



RAMBOLL



## BAGGRUNDSRAPPORT

**Dato:**

Juni 2020

**Udarbejdet af:**

Rambøll

**Udarbejdet for:**

Foreningen Træ i Byggeriet, støttet af Træfonden

# CO<sub>2</sub>-BESPARELSE VED TRÆBYGGERI

**SAMMENLIGNINGSSTUDIE AF TRÆBYGGERI  
OG KONVENTIONELT BYGGERI**

# **CO<sub>2</sub>-BESPARELSE VED TRÆBYGGERI**

## **SAMMENLIGNINGSSTUDIE AF TRÆBYGGERI OG KONVENTIONELT BYGGERI**

Projekt navn **CO<sub>2</sub>-besparelse ved træbyggeri**  
Projektnr. **1100041720**  
Modtager **Lauritz Rasmussen**  
Dokumenttype **Rapport**  
Version **1.1**  
Dato **15/06/2020**  
Udarbejdet af **Lise Hvid Horup Sørensen & Rikke Schack (beregninger) & Christine Collin (rapport)**  
Kontrolleret af **Sarah Brudler**  
Godkendt af **Christine Collin**  
Beskrivelse **Sammenligningsstudie af konventionelt byggeri og træbyggeri, baseret på fire casestudier**  
Case 1: Enfamiliehuse  
Case 2: Rækkehus  
Case 3: Etageboliger (4 etager)  
Case 4: Produktionshal

## INDHOLDSFORTEGNELSE

<b>1.</b>	<b>Forord</b>	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b>Sammenfatning</b>	<b>4</b>
<b>3.</b>	<b>Afgrænsning</b>	<b>5</b>
<b>4.</b>	<b>Metode</b>	<b>6</b>
4.1	Systemafgrænsning	6
<b>5.</b>	<b>Case 1 - Enfamiliehus</b>	<b>8</b>
5.1	Beskrivelse af casen	8
5.1.1	Funktionel enhed	8
5.1.2	Scenariebeskrivelser	8
5.2	Analyse	9
5.2.1	Globalt opvarmningspotentiale for hele livscyklus	9
5.2.2	Analyse af globalt opvarmningspotentiale fra bygningsselementer	9
5.2.3	Analyse af globalt opvarmningspotentiale fra livscyklusstadier	10
5.3	Delkonklusion - Enfamiliehus	11
<b>6.</b>	<b>Case 2 – Rækkehus</b>	<b>12</b>
6.1	Beskrivelse af casen	12
6.1.1	Scenariebeskrivelser	12
6.1.2	Funktionel enhed	13
6.2	Analyse	13
6.2.1	Globalt opvarmningspotentiale for hele livscyklus	13
6.2.2	Analyse af globalt opvarmningspotentiale fra bygningsselementer	13
6.2.3	Analyse af globalt opvarmningspotentiale fra livscyklusstadier	14
6.3	Delkonklusion - Rækkehus	15
<b>7.</b>	<b>Case 3 - Etageboliger (4 etager)</b>	<b>16</b>
7.1	Beskrivelse af casen	16
7.1.1	Scenariebeskrivelser	16
7.1.2	Funktionel enhed	17
7.2	Analyse	17
7.2.1	Globalt opvarmningspotentiale for hele livscyklus	18
7.2.2	Analyse af globalt opvarmningspotentiale fra bygningsselementer	18
7.2.3	Analyse af globalt opvarmningspotentiale fra livscyklusstadier	19
7.3	Delkonklusion - Etageboliger	20
<b>8.</b>	<b>Case 4 - Produktionshal</b>	<b>21</b>
8.1	Beskrivelse af casen	21
8.1.1	Scenariebeskrivelser	21
8.1.2	Funktionel enhed	22
8.2	Analyse	22
8.2.1	Globalt opvarmningspotentiale for hele livscyklus	22
8.2.2	Analyse af globalt opvarmningspotentiale fra bygningsselementer	22
8.2.3	Analyse af globalt opvarmningspotentiale fra livscyklusstadier	23
8.3	Delkonklusion - Produktionshal	24
<b>9.</b>	<b>Konklusion</b>	<b>25</b>
9.1	Sammenligning med referencebygninger	26
9.2	Følsomhed	27
9.3	Perspektivering	28
<b>10.</b>	<b>Appendix</b>	<b>28</b>

# 1. FORORD

Formålet med denne rapport er at belyse de mulige miljømæssige besparelser (baseret på reduceret CO<sub>2</sub>), der kan opnås ved at forøge brugen af træ og træbaserede produkter i nybyggeri i Danmark.

Globalt står byggeriet for omkring 39%<sup>1</sup> af de samlede klimapåvirkninger, hvoraf ca. 28% stammer fra bygningens drift, og ca. 11% stammer fra forbruget af materialer til nybyggeri. Hidtil har indsatsen for at reducere klimapåvirkningen fra bygninger primært været koncentreret om at nedbringe udledninger fra driften. Forskning offentliggjort af FN's Klimapanel<sup>1</sup> påviser dog, at det er nødvendigt at reducere enhver form for klimabelastning markant over de næste ti år for at forhindre en temperaturstigning på over 1,5 grader.

I Danmark er det i dag helt naturligt, at der hører et energiregnskab med til ethvert byggeri, men der er ikke krav om at se på bygningens miljø- og klimapåvirkning fra byggematerialerne. Bæredygtige bygningscertificeringer såsom DGNB har stillet krav om anvendelsen af livscyklusvurderinger (LCA<sup>2</sup>) for netop at sætte fokus på miljø- og klimapåvirkninger fra hele bygningens levetid, herunder både driftsenergiforbruget og byggematerialerne. Det har derfor vist sig, at det store fokus på nedbringelse af energiforbruget til bygningers drift har været så effektivt, at energiforbruget til opførelsen af nybyggeri i dag er lige så stort som energiforbruget i hele bygningens levetid. Forskning viser at ved nybyggeri i Danmark udgør byggematerialerne over 50-80% af klimapåvirkningerne sammenlignet med driftsenergiforbruget over en 50-årig periode<sup>3</sup>.

Det er derfor helt afgørende at se nærmere på de materialer, der bygges med, for at nedbringe miljøpåvirkningerne ved byggeriet. I denne rapport belyses de mulige CO<sub>2</sub>-besparelser, som kan opnås i nybyggeri ved at konvertere traditionelle løsninger med tegl, stål og beton til træ og træbaserede produkter.

Rapporten er udarbejdet af Rambøll i 2020 for foreningen Træ i Byggeriet. Rapportens forfattere er Rikke Schack, Lise Hvid Horup Sørensen og Christine Collin. Selve analysearbejdet er blevet fagfællebedømt af Sarah Brudler.

Rambøll takker for muligheden for at arbejde med dette vigtige emne og for at kunne bidrage til vidensgrundlaget om bygningers klimabelastning.

<sup>1</sup> UN Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC 2018 report, *Global Warming of 1,5°C*, <https://www.ipcc.ch/sr15/>

<sup>2</sup> Life Cycle Assessment

<sup>3</sup> SBI 2017:08 Bygningers indlejrede energi og miljøpåvirkninger – vurderet for hele bygningens livscyklus

## 2. SAMMENFATNING

Nærværende rapport præsenterer livscyklusvurderinger (LCA) af fire konkrete bygnings-cases med hver fire variationer bestående af hhv. et enfamiliehus, en rækkehusbebyggelse, en etageejendom og en produktionshal. Beboelsesejendommene er alle opført i perioden 2018-2020, mens produktionshallen er opført i 2006. Case-bygningerne er træbyggerier, som stammer fra Træ i Byggeriets medlemsvirksomheder. Rambøll har modelleret tilsvarende konventionelle byggerier for hver case og har udført livscyklusvurderinger for samtlige variationer. Variationerne over case-bygningerne har tilsvarende konstruktive bæreevne og energiklasse som den reelle case således, at sammenligning er muligt.

Gennem de fire konkrete cases anskueliggøres det hvor store CO<sub>2</sub>-besparelser, der kan opnås ved forskellige typer af byggeri i træ. Rapporten belyser den potentielle CO<sub>2</sub>-besparelse ved at konvertere til træbyggevarer i forskellige bygningskategorier og bygningskomponenter. Yderligere information om analysens forudsætninger og delresultater kan læses i baggrundsrapporten.

Casestudierne analyseres først som konventionelle stål- og betonkonstruktioner (trin 1) og konverteres herefter trinvis til træbaserede konstruktioner og bygningsdele. For alle fire casestudier udgjorde konverteringen af de konstruktive elementer de største potentielle CO<sub>2</sub>-besparelser. De samlede potentielle CO<sub>2</sub>-besparelser varierede 34,5-45,2% for de fire cases svarende til mellem 97 og 220 kg CO<sub>2</sub>-ækv. pr. m<sup>2</sup>.

For at kunne sammenligne de fire case-byggerier i denne rapport med andre bygninger, er resultaterne tillagt en repræsentativ middelværdi for tekniske installationer jævnfør SBI-rapporten Klimapåvirkning fra 60 bygninger<sup>4</sup> på 0,46 kg CO<sub>2</sub>-ækv/m<sup>2</sup>. Dermed ligger resultaterne fra træbyggerierne i intervallet 2,8-6,55 kg CO<sub>2</sub>-ækv/m<sup>2</sup>/år, hvilket er markant lavere end medianværdien for de 60 referencebygninger som ligger på 9,5 kg CO<sub>2</sub>-ækv/m<sup>2</sup>/år.

Dansk Byggeri anslog i 2019, at der vil blive påbegyndt opførsel af 28.500 boliger i 2020<sup>5</sup>, svarende til et fald på 1,3% i forhold til 2019, og at denne tendens vil fortsætte i de kommende år<sup>5</sup>. Ifølge Danmarks Statistik har et gennemsnitligt parcelhus et areal på 151 m<sup>2</sup>, mens arealet på henholdsvis et række- kæde- og dobbelthus er 93 m<sup>2</sup>, og for etageboliger 78 m<sup>2</sup>. Hvis samtlige nybyggede boliger i 2020 primært var træbaserede, er den potentielle CO<sub>2</sub>-besparelse derfor ca. 340.200 ton CO<sub>2</sub>-ækv.

Forudsættes 1,3% årligt fald i nybyggeriet af boliger frem mod 2030, vil den samlede besparelse være 3,51 mio. tons CO<sub>2</sub>-ækv. over de kommende 10 år. Dette svarer til en gennemsnitlig årlig besparelse på 14,5% af den samlede CO<sub>2</sub>-reduktion, som Danmark skal opnå for at leve op til målsætningen om 70% reduktion i 2030.<sup>6</sup>

Det er tydeligt, at byggebranchen kan bidrage til den nationale og globale målsætning om at minimere CO<sub>2</sub>-udledningen ved at træffe bevidste design- og materialevalg. Ved at udføre livscyklusvurderinger (LCA) for nybyggeri og renoveringsprojekter er det muligt at estimere potentielle miljøpåvirkninger, som tager højde for bygningens kontekst.

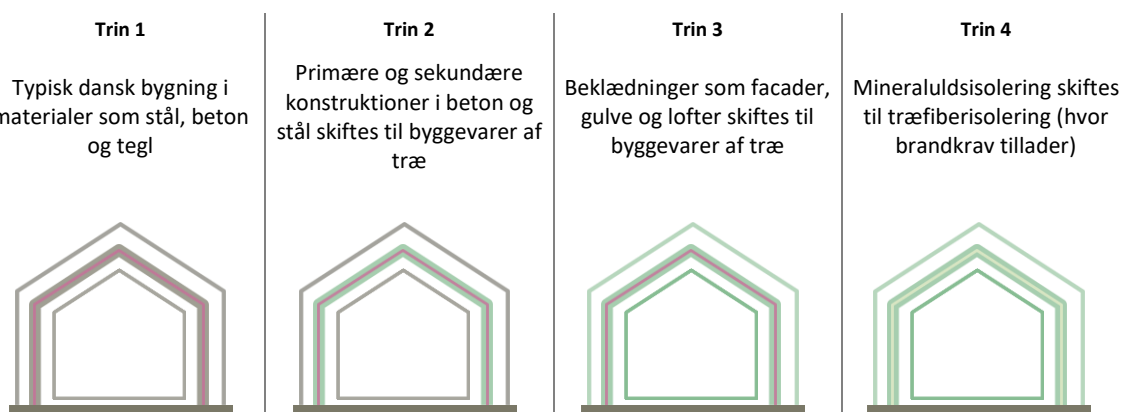
<sup>4</sup> SBI 2020:04 Klimapåvirkning fra 60 bygninger – Muligheder for udformning af referenceværdier til LCA for bygninger

<sup>5</sup> Dansk Byggeri Konjunkturanalyse marts 2019

<sup>6</sup> Kilde: DCE- Nationalt Center for Miljø og Energi, 2019. I opgørelsen fra DCE er ikke medtaget CO<sub>2</sub> fra importeret træ til forbrænding af biomasse, international søfart og luftfart og danske virksomheders aktiviteter i udlandet.

### 3. AFGRÆNSNING

Nærværende rapport indeholder fire case-baserede livscyklusvurderinger. Fire faktiske træbyggerier, der er grundlag for analysen, er gennem mængdeopgørelser og tegninger blevet konverteret til tilsvarende typisk dansk byggeri af beton, stål og tegl af Rambølls ingeniører. Casestudierne er, som skitseret nedenfor, analyseret først med udgangspunkt i en typisk dansk bygning bestående af fx stål, beton og tegl (trin 1) og er herefter trinvist blevet konverteret til konstruktioner og bygningsdele i træ. For hvert trin skiftes fortsat flere bygningsdele ud med byggevarer i træ.



Bygningerne sammenlignes på deres klimamæssige konsekvenser gennem en livscyklusvurdering (LCA). En LCA anvendes til at identificere miljøpåvirkning igennem hele levetiden for en byggevarer, en bygningsdel eller en bygning. Fra udvindingen af råmateriale, produktion og transport, til udførelsen på byggepladsen og vedligehold og udskiftning igennem bygningsdriften og afslutningsvis miljøpåvirkningerne ved endt levetid, når materialet, byggekomponenten eller bygningen skal bortskaffes eller genanvendes.

I denne rapport sammenlignes bygningers klimapåvirkninger relateret til materialevalget, og *energiforbruget* er derfor ikke medtaget i denne analyse. De sammenlignede bygninger har samme geometriske udformning og varmetab gennem klimaskærmen, og det antages derfor, at energiforbruget til drift er det samme og derved kan udelades. Dette er i overensstemmelse med ISO 14044:2006 kapitel 4.2.3.7. Tilsvarende antages bygningernes tekniske installationer, såsom vandrør og ventilationskanaler, at være ens i alle variationer af bygningen, og disse er derfor også udelukket af denne analyse. Casestudierne er konkrete træbygninger, som lever op til bygningsreglementets krav om brandsikkerhed og akustiske forhold, hvilket der også er taget hensyn til i konverteringen til byggeri i beton og stål.

Analysen er udført for foreningen Træ i Byggeriet og henvender sig til beslutningstagere omkring byggeri, herunder bygherrer, arkitekter, ingeniører, entreprenører og håndværkere og interessenter som brancheorganisationer, politikere og offentlige myndigheder.

Denne analyse er foretaget af Rambølls bæredygtighedsteam i forretningsenheden Byggeri, og er verificeret af Ph.d. i Livscyklusanalyser Sarah Brudler fra forretningsenheden Vand.

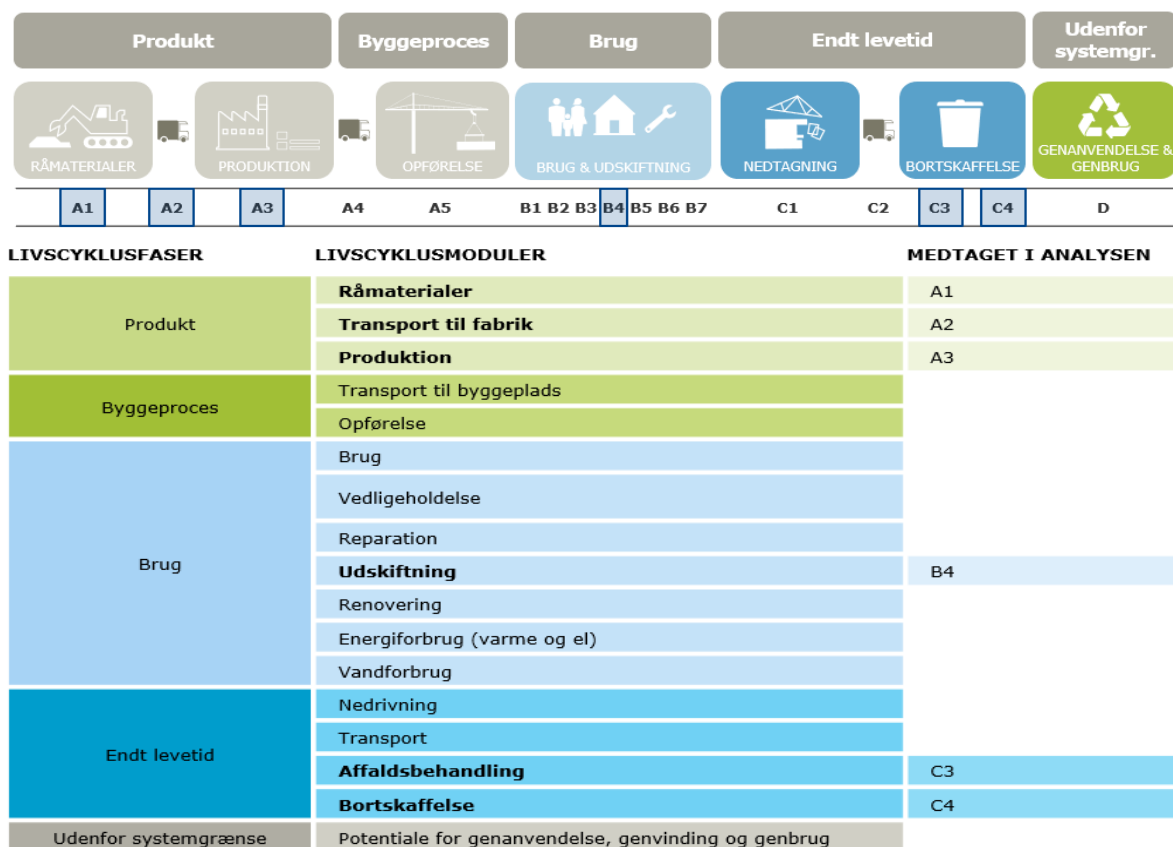
## 4. METODE

I en livscyklusvurdering (LCA) analyseres en bygnings klimapåvirkning igennem hele dets levetid, fra råmaterialeudvinding og produktion af materialer, til udskiftning af byggematerialer i løbet af brugsfasen i byggeriet og til sidst bortskaffelse af materialerne ved endt levetid. De fire cases er analyseret uafhængigt af hinanden men følger alle metoden beskrevet i dette afsnit.

### 4.1 Systemafgrænsning

Livscyklusvurderingen inkluderer de indlejrede påvirkninger, som er de påvirkninger, der relateres til bygningens materialeforbrug. Bygningens energiforbrug (B6) er i denne analyse ikke medtaget, da det antages, at energiforbruget for de forskellige bygninger er ens. I beregningen er medtaget de livscyklusfaser, som fremgår i **Error! Reference source not found.**, og afspejler bæredygtigheds-certificeringen DGNB. Beregningerne er udført før lanceringen af den nye frivillige bæredygtighedsklasse, hvor A4 (Transport til byggeplads) og A5 (Opførelse) er med. De nye branche-specifikke EPD'er for træprodukter, som indgår i beregningerne, indeholder transport fra Sverige til lager i Danmark. Faserne A4 og A5 vil potentielt give relative CO<sub>2</sub>-besparelser til træbyggeri pga. træets lave vægt.

Figur 1: Byggeriets livscyklus



### Funktionel enhed

For at sikre korrekt sammenligningsgrundlag bestemmes den funktionelle enhed for hver case. Den funktionelle enhed beskriver og kvantificerer de egenskaber ved bygningen, der skal være til stede, for at den undersøgte substitution kan finde sted. Der er her valgt at fokusere på funktionen af bygningen, antal kvadratmeter samt klimaskærmens isoleringsevne.

## Mængdeopgørelse

Mængdeopgørelser er leveret af case-projekternes arkitekter, leverandører og entreprenører samt baseret på mængdeudtræk fra 3D-modeller. Fundament og terrændæk er baseret på overslagsberegning fra konstruktionsingeniører i Rambøll. Mængder for de øvrige scenarier er beregnet af Rambølls konstruktionsingeniører således, at de alle opfylder bæreevnekrav. Isoleringstykkelser er desuden reguleret for at opnå samme isoleringsevne i de undersøgte scenarier se Appendix 5-8. Se desuden Appendix 1-4 for LCA Inventories over materialer og mængder.

## Betragtningsperiode

Bygningens betragtningsperiode er sat til 50 år. Byggematerialernes levetider er baseret på SBI anvisning 2013:30, som indeholder en levetidstabel for byggematerialer<sup>7</sup>, hvilket også er de levetider som er indlejret i beregningsværktøjet LCAByg. Se Appendix 1-4 for LCA Inventories, hvor materialernes levetider er angivet.


## LCA-værktøj og data

Analyserne er lavet i LCAByg, som er et værktøj til at beregne livscyklusvurderinger af bygninger, udviklet af Statens Byggeforskningsinstitut, SBI. Til analysen er anvendt generisk data fra Ökobaudat<sup>8</sup>, samt branchespecifikke EPD'er<sup>9</sup>. Til bortskaffelse af træprodukter er det antaget, at de afbrændes. Se Appendix 1- 4 for LCA Inventories for anvendte Ökobaudat-processer og EPD'er.

## Vurdering af påvirkningspotentialer

I dette studie fokuseres udelukkende på scenariernes globale opvarmningspotentialer (GWP) målt i kg CO<sub>2</sub> ækvivalenter. Resultater angivet som CO<sub>2</sub>-ækvivalenter, er et udtryk for, at drivhusgasser som metan og lattergas også er medtaget og omregnet til en fælles enhed: CO<sub>2</sub>-ækvivalenter. Øvrige miljøpåvirkningspotentialer var ikke fokus for denne opgave, hvorfor de ikke formidles i denne rapport. Ved beslutningstagning bør de øvrige miljøpåvirkningspotentialer også analyseres og inddrages.

Tabel 1: Påvirkningspotentialer

Miljøpåvirkningskategorier	
<b>Global opvarmning, GWP*</b> [CO <sub>2</sub> - ækvivalente]	 Når mængden af drivhusgasser i atmosfæren øges, opvarmes de jordnære luftlag med klimaændringer til følge.

## Biogent carbon

Biobaserede materialer kan optage, lagre og frigive kulstof igennem deres levetid. Dette kulstof betegnes også som biogent carbon. Som følge af LCABygs database er det ikke muligt at adskille den biogene carbon og den carbon, der relaterer sig til bl.a. fossile brændsler i biobaserede materialer. Jævnfør den opdaterede produktstandard (EN 15804:2012+A2:2019) bør den lagrede biogene carbon rapporteres særskilt, men da data endnu ikke er tilgængelige, har dette ikke været muligt i denne rapport.

## Følsomhed

Da beregningerne udføres i brancheværktøjet LCAByg, er det ikke muligt at udføre automatiske følsomhedsanalyser for resultaterne. Følsomheden i resultaterne vil derfor blive beskrevet ved at udføre beregningerne for en betragtningsperiode på 100 år også. Affaldsprocesser for træprodukter er sat til afbrænding frem for genanvendelse, for at resultaterne viser det værst tænkelige scenarie.

<sup>7</sup> <https://sbi.dk/Pages/Levetider-af-bygningsdele-ved-vurdering-af-baeredygtighed-og-totaloekonomi.aspx>

<sup>8</sup> <https://www.oekobaudat.de/en/database/database-oekobaudat/daten/db1.html#bereich1>

<sup>9</sup> En tredjepartsverificeret LCA for et produkt efter gældende EN standard kaldes en miljøvaredeklaration eller en EPD, som står for 'Environmental Product Declaration'.



## 5. CASE 1 - ENFAMILIEHUS



### 5.1 Beskrivelse af casen

Denne livscyklusvurdering er baseret på et casestudie af et etplans fritliggende enfamiliehus med et bruttoareal på 116 m<sup>2</sup>. Det faktiske scenarie er et træbyggeri, med tagkonstruktion og ydervægge af træ og mineraluldsisolering – dette scenarie svarer til trin 3 (se 5.1.2 Scenariebeskrivelser). Med afsæt i dette scenarie har konstruktionsingeniører fra Rambøll regnet mængder og materialer på tilsvarende konstruktioner med ydervægge bestående af en porebeton bagmur og skalmursfacade samt porebeton indervægge. Taget har samme opbygning i alle fire scenarier. Derudover indeholder analysen scenarier, hvor træbyggeriet i stedet for mineraluldsisolering anvender træfiberisolering. For at sikre sammenligningsgrundlaget er isoleringsevnen (U-værdier) beregnet for ydervægge og tagkonstruktioner (se Appendix 5: Case 1 – Enfamiliehus - U-værdi beregninger).

#### 5.1.1 Funktionel enhed

For at sikre et korrekt sammenligningsgrundlag for de 4 scenarier bestemmes den funktionelle enhed for de analyserede systemer til

*116 m<sup>2</sup> fritliggende enfamiliehus med en konstruktion, som opfylder de gældende bæreevnekrav og ydervægge og tag med minimums U-værdier på hhv. 0,15 og 0,10 i 50 år.*

#### 5.1.2 Scenariebeskrivelser

Samtlige scenarier har betonfundamenter og armerede terrændæk, en tagkonstruktion af træ med tegltag og 3-lags trævinduer og -døre.

