeten te worden over de **gehele levenscyclus** van een bouw materiaal, van oorsprong tot eind. Indien de oogst van biomassa tot meer uitstoot leidt dan de potentiële biogene koolstofvastlegging in het materiaal, of indien de vastgelegde koolstof vroegtijdig vrijkomt, dan is de effectieve klimaatwaarde nul.

Voorbeelden van materiaalgebonden CO₂-opslag die tot stand komen dankzij biogene koolstofvastlegging zijn **houtbouw** (*cross laminated timber*, houtskeletbouw, houtvezelisolatie, plaatmateriaal, kozijnen, gevels), **agro-based bouw** (isolatie, plaatmateriaal of constructieve toepassingen op basis van hennep, graanstro, vlas, olifantsgras, bamboe, etc.) en **biobased bouw** op basis van **reststromen** (biochar¹, cellulose, riet, (berm)gras, tuinbouwreststromen, etc.).



Figuur 1. Biogene koolstofvastlegging in drie stappen, van groeiende plant, via oogst en verwerking, tot vastlegging in de gebouwde omgeving.

¹ Biochar is biomassa die onder hoge temperaturen en zonder zuurstof wordt verhit (pyrolyse). De resterende stof wordt vaak gezien als permanente koolstofvastlegging, maar het proces is nog steeds gebaseerd op fotosynthese.

1.2 Relevante factoren voor materiaalgebonden CO₂-opslag

Het klimaateffect van materiaalgebonden CO₂-opslag is afhankelijk van een aantal factoren:

- Kwantificering (**Quantification**): hoe wordt het (netto) klimaateffect bepaald en welke bronnen van opslag en uitstoot tellen hierin mee, op basis van welke data?
- Additionaliteit (**Additionality**): in hoeverre leidt stimulering van materiaalgebonden CO₂-opslag tot een meetbaar positief verschil met een *baseline* scenario?
- Levensduur (**Long-term storage**): hoe lang blijft koolstof vastgelegd, wie monitort en wie is aansprakelijk voor de heruitstoot van materiaalgebonden CO₂-opslag?
- Duurzaamheid (**Sustainability**): gaat materiaalgebonden CO₂-opslag niet ten koste van andere duurzaamheidsdoelen en is de gebruikte biomassa daadwerkelijk hernieuwbaar?

Tezamen vormen deze factoren de QUALITY-criteria van de Europese CRCF-wetgeving (zie 2.1). Voor het waarderen of stimuleren van materiaalgebonden CO₂-opslag, financieel dan wel beleidsmatig, kan het nodig zijn om controle op deze kwaliteitscriteria verplicht te stellen, bijvoorbeeld middels certificering. Deze bepalingsmethode beperkt zich voornamelijk tot eisen rondom Kwantificering, hoewel de andere factoren ook aan bod komen waar relevant.

1.3 De relatie met (materiaalgebonden) CO₂-uitstoot

Materiaalgebonden CO₂-opslag dient nadrukkelijk apart van CO₂-uitstoot gerapporteerd te worden en niet impliciet met CO₂-uitstoot verdisconteerd te worden. Hoewel uitstoot en opslag aan elkaar zijn verbonden via de atmosfeer, hebben ze een ander effect op het klimaat. Waar CO₂-uitstoot direct plaatsvindt en een ten dele blijvend klimaateffect heeft, is het klimaateffect van materiaalgebonden CO₂-opslag tijdelijk en afhankelijk van de hergroei van biomassa.

Box 1. Hoe zit het met fossiele koolstofvastlegging?

Naast biogene koolstofvastlegging op basis van fotosynthese kan materiaalgebonden CO₂-opslag ook tot stand komen door *fossiele* CO₂-opslag of koolstofvastlegging. Dit betreft bijvoorbeeld mineralisatie van CO₂ en toepassing in kalkhoudend beton, versnelde verwerking en toepassing van mineralen zoals olivijn, of injectie van CO₂ in bouwmaterialen. Voor deze vormen van fossiele CO₂-opslag geldt dat deze plaatsvindt tijdens het productieproces van het bouwproduct én leidt tot functioneel *permanente* verwijdering van CO₂ uit de atmosfeer.

Voor elk van deze technologieën dient de CO₂-opslag op aparte, processpecifieke manieren bepaald te worden. Vervolgens mag deze direct worden afgetrokken van de CO₂-uitstoot van het bouwproduct, mits toegestaan door de relevante bepalingsmethode(s). De verdiscontering van CO₂-uitstoot en CO₂-opslag is niet toegestaan voor bouwproducten die *tijdelijk* koolstof vastleggen. Fossiele koolstofvastlegging valt hierom **niet** onder materiaalgebonden CO₂-opslag, maar kan afhankelijk van het product onder materiaalgebonden CO₂-uitstoot vallen.

