

**Kunde:** Internt  
**Projekt:** Artikel: Biogene materialer  
**Dokumenttype:** Notat  
**Version:** 2.0  
**Dato:** 31-10-2023  
**Udarbejdet af:** Anders S. Ravn | BygherrePartner ApS  
**Godkendt af:** Mikkel T. B. Volden | BygherrePartner ApS

---

## Indhold

1	Kan biogene materialer have et negativt CO2-aftryk (i LCA)?	1
1.1	Introduktion	1
1.2	Kan biogene materialer have et negativt CO2-aftryk?	2
1.2.1	'0/0' og '-1/+1' -metoden	2
1.2.2	Dynamiske LCA-metoder	4
1.2.3	Dynamiske metoder bør ikke stå alene	5
1.3	Opsummering	6



# 1 KAN BIOGENE MATERIALER HAVE ET NEGATIVT CO<sub>2</sub>-AFTRYK (I LCA)?

## 1.1 Introduktion

Træ og andre biogene materialer er meget omdiskuteret som materialer, og fremstår af og til endda som havende en negativ CO<sub>2</sub>-udledning, dvs. en overordnet kølende klimaeffekt. Dette ses fx i CINARK's materialepyramide<sup>1</sup>.

Dette er dog en misforståelse, som ikke bør opstå hvis man følger retningslinjerne i EPD-standarden EN15804. Disse beregningsmetoder er også dem, som bruges i LCAByg.

Når træ vokser, optager det CO<sub>2</sub> fra luften, som det binder som kulstof (C) og frigiver ilt. Cirka halvdelen af et træes vægt er kulstof, som det har optaget fra atmosfæren. Når træet bortskaffes, fx afbrændes i dansk kontekst, frigives dette kulstof som CO<sub>2</sub> igen. En generel antagelse omkring træers kulstofkredsløb er, at hvis træet kommer fra "bæredygtigt skovbrug", så er kulstofkredsløbet klimaneutralt. Dette er **nøgleantagelsen** i hhv. '0/0'- og '-1/+1'-metoden, hvor førstnævnte ser bort fra træets bundne kulstof, mens sidstnævnte medregner optaget negativt, og frigivelsen ved bortskaffelsen positivt, så de tilsammen giver 0. Frigivelsen ved bortskaffelse SKAL medregnes, ligegyldigt, hvordan træmaterialet bortskaffes.

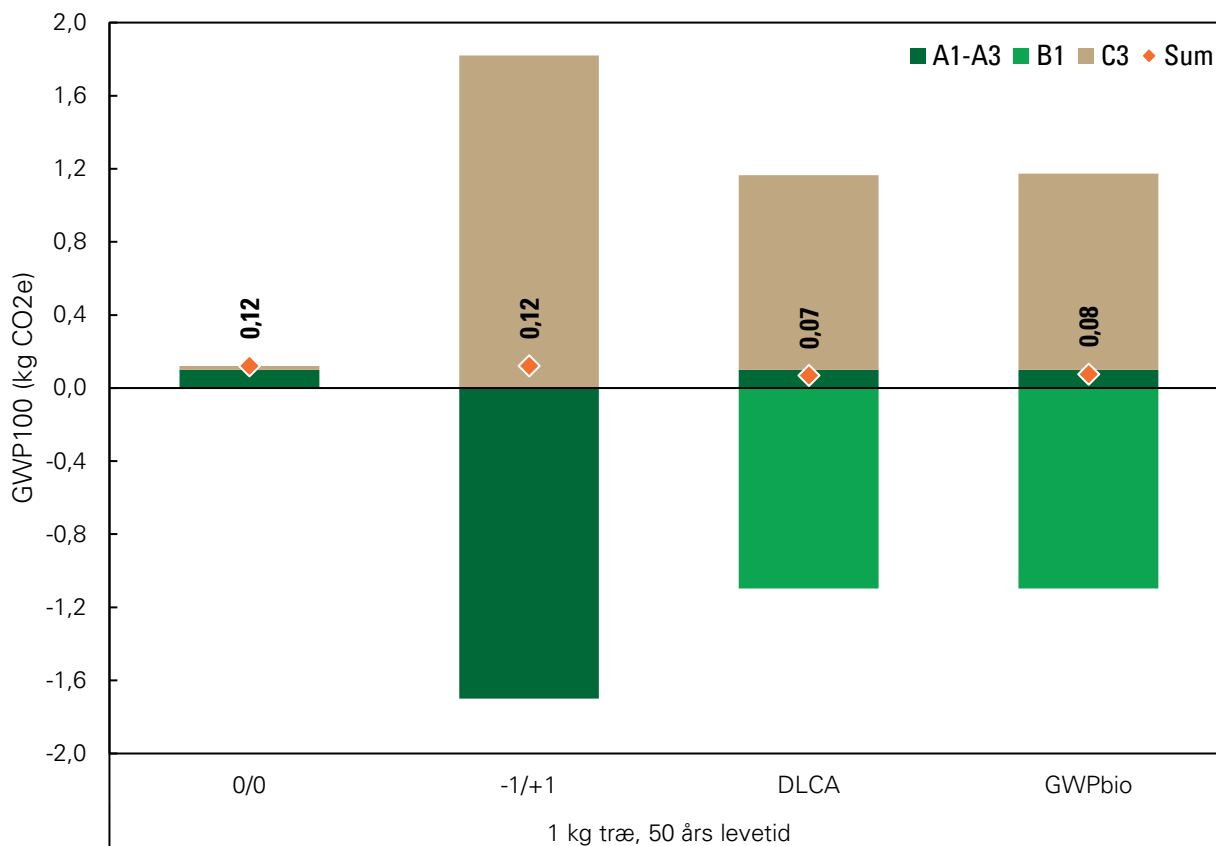
Herudover findes der dynamiske LCA-metoder, der oftest anvendes i forskningen, som tager højde for de tidsmæssige perspektiver, herunder hvor lang tid det tager for træet at gro, og hvor længe det opbevares i bygningen. Generelt bør man være påpasselig ved negative klimapåvirkninger, som ikke bør forekomme, hvis man følger EPD-standarden. Hvis man benytter andre metoder og herved får negative klimapåvirkninger, bør man redegøre for, under hvilke forudsætninger resultaterne er fremkommet og overveje, hvilke konsekvenser dette kan have for efterspørgslen på materialet. Her kan en øget efterspørgsel gennem markedsøkonomiske kræfter ændre på forudsætningen for ens udregning fremadrettet.