*Trin 1* er en tagkonstruktion af træ med mineraluldsisolering og gipsloft. Ydervæggene er opbygget af en porebeton bagmur, hulmursisolering af mineraluld og en skalmurs facade. Indervæggene er af porebeton.

*Trin 2* er en tagkonstruktion af træ med mineraluldsisolering og gipsloft. Ydervæggene er opbygget i træ med mineraluld og en skalmursfacade. Indervæggene er en trækonstruktion med mineraluldsisolering og gipsbeklædning.

*Trin 3* er en tagkonstruktion af træ med mineraluldsisolering og træloft. Ydervæggene er opbygget i træ med mineraluldsisolering og facadebeklædning af træ. Indervæggene er en trækonstruktion med mineraluldsisolering og gipsbeklædning.

*Trin 4* er en tagkonstruktion af træ med træfiberisolering og træloft. Ydervæggene er opbygget i træ med træfiberisolering og facadebeklædning af træ. Indervæggene er en trækonstruktion med træfiberisolering og gipsbeklædning.

**Tabel 2: Scenarieoversigt case 1 - Enfamiliehus**

Bygningstype		Trin 1	Trin 2	Trin 3	Trin 4	
<b>3</b>	<b>Fritliggende enfamiliehus</b>	Basis	Bærende og sekundære konstruktioner til træbaseret	Beklædninger til træbaseret	Mineraluldsisolering til træfiberisolering	
	Brutto etageareal	116 m <sup>2</sup>	x	x	x	x
	Antal etager	1	x	x	x	x
	Etagehøjde	2,3	x	x	x	x
	Statisk princip	Bærende facader	x	x	x	x
	Tagkonstruktion	Saddeltag, gitterspær, gipsloft	x	x	Træloft	Træloft
	Tagsolering	Mineraluld	x	x	x	Træfiberisolering

Tagbelægning	Tegl	x	x	x	x
Terrændæk	Beton + ESP + klinkegulv	x	x	Beton + ESP + træstrøgulv	Beton + ESP + træstrøgulv
Randfundament	Beton + lecabetonblokke	x	x (tilpasset i størrelse)	x (tilpasset i størrelse)	x (tilpasset i størrelse)
Ydervæg	Porebeton + skalmur	x	Træskelet + skalmur	Træskelet + træbeklædning	Træskelet + træbeklædning
Ydervæg isolering + indvendig overflade	Mineraluld + gips	x	x	x	Træfiberisolering + gips
Indervægge	Porebeton	x	Træskelet + gips	Træskelet + gips	Træskelet + gips + træfiberisolering
Vinduer	Træ-alu, 3-lags	x	x	x	x

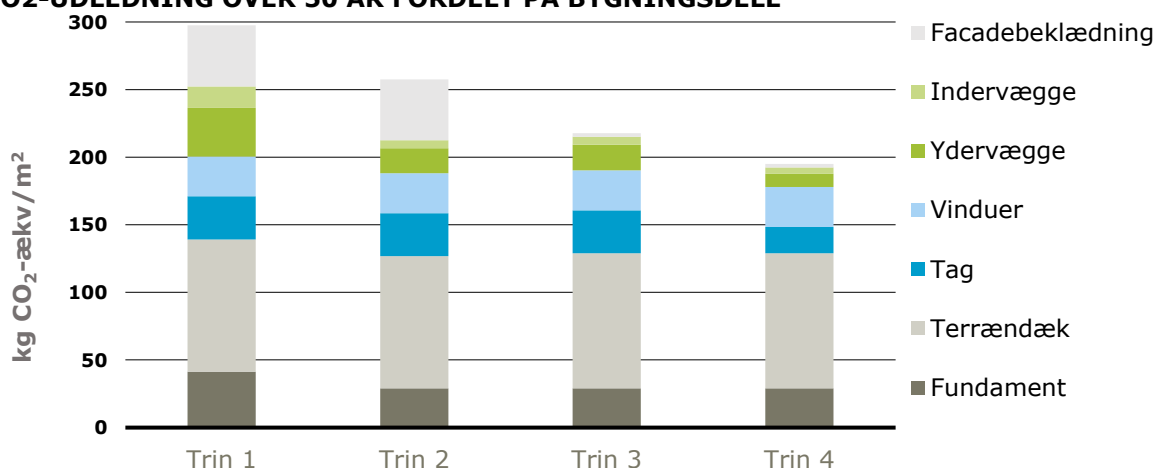
## 5.2 Analyse

I dette afsnit analyseres de fire scenariers klimapåvirkninger, også kaldet globalt opvarmningspotentiale (GWP). Alle resultater er præsenteret pr. m<sup>2</sup> bygnings bruttoareal. Resultater præsenteret i de følgende afsnit ses i Appendix 9: Case 1 – Enfamiliehus - Resultater.

### 5.2.1 Globalt opvarmningspotentiale for hele livscyklus

Det samlede klimaaftryk for bygningernes livscyklus over 50 år præsenteres i Figur 2. Det ses her at trin 4 med sekundære konstruktioner af træ og træfiberisolering har det mindste aftryk. Ved at udskifte primære og sekundære konstruktioner fra stål til træbaserede er der en potentiel besparelse på 34,5% for hele bygningen.

#### CO<sub>2</sub>-UDLEDNING OVER 50 ÅR FORDELT PÅ BYGNINGSDELE

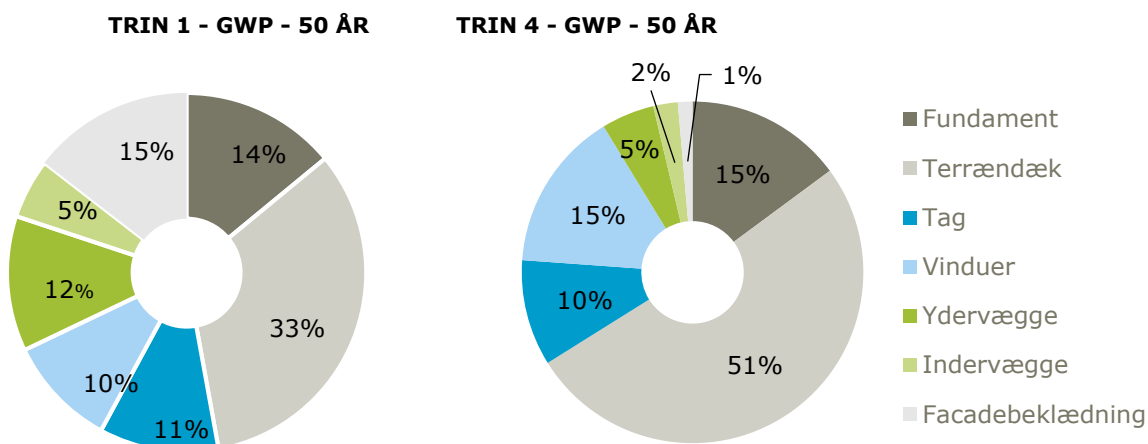


Figur 2: Det samlede klimaaftryk for bygningernes livscyklus over 50 år

### 5.2.2 Analyse af globalt opvarmningspotentiale fra bygningselementer

I Figur 3 ses CO<sub>2</sub>-udledningen fordelt på bygningskomponenter. Det ses her, at den største miljøpåvirkning i de fire trin stammer fra terrændækket, som udgør mellem 33% og 43% af den samlede udledning. Fundamentet optimeres idet de bærende konstruktioner skiftes til træ, hvilket giver en besparelse på 12,5 kg CO<sub>2</sub>-ækv. pr. m<sup>2</sup>. Dette svarer til en reduktion i CO<sub>2</sub>-udledning for fundamentet på 30%. For trin 1 ses det, at facadebeklædningen bestående af en teglstensfacade udgør 15% af bygningens samlede CO<sub>2</sub>-aftryk. I trin 3 og 4, hvor facadebeklædningen af teglsten erstattes af en træfacade, udgør denne blot 1% af bygningens samlede CO<sub>2</sub>-aftryk. Dette er en besparelse på 42 kg CO<sub>2</sub>-ækv. pr. m<sup>2</sup>, svarende til reduktion i CO<sub>2</sub>-udledning fra facaden på 94%. Ved at skifte de bærende konstruktioner til træ i både inder- og ydervægge opnås besparelser i CO<sub>2</sub>-udledning på mellem 48-63% for disse bygningsdele. Ved at udskifte mineraluldsisolering med træfiberisolering i ydervæggene reduceres udledningen fra ydervæggene fra 19 kg CO<sub>2</sub>-ækv. pr. m<sup>2</sup> til 10 kg CO<sub>2</sub>-ækv. pr. m<sup>2</sup>, hvilket svarer til en yderligere reduktion i CO<sub>2</sub>-udledning på

49%. I taget opnås en CO<sub>2</sub>-besparelse ved udskiftning til træfiberisolering på 38% for den samlede tagkonstruktion.

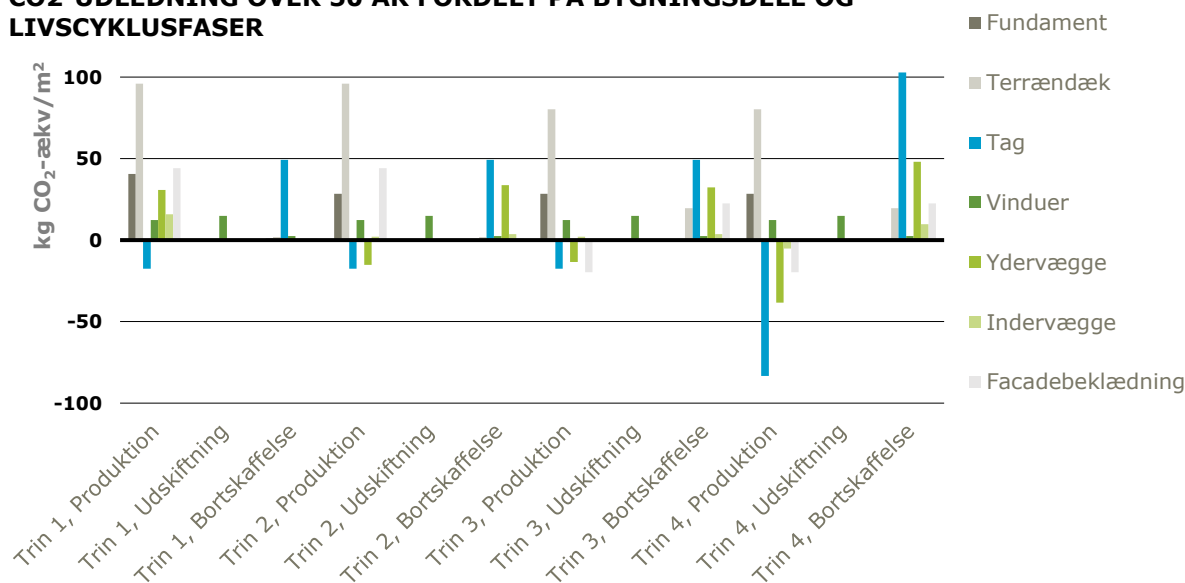


Figur 3: Globalt opvarmingspotentiale (GWP) fordelt på bygningskomponenter for Trin 1 og 4

### 5.2.3 Analyse af globalt opvarmingspotentiale fra livscyklusstadier

Analyseres klimapåvirkningernes fordeling over livscyklusstadiene, hhv. produktion (A1-A3), udskiftning af byggematerialer (B4) og bortskaffelse (C3-C4), ses hvornår forskellige materials belastning på klimaet er størst. I dette afsnit analyseres fordelingen af klimapåvirkning fra bygningskomponenterne fordelt på byggeriets livscyklusfaser. Det ses i Figur 4, at klimapåvirkningerne fra de forskellige bygningskomponenter i de forskellige livscyklusstadier varierer en del. For de træbaserede bygningskomponenter (trækonstruktion, facadebeklædning med træophæng og træfiberisolering) ses en negativ påvirkning i produktionen (A1-A3), som dog modsvares af høje miljøpåvirkninger ved bortskaffelse, idet den indlejrede CO<sub>2</sub> i træet her frigives. For bygningskomponenter bestående primært af byggematerialer som stål og beton (fundament og terrændæk), ses en højere miljøpåvirkning i produktionen. Dette skyldes de energikrævende processer forbundet med produktionen af disse materialer.

### CO<sub>2</sub>-UDLEDNING OVER 50 ÅR FORDELT PÅ BYGNINGSDELE OG LIVSCYKLUSFASER



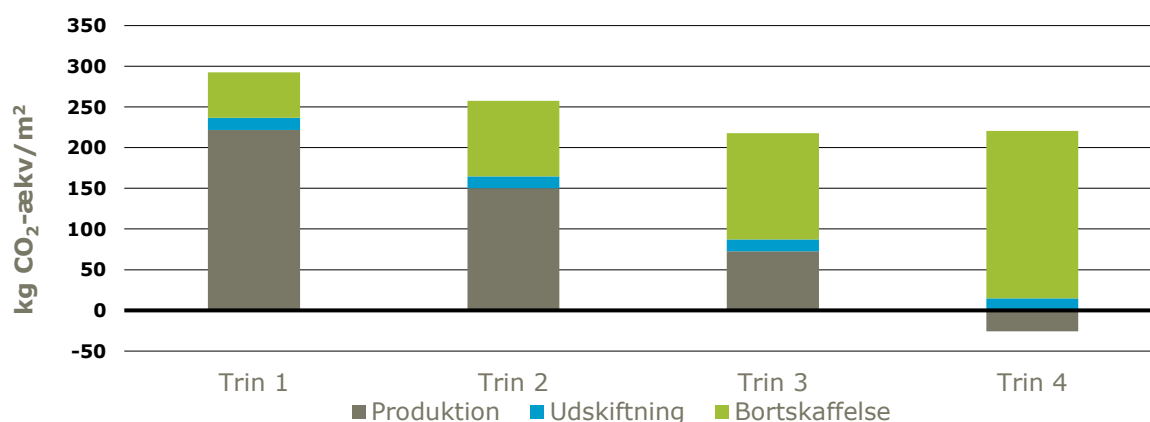
Figur 4: Klimapåvirkningerne fra de forskellige bygningskomponenter i de forskellige livscyklusstadier

I Figur 6 ses hvornår i bygningens livscyklus CO<sub>2</sub>-udledningen finder sted, hhv. i produktionen af materialer (A1-A3), udskiftning af byggematerialer i driftsfasen (B4) eller ved bortskaffelsen, når bygningen tages ned (C3-C4). Her ses det, at betonkonstruktionen (trin 1) udleder størstedelen af miljøaftrykket i produktionsfasen, som skyldes de energikrævende processer i forbindelse med produktionen. For træbyggerierne (trin 3 og 4) derimod ligger emissionerne i højere grad ved bortskaffelsen. Dette skyldes, at træ optager CO<sub>2</sub> i vækstfasen, hvilket i en livscyklusvurdering fremstår som en negativ udledning i livscyklusfasen for råmaterialeudvinding (A1). Ved bortskaffelsen af træet, som i dette tilfælde er beregnet som en forbrændingsproces, frigives den optagne CO<sub>2</sub>, og der ses derfor en højere miljøpåvirkning i bortskaffelsesfasen for træbyggeri. Dette ses meget tydeligt for trin 4, som indeholder træfiberisolering. Her har bygningens materialer optaget mere CO<sub>2</sub> end der er blevet udledt i produktionen af dem. Derfor er produktionsfasen angivet som en negativ CO<sub>2</sub>-udledning. Ved bortskaffelsen af materialet udledes den optagede CO<sub>2</sub> igen. Udskydes bortskaffelsen, som følge af at produkterne genanvendes direkte, vil træprodukterne fortsat lagre CO<sub>2</sub>.

Ændres bortskaffelsen til en genanvendelsesproces, hvormed træprodukterne bliver omdannet til spånplader optimeres trin 4 blot med 0,6%, da der også bruges energi til denne proces. CO<sub>2</sub>-besparelsen som opnås ved at producere spånplader med genbrugstræ, tilfalder først den næste bygnings livscyklus og ses derfor ikke i dette studie. Det samme gælder når aluminiums- og stålprodukter genanvendes. Her er det også først den bygning, som anvender det genbrugte materialer, der får gavn af CO<sub>2</sub>-besparelsen.

Figur 5 Principskitse af CO<sub>2</sub>-optag og -udledning for træbaserede produkter

#### CO<sub>2</sub>-UDLEDNING OVER 50 ÅR FORDELT PÅ LIVSCYKLUSFASER



Figur 6: Påvirkningspotentialer i produktionsfasen (A1-A3), udskiftning (B4) og bortskaffelse (C3-C4)

### 5.3 Delkonklusion - Enfamiliehus

For bygningskomponenter bestående primært af byggematerialer som stål og beton (fx fundament og terrændæk) ses en højere CO<sub>2</sub>-udledning i produktionen. Dette skyldes, at de nuværende produktionsmetoder af fx stål og cement er energikrævende samt, at der i selve den kemiske proces i cementproduktionen udledes CO<sub>2</sub>. Samtlige træprodukter antages at blive brændt ved bortskaffelsen, hvilket betyder, at den optagede CO<sub>2</sub> i træet frigives igen. Dette betyder også, at udledningen kan udskydes ved at forlænge produkternes levetid enten i den pågældende bygning eller ved genanvendelse i en ny bygning. For den pågældende case er trin 4 at foretrække. Tillægges en repræsentativ middelværdi for de tekniske installationer til trin 4<sup>10</sup> er CO<sub>2</sub>-udledningen fra materialerne 4,36 kg CO<sub>2</sub>-ækv/m<sup>2</sup>/år, hvilket er 41% lavere end medianen for enfamiliehuse i SBI-rapporten Klimapåvirkning fra 60 bygninger<sup>10</sup>.

<sup>10</sup> SBI 2020:04 Klimapåvirkning fra 60 bygninger – Muligheder for udformning af referenceværdier til LCA for bygninger

## 6. CASE 2 – RÆKKEHUS



### 6.1 Beskrivelse af casen

Denne analyse er baseret på et rækkehusbyggeri med et samlet bruttoareal på ca. 2400 m<sup>2</sup>. Det faktiske scenarie er et træbyggeri, med tagkonstruktion og ydervægge af træ og mineraluldsisolering – dette scenarie svarer til trin 3 (se 6.1.1 Scenariebeskrivelser). Med afsæt i dette scenarie, har konstruktionsingeniører fra Rambøll regnet mængder og materialer på en tilsvarende betonkonstruktion med hhv. et tag- og etagedæk af huldækselementer og ydervægge af bærende beton. Derudover har betonbyggeriet (trin 1) en teglfacade, hvorimod trin 3 og 4 har facadebeklædning af træ. I trin 4, har træbyggeriet i stedet for mineraluldsisolering anvendt træfiberisolering. For at sikre sammenligningsgrundlaget er isoleringsevnen (U-værdier) beregnet for ydervægge og tagkonstruktioner (Appendix 6: Case 2 – Rækkehuse - U-værdi beregninger).

#### 6.1.1 Scenariebeskrivelser

Alle scenarierne har armerede fundamenter og terrændæk og 3-lags træ-/aluvinduer.

*Trin 1* er en betonkonstruktion med huldækselementer i tag og etagedæk. Ydervægge består af skalmure af beton og teglbeklædning med mineraluldsisolering mens facadevæggenes konstruktion består af porebeton. Gulve af laminat og lofter af gips.

*Trin 2* er et træbyggeri med primære og sekundære konstruktioner af træ, dvs. tag, etagedæk, bærende tværvægge samt facadevægge. Isolering af mineraluld.

*Trin 3* er et træbyggeri med primære og sekundære konstruktioner af træ, dvs. tag, etagedæk, bærende tværvægge samt facadevægge. Isolering af mineraluld og facadebeklædning af træ.

*Trin 4* er et træbyggeri med primære og sekundære konstruktioner af træ, dvs. tag, etagedæk, bærende tværvægge samt facadevægge. Isolering af træfiber, hvor det brandsikkerhedsmæssigt er muligt og facadebeklædning af træ.

**Tabel 3: Scenarieoversigt case 2**

Bygningstype		Trin 1	Trin 2	Trin 3	Trin 4
<b>1</b>	<b>Rækkehuse</b>	Basis	Skalmur til trækonstruktion med træbeklædning	Sekundære konstruktioner til trækonstruktion	Isolering i ydervægge til træfiberisolering
	Brutto etageareal	2397 m <sup>2</sup>	x	x	x
	Antal etager	2	x	x	x
	Etagehøjde	2,5	x	x	x
	Statisk princip	Bærende tværvægge	x	x	x
	Fundament	Armeret beton	x	x	x
	Terrændæk	Armeret beton + strøgulv	x	x	x
	Tagdæk	Huldækselementer	x	Træelementer, krydsfinerplader, gipsplader	Træelementer, krydsfinerplader, gipsplader
	Tagisolering	Trykfast mineraluld	x	Mineraluld	Mineraluld
	Etagedæk	Huldækselementer	x	Træelementer, krydsfinerplader, gipsplader	Træelementer, krydsfinerplader, gipsplader
	Etagedæk gulv	Laminatgulv, mineraluld	x	x	Træstrøgulv
	Vægge, lejlighedsskel	Bærende betolvæg	x	Træelementer, dobbeltkonstruktion gipsplader	Træelementer, dobbeltkonstruktion gipsplader

Vægge, lejlighedsskel isolering	Ingen	x	Mineraluld	Mineraluld	Mineraluld
Gavl vægge	Bærende beton bagvæg	x	Træelementer, gipsplader	Træelementer, gipsplader	Træelementer, gipsplader
Gavl vægge isolering	Mineraluld	x	x	x	Træfiberisolering
Facade vægge	Porebetonvæg	x	x	Træelementer, gipsplader	Træelementer, gipsplader
Facade vægge, isolering	Mineraluld	x	x	x	Træfiberisolering
Lette vægge	Gipsvægge	x	x	x	Træfiberisolering
Ydervæg beklædning	Mursten	x	x	Træbeklædning	Træbeklædning

### 6.1.2 Funktionel enhed

For at sikre korrekt sammenligningsgrundlag for de 4 scenarie bestemmes den funktionelle enhed for de analyserede systemer til

*2397 m<sup>2</sup> rækkehusbyggeri med en konstruktion, som opfylder de gældende bæreevnekrav og ydervægge og tag med minimums U-værdier på hhv. 0,15 og 0,10 i 50 år.*

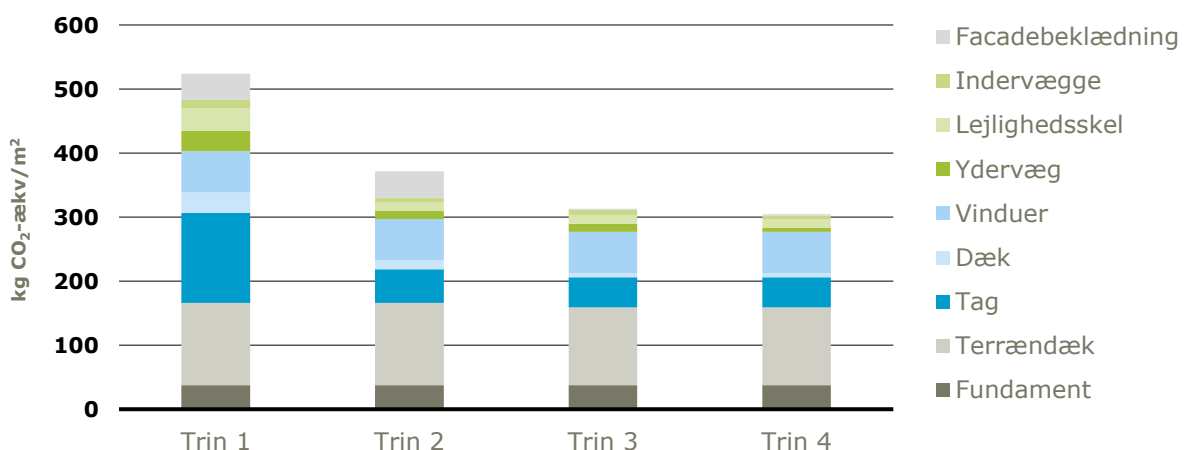
## 6.2 Analyse

I dette afsnit analyseres de fire scenariers klimapåvirkninger, også kaldet globalt opvarmningspotentiale (GWP). Alle resultater er præsenteret pr. m<sup>2</sup> bygnings bruttoareal. Resultater præsenteret i de følgende afsnit ses i Appendix 10: Case 2 – Rækkehus - Resultater.

### 6.2.1 Globalt opvarmningspotentiale for hele livscyklus

Det samlede klimaaftryk for bygningernes livscyklus over 50 år præsenteres i Figur 7. Det ses her, at trin 4, med primære og sekundære konstruktioner af træ og med træfiberisolering, har den mindste CO<sub>2</sub>-udledning set over hele levetiden. Den højeste CO<sub>2</sub>-udledning findes i trin 1 grundet den høje belastning fra betonkonstruktionerne. Ved at udskifte primære og sekundære konstruktioner fra stål til træbaserede er der en potentiel besparelse på knap 42% for hele bebyggelsen.