2. Normen en beleid

2.1 Carbon Removals and Carbon Farming Regulation (CRCF)

De CRCF-verordening ([EU/2024/3012](#)) introduceert een raamwerk voor de certificering van activiteiten die CO₂ verwijderen uit de atmosfeer en langdurig opslaan. Onder de verordening valt ook *carbon storage in products* ofwel materiaalgebonden CO₂-opslag. Op basis van de CRCF kunnen bouwwerken gecertificeerd worden voor het netto klimaateffect van materiaalgebonden CO₂-opslag. Dit wordt **Net Carbon Removal Benefit** genoemd. De verwachting is dat de CRCF-verordening en haar QUALITY-criteria een leidende rol zullen spelen in de waardering en stimulering van materiaalgebonden CO₂-opslag. Deze bepalingsmethode bouwt daarom voort op de QUALITY-criteria en CRCF-certificeringsrichtlijnen zoals [deze Technical Assessment Paper](#).

Box 2. Materiaalgebonden CO₂-opslag vs. “Net Carbon Removal Benefit”

De CRCF-verordening introduceert het begrip “Net Carbon Removal Benefit”, letterlijk *netto koolstofverwijderingsvoordeel*. Dit voordeel kan worden vastgesteld middels Formule (1):

$$(1) \quad NCRB = CR_{baseline} - CR_{total} - GHG_{increase} > 0$$

symbool	beschrijving	eenheid
NCRB	Netto koolstofverwijderingsvoordeel	t CO ₂ e
CR _{baseline}	Koolstofverwijdering in een standaard referentiescenario	(-) t CO ₂ e
CR _{total}	Totale koolstofverwijdering door de activiteit	(-) t CO ₂ e
GHG _{increase}	Directe en indirecte toename van broeikasgasuitstoot	(+) t CO ₂ e

In Formule (1) wordt koolstofverwijdering met een minteken aangeduid, waardoor de formule in absolute termen CR_{baseline} en GHG_{increase} aftrekt van CR_{total}. Voor het gebruik van biobased bouwmaterialen staat CR_{total} **gelijk** aan materiaalgebonden CO₂-opslag. Dit betekent dat Net Carbon Removal Benefit **altijd lager is** dan materiaalgebonden CO₂-opslag. Zie de certificeringsmethode [Biobased Construction](#) voor meer informatie en rekenregels.

2.2 Environmental Performance of Buildings Directive 4 (EPBD-IV)

De ‘Environmental Performance of Buildings Directive’ is een van de belangrijkste middelen waarmee de EU stuurt op de energieprestatie van de gebouwde omgeving in Europa. De vierde iteratie van deze wetgeving (EPBD-IV) verbreedt de Europese sturing naar de volledige milieuimpact van gebouwen, inclusief materiaalgebonden impacts. Middels plafondwaarden voor ‘Global Warming Potential – Whole Life Cycle’ (GWP-WLC) hebben lidstaten de mogelijkheid om materiaalgebonden CO₂-opslag te waarderen. Daarnaast stelt de EPBD-IV dat energieprestatiecertificaten (EPCs) ook materiaalgebonden CO₂-opslag mogen tonen. Zowel voor waardering in GWP-WLC plafondwaardes als voor rapportage op EPCs geldt dat deze Bepalingsmethode als onderliggende rekenrichtlijn kan dienen.

2.3 Milieuprestatie Gebouwen (MPG)

De Milieuprestatie Gebouwen (MPG) is het wettelijke instrument waarmee de milieuprestatie van nieuwbouw in Nederland wordt gelimiteerd, middels een plafondwaarde voor de totale milieuprestatie per m² BVO, berekend op basis van milieuverklaringen uit de Nationale Milieudatabase (NMD). Materiaalgebonden CO₂-opslag telt in deze milieuverklaringen effectief niet mee. Conform de LCA-norm EN15804 (zie Paragraaf 2.4) wordt materiaalgebonden CO₂-opslag wel gerapporteerd, maar alle opslag wordt aan het eind van de levensduur weer als uitstoot verklaard. Hoewel NMD-milieuverklaringen en dus de MPG geen effectieve waarde toekennen aan materiaalgebonden CO₂-opslag, kunnen ze wel als databron dienen.