---

<sup>1</sup> <https://www.materialepyramiden.dk/>



## 1.2 Kan biogene materialer have et negativt CO<sub>2</sub>-aftryk?



Figur 1.1: GWP100-resultater for produktion og bortskaffelse af 1 kg træ jf. forskellige beregningsmetoder. Der er benyttet et normalfordelt vækstforløb for træet med en rotationsperiode på 90 år.

En udbredt misforståelse blandt aktører i byggebranchen er, at biobaserede materialer (som træ) kan have et negativt CO<sub>2</sub>-aftryk, som det fx ses i 'Materialepyramiden' udgivet af CINARK<sup>2</sup>. Dette lader sig ikke gøre, hvis man følger EPD-standarden EN15804.

Misforståelsen beror på en ufyldstgørende brug af den såkaldte '-1/+1'-metode til at opgøre 'biogent kulstof'<sup>3</sup>. Biogent kulstof er den mængde kulstof træet binder gennem fotosyntese, hvor CO<sub>2</sub> i luften bindes som kulstof i træet, og ilt frigives. En tommelfingerregel er, at ca. halvdelen af træets tørvægt er kulstof. Omregningsfaktoren fra kulstof (C) til CO<sub>2</sub> er 44/12, hvilket giver at 1 kg knastørt træ har optaget ca. 1,8 kg CO<sub>2</sub>.

### 1.2.1 '0/0' og '-1/+1' -metoden

Indenfor LCA og EPD'er er især to metoder for at opgøre biogent kulstof udbredt: '0/0' og '-1/+1'. Begge metoder antager, at træet (eller andet biogent materiale) er del af et neutralt kulstofkredsløb, og derfor også klimaneutralt. Begge metoder er beskrevet i standarden EN16760. En vigtig præmis for at retfærdiggøre antagelsen om et neutralt kulstofkredsløb er, at træet skal oprinde fra "bæredygtig" skovvækst, hvilket betyder, at tilvæksten af biomasse er lig med eller større end hugsten.

<sup>2</sup> <https://www.materialepyramiden.dk/>

<sup>3</sup> Andersen, C. M. E., Rasmussen, F. N., Habert, G., & Birgisdottir, H. (2021). Embodied GHG Emissions of Wooden Buildings — Challenges of Biogenic Carbon Accounting in Current LCA Methods. *Frontiers in Built Environment Front. Built Environ.*, 7, [729096]. <https://doi.org/10.3389/fbuil.2021.729096>



Desuden kan træet ikke regnes som kulstofneutralt, hvis træet stammer fra naturskov, ligegyldigt om der genplantes skov på området eller ej.