#### CO<sub>2</sub>-UDLEDNING OVER 50 ÅR FORDELT PÅ BYGNINGSDELE

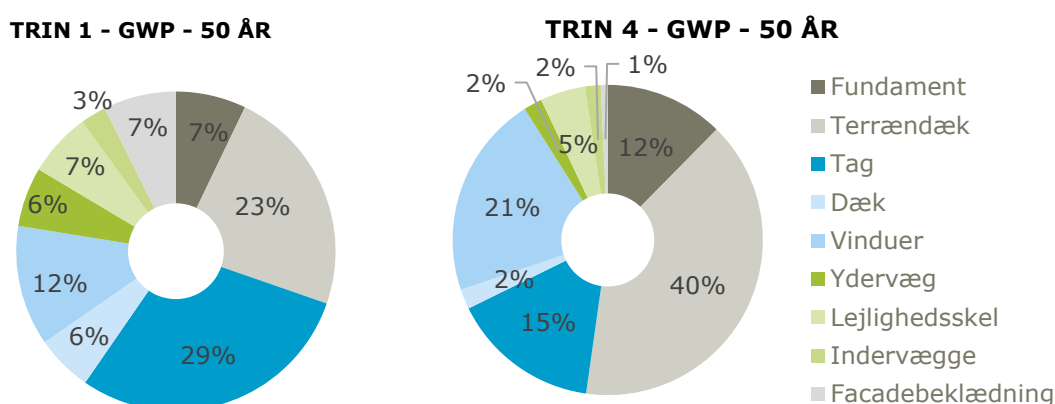


Figur 7: Det samlede klimaaftryk for bygningernes livscyklus over 50 år

### 6.2.2 Analyse af globalt opvarmningspotentiale fra bygningselementer

I Figur 8 ses også CO<sub>2</sub>-udledningen fordelt på bygningskomponenter. Det ses her, at de største klimapåvirkninger fra bygningen stammer fra tag, terrændæk og vinduer i alle trin. Ved at

udskifte de primære konstruktioner i rækkehusbyggeriet, dvs. tag- og etagedæk samt bærende tværvægge, til træbaserede bygningselementer er der en potentiel besparelse på 29% af CO<sub>2</sub>-udledningen fra rækkehusets levetid over 50 år. Når de bærende konstruktioner i taget udskiftes til træ, opnås en CO<sub>2</sub>-besparelse for taget på 88 kg CO<sub>2</sub>-ækv. pr. m<sup>2</sup> svarende til en reduktion i CO<sub>2</sub>-udledning på 63%. Facaden udskiftes i trin 3 fra teglsten til træbeklædning, hvilket medfører en besparelse på 38 kg CO<sub>2</sub>-ækv. pr. m<sup>2</sup>, svarende til en reduktion i CO<sub>2</sub>-udledning fra facaden på 95%. Skiftet til trækonstruktioner i ydervægge og lejlighedsskel giver en besparelse på 19 kg CO<sub>2</sub>-ækv. pr. m<sup>2</sup>, svarende til en reduktion på 61%. Ved skiftet til træfiberisolering i ydervæggene opnås en yderligere besparelse på 52%, da CO<sub>2</sub>-udledningen falder fra 12,39 kg CO<sub>2</sub>-ækv. pr. m<sup>2</sup> til 5,89 kg CO<sub>2</sub>-ækv. pr. m<sup>2</sup>. Terrændækkets optimering grundet skiftet til trækonstruktioner giver en besparelse i CO<sub>2</sub>-udledning på 5%. Den forholdsvis store CO<sub>2</sub>-udledning fra vinduerne skyldes, at de udskiftes én gang i løbet af den 50-årige betragtningsperiode.

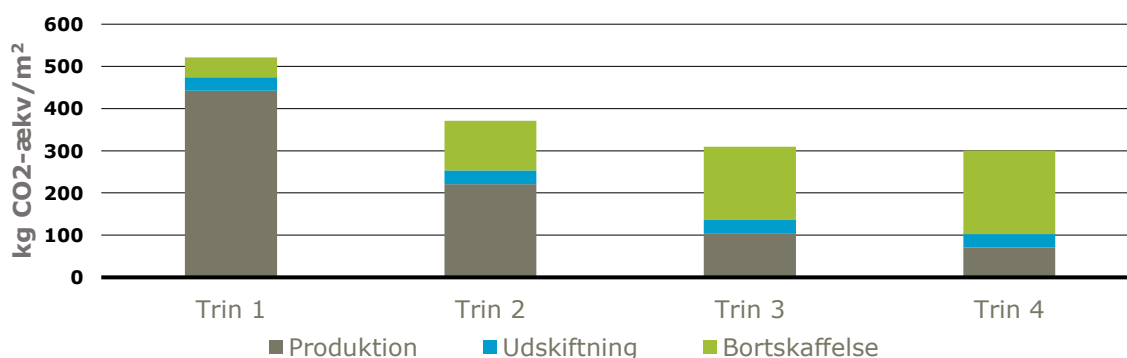


Figur 8: Globalt opvarmingspotentiale (GWP) fordelt på bygningskomponenter for Trin 1 og 3

### 6.2.3 Analyse af globalt opvarmingspotentiale fra livscyklusstadier

Analyseres klimapåvirkningernes fordeling over livscyklusstadiene, hhv. produktion (A1-A3), udskiftning af byggematerialer (B4) og bortskaffelse (C3-C4), ses hvornår forskellige materials belastning på klimaet er størst. Her ses det, at betonkonstruktionen udleder størstedelen af miljøaftrykket i produktionsfasen, som skyldes de energikrævende processer i forbindelse med produktion af beton. For træbyggerierne derimod ligger emissionerne i højere grad ved bortskaffelsen. Dette skyldes, at træ optager CO<sub>2</sub> i vækstfasen, hvilket i en livscyklusvurdering fremstår som en negativ udledning i livscyklusfasen for råmaterialeudvinding (A1). Ved bortskaffelsen af træet, som i dette tilfælde er beregnet som en forbrændingsproces, frigives den optagne CO<sub>2</sub>, og der ses derfor en højere miljøpåvirkning i bortskaffelsesfasen for træbyggeri.

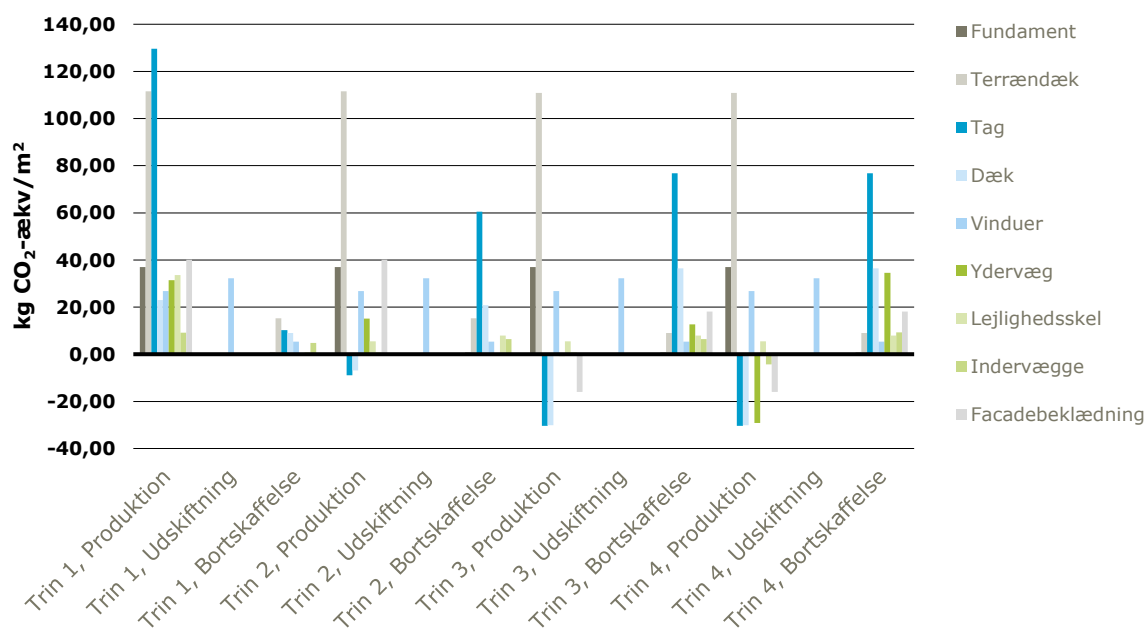
### CO<sub>2</sub>-UDLEDNING OVER 50 ÅR FORDELT PÅ LIVSCYKLUSFASER



Figur 9: Påvirkningspotentialer i produktionsfasen (A1-A3), udskiftning (B4) og bortskaffelse (C3-C4)

I Figur 10 ses klimapåvirkningen fra de forskellige bygningskomponenter i de forskellige livscyklusstadier. Det ses, at træbaserede bygningskomponenter (trækonstruktion i tag og vægge, træbeklædning og træfiberisolering) har negative påvirkning i produktion (A1-A3), som så modsvares af høje påvirkninger ved bortskaffelse af de samme elementer. Byggematerialer som beton, stål og glas, har høje indlejrede påvirkninger i produktion, grundet de energikrævende produktionsprocesser forbundet med fremstillingen af materialer.

### GLOBALT OPVARMNINGSPOTENTIALE OVER 50 ÅR



Figur 10: Klimapåvirkningerne fra de forskellige bygningskomponenter i de forskellige livscyklusstadier

### 6.3 Delkonklusion - Rækkehus

For bygningskomponenter bestående primært af byggematerialer som stål og beton (fx fundament og terrændæk) ses en højere CO<sub>2</sub>-udledning i produktionen. Dette skyldes, at de nuværende produktionsmetoder af fx stål og cement er energikrævende, samt at der i selve den kemiske proces i cementproduktionen udledes CO<sub>2</sub>. Samtlige træprodukter antages at blive brændt ved bortskaffelsen, hvilket betyder, at den optagede CO<sub>2</sub> i træet frigives igen. Dette betyder også, at udledningen kan udskydes ved at forlænge produkternes levetid enten i den pågældende bygning eller ved genanvendelse i en ny bygning. For den pågældende case er trin 4 at foretrække. Tillægges en repræsentativ middelværdi for de tekniske installationer til trin 4<sup>11</sup> er CO<sub>2</sub>-udledningen fra materialerne 6,55 kg CO<sub>2</sub>-ækv/m<sup>2</sup>/år, hvilket er 8% lavere end medianen for rækkehus i SBI-rapporten Klimapåvirkning fra 60 bygninger<sup>10</sup>.

<sup>11</sup> SBI 2020:04 Klimapåvirkning fra 60 bygninger – Muligheder for udformning af referenceværdier til LCA for bygninger



## 7. CASE 3 - ETAGEBOLIGER (4 ETAGER)



### 7.1 Beskrivelse af casen

Denne analyse er et LCA-studie af en karrébebyggelse bestående af 8 blokke med henholdsvis 3 og 4 etager. Casestudiet er et etagebyggeri med 66 familieboliger og et fælleshus med et bruttoareal på 6235 m<sup>2</sup>. Det faktiske scenarie er et træbyggeri, med tagkonstruktion og ydervægge af træ og mineraluldsisolering – dette scenarie svarer til trin 3 (se 7.1.1 Scenariebeskrivelser). Med afsæt i dette scenarie, har konstruktionsingeniører fra Rambøll regnet mængder og materialer på tilsvarende konstruktioner med ydervægge bestående af henholdsvis porebeton og beton bagmur og et facadesystem med skifer, indervægge af henholdsvis beton og stålelementer og tag og etagedæk bestående af huldækelementer. Derudover indeholder analysen scenarier, hvor træbyggeriet i stedet for mineraluldsisolering anvender træfiberisolering. For at sikre sammenligningsgrundlaget er isoleringsevnen (U-værdier) beregnet for ydervægge og tagkonstruktioner (se Appendix 7: Case 3 – Etageboliger - U-værdi beregninger).

#### 7.1.1 Scenariebeskrivelser

Samtlige scenarier har beton fundamenter og 3-lags træ-/aluvinduer og -døre.

*Trin 1* er en tagkonstruktion bestående af huldæk, mineraluldsisolering og tagpap. Der er cirka 500 m<sup>2</sup> tagterrasse, som ligeledes er opbygget af et huldæk beklædt med kompositbrædder. Der er to typer ydervægge; Ydervæg og facade. Ydervæggene er opbygget af en armeret betonbagmur, mineraluldsisolering og en facade af keramisk skiffer. Facaden er opbygget af en porebeton bagmur, mineraluldsisolering og en facade af keramisk skiffer. Der er ligeledes to typer indervægge; tunge og lette indervægge. De tunge indervægge består af armeret beton. De lette indervægge er opbygget af stålelementer med mineraluldsisolering beklædt med gips. Terrændækket består af armeret beton med laminatgulv. Etageadskillelser er opbygget af et huldæk beklædt med laminatgulv.

*Trin 2* er en tagkonstruktion af træ med mineraluldsisolering, tagpap og gipsloft. Der er cirka 500 m<sup>2</sup> tagterrasse, som ligeledes er opbygget af en trækonstruktion beklædt med kompositbrædder. Ydervæggene er opbygget i træ med mineraluld og gipsplader og en facade af keramisk skiffer. Indervæggene er en trækonstruktion med mineraluldsisolering og gipsbeklædning. Terrændækket er opbygget af en trækonstruktion med laminatgulv. Etageadskillelserne består af en trækonstruktion med mineraluldsisolering, gipsloft og laminatgulv.

*Trin 3* er en tagkonstruktion af træ med mineraluldsisolering, tagpap og træloft. Der er cirka 500 m<sup>2</sup> tagterrasse, som ligeledes er opbygget af en trækonstruktion beklædt med træbrædder. Ydervæggene er opbygget i træ med mineraluld og gipsplader og en facade med træbeklædning. Indervæggene er en trækonstruktion med mineraluldsisolering og gipsbeklædning. Terrændækkets bærende konstruktion er af træ, mens etageadskillelserne består af en trækonstruktion med mineraluldsisolering, træloft og træparketgulv.

*Trin 4* er en tagkonstruktion af træ med mineraluldsisolering, tagpap og træloft. Der er cirka 500 m<sup>2</sup> tagterrasse, som ligeledes er opbygget af en trækonstruktion beklædt med træbrædder. Ydervæggene er opbygget i træ med træfiberisolering og gipsplader og en facade med træbeklædning. Indervæggene er en trækonstruktion med mineraluldsisolering og gipsbeklædning. Terrændækket er opbygget af en trækonstruktion med parketgulv. Etageadskillelserne består af en trækonstruktion med mineraluldsisolering, træloft og træparketgulv.

Tabel 4: Scenarieoversigt case 3

Bygningstype			Trin 1	Trin 2	Trin 3	Trin 4
<b>4 Etageboliger</b>			Basis	Bærende og sekundære konstruktioner til træbaseret	Beklædninger til træbaseret	Mineraluldsisolering til træfiberisolering
	Brutto etageareal	6235	x	x	x	x
	Antal etager	3-4 etager	x	x	x	x
	Etagehøjde	2,53	x	x	x	x
	Statisk princip	Rammekonstruktion	x	x	x	x
	Tag	Huldæk + mineraluld + tagpap	x	Trækonstruktion + gipsloft + mineraluld + tagpap	Trækonstruktion + træloft + mineraluld + tagpap	Trækonstruktion + træloft + mineraluld + tagpap
	Fundament	Stribefundament	x	x	x	x
	Terrændæk og gulvopbygning	Armeret beton m. trykfast isolering + laminatgulv	x	Trækonstruktion + laminatgulv	Trækonstruktion + parketgulv	Trækonstruktion + parketgulv
	Ydervæg	Armeret beton + mineraluld	x	Trækonstruktion + gips + mineraluld	Trækonstruktion + gips + mineraluld	Trækonstruktion + gips + træfiberisolering
	Ydervæg beklædning	Keramisk skiffer	x	x	Træbeklædning	Træbeklædning
	Facadevægge	Porebeton, mineraluld, montageskinne,	x	Trækonstruktion + gips	Trækonstruktion + gips	Trækonstruktion + gips
	Facade beklædning	Keramisk skiffer	x	Keramisk skiffer	Træbeklædning	Træbeklædning
	Indervæg, Boksskillevægge	Armeret beton	x	Trækonstruktion + gips	Trækonstruktion + gips	Trækonstruktion + gips
	Indervæg let (lyd)	Stål, gips	x	Trækonstruktion, gips	Trækonstruktion, gips	Trækonstruktion, gips
	Indervæg isolering	Mineraluld	x	x	x	x
	Etageadskillelse	Huldæk med laminatgulv	x	Trækonstruktion	Trækonstruktion - parketgulv og træloft	Trækonstruktion - parketgulv og træloft
	Altan	Huldæk m. trykfastisolering, kompositterrasse	x	Trækonstruktion, kompositterrasse + gipsloft	Trækonstruktion, træterrasse + træloft	Trækonstruktion, træterrasse + træloft
	Kantbjælker (i dæk)	Stål	x	Inkluderet i trækonstruktionen i de andre etagedæk	Inkluderet i trækonstruktionen i de andre etagedæk	Inkluderet i trækonstruktionen i de andre etagedæk

### 7.1.2 Funktionel enhed

For at sikre et korrekt sammenligningsgrundlag for de 4 scenarier bestemmes den funktionelle enhed for de analyserede systemer til

*6235 m<sup>2</sup> karrébebyggelse, som opfylder de gældende bæreevnekrav og ydervægge og tag med minimums U-værdier på hhv. 0,12 og 0,10 i 50 år.*

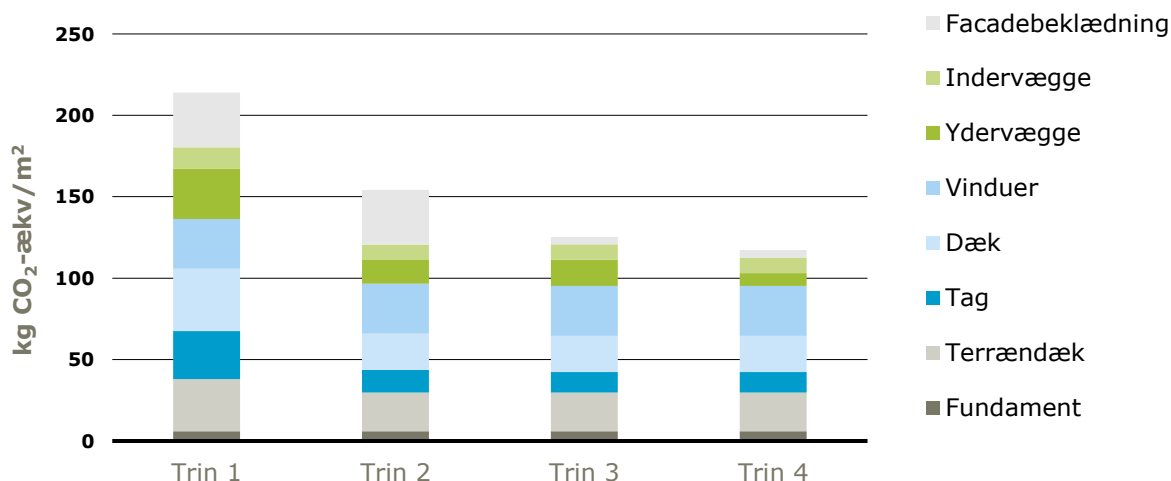
### 7.2 Analyse

I dette afsnit analyseres de fire scenariers klimapåvirkninger, også kaldet globalt opvarmningspotentiale (GWP). Alle resultater er præsenteret pr. m<sup>2</sup> bygnings bruttoareal. Resultater præsenteret i de følgende afsnit ses i Appendix 11: Case 3 – Etageboliger - Resultater.

### 7.2.1 Globalt opvarmningspotentiale for hele livscyklus

Det samlede klimaaftryk for bygningernes livscyklus over 50 år præsenteres i Figur 11. Det ses her, at trin 4 med primære og sekundære konstruktioner og beklædninger af træ og træfiberisolering har den mindste CO<sub>2</sub>-udledning. Den højeste CO<sub>2</sub>-udledning ses i trin 1, hvilket skyldes det store CO<sub>2</sub>-aftryk fra betonelementerne i dæk og inder- og ydervægge. Ved at udskifte primære og sekundære konstruktioner fra stål til træbaserede er der en potentiel besparelse på 45% for hele bygningen.

#### CO<sub>2</sub>-UDLEDNING OVER 50 ÅR FORDELT PÅ BYGNINGSDELE

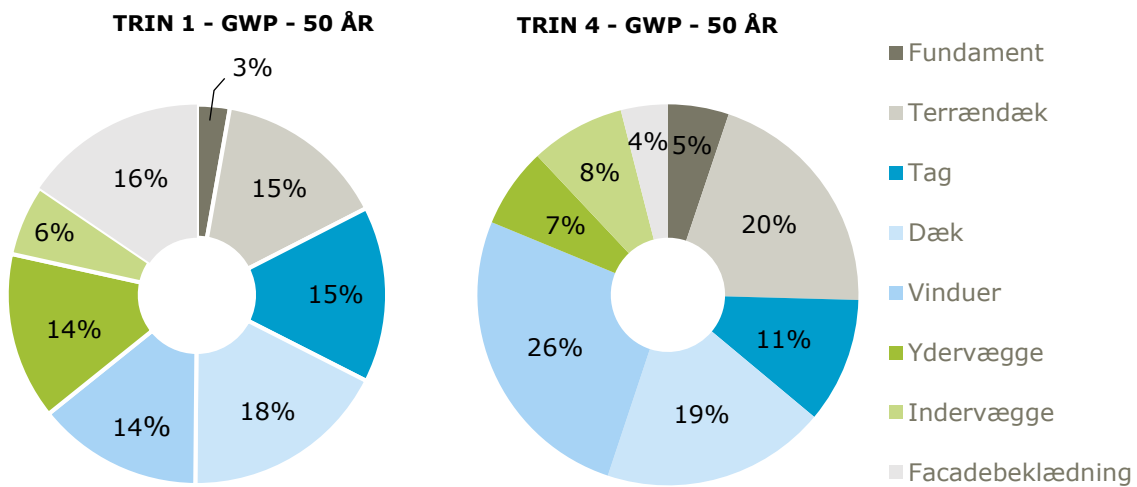


Figur 11: Det samlede klimaaftryk for bygningernes livscyklus over 50 år

### 7.2.2 Analyse af globalt opvarmningspotentiale fra bygningselementer

Nedenfor ses fordelingen af globalt opvarmningspotentiale fordelt på bygningskomponenter for trin 1 med skiferbeklædning og trin 4 med træbeklædning og træfiberisolering. Det ses her, at bygningens største CO<sub>2</sub>-udledning i trin 1 stammer fra de bærende konstruktioner af beton, som samlet udgør ca. 50% og skiferbeklædningen, som udgør 16%. I trin 4 består facaden af varmebehandlet træ og udgør blot 4% af bygningens samlede CO<sub>2</sub>-aftryk, hvilket er en besparelse på 29 kg CO<sub>2</sub>-ækv. pr. m<sup>2</sup>, svarende til en reduktion i CO<sub>2</sub>-udledning på 86%. Af case-byggerierne for enfamiliehuse, rækkehuse og etagebyggerier ses det at teglstensfacaderne udleder 41-45 kg CO<sub>2</sub>-ækv/m<sup>2</sup> mens skifferfacaden udleder mellem ca. 15-34 kg CO<sub>2</sub>-ækv/m<sup>2</sup> afhængig af ophængningssystem. Træfacaderne derimod udleder mellem 2,2-4,7 kg CO<sub>2</sub>-ækv/m<sup>2</sup>. Beregningerne er baseret på generisk data fra Ökobaudat-databasen, hvorfor resultatet vil variere afhængigt af de specifikke produkter som vælges til et byggeri. Derudover har analyserne vist, at der mangler data på især beklædningsstegl og det er derfor muligt, at der findes produkter, som vil ligge i intervallet mellem skifer og træbeklædning.

De bærende konstruktioner i taget udskiftes fra en betonkonstruktion i trin 1 til en trækonstruktion i trin 2, hvilket medfører en samlet besparelse på 17 kg CO<sub>2</sub>-ækv. pr. m<sup>2</sup>, svarende til en reduktion i CO<sub>2</sub>-udledning med 53%. Tilsvarende CO<sub>2</sub>-besparelse ses i ydervæggene når den bærende konstruktion skiftes fra beton til træ, hvormed en besparelse på 53% opnås. Ved skiftet til en bærende konstruktion i træ reduceres terrændækket også, hvilket giver en besparelse i CO<sub>2</sub>-udledning på 25%. Fundament og terrændæk fylder forholdsmeæssigt mindre pr. kvadratmeter for etagebyggeriet sammenlignet med rækkehusene og enfamiliehuset, hvilket skyldes etagebyggeriets større etageareal. For case-byggerierne i denne rapport er det jordtryk og den frostfri dybde der er dimensionerende for fundamentene, hvilket især ses for etagebyggeriet, som derfor har et mere effektivt fundament pr. kvadratmeter.