2.4 LCA-normen: EN15804, EN16449, EN16760, EN16785

De meeste productdata en milieuverklaringen in Europa bouwen voort op de norm **EN15804**, die regels stelt voor de levenscyclusanalyse (LCA) van een bouwproduct. Sinds 2019 schrijft deze norm voor dat er 19 milieuindicatoren in de LCA moeten worden gerapporteerd: de zogeheten 'A2-set'. Om deze reden wordt gesproken van de EN15804+A2. Eén van de indicatoren in de A2-set is 'GWP-biogeen': de aardopwarming als gevolg van biogene emissies van een bouwproduct. In de praktijk betreft dit biogene koolstofvastlegging aan het begin van de levensduur en heruitstoot van vastgelegde koolstof aan het eind van de levensduur. De EN15804+A2 schrijft voor dat alle vastgelegde biogene koolstof aan het eind van de levensduur weer als verbrand moet worden beschouwd. Dit heet de '-1/+1'-regel. De EN15804(+A2) bouwt voort op een aantal andere normen voor de bepaling van GWP-biogeen. Eén daarvan is de **EN16449**. Deze norm biedt een simpele formule, op basis van standaardwaarden, voor het biogeen koolstofgehalte van hout en op hout gebaseerde producten. De standaardwaarden betreffen vochtgehalte, koolstoffractie en dichtheid van houtsoorten. Voor biobased producten anders dan hout biedt de norm **EN16760** belangrijke richtlijnen, ook wat betreft materiaalgebonden CO₂-opslag. Deze norm staat toe dat dezelfde formule als uit de EN16449 wordt toegepast, maar dan met specifieke waarden per product. De norm biedt ook richtlijnen voor het waarderen van de tijdelijke klimaateffecten van biogene koolstofvastlegging, uitgaande van CO₂-opslag in jaar 0 en heruitstoot bij einde levensduur. De koolstoffractie van een product op basis van niet-houtige biomassa mag bepaald worden aan de hand van literatuurwaarden en massabalans. **EN16785** biedt expliciete richtlijnen voor het toepassen van deze literatuurwaarden en voor vereiste onderzoeken indien literatuurwaarden niet beschikbaar zijn. Voor meer informatie over relevante LCA-normen, zie [deze publicatie](#) van SGS Search. In tegenstelling tot de berekeningsmethodiek van SGS Search benut deze Bepalingsmethode expliciet niet de optionele rekenmethode van de EN16760 voor waardering van dynamische, tijdelijke klimaateffecten. Deze Bepalingsmethode richt zich enkel tot de fysieke hoeveelheid materiaalgebonden CO₂-opslag. Indien gewenst of voorgeschreven door beleid kunnen de uitkomsten van deze Bepalingsmethode gebruikt worden om dynamische waardering toe te passen. Zie Paragraaf 3.1, Box 3 voor verdere toelichting.

3. Rekenmethodiek

3.1 Databronnen en voorwaarden

De berekening van materiaalgebonden CO₂-opslag stoelt op correcte data van het biogene koolstofgehalte per eenheid van een of meerdere bouwproducten, uitgedrukt in CO₂-equivalent. Deze waarde wordt vastgesteld in de LCA van een bouwproduct, en is terug te vinden in een aparte alinea en in de milieueffectentabel als som van “GWP-biogeen” over modules A1 t/m A5.

Voor een officiële bepaling van materiaalgebonden CO₂-opslag dient de LCA verwerkt te zijn tot een geverifieerde **Environmental Product Declaration** (EPD) die is opgesteld conform de **EN15804+A2**. Zulke EPDs mogen ook verwerkt zijn tot **milieuverklaring** in de Nationale Milieudatabase (NMD). Tot slot geldt dat voor materiaalgebonden CO₂-opslag enkel producten meetellen die een levensduur (Reference Service Life; RSL) van **minimaal 35 jaar** hebben, conform de EU CRCF-verordening. Producten of onderdelen (zoals verpakking) met een levensduur korter dan 35 jaar leiden niet tot betrouwbare, langdurige CO₂-opslag en zijn daarom uitgesloten.

Samenvattend geldt:

- Materiaalgebonden CO₂-opslag wordt berekend op basis van biogeen koolstofgehalte;
- De waarde voor biogeen koolstofgehalte van een product komt uit een geverifieerde EPD conform EN15804+A2, of een productkaart in de NMD afgeleid van een dergelijke EPD;
- Enkel bouwproducten/elementen met een levensduur (RSL) van 35 jaar of meer kunnen meetellen voor de bepaling van materiaalgebonden CO₂-opslag.

Box 3. Verhouding met SGS Search rekenmethodiek

In de vorige versie van Het Nieuwe Normaal werd een andere bepalingsmethode toegepast: de rekenmethodiek zoals [voorgesteld](#) door SGS Search. Deze Bepalingsmethode verschilt op enkele punten van de eerdere rekenmethodiek om beter aan te sluiten op de in Hoofdstuk 2 genoemde normen en beleid. De voornaamste verschillen tussen de twee rekenmethodieken betreffen de omgang met levensduur. De methodiek van SGS Search rekende dynamisch, net als de oorspronkelijke Construction Stored Carbon [metric](#) van Climate Cleanup en ASN Bank. Dat houdt in dat de uitkomsten van fysieke materiaalgebonden CO₂-opslag worden vermenigvuldigd met een factor voor levensduur. In deze Bepalingsmethode is gekozen om levensduur en fysieke CO₂-opslag te scheiden en in plaats daarvan een ondergrens van 35 jaar aan te houden, conform de CRCF-verordening. Deze keuze maakt resultaten breder toepasbaar, minder ambigu en beter te controleren. Daarnaast is ook de voorgestelde factor V1 uit de SGS Search-methodiek niet overgenomen in deze Bepalingsmethode. Deze variabele betrof de duurzaamheid van inputs, maar is niet concreet uitgewerkt. Deze Bepalingsmethode veronderstelt dat factoren als duurzaamheid middels certificering gewaarborgd moet worden.