### Eksempel: '0/0' -metoden

Hvis man tager udgangspunkt i 1 kg træ, som beskrevet ovenfor, vil optaget af CO<sub>2</sub> på 1,8 kg ikke blive medregnet i 0/0-metoden. Dette betyder ikke, at træ opgjort efter '0/0'-metoden ikke har nogle klimapåvirkninger, da der i produktionen af træet bl.a. bruges maskiner til fældning, transport og bearbejdning, som alle medfører en klimapåvirkning. For at give et eksempel, antager vi at klimapåvirkningen fra produktionsfaserne (uden biogent kulstof) at være 0,1 kg CO<sub>2</sub>e<sup>4</sup>. Desuden forekommer der en klimapåvirkning, når træet afskaffes (hvilket typisk vil være afbrænding med det formål at producere energi). Lad os antage at klimapåvirkningen herfra er 0,02 kg CO<sub>2</sub>e. Den samlede udregning for klimaaftrykket for 1 kg træ er således:

$$Prod_{A1-3} + EOL_{C3} = 0,1 \text{ kg Co2e} + 0,02 \text{ kg CO2e} = 0,12 \text{ kg CO2e}$$

Det vil sige at 1 kg. træ har et klimaaftryk på 0,12 kg CO<sub>2</sub>e jf. '0/0'-metoden.

### Eksempel: '-1/+1' -metoden

Benytter man i stedet '-1/+1'-metoden medregner man optaget af 1,8 kg CO<sub>2</sub> med negativt fortegn i produktionsfasen. Dette optag skal balanceres af en udledning på samme størrelse ved endt levetid, så kulstofkredsløbet går i nul. Derfor skal summen for hhv. '0/0'- og '-1/+1'-metoden være det samme. Udregningen for 1 kg træ med '-1/+1'-metoden kan ses nedenfor:

$$Prod_{A1-3} + EOL_{C3} = (0,1 \text{ kg Co2e} - 1,8 \text{ kg CO2e}) + (0,02 \text{ kg CO2e} + 1,8 \text{ kg CO2})$$

↓

$$Prod_{A1-3} + EOL_{C3} = -1,7 \text{ kg CO2e} + 1,82 \text{ kg CO2e} = 0,12 \text{ kg CO2e}$$

Det vil sige at 1 kg. træ har et klimaaftryk på 0,12 kg CO<sub>2</sub>e jf. '-1/+1'-metoden.

Som man kan se af de to udregninger, så er summen ved brug af begge metoder den samme. Forskellen i de to metoder er således om det forekommer, at det største bidrag til global opvarmning ligger i produktions- eller bortskaffelsesfasen. Desuden kan man se, at ved at bruge '0/0'-metoden kan det biogene materiale aldrig have en negativ påvirkning – det kan '-1/+1'-metoden derimod, hvis man **kun** betragter produktionsfasen og udelukker bortskaffelsesfaserne. Dette er netop, hvad der er gjort i Materialepyramiden, og en væsentlig påvirkning er således udeladt.

Begge metoder er blevet kritiseret for at se bort fra det biogene materiales rotationsperiode, dvs. hvor lang tid det tager at gro samme mængde biomasse, som er blevet høstet, samt at se bort fra effekten af at lagre det biogene materiale, og således udskyde udledningen af CO<sub>2</sub>. Men i EN16760 fremgår det, at midlertidig oplagring af biogent kulstof må deklarerer separat vha. ILCD-metoden<sup>5</sup>. Denne metode tager dog ikke højde for rotationsperioden, som ligeledes kan betyde meget for biogene materials klimaaftryk.

<sup>4</sup> Tallene er baseret på miljødata fra Ökobau: [7aba3603-0689-4da5-8d24-fd92ae398d07](https://www.eko-bau.de/produkte/7aba3603-0689-4da5-8d24-fd92ae398d07)

<sup>5</sup> ILCD Handbook, afsnit 7.4.3.7.3: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/111111111/15651>



### 1.2.2 Dynamiske LCA-metoder

Der findes såkaldte dynamiske LCA-metoder, der tager højde for både oplagrings- og rotationsperioden, hvor de to mest udbredte er 'Dynamisk LCA' (DLCA) og 'GWP<sub>bio</sub>'<sup>6</sup>. Ved hjælp af funktioner, som tager højde for drivhusgassers forgængelighed i atmosfæren, er det muligt at udregne deres akkumulerede effekt, alt efter hvornår de udledes, opholdt mod en defineret tidshorisont. Har man fx en tidshorisont på 100 år, vil 1 kg CO<sub>2</sub> udledt i det første år have 100 år til at påvirke drivhuseffekten, mens 1 kg CO<sub>2</sub> udledt efter 40 år, kun vil have 60 år til at påvirke drivhuseffekten indenfor tidshorisonten. Ligeledes vil et langsomt-voksende træ bruge længere tid på at optage CO<sub>2</sub> fra atmosfæren, og den akkumulerede effekt af CO<sub>2</sub>-optaget vil således være mindre, end ved en hurtig-voksende afgrøde.