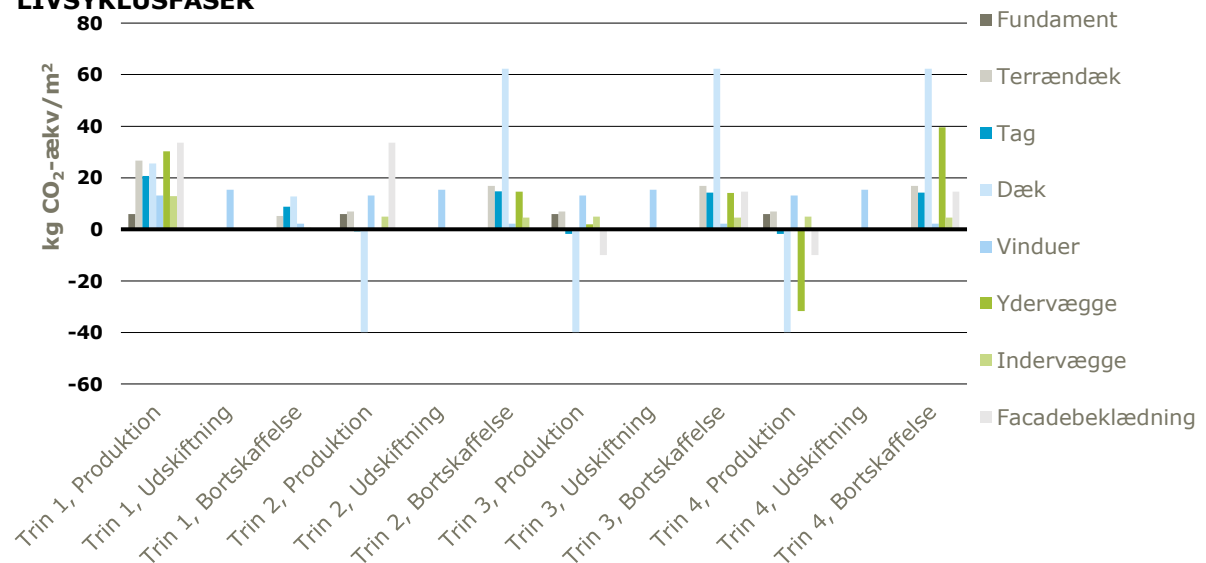


Figur 12: Globalt opvarmingspotentiale fordelt på bygningskomponenter for Trin 1 og 4

### 7.2.3 Analyse af globalt opvarmingspotentiale fra livscyklusstadier

Analyseres klimapåvirkningernes fordeling over livscyklusstadierne, hhv. produktion (A1-A3), udskiftning af byggematerialer (B4) og bortskaffelse (C3-C4), ses hvornår forskellige materials belastning på klimaet er størst. I dette afsnit analyseres fordelingen af klimapåvirkning fra bygningskomponenterne fordelt på byggeriets livscyklusfaser. I Figur 13 nedenfor ses klimapåvirkningerne fra de forskellige bygningskomponenter i de forskellige livscyklusstadier for de 4 scenarier. Det ses blandt andet at de træbaserede bygningskomponenter, som i dette tilfælde er dæk og ydervægge i scenarie trin 2, 3 og 4 har en negativ påvirkning i produktionen (A1-A3). Der ses dog en ligeledes stor påvirkning i bortskaffelsesfasen, hvor den indlærede CO<sub>2</sub> i træet frigives. Dette gør sig specielt gældende for trin 4 med træfiberisolering i ydervæggen. For trin 1, som primært består af byggematerialer som beton og stål, ses en højere miljøpåvirkning i produktionen, hvilket skyldes de energikrævende fremstillingsprocesser ved produktion af disse materialer.

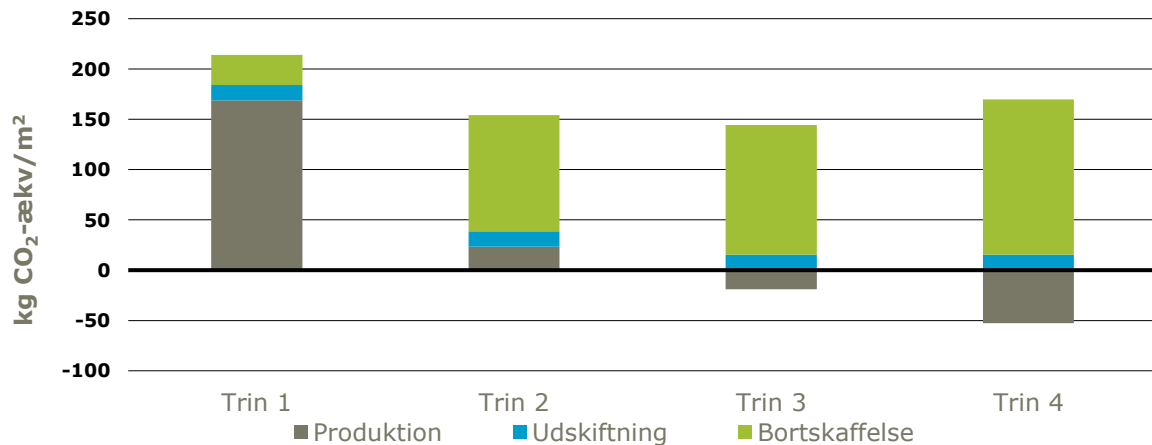
### CO<sub>2</sub>-UDLEDNING OVER 50 ÅR FORDELT PÅ BYGNINGSDELE OG LIVSYKLUSFASER



Figur 13: Klimapåvirkningerne fra de forskellige bygningskomponenter i de forskellige livscyklusstadier

I Figur 14 ses, hvornår i bygningens livscyklus CO<sub>2</sub>-udledningen finder sted, hhv. i produktionen af materialer (A1-A3), udskiftningen af byggematerialer (B4) eller ved bortskaffelsen, når bygningen tages ned (C3-C4). Her ses det, at betonkonstruktionen udleder størstedelen af miljøaftrykket i produktionsfasen, som skyldes de energikrævende processer i forbindelse med produktion af beton. For trin 2, 3 og 4, som primært består af træelementer, ses det største miljøaftryk i bortskaffelsesfasen, da der her, som tidligere nævnt, frigives den CO<sub>2</sub>, som træet har optaget i dets vækstfase.

#### CO<sub>2</sub>-UDLEDNINGEN OVER 50 ÅR FORDELT PÅ LIVSCYKLUSFASER



Figur 14: Påvirkningspotentialer i produktionsfasen (A1-A3), udskiftning (B4) og bortskaffelse (C3-C4)

### 7.3 Delkonklusion - Etageboliger

For bygningskomponenter bestående primært af byggematerialer som stål og beton (fx fundament og terrændæk) ses en højere CO<sub>2</sub>-udledning i produktionen. Dette skyldes, at de nuværende produktionsmetoder af fx stål og cement er energikrævende, samt at der i selve den kemiske proces i cementproduktionen udledes CO<sub>2</sub>. Samtlige træprodukter antages at blive brændt ved bortskaffelsen, hvilket betyder, at den optagede CO<sub>2</sub> i træet frigives igen. Dette betyder også, at udledningen kan udskydes ved at forlænge produkternes levetid enten i den pågældende bygning eller ved genanvendelse i en ny bygning. For den pågældende case er trin 4 at foretrække. Tillægges en repræsentativ middelværdi for de tekniske installationer til trin 4<sup>12</sup> er CO<sub>2</sub>-udledningen fra materialerne 2,8 kg CO<sub>2</sub>-ækv/m<sup>2</sup>/år, hvilket er 60% lavere end medianen for etagebyggerier i SBI-rapporten Klimapåvirkning fra 60 bygninger<sup>10</sup>.

<sup>12</sup> SBI 2020:04 Klimapåvirkning fra 60 bygninger – Muligheder for udformning af referenceværdier til LCA for bygninger

## 8. CASE 4 - PRODUKTIONSHAL



### 8.1 Beskrivelse af casen

Denne analyse er et LCA-studie af et 1 etagers halbygning med et bruttoareal på 4954 m<sup>2</sup>. Det faktiske scenarie er et træbyggeri, med tagkonstruktion og ydervægge af træ og mineraluldsisolering – dette scenarie svarer til Trin 2 (se 8.1.1 Scenariebeskrivelser). Med afsæt i dette scenarie, har konstruktionsingeniører fra Rambøll regnet mængder og materialer på tilsvarende konstruktioner med hhv. stålkonstruktion og tag- og ydervægge opbygget af stål og Gyproc facadeelementer. Derudover indeholder analysen scenarier, hvor træbyggeriet i stedet for mineraluldsisolering anvender træfiberisolering (Trin 4). For at sikre sammenligningsgrundlaget er isoleringsevnen (U-værdier) beregnet for ydervægge og tagkonstruktioner (se Appendix 8: Case 4 – Produktionshal - U-værdi beregninger).

#### 8.1.1 Scenariebeskrivelser

Alle scenarierne har armerede fundamenter og terrændæk og 2-lags træ-/aluvinduer.

*Trin 1* er en rammekonstruktion i stål, med et tagelement af en trapezplade og mineraluldsisolering. Ydervæggene er opbygget af facadeelementer af stålskelet med mineraluldsisolering.

*Trin 2* er en rammekonstruktion i træ, med et tag bygget op af træbaserede kassetter og mineraluldsisolering. Ydervæggene er opbygget i træ med mineraluldsisolering.

*Trin 3* er en rammekonstruktion i træ, med et tag bygget op af træbaserede kassetter og mineraluldsisolering. Ydervæggene er opbygget i træ med mineraluldsisolering. Facade med træbeklædning.

*Trin 4* er en rammekonstruktion i træ, med et tag bygget op af træbaserede kassetter og træfiberisolering. Ydervæggene er opbygget i træ med træfiberisolering. Facade med træbeklædning.

**Tabel 5: Scenarieoversigt case 4**

Bygningstype		Trin 1	Trin 2	Trin 3	Trin 4
<b>2</b>	<b>Halbyggeri</b>	Basis	Bærende og sekundære konstruktioner til træbaseret	Beklædninger til træbaseret	Mineraluldsisolering til træfiberisolering
	Brutto etageareal	4954 m <sup>2</sup>	x	x	x
	Antal etager	1	x	x	x
	Etagehøjde	8 m	x	x	x
	Statisk princip	Rammer	x	x	x
	Bærende konstruktion	Stålkonstruktion	x	Trækonstruktion af limtræ	Trækonstruktion af limtræ
	Tag	Tagelement med trapezplade	x	Træbaseret kassettelement	Træbaseret kassettelement
	Tagisolering	Mineraluld	x	x	Træfiberisolering
	Fundament	Armeret beton	x	x	x
	Terrændæk	Armeret beton m. trykfast isolering	x	x	x
	Ydervæg	Facadeelementer Gyproc TH	x	x	Facadeelementer af træ
	Ydervæg isolering	Mineraluld	x	x	Træfiberisolering

Ydervæg beklædning	HBC facadeplader	x	x	Træbeklædning	Træbeklædning
--------------------	------------------	---	---	---------------	---------------

### 8.1.2 Funktionel enhed

For at sikre korrekt sammenligningsgrundlag for de 4 scenarie bestemmes den funktionelle enhed for de analyserede systemer til

*4954 m<sup>2</sup> halbyggeri med en konstruktion, som opfylder de gældende bæreevnekrav og ydervægge og tag med minimums U-værdier på hhv. 0,24 og 0,25 i 50 år.*

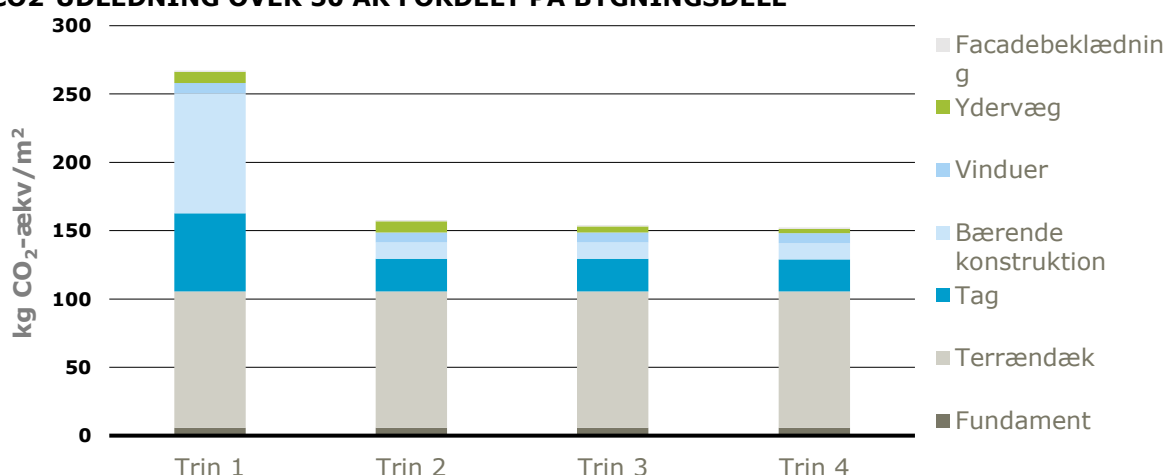
## 8.2 Analyse

I dette afsnit analyseres de fire scenariers klimapåvirkninger, også kaldet globalt opvarmningspotentiale (GWP). Alle resultater er præsenteret pr. m<sup>2</sup> bygnings bruttoareal. Resultater præsenteret i de følgende afsnit ses i 0.0.0.0Appendix 12: Case 4 – Produktionshal - Resultater.

### 8.2.1 Globalt opvarmningspotentiale for hele livscyklus

Det samlede klimaaftryk for bygningernes livscyklus over 50 år kan ses i Figur 15 i enheden kg CO<sub>2</sub>-ækv/m<sup>2</sup>. Det ses her, at trin 4 har den mindste CO<sub>2</sub>-udledning. Den højeste CO<sub>2</sub>-udledning ses i trin 1 grundet den høje belastning fra stålkonstruktionen. Ved at udskifte primære og sekundære konstruktioner fra stål til træbaserede er der en potentiel besparelse på 43% for hele bygningen.

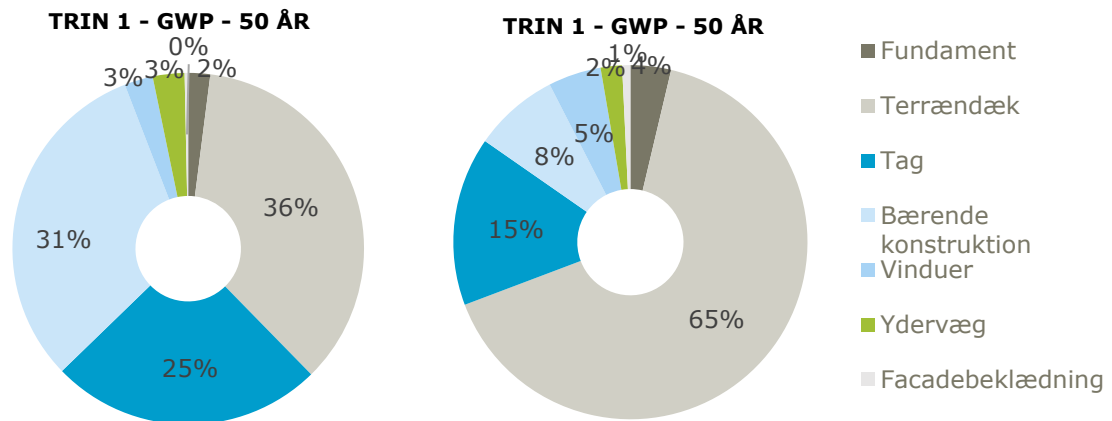
#### CO<sub>2</sub>-UDLEDNING OVER 50 ÅR FORDELT PÅ BYGNINGSDELE



Figur 15: Det samlede klimaaftryk for bygningens livscyklus over 50 år

### 8.2.2 Analyse af globalt opvarmningspotentiale fra bygningselementer

I Figur 16 ses fordelingen af globalt opvarmningspotentiale fordelt på bygningskomponenter for trin 1 og trin 4. Det ses her, at de største miljøpåvirkninger fra bygningen i trin 1 stammer fra terrændæk, den bærende konstruktion og tag, hvor stålkonstruktion udgør 33% af den samlede bygning. Derimod udgør den bærende konstruktion kun 7% af bygningens samlede CO<sub>2</sub>-udledning i trin 4, hvor stålkonstruktionen er erstattet af en trækonstruktion. Dette giver en besparelse på 76 kg CO<sub>2</sub>-ækv. pr. m<sup>2</sup> svarende til en reduktion i CO<sub>2</sub>-udledning på de bærende konstruktioner på 86%.

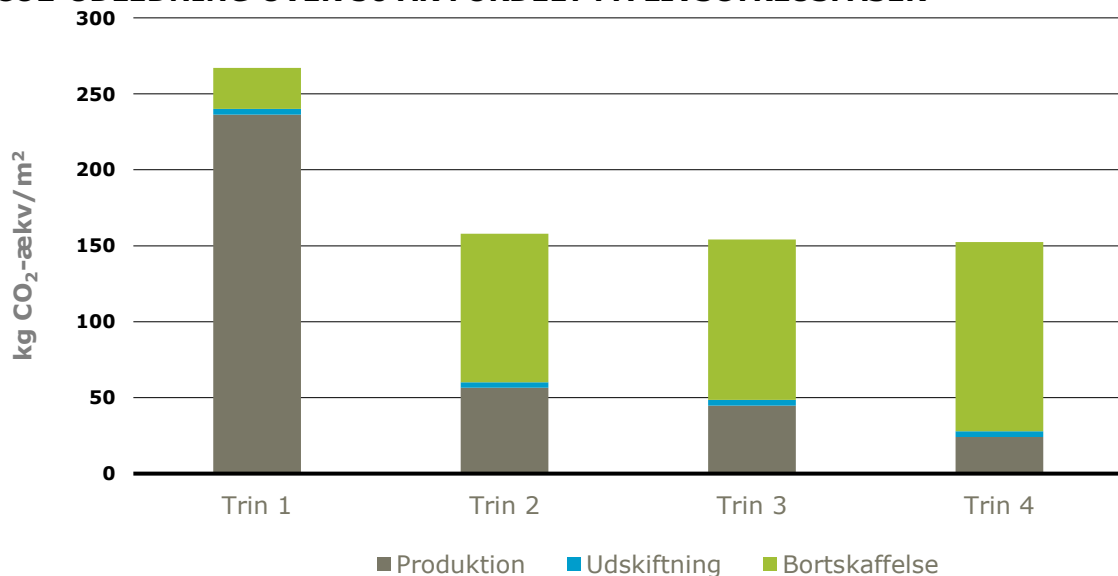


Figur 16: Globalt opvarmningspotentiale (GWP) fordelt på bygningskomponenter for Trin 1 og 4

### 8.2.3 Analyse af globalt opvarmningspotentiale fra livscyklusstadier

Analyseres klimapåvirkningernes fordeling over livscyklusstadiene, hhv. produktion (A1-A3), udskiftning af byggematerialer (B4) og bortskaffelse (C3-C4), ses hvornår forskellige materials belastning på klimaet er størst. Her ses det, at betonkonstruktionen udleder størstedelen af miljøaftrykket i produktionsfasen, hvilket skyldes de energikrævende processer i forbindelse med produktion af beton. For trin 2, 3 og 4, som primært består af træelementer, ses det største miljøaftryk i bortskaffelsesfasen, da der her, som tidligere nævnt, frigives den CO<sub>2</sub>, som træet har optaget i dets vækstfase.

### CO<sub>2</sub>-UDLEDNING OVER 50 ÅR FORDELT PÅ LIVSCYKLUSFASER

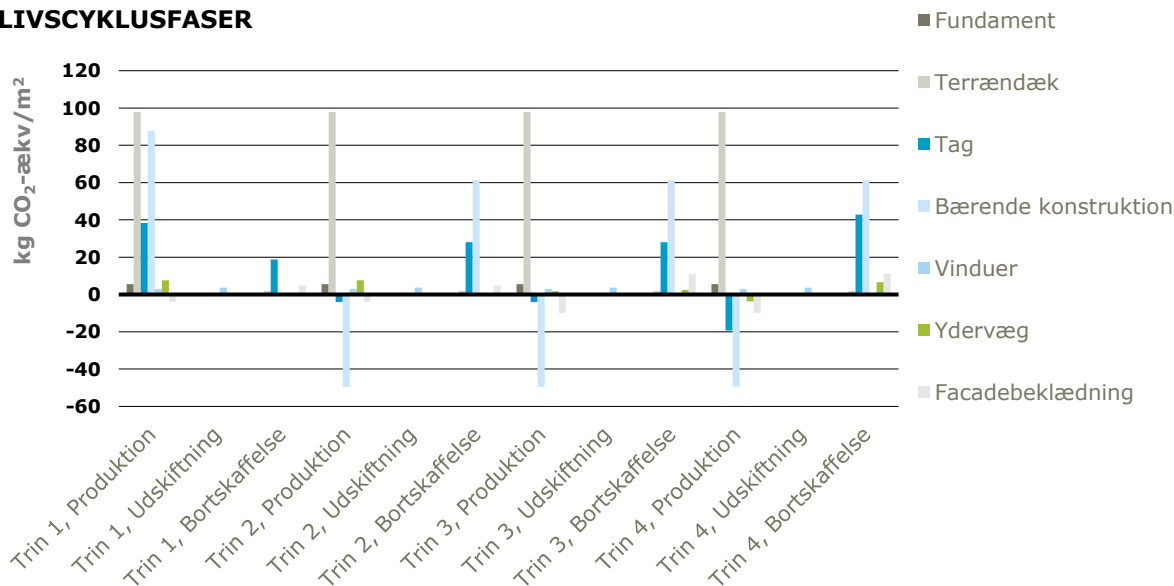


Figur 17: Påvirkningspotentialer i produktionsfasen (A1-A3), udskiftning (B4) og bortskaffelse (C3-C4)

I Figur 18 ses klimapåvirkningen fra de forskellige bygningskomponenter i de forskellige livscyklusstadier. Det ses at træbaserede bygningskomponenter (trækonstruktion, facadebeklædning med træophæng og træfiberisolering) har negative påvirkninger i produktion (A1-A3), som så modsvares af høje påvirkninger ved bortskaffelse af de samme elementer. Byggematerialer som stål og beton, har høje indlejrede påvirkninger i produktion, grundet de energikrævende produktionsprocesser forbundet med fremstillingen af materialer.



## CO<sub>2</sub>-UDLEDNING OVER 50 ÅR FORDELT PÅ BYGNINGSDELE OG LIVSCYKLUSFASER



Figur 18: Klimapåvirkningerne fra de forskellige bygningskomponenter i de forskellige livscyklusstadier

### 8.3 Delkonklusion - Produktionshal

For bygningskomponenter bestående primært af byggematerialer som stål og beton (fx fundament og terrændæk) ses en højere CO<sub>2</sub>-udledning i produktionen. Dette skyldes, at de nuværende produktionsmetoder af fx stål og cement er energikrævende, samt at der i selve den kemiske proces i cementproduktionen udledes CO<sub>2</sub>. Samtlige træprodukter antages at blive brændt ved bortskaffelsen, hvilket betyder, at den optagede CO<sub>2</sub> i træet frigives igen, dette betyder også, at udledningen kan udskydes ved at forlænge produkternes levetid enten i den pågældende bygning eller ved direkte genanvendelse i en ny bygning. For den pågældende case er trin 4 at foretrække. Trin 2 og trin 3 er næsten ens, da det kun er facaden, som ændres til en træbeklædning. Indvendige overflader som væg og loft i produktionshallen ændres ikke til træ, på grund af den øgede risiko ved brand dette vil medføre. Den øgede risiko ved brand betyder, at bygningsreglementets brandkrav ikke kan opfyldes ved blot at følge de præaccepterede løsninger beskrevet af vejledninger til BR18 kap. 5. Brand og træbeklædningen anses derfor typisk ikke som værende en tilsvarende gængs løsning for industribygninger i dansk byggeri.


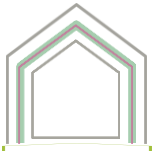


Tillægges en repræsentativ middelværdi for de tekniske installationer til trin 4<sup>13</sup> er CO<sub>2</sub>-udledningen fra materialerne 3,51 kg CO<sub>2</sub>-ækv/m<sup>2</sup>/år, hvilket er 63% lavere end medianen for alle 60 byggerier i SBI-rapporten Klimapåvirkning fra 60 bygninger<sup>10</sup>.

<sup>13</sup> SBI 2020:04 Klimapåvirkning fra 60 bygninger – Muligheder for udformning af referenceværdier til LCA for bygninger

## 9. KONKLUSION

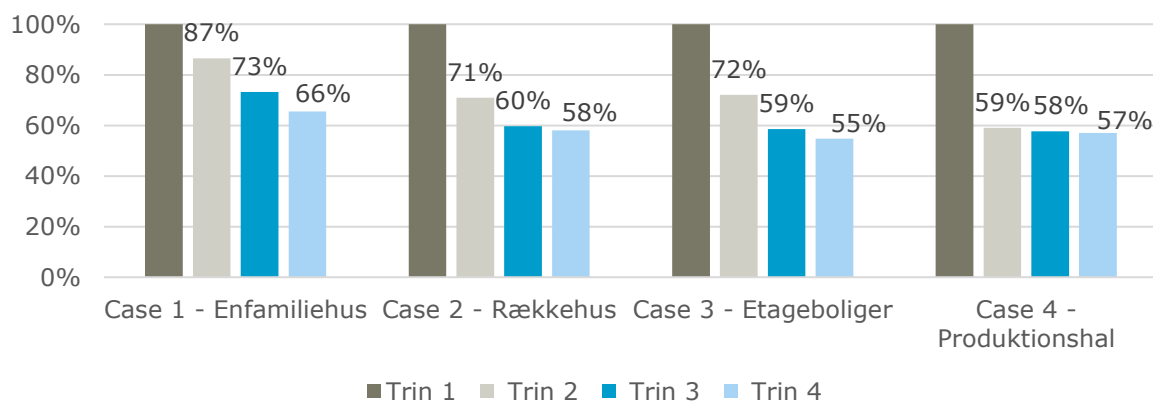
I denne rapport er fire casestudier af hhv. et enfamiliehus, et rækkehusbyggeri, en etagebolig og en produktionshal blevet analyseret som typiske danske bygninger af stål og beton (trin 1) og i tre trin konverteret til konstruktioner og bygningsdele i træ. For hvert trin skiftes fortsat flere bygningsdele ud med byggevarer i træ. For alle fire casestudier viste de største potentielle CO<sub>2</sub>-besparelser sig at stamme fra de bærende konstruktioner, og dermed ses det største spring i CO<sub>2</sub>-besparelser fra trin 1 til trin 2. I Tabel 6 ses de potentielle CO<sub>2</sub>-besparelser ved hvert trin sammenlignet med trin 1, for de 4 casestudier. De samlede potentielle CO<sub>2</sub>-besparelser varierede mellem 34,5-45,2% for de fire cases svarende til mellem 97 og 220 kg CO<sub>2</sub>-ækv. pr. m<sup>2</sup>.