3.2 Vaststelling van biogeen koolstofgehalte per producteenheid

Deze paragraaf geeft achtergrondinformatie en duiding bij de vaststelling van het biogeen koolstofgehalte van een bouwproduct, zoals toegepast in een geverifieerde EPD volgens EN15804+A2. Deze paragraaf kan benut worden ter controle van EPDs, of voor bepaling van het biogeen koolstofgehalte van producten waar (nog) geen EPD beschikbaar van is. **Zie voor meer informatie en richtlijnen de normen EN15804+A2, EN16449 en EN16760.**

Biogeen koolstofgehalte kan op basis van een aantal meetbare variabelen worden vastgesteld en berekend. De relevante LCA-normen zoals beschreven in 2.4 refereren naar Formule (2a) voor de berekening van biogeen koolstofgehalte:

$$(2a) \quad P_{CO_2} = \frac{44}{12} \times C_b$$

Waarbij geldt dat:

$$C_b = cf \times \frac{\rho_\omega \times V_\omega}{1 + \frac{\omega}{100}}$$

symbool	beschrijving	eenheid
PCO_2	CO ₂ -equivalenten vastgelegd in het materiaal	kg CO ₂ e
C_b	Biogene koolstofvastlegging in het materiaal	kg C
44/12	Omrekenfactor: ratio massa CO ₂ / massa C	-
cf	Koolstoffractie van het materiaal bij 0% vocht	-
ρ_ω	Dichtheid van het materiaal bij vochtgehalte ω	kg/m ³
V_ω	Volume van het materiaal bij vochtgehalte ω	m ³
ω	Vochtgehalte	%

Wanneer niet het volume maar de massa van een product geldt als functionele eenheid, kan ook gerekend worden met Formule (2b):

$$(2b) \quad P_{CO_2} = \frac{44}{12} \times C_b$$

Waarbij geldt dat:

$$C_b = cf \times \frac{M_\omega}{1 + \frac{\omega}{100}}$$

symbool	beschrijving	eenheid
PCO_2	CO ₂ -equivalenten vastgelegd in het materiaal	kg CO ₂ e
C_b	Biogene koolstofvastlegging in het materiaal	kg C
44/12	Omrekenfactor: ratio massa CO ₂ / massa C	-
cf	Koolstoffractie van het materiaal bij 0% vocht	-
M_ω	Massa van het materiaal bij vochtgehalte ω	kg
ω	Vochtgehalte	%

Uit Formules (2a) en (2b) is op te maken dat een aantal variabelen invloed hebben op de berekening van biogeen koolstofgehalte. Van deze variabelen is “*cf*”, de koolstoffractie van een materiaal bij 0% vocht, een inherente materiaaleigenschap. De andere variabelen, te weten dichtheid, volume, massa en vochtgehalte, worden verklaard of aangenomen in een LCA/EPD. Hierbij geldt dat het volume of de massa van een product zijn bepaald in de producteenheid (bijvoorbeeld: de producteenheid is 1 kg). Indien de producteenheid als volume is uitgedrukt (m, m², of m³), dan dient de dichtheid ook verklaard te worden.

Standaardwaarden voor de koolstoffractie *cf*

De waarde voor *cf* ligt tussen de 0 en 1 afhankelijk van het aandeel koolstof in de moleculaire samenstelling van een materiaal. Voor veelvoorkomende materialen is de koolstoffractie uit de literatuur te halen, voor onbekende/innovatieve materialen is labonderzoek noodzakelijk.

De belangrijkste literatuurwaarden voor *cf* zijn te vinden in [Van den Oever et al. \(2024\)](#), in de online database [Phyllis](#) van TNO, of in de Ecoinvent database. Tabel 1 toont een overzicht.

Tabel 1. Overzicht van literatuurwaarden voor koolstoffractie van bio-based materialen (bron: Van den Oever et al., 2024, p. 16, Tabel 6).