#### DLCA

I DLCA betragter man alle aktiviteter ift. den definerede tidshorisont, hvor både biogene og fossile processer har mindre påvirkning, jo senere de sker. Hvis en proces antages at ske efter tidshorisonten, har den ingen påvirkning.

#### GWP<sub>bio</sub>

I GWP<sub>bio</sub> betragter man udelukkende det biogene materiales kulstofkredsløb i et dynamisk perspektiv. Typisk betragter man væksten af biomasse efter man har høstet materialet til sit projekt. Dette er både fordi det giver de mest konservative resultater, samt understøtter at materialet er en del af et kontinuert kredsløb.

#### Opbevaringstid og rotationsperiode

Ved brug af disse to dynamiske metoder, er forholdet mellem det biogene materiales opbevaringstid/levetid og rotationsperioden (dvs. tiden det tager at "gen-gro" samme mængde materiale) afgørende for, om materialets kulstofkredsløb kan betegnes som CO<sub>2</sub>-neutralt indenfor den definerede tidshorisont. En tommelfingerregel er, at opbevaringstiden ca. skal være halvt så lang som rotationsperioden, for at materialets CO<sub>2</sub>-flow kan opfattes som klimaneutralt inden for tidshorisonten<sup>7</sup>. Hvis *hele produktet* skal være CO<sub>2</sub>-neutralt, skal det således opbevares længere, for at udledningen af den biogene CO<sub>2</sub> har mindre tid indenfor tidshorisonten, til at påvirke drivhuseffekten og optaget af CO<sub>2</sub> derved også kan kompensere for udledninger i forbindelse med produktion af materialet.

Der findes forskellige metoder for at tage højde for rotationsperioden. Den ene betragter kun træets vækst, og er i dette eksempel simpelt regnet som en normalfordelt kurve. En anden metode er at betragte skoven, som træmaterialet kommer fra, hvor skoven overordnet set kan udlede eller optage CO<sub>2</sub>. Dette afhænger af mange ting, bl.a. dyrknings- og fældningsmetoden, samt den geografiske placering. Denne dimension af skovdrift kan opnås ved at benytte "Net Ecosystem Productivity"

---

<sup>6</sup> Hoxha, E., Passer, A., Saade, M. R. M., Trigaux, D., Shuttleworth, A., Pittau, F., Allacker, K., & Habert, G. (2020). Biogenic carbon in buildings: a critical overview of LCA methods. *Buildings and Cities*, 1(1), 504-524. <https://doi.org/10.5334/bc.46>

<sup>7</sup> Guest, G., Cherubini, F. & Strømman, A. H. (2012). Global Warming Potential of Carbon Dioxide Emissions from Biomass Stored in the Anthroposphere and Used for Bioenergy at End of Life. *Industrial Ecology*, 17. <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2012.00507.x>



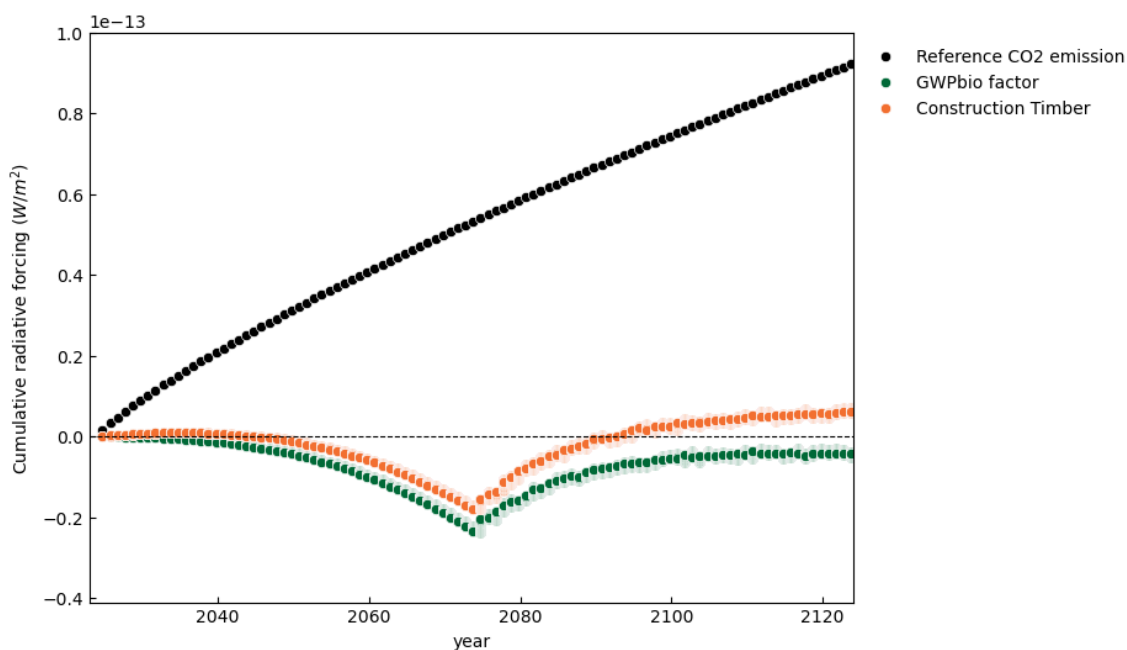
(NEP) funktioner, der beskriver tilvæksten af biomasse (NPP<sup>8</sup>), fratrukket respiration/oxidation fra skovbunden og fx nedfaldne blade (RH).