**Tabel 6 – Potentiel besparelse for 50-årig betragtningsperiode**

Betragningsperiode: <b>50 år</b>	Trin 1	Trin 2	Trin 3	Trin 4
	Typisk dansk bygning i materialer som stål, beton og tegl	Primære og sekundære konstruktioner i beton og stål skiftes til byggevarer af træ	Beklædninger som facader, gulve og lofter skiftes til byggevarer af træ	Mineraluldsisolering skiftes til træfiberisolering (hvor brandkrav tillader)
				
Case 1: Enfamiliehus	-	13,4%	26,8%	34,5%
Case 2: Rækkehusbyggeri	-	29,1%	40,3%	41,9%
Case 3: Etageboliger	-	27,9%	41,4%	45,2%
Case 4: Produktionshal	-	41,0%	42,3%	43%

I alle fire cases er der altså en potentiel CO<sub>2</sub>-besparelse ved at skifte konstruktioner og materialer til træ, dette er også visualiseret i Figur 19. Figuren viser den samlede CO<sub>2</sub>-udledning fra trin 2, 3 og 4 i forhold til trin 1, og det ses, at de største besparelser er at hente i større boligbebyggelser og i industribygningen.

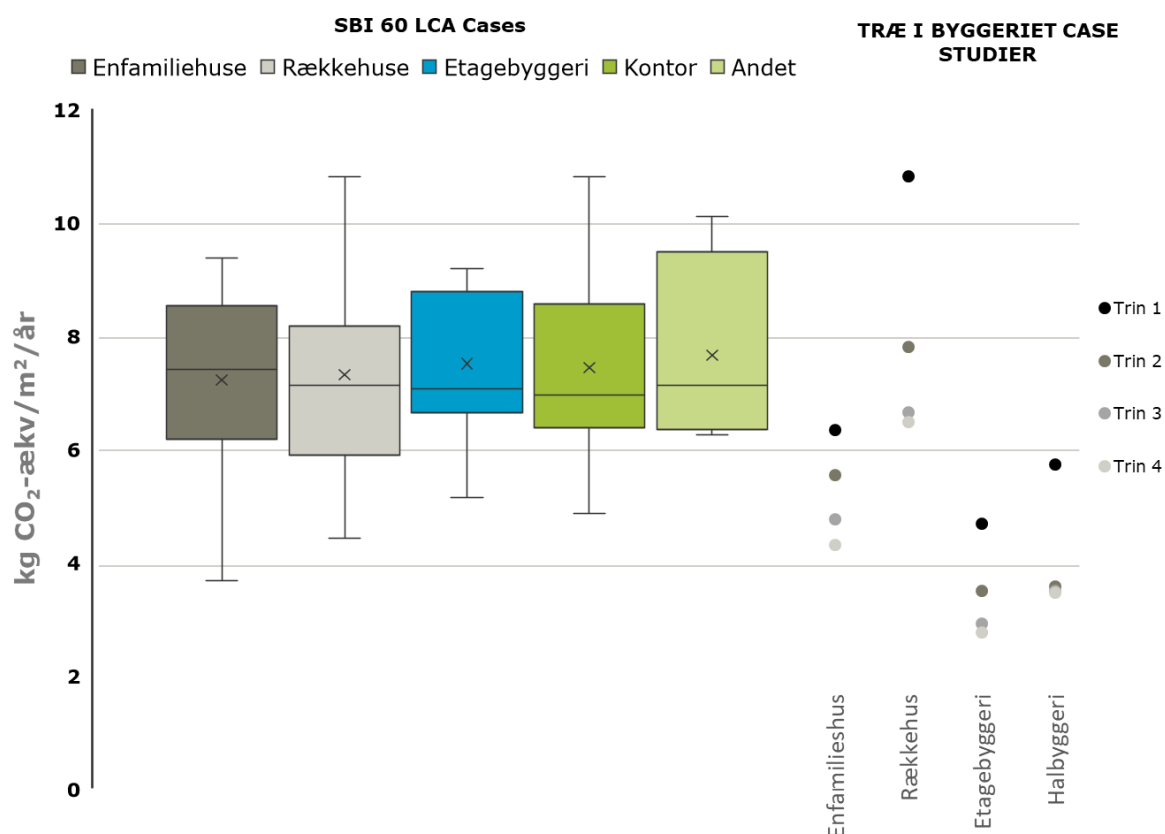
### POTENTIEL CO<sub>2</sub>-UDLEDNING I FORHOLD TIL TRIN 1



**Figur 19 Den potentielle CO<sub>2</sub>-udledning sammenlignet med trin 1 for de fire casestudier**

## 9.1 Sammenligning med referencebygninger

For at kunne sammenligne de fire case-byggerier i denne rapport med andre bygninger, er resultaterne tillagt en repræsentativ middelværdi for tekniske installationer jævnfør SBI-rapporten *Klimapåvirkning fra 60 bygninger*<sup>14</sup> på 0,46 kg CO<sub>2</sub>-ækv/m<sup>2</sup>. Resultaterne kan således ses af Figur 20 overfor referencebygningerne fra den omtalte SBI-rapport. Illustrationen viser CO<sub>2</sub>-udledningen fra materialerne over en 50-årig periode, fra udvinding og produktion til udskiftninger og bortskaffelse, men ikke energiforbruget fra driften. Det ses at især etagebyggeriet ligger lavt sammenlignet med de 11 referencebygninger i kategorien, dette kan skyldes et mere materialeeffektivt byggeri pr. kvadratmeter i den pågældende case og også at 80% af referencebygningerne er tunge byggerier.



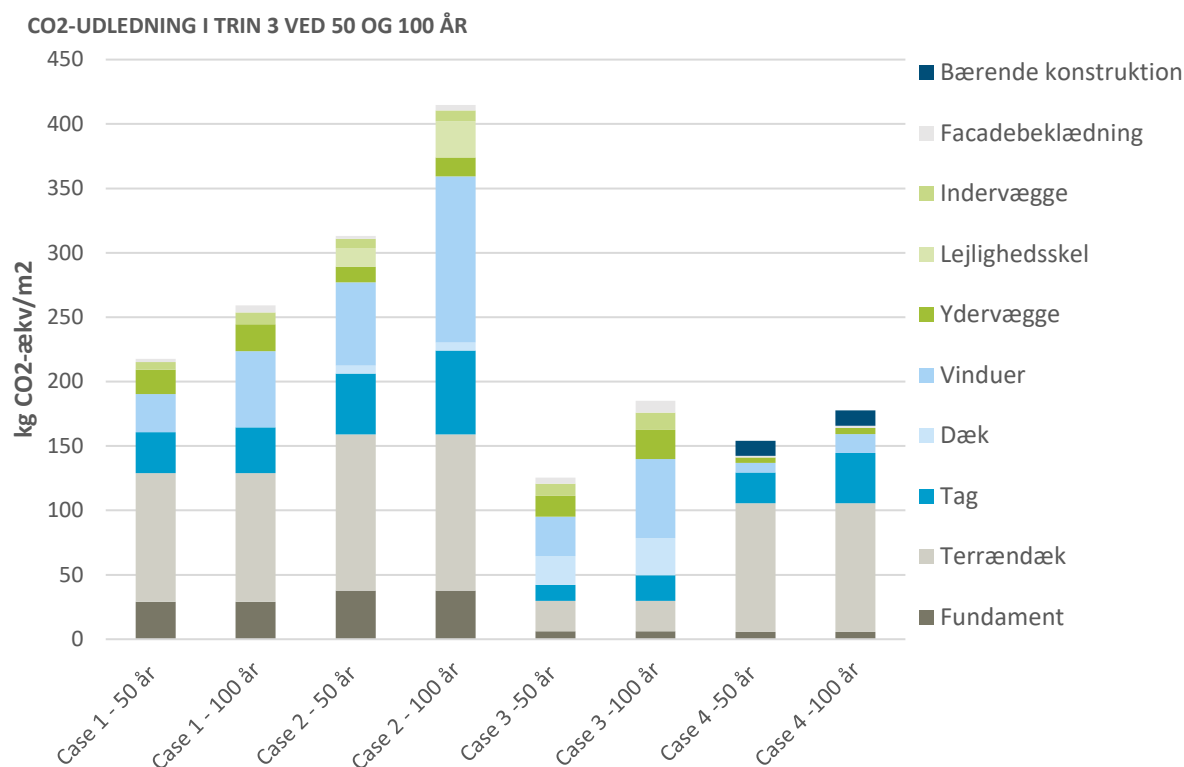
Figur 20 Sammenligning af de fire case-bygninger op mod referencebygninger fra rapporten *Klimapåvirkning fra 60 bygninger* udgivet af Statens Byggeforsknings Institut (SBI).

Resultaterne fra træbyggerierne i trin 4 ligger i intervallet 2,8–6,55 kg CO<sub>2</sub>-ækv/m<sup>2</sup>/år, med en median på 4,3 kg CO<sub>2</sub>-ækv/m<sup>2</sup>/år, hvilket er markant lavere end medianværdien for materialerne for de 60 referencebygninger som ligger på 7,1 kg CO<sub>2</sub>-ækv/m<sup>2</sup>/år. Medianværdien for de 60 referencebygninger er data for både DGNB-certificerede bygninger, eksterne projekter og livscyklusvurderinger udført af SBI. Træbyggerierne giver altså en reduktion på op mod 60% ift. medianværdien.

<sup>14</sup> SBI 2020:04 Klimapåvirkning fra 60 bygninger – Muligheder for udformning af referenceværdier til LCA for bygninger

## 9.2 Følsomhed

LCA beror på antagelser om både materialevalg og levetider og det er derfor vigtigt at se på følsomheden af disse antagelser. Denne rapport er baseret på nuværende produktionsmetoder og materialer, hvor fokus har været på træprodukter, som det bæredygtige alternativ til gængse danske byggematerialer som stål, beton og tegl. Det er muligt, at der i fremtiden findes alternative produktionsmetoder og materialer, da industrien hele tiden udvikler sig, som vil kunne bidrage til en yderligere CO<sub>2</sub>-besparelse. I dette afsnit afdækkes resultaternes følsomhed overfor en længere levetidsbetragtning på i alt 100 år. Betragtningstiden blev således ændret fra 50 til 100 år i samtlige beregningsmodeller, hvor resultatet for trin 3 kan ses i Figur 21. Det ses her, at især CO<sub>2</sub>-udledningen fra vinduer, dæk og tag stiger ved en 100-årig betragtningstid. Dette skyldes, at bl.a. vinduer og specielt overflade-bygningsdele såsom gulve, vægbeklædninger og tagdækning udskiftes 1-2 gange i denne periode.


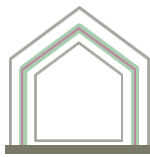
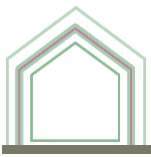



Figur 21 Følsomhedsanalyse - forskel i CO<sub>2</sub>-udledning fra 50 til 100 års betragtningstid

Dykker man ned i materialerne ses det, at det primært er vinduespartier, gipsplader, tagpap, træbetonplader og træfiberisolering samt træfacadebeklædning, som udskiftes og dermed giver den højere CO<sub>2</sub>-udledning, denne udledning vil altså afhænge af takten hvormed bygningsdele udskiftes. Materialernes levetider er baseret på tabelværdier fra SBI, og kan derfor i praksis variere. For eksempel vil man kun udskifte beskadigede gipsplader mens træfiberisolering i kassetter, som er faldet sammen, kan fornyes med ny indblæsning af isolering, men ikke udskiftes. Af Tabel 7 fremgår de potentielle CO<sub>2</sub>-besparelser ved hvert trin sammenlignet med trin 1, for de 4 casestudier. De samlede potentielle CO<sub>2</sub>-besparelser varierer mellem 28,5-38,9% for de fire cases svarende til mellem 73 og 196 kg CO<sub>2</sub>-ækv. pr. m<sup>2</sup>. Den største variation i CO<sub>2</sub>-besparelser ses i case 3 etageboligerne, dette skyldes store mængder af vinduer, gipslofter og -vægge, samt tagpap, som alle udskiftes i løbet af de 100 år. Den afviger således 15% fra den 50-årige betragtning. De resterende cases afviger mellem 4-9% fra den 50-årige betragtningstid mens afvigelserne for trin 1, 2 og 4 også ligger i spændet 3-16%. Besparelsen ved de forskellige træbyggeri-cases er derfor mindre set over en længere levetid, på

grund af flere udskiftninger og fordi her og nu påvirkningerne kan fordeles ud over et større antal år og dermed får mindre betydning. Dette betyder at trin 1 i alle cases, som har relativt høje påvirkninger ved opførelsen (A1-3) i forhold til de øvrige livscyklusfaser, får en fordel i forhold til ved en 50-års betragtningsperiode, fordi her og nu påvirkningerne kan fordeles ud over et større antal år og dermed får mindre betydning.

**Tabel 7 - Potentiel besparelse ved 100-årig betragtningsperiode**

Betragtningsperiode: <b>100 år</b>	Trin 1	Trin 2	Trin 3	Trin 4
	Typisk dansk bygning i materialer som stål, beton og tegl	Primære og sekundære konstruktioner i beton og stål uskiftes til træ	Beklædninger som facader, gulve og lofter skiftes til træ	Mineraluldsisolering skiftes til træfibrerisolering (hvor brandkrav tillader)
				
Case 1: Enfamiliehus	-	10,5%	21,7%	28,5%
Case 2: Rækkehusbyggeri	-	17,6%	31,3%	32,5%
Case 3: Etageboliger	-	17,0%	26,4%	29,1%
Case 4: Produktionshal	-	37,1%	38,6%	38,9%

### 9.3 Perspektivering

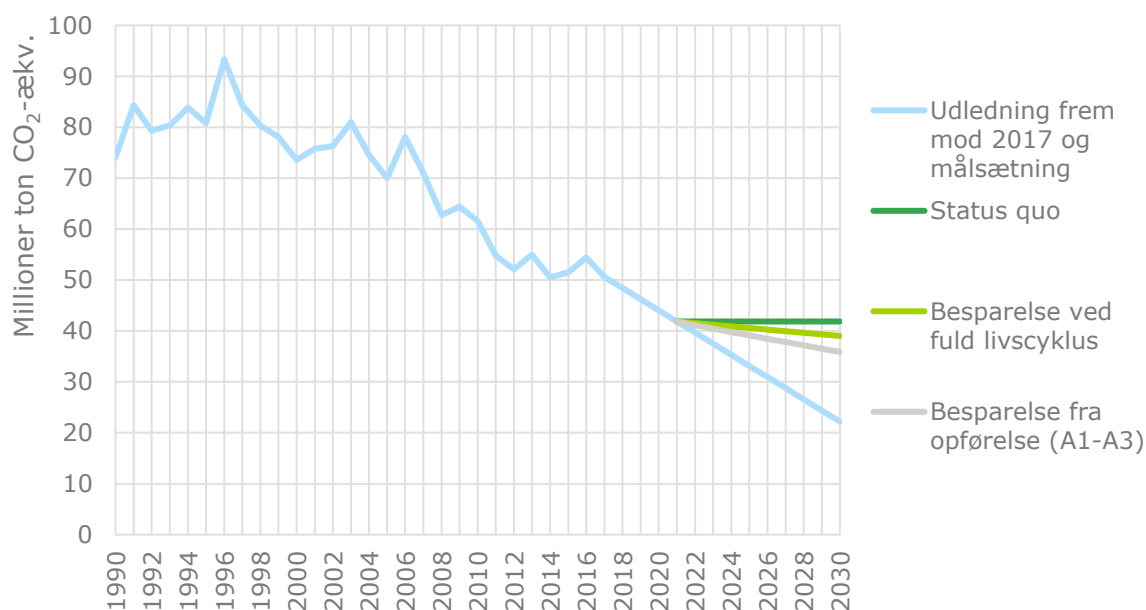
Dansk Byggeri anslog i 2019, at der vil blive påbegyndt opførelse af 28.500 boliger i 2020<sup>15</sup>, svarende til et fald på 1,3% i forhold til 2019, og at denne tendens vil fortsætte i de kommende år<sup>5</sup>. Ifølge Danmarks Statistik har et gennemsnitligt parcelhus et areal på 151 m<sup>2</sup>, mens arealet på henholdsvis et række- kæde- og dobbelthus er 93 m<sup>2</sup>, og for etageboliger 78 m<sup>2</sup>. Hvis samtlige nybyggede boliger i 2020 primært var træbaserede, er den potentielle CO<sub>2</sub>-besparelse derfor ca. 340.200 ton CO<sub>2</sub>-ækvivalenter set over hele bygningslivscyklussen.

Forudsættes 1,3% årligt fald i nybyggeriet af boliger frem mod 2030, vil den samlede besparelse, over hele bygningslivscyklussen, være 3,51 mio. tons CO<sub>2</sub>-ækv. over de kommende 10 år. Dette svarer til en gennemsnitlig årlig besparelse på 14,5% af den samlede CO<sub>2</sub>-reduktion, Danmark skal opnå for at leve op til målsætningen om 70% reduktion i 2030.<sup>16</sup> Ser man udelukkende på CO<sub>2</sub>-udledningen fra opførelsen af bygningerne er den potentielle gennemsnitlige årlige besparelse 30,5% af den årlige CO<sub>2</sub>-reduktions målsætning. Ved endt levetid for træbyggevarerne vil der dog igen udledes CO<sub>2</sub>, enten fra en forbrændingsproces eller forrådnelse. Der findes ikke en standardiseret metode for hvorledes man bør sammenstille livscyklusvurderinger med nationale målsætninger, derfor er både besparelserne over hele livscyklussen og besparelserne ved opførelse vist i Figur 22. Besparelserne er her afbildet i forhold til status quo og i forhold til den nationale målsætning om 70% CO<sub>2</sub>-reduktion frem mod 2030. Træbyggeri kan altså bidrage til denne målsætning uanset om hele livscyklussen eller kun opførelsen tages i betragtning.

<sup>15</sup> Dansk Byggeri Konjunkturanalyse marts 2019

<sup>16</sup> Kilde: DCE- Nationalt Center for Miljø og Energi, 2019. I opgørelsen fra DCE er ikke medtaget CO<sub>2</sub> fra importeret træ til forbrænding af biomasse, international søfart og luftfart og danske virksomheders aktiviteter i udlandet.

## UDVIKLING I CO<sub>2</sub>-UDLEDNING SIDEN 1990 INKL. POTENTIELLE BESPARELSER FRA TRÆBYGGERI I FORHOLD TIL STATUS QUO



Figur 22 Kilde: DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, 2019.

Note: I opgørelsen fra DCE er ikke medtaget CO<sub>2</sub> fra importeret træ til forbrænding af biomasse, drivhusgasemissioner fra international søfart og luftfart og drivhusgasemissioner fra danske virksomheders aktiviteter i udlandet.

Det er tydeligt, at byggebranchen kan bidrage til den nationale og globale målsætning om at minimere CO<sub>2</sub>-udledningen ved at træffe bevidste design- og materialevalg. Ved at udføre livscyklusvurderinger (LCA) for nybyggeri og renoveringsprojekter er det muligt at estimere potentielle miljøpåvirkninger, som tager højde for bygningens kontekst.

Ved nybyggeri og renoveringsprojekter bør der altid udarbejdes et helhedsbillede, som tager hensyn til konteksten af bygningen. Aspekter som fugtforhold, drift og vedligehold samt robusthed bør overvejes for eksempel gennem totaløkonomiske beregninger. Brandforhold samt akustiske forhold er andre faktorer, som også altid bør have fokus ved nybyggeri og renovering. Levetider og holdbarhed af byggematerialer er en væsentlig faktor i analyser som denne, men i konkrete byggeprojekter bør man forholde sig kritisk til netop levetiden. Ofte ses det, at bygningsdele og materialer udskiftes af æstetiske årsager, før deres tekniske levetid er udtjent. Andre metoder til at minimere CO<sub>2</sub>-udledningen fra nybyggeri og renoveringsprojekter er at anvende genbrugsmaterialer. Hvis der anvendes genbrugsmaterialer i en bygning, vil disse indgå i produktfasen (A1-A3) og potentielt kunne minimere CO<sub>2</sub>-udledningen fra bygningens opførelse. Den cirkulære tankegang, hvor både bygningens og materialernes livscyklus tænkes ind i designet, er en afgørende faktor for fremtidens bæredygtige byggeri.

# 10. APPENDIX

## Appendix 1: Case 1 – Enfamiliehus - LCA Inventory

ENFAMILIEHUS - RAMBØLL - TRIN 1															
Bygningsdel	Komponent	Materiale	Tykkelse [m]	C/C afstand [m]	Dimension [m]	Areal [m²]	Volumen [m³/m²]	Vægt [kg/m²]	Volumen [m³]	Vægt [kg]	Kommentarer	Materiale/EPD Reference	Implementeret i LCAbyg	Proces	Levetid
Tag	Monier Tagsten	Betonsten				178,4		25,0		4460			x	Okobau - Tagsten, beton	50
	Taglægter	C18 (T2)	0,038	0,370	0,073	178,4	0,0075	3,2	1,34	575			x	EPD Høveler konstruktionstræ	80
	Afstandslister	Trykimpregneret min.C14	0,025	0,370	0,045	178,4	0,0030	1,3	0,54	233			x	EPD Høveler konstruktionstræ	80
	Vindspærre	Banevæver	0,002			178,4	0,0020	0,1	0,36	16			x	Okobau - Dampspærre PE pr m2	80
	Bærende konstruktionsspær	45x245 C18	0,245	1,000	0,045	178,4	0,0110	5,0	2,23	885			x	EPD Høveler konstruktionstræ	80
	Påføring af spær	45x120 C18	0,120	1,000	0,045	178,4	0,0054	2,4	0,71	282			x	EPD Høveler konstruktionstræ	80
	Isolering (bærende konstruktion)	Isolering	0,360	1,000	0,955	178,4	0,3490	12,2	40,45	1416	Mineraluldsgranulat (eksempelvis paroc)		x	Okobau - Mineraluld, alm	80
	Dampspærre	Pe-folie	0,002			112,5	0,0020	0,1	0,23	11			x	Okobau - Dampspærre PE pr m2	80
	Spredt forskalling	C14 læmmer	0,022	0,300	0,095	112,5	0,0070	3,0	0,78	337			x	EPD Savet og terede konstruktionstræ	80
	Loftbeklædning	Gipsplade	0,012			112,5	0,0120						x	Okobau - Gipskartonplade 13 mm, hulplade	40
	Søjler	Limtræ					0,0006		0,11	56			x	EPD Limtræ konstruktionstræ	100
	Bjælker	Limtræ					0,0013		0,24	120			x	EPD Limtræ konstruktionstræ	100
Ydervægge	Skalmur	Tegsten	0,108			111,0	0,1080		11,99			x	Okobau - Teglisten, formur	80	
	Isolering	Mineraluld kl. 37	0,220			111,0			24,42		Tilpasset fra 250 mm	x	Okobau - Mineraluld, alm	80	
	Bagvæg	Porebeton	0,100			111,0			11,10			x	Okobau - Porebeton 472 kg/m3	80	
	Hulrum	Murbindere						0,1	0,001	10	4 stk. Ø3 pr. m2	x	Okobau - Beslag mv, stål	80	
	Bjælker over vinduer og døre	Porebeton					0,0286		0,55		0,18 x 0,2	x	Okobau - Porebeton 472 kg/m3	80	
	Falser ved vinduer og døre	Porebeton	0,100			19,4	0,1000		1,94		100mm falser	x	Okobau - Porebeton 472 kg/m3	80	
	Vinduer	Trævinduer, hvidmalede (3-lags)				9,9						x	Okobau - lavenergivinduer (3-lags) med træ/alu ramme og karm	25	
Døre	Trædøre, hvidmalede (3-lags)				7,6						x	Okobau - lavenergivinduer (3-lags) med træ/alu ramme og karm	25		
Gulv	Gulvbelægning	Klinker	0,005			99,8	0,0050					x	Okobau - Keramikfliser, u-glaseret	100	
	Radonspærre	PE-folie	0,000			99,8	0,0003	0,1	0,03	10		x	Okobau - Dampspærre PE pr m2	100	
	Terrændæk	Beton C15	0,100			99,8	0,1000	240,0	9,98	23952			x	Okobau - Beton C25/30	100
		Armering Y550								599	6 kg/m2		x	Okobau - Stål, armeringsstål	100
Isolering	Polystyren	0,375			99,8	0,3750	12,0	37,43	1198		x	Okobau - Mineraluld, trykfast	100		
Fundament	Linjefundamenter	Beton C25							11,51			x	Okobau - Beton C25/30	100	
	Punktfundamenter	Beton C25							1,68			x	Okobau - Beton C25/30	100	
Sokkel	Lecablok	Leca							5,89			x	Okobau - Letklinker, bagmur	100	
	Isolering	Polystyren S80							2,52			x	Okobau - Mineraluld, trykfast	100	
Indervægge/skillevægge	Indervægge	Porebeton	0,100			96,3			9,63			x	Okobau - Porebeton 380 kg/m2	80	