Materiaal	Koolstoffractie (kg C / kg droge stof)	CO ₂ verwijderd uit de atmosfeer (kg CO ₂ / kg droge stof)
Cellulose	0,444	1,63
Vlasvezel	0,452	1,66
Hennepvezel	0,443	1,63
Vlasscheven	0,489	1,79
Hennepscheven	0,488	1,79
Tarwestro	0,467	1,71
Riet	0,480	1,76
Schapenwol	0,505	1,85
Kurk	0,598	2,19
Bamboe	0,492	1,81
Populierenhout	0,499	1,83
Vurenhout (spar)	0,498	1,82
Massaranduba hout	0,502	1,84
Zeeschelpen	0,120	0,44

EN16449 schrijft voor dat voor alle houtsoorten ook een standaardwaarde voor *cf* van **0,5 kg C/kg** gehanteerd mag worden, wat neerkomt op **1,83 kg CO₂/kg**. Daarnaast laat Tabel 1 zien dat als vuistregel voor alle bio-based materialen gesteld mag worden dat voor 1 kilogram droge stof gemiddeld 1,7 kilogram CO₂ uit de atmosfeer is verwijderd (**1,7 kg CO₂/kg**).

Omgang met samengestelde producten

Bij samengestelde producten is de bepaling van het biogeen koolstofgehalte iets ingewikkelder, omdat verschillende productcomponenten verschillende koolstoffracties hebben. Voor samengestelde producten geldt dat per component het biogeen koolstofgehalte C_b apart berekend moet worden volgens Formule (2a) of (2b). Vervolgens geeft Formule (3) het biogeen koolstofgehalte (en de CO₂-vastlegging) van het gehele samengestelde product:

$$(3) \quad P_{CO_2} = \frac{44}{12} \times C_{b,tot}$$

$$\text{Waarbij geldt dat: } C_{b,tot} = \sum_i (C_{b,i} \times f_i)$$

$$\text{En waarbij geldt dat: } \sum_i (f_i) = 1$$

symbool	beschrijving	eenheid
PCO ₂	CO ₂ -equivalenten vastgelegd in het materiaal	kg CO ₂ e
C _{b,tot}	Totale biogene koolstofvastlegging in het materiaal	kg C
44/12	Omrekenfactor: ratio massa CO ₂ / massa C	-
C _{b,i}	Biogene koolstofvastlegging in component i	kg C
f _i	Fractie/aandeel van component i in het gehele materiaal	-

Fictieve rekenvoorbeelden

1. Inblaasisolatie van tarwestro

Voor naisolatie van bestaande woningen wordt verhakseld tarwestro ingeblazen in wand- of dakelementen en tot een bepaalde dichtheid gevuld. De productkaart van de inblaasisolatie stelt dat de producteenheid **1 m²** is, met een referentiedikte van **100mm**. Na inzien van de achterliggende EPD blijkt dat het tarwestro wordt ingeblazen tot een dichtheid van **105 kg/m³** en met een vochtgehalte van ca. **13%**. Tot slot blijkt uit Tabel 1 dat tarwestro een koolstoffractie van **0,467** heeft. Het biogeen koolstofgehalte per producteenheid kan vastgesteld worden op:

$$(v1) \quad C_b = 0,467 \times \frac{105 \times 0,1}{1 + \frac{13}{100}} = 4,34 \text{ kg C / m}^2$$

Dit komt neer op **15,91 kg CO₂ / m²** bij 100mm dikte of **159,1 kg CO₂ / m³** inblaasisolatie.

2. Kruislaags gelamineerd hout

Voor de toepassing van kruislaags gelamineerd hout (CLT) als kolommen of liggers wordt een EPD benut met als functionele eenheid **1 m³** CLT met een dichtheid van **470 kg/m³**. Dit is een samengesteld product bestaande uit **99%** hout en **1%** lijm. Uit de EPD blijkt dat het toegepaste hout een gemiddeld vochtpercentage van **11%** heeft. Het CLT bestaat uit een diverse en wisselende samenstelling van houtsoorten, dus de standaardwaarde voor *cf* van **0,5** wordt toegepast. Het biogeen koolstofgehalte van de houtcomponent van het CLT komt uit op:

$$(v2) \quad C_b = 0,5 \times \frac{470 \times 1}{1 + \frac{11}{100}} = 211,71 \text{ kg C / m}^3$$

Voor de lijmcomponent van het CLT wordt in dit rekenvoorbeeld uitgegaan van een biogeen koolstofgehalte van 0 kg C / m³. Volgens Formule (2) kan het totale biogeen koolstofgehalte van het CLT vastgesteld worden op:

$$(v3) \quad C_{b,tot} = 211,71 \times 0,99 + 0 \times 0,01 = 209,59 \text{ kg C / m}^3 \text{ CLT}$$

Dit komt neer op 768,51 kg CO₂ / m³ CLT.