Dynamiske metoder er stadig "nye", men vinder langsomt indpas i den videnskabelige litteratur. For nu, er det dog ikke en del af eksempelvis standarden for EPD'er, EN15804, hvor der ellers med den seneste opdatering er kommet et større fokus på biogene materials kulstofkredsløb. Kredsløbet regnes i en kategori for sig, og mængden af biogent kulstof i produkt og indpakning skal rapporteres eksplicit.

### 1.2.3 Dynamiske metoder bør ikke stå alene

De dynamiske metoder bør ikke stå alene, da resultaterne er meget afhængige af den definerede tidshorisont og den formodede levetid, som beror på antagelser. Desuden kan man få negative resultater, hvis afskaffelsen af det biogene produkt sker efter tidshorisonten er udløbet, eller hvis man har et hurtigt-voksende materiale med en lang opbevaringstid. Negative resultater kan lede til større efterspørgsel i et forsøg på at nedbringe bygningens overordnede CO<sub>2</sub>-aftryk. I sådan en situation er det vigtigt at overveje hvilke konsekvenser, en øget efterspørgsel kan have: kan man producere nok biogent materiale? Får man stoppet eller rykket produktionen af andre afgrøder? Leder det til (øget) skovrydning?

Styrken ved at benytte dynamiske resultater er til gengæld, at kortsigtede effekter af et materialebrug kan analyseres, som det ses på nedenstående Figur 1.2. Desuden kan de dynamiske resultater skubbe til, at man overvejer materialets levetid i bygningen, og eventuelt hvordan denne kan forlænges, så der kan opnås de bedst mulige klimamæssige resultater. Da kulstofkredsløbet er antaget at være neutralt (dvs. optaget er lige så stort som udledningen ved EOL), vil det biogene kulstofkredsløb være klimaneutral i et uendeligt tidsperspektiv.



Figur 1.2: Tidslinje for akkumuleret strålingseffekt for hhv. ét kg CO<sub>2</sub> (reference), produktion af 1 kg træ (som beskrevet ovenfor) og det biogene kulstofkredsløb (GWP<sub>bio</sub>) for 1 kg træ.

<sup>8</sup> NPP: Net Primary Production. RH: Heterotrophic respiration.



Den 100-årige tidshorizont anvendt her, kan anses for at være arbitrær. Den er valgt på baggrund af tidshorizonten for GWP100, men denne muliggør blot sammenligning mellem forskellige drivhusgasser. Derfor kan det også diskuteres om tidshorizonten bør være længere, for ikke at undlade for store dele af påvirkningen fra afskaffelsesfasen.

### 1.3 Opsummering

Man kan ikke få negative resultater for biogene materialer med de nuværende, statiske LCA metoder. Ved brug af dynamiske metoder kan man få negative resultater, hvis man benytter en hurtigtvoksende afgrøde, som man sikrer, får en lang levetid i bygningen. Men her er det vigtigt at være opmærksom på, hvilke konsekvenser negative resultater kan medføre. Ved at kombinere statiske og dynamiske resultater kan man fremhæve både de kort- og langsigtede klimapåvirkninger af et biogent materialevalg.

*Du kan læse mere om biogent carbon i: Ravn, A. (2023). Critical review of methods for calculating biogenic carbon in LCA and application in case study of bio-based building materials (Speciale). Danmarks Tekniske Universitet.*