ENFAMILIEHUS - FRA TRÆ I BYGGERIET - TRIN 3

Bygningsdel	Komponent	Materiale	Tykkelse [m]	OIC afstand [m]	Dimension [m]	Areal [m²]	Volumen [m³]	Vægt [kg/m²]	Volumen [m³]	Vægt [kg]	Kommentarer	Materiale/EPD Reference	Implementeres i LCAbyg	Proces	Levetid
Tag	Monier Tagsten	Betonsten				178,40	0,000	25,000		4460,00			x	Okobau - Tagsten, beton	50
	Taglægger	C18 (T2)	0,038	0,370	0,073	178,40	0,007	3,224	1,338	575,13			x	EPD Høvel konstruktionstræ	80
	Afstandslist	Trykimpregneret min.C14	0,025	0,370	0,045	178,40	0,003	1,307	0,542	233,25			x	EPD Høvel konstruktionstræ	80
	Vindspærre	Banevæser	0,002			178,40	0,002	0,090	0,357	16,06			x	Okobau - Dampspærre PE pr m2	80
	Bærende konstruktionspær	45x245 C18	0,245	1,000	0,045	178,40	0,011	4,961	2,228	885,09			x	EPD Høvel konstruktionstræ	80
	Påføring af spær	45x120 C18	0,120	1,000	0,045	178,40	0,005	2,430	1,091	433,51			x	EPD Høvel konstruktionstræ	80
	Isolering (bærende konstruktion)	Isolering	0,360	1,000	0,955	178,40	0,349	12,214	62,257	2179,00			x	Okobau - Mineraluld, alm	80
	Dampspærre	Pe-folie	0,002			112,51	0,002	0,100	0,225	11,25			x	Okobau - Dampspærre PE pr m2	80
	Spredt forskalling	C14 tømmer	0,022	0,300	0,095	112,51	0,007	3,0	0,784	337,04			x	EPD Sævet og tærede konstruktionstræ	80
	Rustik loftbeklædning	proffileret plademateriale Fyretræsbrædder	0,016			112,51	0,016	6,880	1,8	774,07			x	EPD Høvel konstruktionstræ	50
	Søjler	Limtræ					0,0012		0,22	110,00	Mængder er taget fra Revit model		x	EPD Limtræ konstruktionstræ	100
Bjælker	Limtræ					0,0106		1,89	945,00	Mængder er taget fra Revit model		x	EPD Limtræ konstruktionstræ	100	
Ydenvægge	Proffileret før/efter beklædning	Trykimpregneret C14	0,022			111,000							x	Okobau - Træ, fyr	60
	Afstandslist 22mm	Trykimpregneret C14	0,022	0,600	0,045	111,000	0,002	2,145	0,183	238,10			x	EPD Høvel konstruktionstræ	80
	Vindspærre	Banevæser	0,009			111,000	0,009	11,700	0,999	1298,70			x	Okobau - Fibercemteplade	80
	Bærende vægkonstruktion	Konstruktionstræ C18	0,195	0,600	0,045	111,000	0,015	6,289	1,623	698,05			x	EPD Høvel konstruktionstræ	80
	Ydenvægisolering	Mineraluld kl.34	0,195		0,555	111,000	0,180	6,825	20,022	757,58			x	Okobau - Mineraluld, alm	80
	Dampspærre	Pe-folie	0,002			111,000	0,002	0,100	0,2	11,10			x	Okobau - Dampspærre PE pr m2	80
	Installationslags konstruktion	C14 tømmer	0,070	0,600	0,045	111,000	0,005	2,363	0,583	262,24			x	EPD Høvel konstruktionstræ	80
	Installationslags isolering	Mineraluld kl.34	0,070	0,600	0,555	111,000	0,065	2,450	7,187	271,95			x	Okobau - Mineraluld, alm	80
	Overflade	Gips	0,012			111,000	0,012		1,3	Ændret til gips, da materialebygning foreskriver 16 mm rustik eller gips	1199,61		x	Okobau - Gipskartonplade 13 mm, imprægneret	50
	Overligger	Limtræ					0,025		2,789783				x	EPD Limtræ konstruktionstræ	100
	Vinduer	Trævinduer, hvidmalede (3-lags)					9,9						x	Okobau - lavenergivinduer (3-lags) med træ/alu ramme og karm	25
Døre	Trædøre, hvidmalede (3-lags)					7,6						x	Okobau - lavenergivinduer (3-lags) med træ/alu ramme og karm	25	
Gulv	Gulvbelægning	Tæppe	0,022			99,8	0,022	9,46	2,1956	944,11			x	Okobau - Trægulv støpspikket, 22 mm	80
	Strøer	Kerto LVL	0,04	0,48	0,045	99,8	0,00375	1,6125	0,37425	160,93			x	EPD Høvel konstruktionstræ	100
	Isolering	Mineraluld	0,04	0,48	0,435	99,8	0,03625	10,875	3,61775	1085,33			x	Okobau - Mineraluld, alm	100
	Radonspærre	PE-folie	0,0003			99,8	0,0003	0,1	0,02994	9,98			x	Okobau - Dampspærre PE pr m2	100
	Terrændæk	Beton C15	0,1			99,8	0,1	240	9,98	23952,00			x	Okobau - Beton C25/30	100
	Armering	Y550					6		598,80	6 kg/m2 eller 599 kg/stk			x	Okobau - Stål, armeringsstål	100
	Isolering	Polystyren	0,375			99,8	0,375	12	37,425	1197,60			x	Okobau - Mineraluld, trykfast	100
	Linjefundament	Beton C25							7,770	19477,06			x	Okobau - Beton C25/30	100
Fundament	Punktfundamenter	Beton C25							1,68				x	Okobau - Beton C25/30	100
	Sokkel	Lecablok							3,97				x	Okobau - Løtklinker, bagmur	100
Indenvægge/skillevægge	Isolering	Polystyren S80							1,70				x	Okobau - Mineraluld, trykfast	100
	Beklædning	Fibergipsplader	0,013			96							x	Okobau - Gipskartonplade 13 mm, hulplade	50
	Konstruktion	Regler 45x70 mm	0,070	0,550	0,045	96	0,006						x	EPD Høvel konstruktionstræ	80
	Isolering	Mineraluld klasse 37	0,070			96	0,064				Husk træfiberisolering i Tiln4		x	Okobau - Mineraluld, alm	80
	Beklædning	Fibergipsplader	0,013			96							x	Okobau - Gipskartonplade 13 mm, hulplade	50



## Appendix 2: Case 2 – Rækkehus - LCA inventory

### RÆKKEHUS - FRA RAMBØLL - TRIN 1

		275 m2				Skaleret svarende til 2397 m2				Implementeret i CAHV	Proces	Levetid		
Bygningsdel	Byggekomponent	Materiale	Tykkelse [m]	Areal [m2]	Volumen [m3]	Vægt [kg]	Kommentarer	Areal [m2]	Volumen [m3]				Vægt [kg]	
Tag	Grønt tag mos/ sedum	Grønt tag fra Growtek	0,03	309,2			M40	2690	0	0	ikke medtaget			
	Tagopbygning	Tagpap			309,2			2lags tagpapdekning	2690	0	0	x	<a href="#">EPDhusets Tagpap</a>	20
		Mineraluld		0,12	309,2			200mm	2690	0	0	x	Okobau- Mineraluld trykfast	80
		Mineraluld		0,2	309,2			200mm	2690	0	0	x	Okobau- Mineraluld trykfast	80
		Huldeak 180 beton		0,124	309,2	38,3		Beton C45, passiv miljøklasse	2690	334	0	x	Okobau- Betonhuldeak (C45/55)	120
		Huldeak 180 spændarmøring						687 Højstyrkestål	0	0	5978	x	Okobau- stål, armering	120
		Huldeak 180 ugearmøring						619 Tentorstål Y550, 2kg armøring pr. m2	0	0	5381	x	Okobau- stål, armering	120
	Udvekslingsbæjler til ovenlys	Stål					120 Konstruktionsstål S235, 10 stk	0	0	1044	x	Okobau- stålprofil	120	
Ovenlys	Lette - 1,2x1,2 m			7,2			5 stk	63	0	0	ikke medtaget			
Fundament	Bet onfundamenter	Fundament, beton			24,8		Beton C25	0	216	0	x	Okobau- beton C25/30	120	
		Fundament, porebeton			24,8			0	216	0	x	Okobau- Porebeton 380 kg/m³	120	
		Fundament, armering					306 Tentorstål Y550, 4Y12+8Y18/300	0	0	2859	x	Okobau- stål, armeringstål	120	
Terrændæk	Trægulv	Trægulv	0,014	275,5	3,9			2397	34	0	x	<a href="#">EPDhusets konstruktionsræs</a>	100	
	Lydrinsmåtte	Lydrinsmåtte PP	0,0028	275,5				2397	0	0	x	Okobau- Underlag PP	80	
	Bet ondæk	Terrændæk, beton		0,1	284,3	28,4		Beton C25	2473	247	0	x	Okobau- beton C25/30	120
		Terrændæk, armering						2242 Tentorstål Y550, Y8/100 IM	0	0	19510	x	Okobau- stål, armeringstål	120
	Isolering	Isolering	0,4	284,3	113,7		Polystyren S80	2473	989	0	x	Okobau- mineraluld, trykfast	120	
Dæk (internt)	Trægulv	14 mm trægulv	0,014	176,4	2,5			1535	21	0	x	Okobau- Trægulv	100	
	Stræer	40x63xVL (11mtræ)	0,0042	176,4	0,7		CC 60 cm	1535	6	0	x	<a href="#">EPDhusets konstruktionsræs</a>	80	
	Mineraluld	Mineraluld 45mm	0,042	176,4	7,4			1535	64	0	x	Okobau- Mineraluld alm	80	
	Dæk	Huldeak 180 beton		0,124	176,4	21,9		Beton C45, passiv miljøklasse	1535	190	0	x	Okobau- Betonhuldeak (C45/55)	120
		Huldeak 180 spændarmøring						392 Højstyrkestål	0	0	3410	x	Okobau- stål, armering	120
Huldeak 180 ugearmøring							352 Tentorstål Y550, 2kg armøring pr. m2	0	0	3069	x	Okobau- stål, armering	120	
Løjlighedsdæk	Bet onelement væg (bærende)	Bet onvæg, beton	0,2	175,5	35,1		Beton C25, passiv miljøklasse	1527	305	0	x	Okobau- beton C25/30	120	
	Bet onvæg, armering						2431 Tentorstål Y550, Y8/150 BS BR + 10%bæjler	0	0	21202	x	Okobau- stål, armeringstål	120	
Bet on-indervæg - langsgående	Bet onelement væg (stabiliserende)	Bet onvæg, beton	0,15	48,9			Beton C25, passiv miljøklasse	425	0	0	x	Okobau- beton C25/30	120	
	Bet onvæg, armering						671 Tentorstål Y550, Y8/150 BS BR + 10%bæjler	0	0	5906	x	Okobau- stål, armeringstål	120	
Indervæg - langsgående	Skillevægselementer	15 mm fiber gips	0,015	119			Farmacell	1035	0	0	x	U-UFarmacell Gypsum Fibreboard, Ecoc Okobau	40	
		45x95 mm C24	0,007125	119			CC 60 cm	1035	0	0	x	<a href="#">EPDhusets konstruktionsræs</a>	80	
		Rock wool A37	0,038527397	95				825	0	0	x	Okobau- Mineraluld alm	80	
Indervæg - sekundære	Pladsopbygget	15 mm fiber gips	0,015	119			Farmacell	1035	0	0	x	U-UFarmacell Gypsum Fibreboard, Ecoc Okobau	40	
		15 mm fiber gips	0,015	186			Farmacell	1620	0	0	x	U-UFarmacell Gypsum Fibreboard, Ecoc Okobau	40	
		75 mm stålskelet	0,075	186			CC 45 cm, antaget 1,96 kg/m2	1620	0	0	x	Okobau- Galvaniseret stålprofil	100	
		Rock wool A37	0,043055556	121				1550	0	0	x	Okobau- Mineraluld alm	80	
	15 mm fiber gips	0,015	186			Farmacell	1620	0	0	x	U-UFarmacell Gypsum Fibreboard, Ecoc Okobau	40		
Ydervæg	Bruttoareal, samlet				328,3			2839	0	0				
		Vinduer / døre, samlet			97,7		STM	790	0	0	x	Vinduesprofil, karm, stic, pulverlak, Energridde (2-lags), termorude 2x4 mm,	25	
	Facadevægge (ikke bærende)	108mm, teglsten		0,108	145,1	15,7			1323	136	0	x	Okobau- tegl, Formur	80
		Murbindere, rustfri					9,6609709		1323	0	84	x	Okobau- stål, armeringstål	80
		Mineraluld		0,2	145,1	29,0		250mm isolering inkl. fastgørelse	1323	252	0	x	Okobau- mineraluld, alm	80
		Porebet onvæg		0,10	145,1	14,5		100mm porebeton	1323	126	0	x	Okobau- Porebeton 380 kg/m³	120
		108mm, teglsten		0,108	83,6	9,0			762	79	0	x	Okobau- tegl, Formur	80
		Murbindere, rustfri					5,5657065		762	0	48	x	Okobau- stål, armeringstål	80
	Gavnevægge (bærende)	Mineraluld		0,22	83,6	18,4		250mm isolering inkl. fastgørelse	762	160	0	x	Okobau- mineraluld, alm	80
		Bet onvæg, beton		0,15	83,6	12,5		150mm beton C25	762	109	0	x	Okobau- beton C25/30	120
		Bet onvæg, armering					116	Tentorstål Y550, Y8/150 BS BR + 10%bæjler	0	0	10101	x	Okobau- stål, armeringstål	120

RÆKKEHUS - FRA TRÆ I BYGGERIET - TRIN 3

Bygningsdel	Byggekomponent	Materiale	Tykkelse [m]	Areal [m2]	Volumen [m3]	Vægt [kg]	Kommentarer	Implementeret i LC Abyg	Proces	Levetid	
Tag	Grønt tagmos/ sedum	Grønt tag fra Growtek		3350			type?	ikke medtaget			
	Tagelement	Tagpap			3350			2 lag tagpapdækning	x	<a href="#">EPDbranche Tagpap</a>	20
		15 mm krydsfiner	0,015	3350					x	<a href="#">EPD krydsfiner</a>	80
		Iscover A34	0,284179104	2800					x	Okobau - Mineraluld alm	80
		34x390 mm GL 28c - Lilleheden	0,0221	3350				CC 60 cm (5 ribber pr. 2.4 m)	x	<a href="#">EPD Limtrækonstruktionsræ</a>	120
		0.20 mm PE folie		3000				Lev. Storm Odense	x	Okobau - Dampspærre PEpr. m2	80
		45x45 mm forskalling	0,003022388	3000				CC 60 cm (5 stk pr. 2.4 m)	x	<a href="#">EPD Savet og terræde, konstruktionsræ</a>	80
		Iscover A34	0,03761194	2800					x	Okobau - Mineraluld alm	80
		21x95 mm forskalling	0,00595224	3000				CC 30 cm	x	<a href="#">EPD Savet og terræde, konstruktionsræ</a>	80
	Lofter	2x13 mm Gips	0,026	3000				x	Okobau - Gipskartonplade 13 mm, imprægneret	40	
Ovenlys	Lette - 1,2x1,2m		60			40 stk	ikke medtaget				
Fundament	Bet onfundamenter	Fundament, porebeton			216			x	Okobau - Porebeton 380 kg/m³	120	
		Fundament, beton			216		Beton C25	x	Okobau - beton C25/30	120	
		Fundament, armering					2662 Tentorstål Y550, 4Y12+Bj1 Y8/300	x	Okobau - stål, armeringsstål	120	
Terrændæk	Trægulv	Trægulv	0,014	2397				x	Okobau - Trægulv	100	
	Lydtrinsmåtte	Lydtrinsmåtte PP	0,0028	2397				x	Okobau - Underlag PP	80	
	Bet ondæk	Terrændæk, beton	0,1	2473	247		Beton C25	x	Okobau - beton C25/30	120	
		Terrændæk, armering				19510	Tentorstål Y550, Y8/100 IM	x	Okobau - stål, armeringsstål	120	
Isolering	Isolering	0,4	2473	989,38			x	Okobau - mineraluld, trykfast	120		
Dæk (internt)	Trægulv	14 mm trægulv	0,014	1055				x	Okobau - Trægulv	100	
	Dækelement	18 mm CEmærket krydsfiner	0,018	1055				x	<a href="#">EPD krydsfiner</a>	80	
		45x245 mm C24	0,018375	1055			CC 60 cm (5 ribber pr. 2.4 m)	x	<a href="#">EPD Højlet konstruktionsræ</a>	80	
		Rockwool A37	0,081042654	900				x	Okobau - Mineraluld alm	80	
		21x95 mm forskalling	0,00665	1055			CC 30 cm	x	<a href="#">EPD Savet og terræde, konstruktionsræ</a>	80	
	Lofter	2x13 mm Gips	0,215	1055			Seniat	x	Okobau - Gipskartonplade 13 mm, imprægneret	40	
Løjlighedskel	Løjlighedskel elementer	Icopal Windy		3630			<a href="#">Antaget vægt 0,17kg/m2</a>	x	Okobau - polypropylen (PP)	80	
		45x95 mm C24	0,007125	3630			CC 60 cm	x	<a href="#">EPD Højlet konstruktionsræ</a>	80	
		Rockwool A37	0,081129477	3100				x	Okobau - Mineraluld alm	80	
		Okobau - Gipskartonplade 13 mm, imprægneret						x	Okobau - Gipskartonplade 13 mm, imprægneret	40	
		2x13 mm Gips	0,026	3630			Seniat	x	Okobau - Gipskartonplade 13 mm, imprægneret	40	
Indervæg - langsgående	Skillevægselementer	15 mm fibergips	0,015	1460			Farmacell	x	EPD Farmacell Gypsum Fibreboard, EoL Okobau	40	
		45x95 mm C24	0,007125	1460			CC 60 cm	x	<a href="#">EPD Højlet konstruktionsræ</a>	80	
		Rockwool A37	0,038527397	1250				x	Okobau - Mineraluld alm	80	
		15 mm fibergips	0,015	1460			Farmacell	x	EPD Farmacell Gypsum Fibreboard, EoL Okobau	40	
Indervægge - sekundære	Pladsopbygget	15 mm fibergips	0,015	1620			Farmacell	x	EPD Farmacell Gypsum Fibreboard, EoL Okobau	40	
		75 mm stålskelet	0,075	1620			CC 45 cm, antaget 1,96kg/m2	x	Okobau - Galvaniseret stålprofil	100	
		Rockwool A37	0,043055556	1550				x	Okobau - Mineraluld alm	80	
		15 mm fibergips	0,015	1620			Farmacell	x	EPD Farmacell Gypsum Fibreboard, EoL Okobau	40	
Ydervæg	Bruttoareal			2875							
	Vinduer / døre	3 lag glas - træalu		790			STM	x	træ, hvidmalet + Vinduesprofil, karm, alu, Pulverlak, Energrid	25	
	Gavl- og facadeelementer	Superwood beklædning	0,021	2085				Superwood beklædning - ikke malet. 2x118mm før / not (ca. 40%) og 2x48mm lister med 12mm luft (ca. 60%)	x	<a href="#">Okobau - træ, gran</a>	40
		21x95 mm af stålsister	0,003325	2085			CC 60 cm	x	<a href="#">EPD Højlet konstruktionsræ</a>	80	
		9 mm Cembrit Ekstreme	0,009	2085				Vindspærre	x	Okobau - fibercementplade	80
		45x220 mm C24	0,0165	2085			CC 60 cm	x	<a href="#">EPD Højlet konstruktionsræ</a>	80	
		Rockwool A34	0,183033573	1775					x	Okobau - Mineraluld alm	80
		0.20 mm PE folie		2085				Lev. Storm Odense	x	Okobau - Dampspærre PEpr. m2	80
		45x45 mm forskalling	0,003375	2085				CC 60 cm	x	<a href="#">EPD Savet og terræde, konstruktionsræ</a>	80
		Rockwool A34	0,026758794	1775					x	Okobau - Mineraluld alm	80
		15 mm fibergips	0,015	2085				Farmacell	x	EPD Farmacell Gypsum Fibreboard, EoL Okobau	40

## Appendix 3: Case 3 – Etageboliger - LCA Inventory

ETAGEBOLIGER - RAMBØLL - TRIN 1												
Bygningsdel	Byggekomponent	Materiale	Tykkelse [m]	Areal samlet [m2]	Volumen samlet [m3]	Vægt samlet [kg]	Vægt samlet [kg/m2]	Kommentarer	Materiale/EPD Reference	Implementeret i LCAbyg	Proces	Levetid
	Bruttoareal											
Fundament	Stribefundamenter	Beton, passiv 25 Mpa	0,8	216,78	173,424	433.560,00				x	Okobau - Beton C25/30	120
	Isolering	Polystyren klasse 37	0,3	1743,3	522,99	13.074,75				x	Okobau - Mineraluld, trykfast	120
Terrændæk	Terrændæk	Beton, moderat 25 Mpa	0,15	1743,3	261,495	653.737,50				x	Okobau - Beton C25/30	120
	Armering	B550		1743,3	0	15.203,32	8,72	K8/200+K8/175		x	Okobau - Stål, armeringsstål	120
	Opklodsning Kerto LVL	Lamineret gran	0,04	1743,3	0,00	0,00	0,000	Opklodsning pr. max 600		x	<a href="#">EPD Limtræ konstruktionstræ</a>	80
	Gulv	Parquetgulv	0,007	1743,3	12,2031	7.932,02				x	Okobau - Trægulv, flerlags laminat, 10-12 mm	80
Ydenvægge	Beklædning	Keramisk skiffer	0,02	1554,6	31,092			Som eksisterende		x	Okobau - Skifer	100
	Facade montage system	Aluminium skinnesystem	0,03	1554,6			3,00			x	Okobau - Aluminiumprofil	100
	Isolering	REDAir batts	0,3	1554,6	466,38	11.659,50		Egenvægt 25 kg antaget		x	Okobau - Mineraluld, alm	80
	Dampspærre	PE-folie	0,0002	1554,6	0,31092					x	Okobau - Dampspærre PE pr. m2	80
	Ydenvægge, beton	Beton, passiv 25 MPa	0,18	1554,6	279,828	699.570,00				x	Okobau - Beton C25/30	120
Armering	Stål B500		1554,6		13.389,77	8,61	K10/225+K8/275		x	Okobau - Stål, armeringsstål	120	
Indenvægge, beton	Væg	Beton, passiv 25 MPa	0,2	1003	200,6	501.500,00		Her mængden korrigeret fra 1214 til 1003 for at være sammenlignelig med Scandibyg mængder		x	Okobau - Beton C25/30	120
	Armering	Stål B500			0	9.644,85	9,62	K10/200+K8/250		x	Okobau - Stål, armeringsstål	120
Indenvægge, let	Gips, 4 lag i alt		0,05	1694,9	84,745	97.456,75		Her mængden korrigeret fra 1214 til 1003 for at være sammenlignelig med Scandibyg mængder		x	Okobau - Gipskartonplade, brandimprægneret	50
	Isolering, 2 lag	Rockwool skillevægsbatts	0,14	1694,9	237,286	5.932,15				x	Okobau - Mineraluld, alm	80
	Knauf MSKP skinne	Stål m/ 4 mm polyethen	0,00046	1694,9	0,779654	1.219,20	0,72	Korrigeres i forhold til den nye mængde indenvægge		x	Okobau - Stålfprofil	100
	Knauf stålstolpe MR 70	Stål	0,00046	1694,9	0,779654	3.982,80	2,35			x	Okobau - Stålfprofil	100
Etageadskillelse	Gulv	Laminatgulv	0,01	4493,3	44,933	29.206,45				x	Okobau - Trægulv, flerlags laminat, 10-12 mm	50
	Opklodsning Kerto LVL	Lamineret gran	0,04	4493,3	0,00	0,00	0,003 m3/m2	Opklodsning pr. max 600		x	<a href="#">EPD Limtræ konstruktionstræ</a>	100
	Huldaek, DE220	Beton, passiv 40 Mpa	0,22	4493,3	988,526	1.392.923				x	Okobau - Betonhuldaek (C45/55)	120
Altan	Terrassebeklædning	Varmebehandlet træ	0,026	506,8						x	<a href="#">EPD Terrassebrædder</a>	60
	Terrasse stroer	Lægteunderlag	0,070	506,8				0,001 m3/m2		x	<a href="#">EPD Savel og terrede konstruktionstræ</a>	80
	tagpap-overpap	Bitume overpap	0,0044	506,8						x	<a href="#">EPD Branche Tagpap</a>	50
	tagpap-underpap	Bitume underpap	0,0024	506,8						x		
	tagpap-underpap	Bitume underpap	0,0024	506,8				Tagpap antaget at veje 2,8 kg/m² for 2,4mm underpap, i overensstemmelse med tagpap fra local		x	Okobau - Tagpap base	80
	Trykfast isolering	Klasse 37	0,400	506,8	202,72	5.068,00				x	Okobau - Mineraluld, trykfast	80
	Dampspærre	PE-folie	0,0002	506,8		50,68				x	Okobau - Dampspærre PE pr m2	80
Tagkonstruktion	Huldaek, DE220	Beton, passiv 40 Mpa	0,22	506,8		157.108,00				x	Okobau - Betonhuldaek (C45/55)	120
	Tagpap, 2 lag		0,026	1308,4	34,0184	85.046,00		Som eksisterende		x	<a href="#">EPD Branche Tagpap</a>	80
	21 mm tagkrydsfiner			1308,4	0	0,00		Som eksisterende		x		80
	Isolering	Klasse 37	0,400	1308,4	523,36	13.084,00				x	Okobau - Mineraluld, alm	80
	Dampspærre	PE-folie	0,0002	1308,4		130,84				x	Okobau - Dampspærre PE pr. m2	80
	Huldaek, DE220	Beton, passiv 40 Mpa	0,22	1308,4		405.604,00				x	Okobau - Betonhuldaek (C45/55)	120
Facade (REDAir MULTI system)	Ytong Element	Porebeton	0,1	2928,6	292,86	168.394,50		Densitet 575		x	Okobau - Porebeton 472 kg/m3	100
	Isolering	REDAir batts	0,3	2928,6	878,58	21.964,50				x	Okobau - Mineraluld, alm	80
	Facade montage system	Aluminium skinnesystem		2928,6			3,00	Skinne pr. 600 mm		x	Okobau - Aluminiumprofil	100
	Beklædning	Keramisk skiffer	0,02	2928,6	58,572			25 kg /m2		x	Okobau - Skifer	100
Kantbjælker	Peikko DELTABEAM DR22-250	Stål	0,01		0	0,00				x	Okobau - Stålfprofil	100
	Peikko DELTABEAM D22-300	Stål	0,01		0	0,00				x	Okobau - Stålfprofil	100
Vinduer	Vinduer	Træ/alu vinduer		802						x	Okobau - Lavenergirude (3-lags) med træ/alu ramme og karm	25
Døre	Døre	Træ/alu døre		256						x	Okobau - Lavenergirude (3-lags) med træ/alu ramme og karm	25