Box 4. Variatie van uitkomsten en verificatie in de praktijk

De uitkomsten van biogene koolstofgehalte-berekeningen zijn gevoelig voor onzekerheden of variaties in de waarden voor koolstoffractie, dichtheid en vochtgehalte. In een correct opgestelde LCA/EPD wordt gerekend met gemiddelden voor deze waarden en kan worden aangenomen dat de uitkomsten van deze berekeningen gemiddeld genomen betrouwbaar zijn. Voor verschillende toepassingen, zoals het uitkeren van *carbon credits*, is het echter aan te raden om de verklaarde waarden in de LCA/EPD te verifiëren in de praktijk. Dit kan middels audits van de productielocatie(s), of door bestaande certificeringen en controles te benutten.

Doorloop voor de verificatie van een berekening van biogeen koolstofgehalte deze stappen:

- Controleer of de juiste producteenheid is toegepast in Formule (2a) of (2b);
- Controleer of de juiste koolstoffractie uit de literatuur of normdocumenten is toegepast op conservatieve wijze;
- Indien Formule (2a) is toegepast: verifieer (steekproefsgewijs) in de praktijk of de productdichtheid overeenkomt met de verklaarde waarde;
- Indien Formule (2a) is toegepast: verifieer (steekproefsgewijs) in de praktijk of het volume van het product consistent en accuraat gemeten en bijgehouden wordt;
- Indien Formule (2b) is toegepast: verifieer (steekproefsgewijs) in de praktijk of de massa van het product consistent en accuraat gemeten en bijgehouden wordt;
- Verifieer (steekproefsgewijs) in de praktijk of het vochtgehalte van het product consistent en accuraat gemeten wordt en overeenkomt met de toegepaste waarde;

Zie voor meer informatie over en richtlijnen voor de verificatie van biogeen koolstofgehalte de certificeringsmethode [Biobased Construction](#), hoofdstuk 3.

3.3 Berekening materiaalgebonden CO₂-opslag op productniveau

Deze paragraaf veronderstelt een correcte bepaling van het biogeen koolstofgehalte per producteenheid in een EPD opgesteld conform EN15804+A2. Indien er twijfel bestaat over de correctheid, of het biogeen koolstofgehalte per producteenheid niet vooraf berekend is, raadpleeg dan Paragraaf 3.2 en de relevante normen uit Paragraaf 2.4.

Materiaalgebonden CO₂-opslag op productniveau wordt aangeduid met CSC ("Construction Stored Carbon") en gedefinieerd als de biogene koolstofvastlegging per producteenheid, uitgedrukt in kilogrammen CO₂-equivalenten, maal de hoeveelheid producteenheden die onderdeel uitmaken van de berekening, zoals getoond in Formule (4):

$$(4) \quad CSC = P_{CO_2} \times N$$

symbool	Beschrijving	eenheid
CSC	Materiaalgebonden CO ₂ -opslag	kg CO ₂ e
P _{CO₂}	CO ₂ -equivalenten vastgelegd per producteenheid	kg CO ₂ e / eenheid
N	Hoeveelheid producteenheden	kg, m ³ , m ² of m

Om Formule (4) in de praktijk toe te passen, moet met twee factoren rekening gehouden worden:

1. De biogene koolstofvastlegging per producteenheid wordt niet altijd op consistente wijze verklaard en is daarom op verschillende wijzen terug te vinden in een EPD of productkaart.
2. Het is cruciaal om onderscheid te maken tussen de biogene koolstofvastlegging in het **product** en die in de **verpakking**. Deze dienen in een EPD apart van elkaar verklaard te worden, maar dit is in sommige EPDs niet duidelijk. In de milieueffectentabel staan deze twee waarden niet afzonderlijk gerapporteerd, maar dit is wel af te leiden.

Om de verschillen tussen EPDs te overkomen, is Formule (4) in vier varianten opgedeeld. Afhankelijk van de manier waarop biogene koolstofvastlegging per producteenheid is verklaard in een EPD/productkaart, wordt de corresponderende variant van Formule (4) gebruikt. Onderstaande varianten van Formule (4) staan in volgorde van voorkeur: bij voorkeur wordt variant 4.i gebruikt; indien dat niet mogelijk is, wordt variant 4.ii gebruikt, enzovoorts.

Variant 1

Deze variant is toe te passen wanneer het biogeen koolstofgehalte van een product in de EPD wordt verklaard in **kg CO₂eq** per functionele eenheid van het product **zonder** de verpakking.

$$(4.i) \quad CSC = CO_{2bio} \times N$$

symbool	beschrijving	eenheid
CSC	Materiaalgebonden CO ₂ -opslag	kg CO ₂ e
CO ₂ bio	Biogeen koolstofgehalte per producteenheid verklaard in kg CO ₂ -equivalenten	kg CO ₂ e / eenheid
N	Hoeveelheid producteenheden	kg, m ³ , m ² of m

Variant 2

Deze variant is toe te passen wanneer het biogeen koolstofgehalte van een product in de EPD wordt verklaard in **kg C** per functionele eenheid van het product **zonder** de verpakking.