ETAGEBOLIGER - FRA TRÆ I BYGGERIET - TRIN 3															
Bygningsdel	Byggekomponent	Materiale	Tykkelse [m]	C/C afstand [m]	Dimensio n [m]	Areaf [m²]	Volumen [m³/m²]	Vægt [kg/m²]	Volumen [m³]	Vægt [kg]	Kommentarer	Materiale/EPD Reference	Implemte neres i LCAbyg	Proces	Leveid
Tag	Tagpap/Klimaskærm	Tagpap (to lags)	0,007			1308,40	0,007	7,900	8,897	10336	Tagpap antaget at veje 2,8 kg/m² for 2,4mm underpap og 5,1 kg/m² for overpap på 4,4mm, i overensstemmelse med tagpap fra kopal		x	EPD Brancha Tagpap	50
	Fædelast fordelende komponent	Krydsfinér	0,021			1308,40	0,021	11,130	27,476	14662			x	EPD krydsfinér	80
	Vindspærre	Isocell Omega white	0,002			1308,40	0,002	0,100	2,617	131		Productent	x	Okobau - Dampspærre PE pr. m2	80
	Bærende konstruktionskomponent	Højelste	0,400	0,815	0,047	1308,40	0,008	3,678	10,693	4812	c/c afstand målt på tegning snit AA (99/3.1)		x	EPD Hvellet konstruktionsstræ	80
	Bærende konstruktionslag kantvænge	Limtræ	0,400		0,045	1308,40	0,008		10,019	0	Mængder målt på tegninger		x	EPD Limtræ konstruktionsstræ	80
	Isolering	Mineraluld	0,400			1308,40	0,392	13,714	512,667	17943			x	Okobau - Mineraluld, alm	80
	Dampspærre	Pe-folie	0,002			1308,40	0,002	0,100	2,617	131	Mængder målt på tegninger		x	Okobau - Dampspærre PE pr. m2	80
	Spredt forskalling	C14 lammer	0,022	0,300	0,095	1308,40	0,007	3,0	9,115	3520	Mængder målt på tegninger		x	EPD Hvellet konstruktionsstræ	80
	Loftplader	Brandgipsplader	0,015			1308,40	0,015	12,400	19,6	16224	Mængder målt på tegninger		x	Okobau - Gipskartonplade, brandimpregneret	40
	Loftbeklædning	Brandgipsplader malet	0,015			1308,40	0,015	12,400	19,6	16224	Mængder målt på tegninger Derne er tallet end som brandgips		x	Okobau - Gipskartonplade, brandimpregneret	40
Ydervægge Scenarie 2.a	Facadebeklædning	Keramik skifer	0,008			4483	0,008	23,000	35,864	103109	Mængder målt på tegninger		x	Okobau - Skifer	100
	Facade montage system	Aluminium skinesystem				4483		3,000	0,000	13449			x	Okobau - Aluminiumprofil	100
	Afstandslist 25mm x 50mm	Tryk impregneret C14	0,025	0,600	0,050	4483	0,002	0,938	9,340	4203			x	EPD Hvellet konstruktionsstræ	80
	Vindspærre plade	Cembrit Xreme	0,008			4483	0,008	11,700	40,347	52451			x	Okobau - Fibercementplade	80
	Bærende vægkonstruktion	K-træ	0,295	0,600	0,045	4483	0,022	9,956	99,186	44634			x	EPD Hvellet konstruktionsstræ	80
	Ydervægsisolefing	Mineraluld kl.37	0,295			4483	0,273	10,325	1223,299	46287			x	Okobau - Mineraluld, alm	80
	Dampspærre	Pe-folie	0,002			4483	0,002	0,100	8,966	448			x	Okobau - Dampspærre	80
	Installationslags konstruktion, spredt forskalling	Forskalling	0,045	0,600	0,045	4483	0,003	1,519	15,130	6809			x	EPD Savet og læmde konstruktionsstræ	80
	Installationslagsisolefing	Mineraluld kl.37	0,045			4483	0,042	1,575	186,605	7061			x	Okobau - Mineraluld, alm	80
	Brandgips fuldspartiet	Brandgipsplader	0,015			4483	0,015	12,400	67,245	55589			x	Okobau - Gipskartonplade, brandimpregneret	40
Brandgips fuldspartiet og malet	Brandgipsplader	0,015			4483	0,015	12,400	67,245	55589			x	Okobau - Gipskartonplade, brandimpregneret	40	
Ydervægge Scenarie 2.b + 2.c	Facadebeklædning	Varmebehandlet træ	0,021	0,130	0,125	4483	0,020	9,087	90,522	40735			x	EPD Facade beklædning	60
	Spredt forskalling	C14 lammer	0,022	0,400	0,095	4483	0,005	2,351	23,424	10541			x	EPD Hvellet konstruktionsstræ	80
	Cembrit afstandslist 9mm x 75mm	Afstandsliste	0,009	0,600		4483	0,001	1,483	5,043	6556			x	EPD Savet og læmde konstruktionsstræ	80
	Vindspærre plade	Cembrit Xreme	0,008			4483	0,008	11,700	40,347	52451			x	Okobau - Fibercementplade	80
	Bærende vægkonstruktion	K-træ	0,295	0,600	0,045	4483	0,022	9,956	99,186	44634			x	EPD Hvellet konstruktionsstræ	80
	Ydervægsisolefing	Mineraluld kl.37	0,295			4483	0,273	10,325	1223,299	46287			x	Okobau - Mineraluld, alm	80
	Dampspærre	Pe-folie	0,002			4483	0,002	0,100	8,966	448			x	Okobau - Dampspærre	80
	Installationslags konstruktion	Pe-folie	0,002	0,600	0,045	4483	0,003	1,519	15,130	6809			x	EPD Hvellet konstruktionsstræ	80
	Installationslagsisolefing	Mineraluld kl.37	0,045			4483	0,042	1,575	186,605	7061			x	Okobau - Mineraluld, alm	80
	Brandgips fuldspartiet	Brandgipsplader	0,015			4483	0,015	12,400	67,245	55589			x	Okobau - Gipskartonplade, brandimpregneret	50
Brandgips fuldspartiet og malet	Brandgipsplader	0,015			4483	0,015	12,400	67,245	55589			x	Okobau - Gipskartonplade, brandimpregneret	50	
Indvendige vægge Lydvægge	Brandgips fuldspartiet	Brandgipsplader	0,015			117,000	0,015	12,400	1,755	1451			x	Okobau - Gipskartonplade, brandimpregneret	50
	Brandgips fuldspartiet og malet	Brandgipsplader	0,015			117,000	0,015	12,400	1,755	1451			x	Okobau - Gipskartonplade, brandimpregneret	50
	Bærende vægkonstruktion	Hvellet konstruktionsstræ	0,070	0,400	0,045	117,000	0,008	3,544	0,921	415			x	EPD Hvellet konstruktionsstræ	80
	Konstruktions isolefing	Mineraluld kl.37	0,070			117,000	0,062	2,450	7,269	287			x	Okobau - Mineraluld, alm	80
	Konstruktions isolefing	Mineraluld kl.37	0,070			117,000	0,062	2,450	7,269	287			x	Okobau - Mineraluld, alm	80
	Bærende vægkonstruktion	Hvellet konstruktionsstræ	0,070	0,400	0,045	117,000	0,008	3,544	0,921	415			x	EPD Hvellet konstruktionsstræ	50
	Brandgips fuldspartiet	Brandgipsplader	0,015			117,000	0,015	12,400	1,755	1451			x	Okobau - Gipskartonplade, brandimpregneret	50
	Brandgips fuldspartiet og malet	Brandgipsplader	0,015			117,000	0,015	12,400	1,755	1451			x	Okobau - Gipskartonplade, brandimpregneret	50
	Brandgips fuldspartiet	Brandgipsplader	0,015			2581,800	0,015	12,400	38,727	32014			x	Okobau - Gipskartonplade, brandimpregneret	50
	Brandgips fuldspartiet og malet	Brandgipsplader	0,015			2581,800	0,015	12,400	38,727	32014			x	Okobau - Gipskartonplade, brandimpregneret	50
Bakskillevægge (bærende)	Bærende vægkonstruktion	Hvellet konstruktionsstræ	0,095	0,600	0,045	2581,800	0,007	3,306	18,395	8278			x	EPD Hvellet konstruktionsstræ	80
	Konstruktions isolefing	Mineraluld kl.37	0,095			2581,800	0,088	3,325	226,876	8584			x	Okobau - Mineraluld, alm	80
	Brandhæmmende plade	Impregneret gipsplade	0,009			2581,800	0,008	7,380	23,236	19054			x	Okobau - Gipskartonplade 13 mm, impregneret	80
	Brandhæmmende plade	Impregneret gipsplade	0,009			2581,800	0,009	7,380	23,236	19054			x	Okobau - Gipskartonplade 13 mm, impregneret	80
	Konstruktions isolefing	Mineraluld kl.37	0,095			2581,800	0,088	3,325	226,876	8584			x	Okobau - Mineraluld, alm	80
	Bærende vægkonstruktion	Hvellet konstruktionsstræ	0,095	0,600	0,045	2581,800	0,007	3,306	18,395	8278			x	EPD Hvellet konstruktionsstræ	50
	Brandgips fuldspartiet	Brandgipsplader	0,015			2581,800	0,015	12,400	38,727	32014			x	Okobau - Gipskartonplade, brandimpregneret	50
	Brandgips fuldspartiet og malet	Brandgipsplader	0,015			2581,800	0,015	12,400	38,727	32014			x	Okobau - Gipskartonplade, brandimpregneret	50
	Gußbeklædning	22 mm parketgulv	0,022			4482,00	0,022	13,42	98,82	60283			x	Okobau - Traegulv, staveparket, 22 mm	80
	Gußplademembran	22mm gulvspærplade	0,022			4482,00	0,022	9,46	98,82	42484			x	Okobau - Spærplade	100
Dampspærre	Pe-folie	0,002			4482,00	0,002	0,110	8,98	449			x	Okobau - Dampspærre PE pr m2	80	
Bærende konstruktion (gulv)	K-træ	0,295	0,400	0,045	4482,00	0,033	14,93	149,08	67065			x	EPD Hvellet konstruktionsstræ	100	
Bærende konstruktionslag kantvænge	Limtræ	0,295		0,045	4482,00	0,005	20,22	9099	2022			x	EPD Limtræ konstruktionsstræ	100	
Konstruktions isolefing	Mineraluld	0,100			4482,00	0,067	2,34	300,12	10504			x	Okobau - Mineraluld, alm	100	
Konstruktionsbundplade	Cementspærplade	0,008			4482,00	0,008	11,20	35,94	50310			x	Okobau - Spærplade	100	
Bærende konstruktion (loft)	Hvellet konstruktionsstræ	0,195	0,300	0,045	4482,00	0,029	13,16	131,39	59126			x	EPD Hvellet konstruktionsstræ	100	
Bærende konstruktionslag kantvænge	Limtræ	0,195		0,045	4482,00	0,005	20,22	9099	2022			x	EPD Limtræ konstruktionsstræ	100	
Konstruktions isolefing	Mineraluld	0,100			4482,00	0,071	2,48	317,81	11123			x	Okobau - Mineraluld, alm	100	
Dampbremse (luftadaktiv)	Isocell verfo	0,002			4482,00	0,002	0,10	8,98	449			x	Okobau - Dampspærre PE pr m2	100	
Spredt forskalling	C14 lammer	0,022	0,300	0,095	4482,00	0,007	3,150	31,294	14682			x	EPD Hvellet konstruktionsstræ	80	
Loftplader	Brandgipsplader	0,015			4482,00	0,015	12,400	67,380	55701			x	Okobau - Gipskartonplade 13 mm, impregneret	40	
Loftbeklædning	Brandgipsplader malet	0,015			4482,00	0,015	12,400	67,380	55701			x	Okobau - Gipskartonplade 13 mm, impregneret	40	
Etageadskillelse Tag-terasse	Terrassebeklædning	Varmebehandlet træ	0,026	0,125	0,118	506,80	0,03	15,60	13,18	7906			x	EPD Terrasse, træ	80
	Terrasse strær	Løstefunderlag	0,070	0,400	0,045	506,80	0,01	3,54	3,99	1796			x	EPD Savet og læmde konstruktionsstræ	60
	tagpap-overpap	Bitume overpap	0,0044			506,80	0,004	7,900	2,230	4004			x	EPD Brancha Tagpap	50
	tagpap-underpap	Bitume underpap	0,0024			506,80	0,002	8,900	1,216	4511			x	Okobau - Mineraluld, alm	80
	Konstruktions isolefing	PIR isolering	0,221			506,80	0,22	7,06	111,75	3576	Tykkelsen er gennemsnitlig 1,40		x	Okobau - Mineraluld, alm	50
	tagpap-underpap	Bitume underpap	0,0024			506,80	0,002	8,900	1,216	4511	Tagpap antaget at veje 2,8 kg/m² for 2,4mm underpap, i overensstemmelse med tagpap fra kopal		x	Okobau - Tagpap base	50
	Bærende konstruktion (loft)	Hvellet konstruktionsstræ	0,195	0,300	0,045	506,80	0,03	13,16	14,82	6671			x	EPD Hvellet konstruktionsstræ	80
	Bærende konstruktionslag kantvænge	Limtræ	0,195		0,045	506,80	0,01	2,83	1,271				x	EPD Limtræ konstruktionsstræ	80
	Konstruktions isolefing	Mineraluld	0,100			506,80	0,10	3,40	49,20	1722			x	Okobau - Mineraluld, alm	80
	Dampbremse (luftadaktiv)	Isocell verfo	0,002			506,80	0,00	0,10	1,01	51			x	Okobau - Dampspærre PE pr m2	80
Spredt forskalling	C14 lammer	0,025	0,400	0,050	506,80	0,003	1,406	1,584	713			x	EPD Hvellet konstruktionsstræ	50	
Loftplader	Brandgipsplader	0,015			506,80	7,602	12,400	3852,694	6284			x	Okobau - Gipskartonplade, brandimpregneret	40	
Loftbeklædning	Brandgipsplader malet	0,015			506,80	7,602	12,400	3852,694	6284			x	Okobau - Gipskartonplade, brandimpregneret	40	
Gulv i underetagen	Gußbeklædning	22 mm parketgulv	0,022												

## Appendix 4: Case 4 - Produktionshal - LCA Inventory

PRODUKTIONSHAL - FRA RAMBØLL - TRIN 1											
Bygningsdel	Byggekomponent	Materiale	Tykkelse [m]	Areal [m2]	Volumen [m3]	Vægt [kg]	Kommentarer	Implementeret i LCA byg	Proces	Levetid	
	Bruttoareal										
Tag	Tagdækning	Tagpap 2 lags		5040			2 lags tagpapdækning	x	<a href="#">EPD Hørnbe Tappan</a>	20	
	Tagelement	Krydsfiner	0,020	5040				x	<a href="#">EPD krydsfiner</a>	80	
		Isover A37	0,145	4320				x	Okobau - Mineraluld alm	80	
		PAROC XM V 0 12		4862			Luft - og dampspærre	x	Okobau - Dampspærre PE pr. m2	80	
		Trapezplade 1mm. EM - 53R/840		5040		69602,4	13,81kg/m2	x	Okobau - Ståtplade (20 mu.m-galvaniseret)	80	
Ovenlys	Lette - 2.4x5.0 m					13 stk Lev. Hetag	ikke medtaget				
Fundament	Beton fundament	Beton C25			116		13x13x0,9 punktfundamenter under søjler 76 stk	x	Okobau - beton C30/37	120	
	Armering	K-stål				3626	Armeringskurv K12/ 50 BS BR	x	Okobau - stål, armeringsstål	120	
Terraendæk	Betonterraendæk	Beton C25	0,12	4947,80752	593,7			x	Okobau - beton C30/37	120	
	Armering	K-stål				52062,02	K8/ 50 BS BR	x	Okobau - stål, armeringsstål	120	
	Trykfast isolering	Sundolitt S80	0,3	4947,80752	1484,3			x	Okobau - mineraluld, trykfast	120	
	Grus		0,1	4947,80752	494,8			x	Okobau - grus 2-32mm	120	
	Bruttoareal						NB: Der er kun facader på 3 sider, da der bygges ind mod eksisterende				
Ydervæg	Porte	Standard porte					type?	ikke medtaget			
	Vinduer / døre	2 lag glas - træ alu						x	Okobau - Vinduesprofil, karm, træ, hvidmal	25	
	Beklædning	HBC facadeplader	0,008	1400			Lev. HBC	x	Okobau - Fibercementplade	40	
		2x95 mm tryk imp. lister	0,021	1400			pr. CC 60 cm	x	<a href="#">EPD Høvel konstruktionstræ</a>	80	
		45x95 mm afstandslist	0,00231	680			Pr. CC 90 cm ( ved træelementer )	x	<a href="#">EPD Høvel konstruktionstræ</a>	80	
	Facadeelementer - Gyproc TH 145/145-Z (600E) 1J-12 M 145+145	Glasroc H storm		0,0095	680				x	<a href="#">EPD Glasroc-H-Storm</a>	60
		Gyproc THS 145/15					1588	2,54 kg/m	x	<a href="#">EPD Gyproc-Steel-Profiles</a>	80
		Isover A37	0,095	680					x	Okobau - Mineraluld alm	80
		Sidest lægte Gyproc THR 145 cc 600					1523	2,75 kg/m	x	<a href="#">EPD Gyproc-Steel-Profiles</a>	80
		1lag gipsplade Gyproc Normal	0,025	680					x	<a href="#">EPD Gyproc-Normal-Standardgipsplade</a>	50
		1lag Glasroc H	0,0095	680					x	<a href="#">EPD Glasroc-H-Storm</a>	80
		Lesholt gyproc EPT 600 cc 900 mm					308	0,3 kg/stk	x	<a href="#">EPD Gyproc-Steel-Profiles</a>	80
		45 mm mineraluld klasse 37	0,045	680					x	Okobau - Mineraluld alm	80
	2 lag gipsplade Gyproc Normal	0,025	680					x	<a href="#">EPD Gyproc-Normal-Standardgipsplade</a>	50	
	Nederste 2.4 m ved betonelement	Vinddug - Windy			330			Vindspærre - Lev. Icopal	x	Okobau - Underlag PP	80
		Isover A37 95mm	0,1773	300					x	Okobau - Mineraluld alm	80
		45x95 mm C 18	0,00975	330				CC 90 cm	x	<a href="#">EPD Høvel konstruktionstræ</a>	80
	Opbygning ved Gyproc	120 mm betonelement		0,12	330				x	Okobau - beton C30/37	120
		Vinddug - Windy			390			Vindspærre - Lev. Icopal	x	Okobau - Underlag PP	80
		Isover A37	0,095	390					x	Okobau - Mineraluld alm	80
Sidest lægte Gyproc THR 95 cc 600						572,1		x	<a href="#">EPD Gyproc-Steel-Profiles</a>	80	
Gyproc THS 95/15						634,1		x	<a href="#">EPD Gyproc-Steel-Profiles</a>	80	
Bærende hovedkonstruktion/ Stålfiler	Søjler	HE340B				93346		x	Okobau - Stålfiler	120	
	Stringer	HE300B+HE340B				1819		x	Okobau - Stålfiler	120	
	Bjælker	HE900B				309662		x	Okobau - Stålfiler	120	
	Trækstænger	Ø25				1257		x	Okobau - Stålfiler	120	
	Afstivning	SHS100x10				2400		x	Okobau - Stålfiler	120	
	Kipningsbjælker	HE100B				613		x	Okobau - Stålfiler	120	

PRODUKTIONSHAL - FRA TRÆ I BYGGERIET - TRIN 3

Bygningsdel	Byggekomponent	Materiale	Tykkelse [m]	Areal [m2]	Volumen [m3]	Vægt [kg]	Kommentarer	Implementeret i LCA byg	Proces	Levetid		
	Bruttoareal			4954								
Tag	Tagdækning	Tagdækning	Tagpap 2 lags			5040	2 lags tagpapdækning	x	<a href="#">EPDbrancheTaaeac</a>	20		
	Tagelement		12 mm krydsfiner	0,0120	5040			x	<a href="#">EPD krydsfiner</a>	80		
			Isover A37	0,1243	4320			x	Okobau - Mineraluld alm	80		
			45x170 mm C 18	0,0125	4950			CC 60 cm ( 5 ribber pr. 2.4 m )	x	<a href="#">EPD Hævlet konstruktionstræ</a>	120	
			Hydrodide membran		4862			Lev. Icopal. 0,12kg/m2	x	Okobau - Dampspærre PE pr. m2	80	
			25 mm træbeton lys grov	0,0246	4950			Lev. Troltekt	x	EPD - Troltekt	50	
	Ovenlys	Lette - 2.4x5.0 m		56			13 stk Lev. Hetag	ikke medtaget				
Fundament	Beton fundament	Beton C25			116		13x13x0,9 punktfundamenter under søjler 76 stk	x	Okobau - beton C30/37	120		
	Armering	K-stål				3626	Armeringskurv K12/50 B5 BR	x	Okobau - stål, armeringsstål	120		
Terraendæk	Betonterraendæk	Beton C25	0,12	4947,80752	593,7			x	Okobau - beton C30/37	120		
	Armering	K-stål				52062,02	K8/50 B5 BR	x	Okobau - stål, armeringsstål	120		
	Trykfast isolering	Sundolitt S80	0,3	4947,80752	1484,3			x	Okobau - mineraluld, trykfast	120		
	Grus	Grus	0,1	4947,80752	494,8			x	Okobau - grus 2-32mm	120		
Ydervæg	Bruttoareal			1692			NB: Der er kun facader på 3 sider, da der bygges ind mod eksisterende					
	Porte	Standard porte		50			type?	ikke medtaget				
	Vinduer / døre	2 lag glas - træ alu		243				x	Okobau - Vinduesprofil, karm, træ, hvidmal	25		
	Beklædning	HBC facadeplader		0,008	1400			Lev. HBC	x	Okobau - Fibercementplade	40	
		2x95 mm tryk imp. lister	0,021	1400				pr. CC 60 cm	x	<a href="#">EPD Hævlet konstruktionstræ</a>	80	
	Facadeelementer - Træ	45x95 mm afstandslister	0,002307143	680				Pr. CC 90 cm ( ved træelementer )	x	<a href="#">EPD Hævlet konstruktionstræ</a>	80	
		Vinddug - Windy		680				Vindspærre - Lev. Icopal	x	Okobau - Underlag PP	80	
		Isover A37	0,130073529	610					x	Okobau - Mineraluld alm	80	
		45x95 mm C 18	0,014625	680				CC 60 cm ( 5 ribber pr. 2.4 m )	x	<a href="#">EPD Hævlet konstruktionstræ</a>	80	
		0.15 mm PE folie		680				Lev. Storm Odense	x	Okobau - Dampspærre PE pr. m2	80	
		25 mm træbeton lys grov	0,025	680				Lev. Troltekt	x	EPD - Troltekt	50	
		Vinddug - Windy		330				Vindspærre - Lev. Icopal	x	Okobau - Underlag PP	80	
		Nederste 2.4 m ved betonelement	Isover A37	0,17272727	300					x	Okobau - Mineraluld alm	80
			45x95 mm C 18	0,00975	330				CC 90 cm	x	<a href="#">EPD Hævlet konstruktionstræ</a>	80
			120 mm betonelement	0,12	330					x	Okobau - beton C30/37	120
	Opbygning ved træ	Vinddug - Windy		390				Vindspærre - Lev. Icopal	x	Okobau - Underlag PP	80	
		Isover A37	0,09028205	370					x	Okobau - Mineraluld alm	80	
		0.15 mm PE folie		370				Lev. Storm Odense	x	Okobau - Dampspærre PE pr. m2	80	
		45x95 mm C 18	0,00475	390				CC 90 cm	x	<a href="#">EPD Hævlet konstruktionstræ</a>	80	
	Bærende konstruktion	Spærkonstruktion	200mm x 35295mm x 2100/1650mm	1875		17186	77337	gennemsnitshøjde	x	<a href="#">EPD Limtræ konstruktionstræ</a>	80	
Spærkonstruktion		200mm x 35000mm x 2100/1650mm	1875		17056	76752	gennemsnitshøjde	x	<a href="#">EPD Limtræ konstruktionstræ</a>	80		
Spærkonstruktion		200mm x 9276mm x 1650/1889mm	1769,5	243	42,64	1188	gennemsnitshøjde	x	<a href="#">EPD Limtræ konstruktionstræ</a>	80		
Beslag						4284,307	vægt angivet på tegninger	x	Okobau - Beslag, stål	80		
Bærende søjler					24,3542			x	<a href="#">EPD Limtræ konstruktionstræ</a>	80		
							Data fra optælling næste sheet	x	<a href="#">EPD Limtræ konstruktionstræ</a>	80		