$$(4.ii) \quad CSC = C_{bio} \times \frac{44}{12} \times N$$

symbool	beschrijving	eenheid
CSC	Materiaalgebonden CO ₂ -opslag	kg CO ₂ e
C _{bio}	Biogeen koolstofgehalte per producteenheid verklaard in kg koolstof	kg C / eenheid
44/12	Omrekeningsfactor C naar CO ₂	kg CO ₂ e / kg C
N	Hoeveelheid producteenheden	kg, m ³ , m ² of m

Variant 3

Deze variant is toe te passen wanneer het biogeen koolstofgehalte van een product in de EPD **niet** apart wordt verklaard voor het product, ofwel omdat de paragraaf ontbreekt, ofwel omdat niet vast te stellen is of de verpakking is meegenomen in het biogeen koolstofgehalte. In dit geval kan gebruik worden gemaakt van de milieueffectentabel, waarin biogeen koolstofgehalte is verwerkt in de indicator "Global Warming Potential – biogenic" (GWP-bio).

Omdat de koolstofvastlegging in het product en die in de verpakking beide in deze indicator zijn verwerkt, is het van belang om GWP-bio van module A1 t/m module A5 mee te nemen in de berekening. In module A1 worden beide vormen van vastlegging gedeclareerd; in module A5 komt de vastlegging in het product weer vrij als uitstoot. De som van GWP-bio in A1 t/m A5 reflecteert daarom de daadwerkelijke koolstofvastlegging in het bouwproduct zoals het is toegepast in een bouwwerk. Deze som dient vervolgens vermenigvuldigd te worden met (-1) omdat koolstofvastlegging in GWP als 'negatieve' CO₂-emissies wordt gedeclareerd.

(4.iii)

$$CSC = (-1 \times \sum_{m \in \{A1, \dots, A5\}} GWP_{bio,m}) \times N$$

symbool	beschrijving	eenheid
CSC	Materiaalgebonden CO ₂ -opslag	kg CO ₂ e
GWP _{bio}	Global Warming Potential - biogeen	kg CO ₂ e / eenheid
m	LCA module (A1, A2, A3, A4, A5)	-
N	Hoeveelheid producteenheden	kg, m ³ , m ² of m

Variant 4

Voor verouderde EPDs (bijvoorbeeld op basis van EN 15804+A1) of in gevallen waar er geen (openbare) EPD beschikbaar is, geldt dat varianten 1 t/m 3 niet toepasbaar zijn. In principe is er in dergelijke situaties geen geldige databron voor de berekening van materiaalgebonden CO₂-opslag, maar een indicatieve berekening kan wel gemaakt worden. Dan dienen conservatieve waarden gekozen te worden voor de variabelen zoals benoemd in Paragraaf 3.2. Voor op hout gebaseerde producten (d.w.z. het product bestaat uit ten minste 95% houtachtige biomassa) zijn deze conservatieve waarden vast te stellen op basis van EN16449. Voor andere producten geldt dat koolstofgehalte, dichtheid en vochtgehalte variabel zijn en per product moeten worden vastgesteld. Voor houten producten met een bekend volume kan Variant 4 worden toegepast:

$$(4.iv) \quad CSC = \frac{44}{12} \times 0,45 \times \frac{\rho_{12}}{1 + \frac{12}{100}} \times N$$

symbool	beschrijving	eenheid
CSC	Materiaalgebonden CO ₂ -opslag	kg CO ₂ e
44/12	Omrekenfactor van C naar CO ₂	-
0,45	Conservatieve waarde voor de koolstoffractie van het houten product (de standaardwaarde in EN16449 is 0,5)	kg C / kg
ρ ₁₂	Dichtheid van de toegepaste houtsoort bij 12% vochtgehalte (zie EN 350-2*)	kg/m ³
N	Aantal kuub van het toegepaste houtproduct	m ³

*De standaard dichtheid van houtsoorten bij 12% vochtgehalte is terug te vinden in EN 350-2, of online via [Centrum Hout](#).

Box 5. Berekening van materiaalgebonden CO₂-opslag in NMD-rekensoftware

De berekening van materiaalgebonden CO₂-vastlegging hoeft niet handmatig per product gedaan te worden. Verschillende rekensoftware (zoals BCI Gebouw, GPR Materiaal, Bimpack) zijn direct gekoppeld aan milieuverklaringen in de NMD en kunnen brondata van biogeen koolstofgehalte per producteenheid direct koppelen aan het aantal producteenheden in een ontwerp. Voor de correcte en betrouwbare toepassing van Formule 4 in deze rekensoftware zijn een aantal richtlijnen van belang:

- Omdat alleen GWP-biogeen in elke productkaart consistent verklaard is, kan enkel **Variant 3** van Formule 4 altijd toegepast worden – gebruik daarom die variant;
- De berekening van materiaalgebonden CO₂-opslag dient alleen gemaakt te worden voor producten met een productlevensduur (RSL) van **35 jaar of hoger**;
- Omdat er een kans is dat GWP-biogeen in categorie 3 milieuverklaringen artificieel wordt opgehoogd (met een factor 1,3), dienen **alleen categorie 1 en 2 productkaarten** gebruikt te worden voor de berekening van materiaalgebonden CO₂-opslag;
- Volg de rapportagerichtlijnen uit Paragraaf 3.5 en vermeld duidelijk welke producten wel en niet bijdragen aan de getoonde uitkomst op basis van bovenstaande criteria.

3.4 Berekening materiaalgebonden CO₂-opslag op gebouwniveau

Deze paragraaf veronderstelt een correcte bepaling van materiaalgebonden CO₂-opslag per product. Zie Paragraaf 3.3 voor deze bepaling op productniveau.

Voor een verzameling (verschillende) bouwproducten en voor gebouwen waarvan de materiaalgebonden CO₂-opslag per product bekend is, is de totale materiaalgebonden CO₂-opslag eenvoudig te berekenen. Zie hiertoe Formule 5:

(5)

$$CSC_{totaal} = \sum_i CSC_i$$

symbool

CSC_{totaal}

CSC_i

beschrijving

Totale materiaalgebonden CO₂-opslag

Materiaalgebonden CO₂-opslag in product *i*

eenheid

kg CO₂e

kg CO₂e / product

Box 6. Toepassing voor CRCF-verordening

De uitkomsten van de berekening van totale materiaalgebonden CO₂-opslag (CSC_{totaal}) zijn te benutten ter onderbouwing van het *netto koolstofverwijderingsvoordeel* ('Net Carbon Removal Benefit'; NCRB) van een gebouw zoals gedefinieerd door de CRCF-verordening (zie 2.1). De factor 'CR_{total}' uit de berekening van NCRB correspondeert direct met CSC_{totaal}:

(6)
$$CR_{total} = \frac{1}{1000} \times CSC_{totaal}$$

symbool	beschrijving	eenheid
CR _{total}	Totale koolstofverwijdering van de activiteit	t CO ₂ e
CSC _{totaal}	Totale materiaalgebonden CO ₂ -opslag	kg CO ₂ e

De resulterende waarde voor CR_{total} kan worden gebruikt in Formule 1 uit Paragraaf 2.1.

3.5 Rapportage van uitkomsten en invoerwaarden

De uitkomst van een berekening van materiaalgebonden CO₂-opslag op product- of gebouwniveau wordt gegeven in **kg CO₂e**. Deze uitkomst dient vergezeld te worden van de invoerwaarden op basis waarvan de materiaalgebonden CO₂-opslag is bepaald. Onderstaande tabellen bieden een richtlijn en sjabloon voor het rapporteren van uitkomsten en invoerwaarden.

Tabel 2. Voorbeeldrapportage bij een berekening materiaalgebonden CO₂-opslag op **productniveau**.

Variabele	Eenheid	Invoerwaarde/uitkomst
Naam product	-	[Invoer: tekst]
Registratienummer EPD of NMD	-	[Invoer: code]
Levensduur	Jaar	[Invoer: getal ≥ 35]
Producteenheid in EPD	-	[Invoer: stuks, m, m ² , m ³ of kg]
CO ₂ -equivalenten vastgelegd per producteenheid	kg CO ₂ e	[Invoer: getal]
Schaling (dikte)	m	[Invoer: getal, default = 1]
Hoeveelheid	Aantal producteenheden	[Invoer: getal]
Materiaalgebonden CO ₂ -opslag	kg CO ₂ e	[Uitkomst Formule 4]

Tabel 3. Voorbeeldrapportage bij een berekening materiaalgebonden CO₂-opslag op **gebouwniveau**.

#	Naam product	EPD/NMD-registratie	Levensduur	Eenheid	CSC per eenheid	Schaling	Aantal eenheden	Subtotaal CSC
1	[Naam]	[Code]	[x] jaar	[stuks/ m/m ² / m ³ /kg]	[x] kg CO ₂ e	[x] meter (default = 1)	[getal]	[x] kg CO ₂ e
2								
etc.								
Totale materiaalgebonden CO₂-opslag								[x] kg CO₂e

Op basis van bovenstaande rapportagesjablonen is onder andere te controleren of:

- Geldige EPDs of productkaarten zijn gebruikt;
- Enkel producten met een levensduur langer dan 35 jaar zijn gebruikt;
- Uitkomsten intern consistent zijn (bijv. juiste vermenigvuldiging van schaling);
- Uitkomsten extern consistent zijn (bijv. CSC per eenheid en levensduur zijn correct overgenomen uit de EPD/productkaart).