## Appendix 5: Case 1 – Enfamiliehus - U-værdi beregninger

### U-værdi beregninger

Korrigeret for at have samme U-værdi som original case

Byggekomponent	Materiale	Tykkelse [m]	Areal [m <sup>2</sup> ]	Volumen [m <sup>3</sup> ]	Vægt [kg i alt]	Densitet [kg/m <sup>3</sup> ]	Kommentar	Lamda [W/(m K)]	Isolans R [m <sup>2</sup> K/W]	U-værdi [W/(m <sup>2</sup> K)]
<b>Trin 1</b>										
Ydervægge Porebeton + skalmur	Udv. Overgangsisolans								0,040	0,15
	108mm, teglsten	0,108	111,0	12,0		1800		0,550	0,196	
	Murbindere, rustfri		111,0	0,0			4 murbindere pr. m <sup>2</sup> , rustfast stål med diameter 3 mm.	17,000	0,002	
	Mineraluld, A37	0,220	111,0				250 mm	0,037	5,946	
	Porebetonvæg	0,100	111,0	11,1			100 mm porebeton	0,230	0,435	
	Indv. Overgangsisolans								0,130	
Tag	Udv. Overgangsisolans								0,040	0,10
	Tagsten	-	178,4	0,0	0		Betonsten, 25 kg/m <sup>3</sup>	-	0,300	
	21x95 mm afstandslister		178,4		0,54	450	25x45 mm, c/c 370 mm			
	9 mm Cembrit Ekstreme	0,009	178,4	1,6		1700	Vindspærre	0,400	0,023	
	Bærende konstruktionsspær (inhomogene lag)	0,245	178,4		2,23		45x245 mm C18, c/c 1 m	0,039	6,319	
	Mineraluld, A34	0,115	178,4	0,0	0	30	360 mm	0,034	3,382	
	Dampspærre	0,002	178,4	0,4				0,086	0,023	
	Forskalling	0,022	178,4	0,8			22x95mm, c/c 300 mm	0,151	0,146	
	Gipsplade	0,012	178,4	2,1				0,250	0,048	
	Indv. Overgangsisolans								0,100	

<b>Trin 2</b>										
Ydervægge Træskelet + skalmur	Udv. Overgangsisolans								0,040	0,15
	108mm, teglsten	0,108	138,8	15,0		1800		0,550	0,196	
	Murbindere, rustfri		138,8	0,0			4 murbindere pr. m <sup>2</sup> , rustfast stål med diameter 3 mm.	17,000	0,002	
	Afstandslister	0,022	138,8	0,2			22x45 mm, c/c 600mm	0,155	0,142	
	9 mm Cembit Ekstreme	0,009	138,8	1,2		1700	Vindspærre	0,400	0,023	
	Bærende konstruktionsspær	0,180	138,8	2,0			45x195 mm C18, c/c 600 mm	-	4,291	
	Mineraluld, A34		138,8				195 mm	0,042		
	Dampspærre	0,002	138,8	0,3				0,086	0,023	
	Installationslags konstruktion	0,070	138,8	0,7			45x70mm, c/c 600 mm	-	1,669	
	Mineraluld, A34		138,8				70 mm	0,042		

	Gipsplade	0,012	138,8	1,7				0,250	0,048	
	Indv. Overgangsisolans								0,130	
<b>Trin 3</b>										
Tag	Udv. Overgangsisolans								0,040	0,10
	Tagsten	-	178,4	0,0			Betonsten, 25 kg/m <sup>3</sup>	-	0,300	
	Afstandslister		178,4	0,54			25x45 mm, c/c 370 mm			
	Vindspærre	0,002	178,4	0,4			Vindspærre	0,400	0,005	
	Bærende konstruktionsspær	0,245	178,4	2,23			45x245 mm C18, c/c 1 m	0,039	6,319	
	Mineraluld, A34	0,115	178,4	0,0			360 mm	0,034	3,382	
	Dampspærre	0,002	178,4	0,4				0,086	0,023	
	Forskalling	0,022	178,4	0,8			22x95mm, c/c 300 mm	0,151	0,146	
	Gipsplade	0,012	178,4	2,1				0,250	0,048	
	Indv. Overgangsisolans								0,100	

Ydervægge Træskelet + træbeklædning	Udv. Overgangsisolans								0,040	0,15
	Træbeklædning	0,022	138,8	3,1				0,130	0,169	
	Afstandslister	0,022	138,8	0,2			22x45 mm, c/c 600mm	0,300	0,073	
	Vindspærre	0,009	138,8	1,2				0,400	0,023	
	Bærende konstruktionsspær	-	138,8	2,0			45x195 mm C18, c/c 600 mm	-	4,648	
	Mineraluld, A34	0,195	138,8				195 mm	0,042		
	Dampspærre	0,002	138,8	0,3				0,086	0,023	
	Installationslags konstruktion	-	138,8	0,7			45x70mm, c/c 600 mm	-	1,669	
	Mineraluld, A34	0,070	138,8				70 mm	0,042		
	Gipsplade	0,012	138,8	1,7				0,250	0,048	
Indv. Overgangsisolans								0,130		

Tag Træloft	Udv. Overgangsisolans								0,040	0,10
	Tagsten	-	178,4	0,0			Betonsten, 25 kg/m <sup>3</sup>	-	0,300	
	Afstandslister		178,4	0,54			25x45 mm, c/c 370 mm			
	Vindspærre	0,002	178,4	0,4				0,400	0,005	
	Bærende konstruktionsspær	0,245	178,4	2,23			45x245 mm C18, c/c 1 m	0,039	6,319	
	Mineraluld, A34 (C95)	0,115	178,4	0,0			360 mm	0,034	3,382	
	Dampspærre	0,002	178,4	0,4				0,086	0,023	
	Forskalling		178,4	0,8			22x95mm, c/c 300 mm	0,151	0,000	
	Træloft	0,016	178,4	2,9				0,130	0,123	
	Indv. Overgangsisolans								0,100	

Ydervægge Træskelet, træbeklædning + træfiberisolering	Udv. Overgangsisolans								0,040	0,15
	Træbeklædning	0,022	138,8	3,1				0,130	0,169	
	Afstandslister	0,022	138,8	0,2			22x45 mm, c/c 600mm	0,300	0,073	



	Vindspærre	0,009	138,8	1,2				0,400	0,023
	Bærende konstruktionsspær	0,180	138,8	2,0			195x45 mm C18, c/c 600 mm	-	4,291
	Træfiberisolering, A37		138,8				195 mm	0,042	
	Dampspærre	0,002	138,8	0,3				0,086	0,023
	Installationslags konstruktion	0,070	138,8	0,7			45x70mm, c/c 600 mm	-	1,669
	Træfiberisolering, A37		138,8				70 mm	0,042	
	Træbeklædning	0,016	138,8	2,2				0,130	0,123
	Indv. Overgangsisolans								0,130
Tag Træloft	Udv. Overgangsisolans								0,040
	Tagsten	-	178,4				Betonsten, 25 kg/m <sup>3</sup>	-	0,300
	Afstandslist		178,4	0,54			25x45 mm, c/c 370 mm		
	Vindspærre	0,002	178,4	0,4				0,400	0,005
	Bærende konstruktionsspær	0,245	178,4	2,23			45x245 mm C18, c/c 1 m	0,039	6,319
	Træfiberisolering, A37	0,115	178,4	0,0			360 mm	0,034	3,382
	Dampspærre	0,002	178,4	0,4				0,086	0,023
	Forskalling		178,4	0,8			22x95mm, c/c 300 mm	0,151	0,000
	Træloft	0,016	178,4	2,9				0,130	0,123
	Indv. Overgangsisolans								0,100

## Appendix 6: Case 2 – Rækkehuse - U-værdi beregninger

### U-værdi beregninger

Korrigeret for at have samme U-værdi som original case

Bygge-komponent	Materiale	Tykkelse [m]	Areal [m <sup>2</sup> ]	Volumen [m <sup>3</sup> ]	Vægt [kg i alt]	Densitet [kg/m <sup>3</sup> ]	Kommentar	Lamda [W/(mK)]	R [m <sup>2</sup> K/W]	U-værdi [W/(m <sup>2</sup> K)]
<b>Trin 1</b>										
Facadevægge (ikke bærende)	Udv. Overgangsisolans									0,040
	108mm, teglsten	0,108	1322,9	136,3	0	1800		0,550	0,196	0,15
	Murbindere, rustfri		1322,9	0,0	84	0	4 murbindere pr. m <sup>2</sup> , rustfast stål med diameter 3 mm.	17,000	0,002	
	Mineraluld	0,200	1322,9	315,6	0	30	250mm isolering inkl. fastgørelse	0,034	5,882	
	Porebetonvæg	0,100	1322,9	126,2	0	645	100mm porebeton	0,230	0,435	
	Indv. Overgangsisolans								0,130	
Gavl vægge (bærende)	Udv. Overgangsisolans									0,040
	108mm, teglsten	0,108	762,1	78,5	0	1800		0,550	0,196	0,15
	Murbindere, rustfri		762,1	0,0	48	0	4 murbindere pr. m <sup>2</sup> , rustfast stål med diameter 3 mm.	17,000	0,002	

	Mineraluld	0,220	762,1	181,8	0	30	250mm isolering inkl. fastgørelse	0,034	6,471	
	Betonvæg, beton (2% stål)	0,150	762,1	109,1	0	2400	150mm beton C25	2,640	0,057	
	Betonvæg, armering		0,0	0,0	10101	0	Tentorstål Y550, Y8/150 BS BR + 10% bøjler			
	Indv. Overgangsisolans								0,130	
	Udv. Overgangsisolans									0,040
	Tagpap	0,009	2690,4	0,0	0	1150	2 lags tagpapdækning	0,230	0,038	
	Mineraluld	0,120	2690,4	0,0	0	30	200mm	0,034	3,529	
	Mineraluld	0,200	2690,4	0,0	0	30	200mm	0,034	5,882	
Tag	Huldæk 180 beton	0,124	2690,4	333,6	0	2400	Beton C45, passiv miljøklasse	2,640	0,047	0,10
	Huldæk 180 spændarmering		0,0	0,0	5978	0	Højstyrkestål			
	Huldæk 180 fugearmering		0,0	0,0	5381	0	Tentorstål Y550, 2kg armering pr. m2			
	Indv. Overgangsisolans								0,100	

Trin 2										
	Udv. Overgangsisolans									0,040
	108mm, teglsten	0,108	1322,9	136,3	0	1800		0,550	0,196	
	Murbindere, rustfri		1322,9	0,0	84		4 murbindere pr. m2, rustfast stål med diameter 3 mm.	17,000	0,002	0,15
	Mineraluld	0,200	1322,9	315,6	0	30	250mm isolering inkl. fastgørelse	0,034	5,882	
	Porebetonvæg	0,100	1322,9	126,2	0	645	100mm porebeton	0,230	0,435	
	Indv. Overgangsisolans								0,130	
	Udv. Overgangsisolans									0,040
	Superwood beklædning	0,021	2085,0	43,8	0	450	Superwood beklædning - ikke malet. 21x118 mm fer / not ( ca. 40 % ) og 21x48 mm lister med 12 mm luft ( ca. 60 % )	0,120	0,175	
	21x95 mm afstandslister	0,003	2085,0	6,9	0	450	CC 60 cm	0,130	0,026	
	9 mm Cembrit Ekstremer	0,009	2085,0	18,8	0	1700	Vindspærre	0,400	0,023	
	45x220 mm C 24	0,017	2085,0	34,4	0	450	CC 60 cm	0,120	0,138	
	Rockwool A34 (215mm)	0,183	1775,0	324,9	0	450		0,034	5,383	
	0.20 mm PE folie	0,000	2085,0	0,4	0	1000	Lev. Storm Odense	0,086	0,002	
	45x45 mm forskalling	0,003	2085,0	7,0	0	450	CC 60 cm	0,130	0,026	
	Rockwool A34 (45mm)	0,027	1775,0	47,5	0	30		0,034	0,787	
	15 mm fibergips	0,015	2085,0	31,3	0	1150	Farmacell	0,316	0,047	
	Indv. Overgangsisolans								0,130	
Tag	Udv. Overgangsisolans								0,040	0,10

	Tagpap	0,009	3350,0	29,1	0	1150	2 lags tagpapdækning	0,230	0,038	
	15 mm krydsfiner	0,015	3350,0	50,3	0	450		0,130	0,115	
	Isover A34 (340 mm)	0,284	2800,0	795,7	0	30		0,034	8,358	
	34x390 mm GL 28c - Lilleheden	0,022	3350,0	74,0	0	450	CC 60 cm ( 5 ribber pr. 2.4 m )	0,130	0,170	
	0.20 mm PE folie	0,000	3000,0	0,6	0	1000	Lev. Storm Odense	0,086	0,002	
	45x45 mm forskalling	0,003	3000,0	9,1	0	450	CC 60 cm ( 5 stk pr. 2.4 m )	0,130	0,023	
	Isover A34 (45mm)	0,038	2800,0	105,3	0	30		0,034	1,106	
	21x95 mm forskalling	0,006	3000,0	17,9	0	450	CC 30 cm	0,130	0,046	
	Indv. Overgangsisolans								0,100	

### Trin 2 og 3

Gavl- og facadeelementer	Udv. Overgangsisolans									0,040	
	Superwood beklædning	0,021	2085,0	43,8	0	450	Superwood beklædning - ikke malet. 21x118 mm fer / not ( ca. 40 % ) og 21x48 mm lister med 12 mm luft ( ca. 60 % )	0,120	0,175		
	21x95 mm afstandslister	0,003	2085,0	6,9	0	450	CC 60 cm	0,130	0,026		
	9 mm Cembrit Ekstremer	0,009	2085,0	18,8	0	1700	Vindspærre	0,400	0,023		
	45x220 mm C 24	0,017	2085,0	34,4	0	450	CC 60 cm	0,120	0,138		
	Rockwool A34 (215mm)	0,183	1775,0	324,9	0	450		0,034	5,383		
	0.20 mm PE folie	0,000	2085,0	0,2	0	1000	Lev. Storm Odense	0,086	0,001		
	45x45 mm forskalling	0,003	2085,0	7,0	0	450	CC 60 cm	0,130	0,026		
	Rockwool A34 (45mm)	0,027	1775,0	47,5	0	30		0,034	0,787		
	15 mm fibergips	0,015	2085,0	31,3	0	1150	Farmacell	0,316	0,047		
	Indv. Overgangsisolans									0,130	

### Trin 2 og 3

Tag	Udv. Overgangsisolans									0,040	
	Tagpap	0,009	3350,0	29,1	0	1150	2 lags tagpapdækning	0,230	0,038		
	15 mm krydsfiner	0,015	3350,0	50,3	0	450		0,130	0,115		
	Isover A34 (340 mm)	0,284	2800,0	795,7	0	30		0,034	8,358		
	34x390 mm GL 28c - Lilleheden	0,022	3350,0	74,0	0	450	CC 60 cm ( 5 ribber pr. 2.4 m )	0,130	0,170		
	0.20 mm PE folie	0,000	3000,0	0,6	0	1000	Lev. Storm Odense	0,086	0,002		
	45x45 mm forskalling	0,003	3000,0	9,1	0	450	CC 60 cm ( 5 stk pr. 2.4 m )	0,130	0,023		
	Isover A34 (45mm)	0,038	2800,0	105,3	0	30		0,034	1,106		
	21x95 mm forskalling	0,006	3000,0	17,9	0	450	CC 30 cm	0,130	0,046		
	Indv. Overgangsisolans									0,100	

### Trin 4

Gavl- og facadeelementer	Udv. Overgangsisolans									0,040	0,15
--------------------------	-----------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	-------	------

	Superwood beklædning	0,021	2085,0	43,8	0	450	Superwood beklædning - ikke malet. 21x118 mm fer / not ( ca. 40 % ) og 21x48 mm lister med 12 mm luft ( ca. 60 % )	0,120	0,175
	21x95 mm afstandslister	0,003	2085,0	6,9	0	450	CC 60 cm	0,130	0,026
	9 mm Cembrit Ekstreme	0,009	2085,0	18,8	0	1700	Vindspærre	0,400	0,023
	45x220 mm C 24	0,017	2085,0	34,4	0	450	CC 60 cm	0,120	0,138
	Træfiberisolering A37 (230)	0,196	1775,0	347,6	0	450		0,037	5,292
	0.20 mm PE folie	0,000	2085,0	0,4	0	1000	Lev. Storm Odense	0,086	0,002
	45x45 mm forskalling	0,003	2085,0	7,0	0	450	CC 60 cm	0,130	0,026
	Træfiberisolering A37 (45)	0,027	1775,0	47,5	0	30		0,037	0,723
	15 mm fibergips	0,015	2085,0	31,3	0	1150	Farmacell	0,316	0,047
	Indv. Overgangsisolans								0,130
Tag identisk med Trin 2 og 3									

## Appendix 7: Case 3 – Etageboliger - U-værdi beregninger

### U-værdi beregninger

Korrigeret for at have samme U-værdi som original case

Byggekomponent	Materiale	Tykkelse [m]	Areal [m <sup>2</sup> ]	Volumen [m <sup>3</sup> ]	Vægt [kg i alt]	Densitet [kg/m <sup>3</sup> ]	Kommentar	Lamda [W/(mK)]	Isolans R [m <sup>2</sup> K/W]	U-værdi [W/(m <sup>2</sup> K)]
<b>Trin 1</b>										
Ydervæg Beton	Udv. Overgangsisolans									0,040
	Keramisk skifer	0,020	1554,6			2000-2800		2,200	0,009	0,12
	Montageskinne, stål	0,030	1554,6					0,340	0,088	
	Isolering A37	0,300	1554,6				REDAir batts	0,037	8,108	
	Dampspærre	0,0002	1554,6					0,086	0,002	
	Beton	0,180	1554,6			2500	Beton, passiv 25 Mpa	2,640	0,068	
	Indv. Overgangsisolans									
Facade (REDAir MULTI system)	Udv. Overgangsisolans									
	Keramisk skifer	0,020	2928,6			2000-2800		2,200	0,009	0,12
	Montageskinne	0,030	2928,6				REDAir MULTI MR Montageskinne	0,079	0,378	
	Isolering A37	0,265	2928,6				REDAir batts	0,037	7,162	
	Ytong Element, porebeton	0,100	2928,6			575,0		0,230	0,435	
	Indv. Overgangsisolans									

Tag Huldæk	Udv. Overgangsisolans							0,040	0,10	
	Tagpap 2 lags	0,026	1308			1150	2 lags tagpap dækning	0,230		0,113
	Krydsfiner	0,021	1308			450		0,130		0,162
	Mineraluld, A37	0,350	1308					0,037		9,459
	Dampspærre	0,0002	1308				Luft - og dampspærre	0,086		0,002
	Huldæk	0,220	1308				Beton, passiv 40 Mpa	2,640		0,083
	Indv. Overgangsisolans									0,100

Trin 2										
Ydervæg Trækonstruktion med skifer beklædning	Udv. Overgangsisolans							0,040	0,12	
	Keramisk skifer	0,008	4483					2,200		0,004
	Montage system	0,030	4483				Aluminium skinnesystem	0,340		0,088
	Afstandslist	0,250	4483				25x50 c/c 600 mm	0,155		1,614
	Vindspærre	0,009	4483				Cembrit Xtreme	0,400		0,023
	Konstruktionstræ	0,245	4483				295x45 c/c 600mm	-		5,478
	Mineraluld, A37		4483					0,045		
	Dampspærre	0,0002	4483				Luft - og dampspærre	0,086		0,002
	Konstruktionstræ	0,045	4483				45x45 c/c 600mm	-		1,006
	Mineraluld, A37		4483					0,045		
	Brandgips, 2 lag	0,030	4483					0,250		0,120
	Indv. Overgangsisolans									0,130
Tag	Udv. Overgangsisolans							0,040	0,10	
	Tagpap 2 lags	0,009	1308			1150	2 lags tagpapdækning	0,230		0,039
	Krydsfiner	0,021	1308			450		0,130		0,162
	Konstruktionstræ	0,400	1308				400x47 c/c 815 mm	-		9,315
	Mineraluld, A37		1308					0,043		
	Dampspærre	0,0002	1308				Luft - og dampspærre	0,086		0,002
	Forskalling	0,0220	1308				22x95 c/c 300mm	0,151		0,146
	Brandgips, 2 lag	0,030	1308					0,250		0,120
Indv. Overgangsisolans								0,100		

Trin 3										
Ydervæg Trækonstruktion med træbeklædning	Udv. Overgangsisolans							0,040	0,12	
	Thermowood	0,021	733					0,130		0,162
	Forskalling	0,022	733				22x95 c/c 400mm	0,152		0,144
	Afstandslist	0,009	733				9x75 c/c 600 mm	0,154		0,058
	Vindspærre	0,009	733				Cembrit Xtreme	0,400		0,023
	Konstruktionstræ	0,295	733				295x45 c/c 600mm	-		6,596
Mineraluld, A37	733						0,045			

Dampspærre	0,0002	733				Luft - og dampspærre	0,086	0,002
Konstruktionstræ	0,045	733				45x45 c/c 600mm	-	1,006
Mineraluld, A37		733					0,045	
Brandgips, 2 lag	0,030	733					0,250	0,120
Indv. Overgangsisolans								0,130

Tag	Udv. Overgangsisolans								0,040	0,10
	Tagpap 2 lags	0,009	1308			1150	2 lags tagpapdækning	0,230	0,039	
	Krydsfiner	0,021	1308			450		0,130	0,162	
	Konstruktionstræ	0,400	1308				400x47 c/c 815 mm	-	9,315	
	Mineraluld, A37		1308					0,043		
	Dampspærre	0,0002	1308				Luft - og dampspærre	0,086	0,002	
	Forskalling	0,022	1308				22x95 c/c 300mm	0,151	0,146	
	Brandgips, 2 lag	0,030	1308					0,250	0,120	
	Indv. Overgangsisolans								0,100	

**Trin 4**

Ydervæg Trækonstruktion med træbeklædning	Udv. Overgangsisolans								0,040	0,12
	Thermowood	0,021	4483					0,130	0,162	
	Forskalling	0,022	4483				22x95 c/c 400mm	0,152	0,144	
	Afstandslister	0,009	4483				9x75 c/c 600 mm	0,154	0,058	
	Vindspærre	0,009	4483				Cembrit Xtreme	0,400	0,023	
	Konstruktionstræ	0,295	4483				295x45 c/c 600mm	-	6,596	
	Mineraluld, A37		4483					0,045		
	Dampspærre	0,0002	4483				Luft - og dampspærre	0,086	0,002	
	Konstruktionstræ	0,045	4483				45x45 c/c 600mm	-	1,006	
	Mineraluld, A37		4483					0,045		
	Brandgips, 2 lag	0,030	4483					0,250	0,120	
	Indv. Overgangsisolans								0,130	

Tag	Udv. Overgangsisolans								0,040	0,10
	Tagpap 2 lags	0,009	1308			1150	2 lags tagpapdækning	0,230	0,039	
	Krydsfiner	0,021	1308			450		0,130	0,162	
	Konstruktionstræ	0,400	1308				400x47 c/c 815 mm	-	9,315	
	Mineraluld, A37		1308					0,043		
	Dampspærre	0,0002	1308				Luft - og dampspærre	0,086	0,002	
	Forskalling	0,0220	1308				22x95 c/c 300mm	0,151	0,146	
	Træloft	0,016	1308					0,076	0,211	
	Indv. Overgangsisolans								0,100	

## Appendix 8: Case 4 – Produktionshal - U-værdi beregninger

### U-værdi beregninger

Korrigeret for at have samme U-værdi som i original case

Byggekomponent	Materiale	Tykkelse [m]	Areal [m <sup>2</sup> ]	Volumen [m <sup>3</sup> ]	Vægt [kg i alt]	Densitet [kg/m <sup>3</sup> ]	Kommentar	Lamda [W/(mK)]	R [m <sup>2</sup> K/W]	U-værdi [W/(m <sup>2</sup> K)]	
<b>Trin 1 og 2</b>											
Façade-elementer - Gyproc TH 145/145-Z (600E) 1U-1-2 M145+45	Udv. Overgangsisolans									0,040	0,24
	Glasroc H storm	0,010	680			900	Gipsbaseret vindtætningsplade	0,250	0,038		
	Gyproc THS 145/1,5		680		1688		2,54 kg/m				
	145 mm Isover A37	0,095	680					0,037	2,556		
	Slidset lægte Gyproc THR 145 cc 600		680		1523		2,75 kg/m				
	1 lag gipsplade Gyproc Normal	0,013	680			900		0,250	0,050		
	1 lag Glasroc H	0,010	680			900		0,250	0,038		
	Løsholt gyproc EPT 600 cc 900 mm		680		308		0,3 kg/stk				
	45 mm mineraluld klasse 37	0,045	680			30		0,037	1,216		
	2 lag gipsplade Gyproc Normal	0,025	680			900		0,250	0,100		
	Indv. Overgangsisolans									0,130	
Opbygning ved Gyproc	Udv. Overgangsisolans									0,040	0,36
	Vinddug - Windy	0,001	390				Vindspærre - Lev: Icopal	0,086	0,006		
	Isover A37	0,095	390					0,037	2,568		
	Slidset lægte Gyproc THR 95 cc 600		390		572,1						
	Gyproc THS 95/1,5		390		634,1						
	Indv. Overgangsisolans									0,130	
Tag	Udv. Overgangsisolans									0,040	0,24
	Tagpap 2 lags	0,009	5040			1150	2 lags tagpapdækning	0,230	0,038		
	Krydsfiner	0,012	5040			450		0,130	0,092		
	Isover A37	0,145	4320					0,037	3,919		
	PAROC XMV 012	0,000	4862				Luft - og dampspærre	0,086	0,002		
	Trapezplade 1 mm. EM-153R/840	0,001	5040,0		69602,4	7800	13,81 kg/m <sup>2</sup> (stål)	55,000	0,000		
	Indv. Overgangsisolans									0,100	
<b>Trin 3</b>											
Façade-elementer - Træ	Udv. Overgangsisolans									0,040	0,24
	Vinddug - Windy	0,001	680				Vindspærre - Lev: Icopal	0,086	0,006		
	Isover A37 (145mm)	0,130	610					0,037	3,514		
	45x195 mm C18	0,015	680				CC 60 cm ( 5 ribber pr. 2.4 m )	0,130	0,113		
	0.15 mm PE folie	0,000	680				Lev. Storm Odense	0,086	0,002		

	25 mm træbeton lys grov	0,025	680			460	Lev. Troltekt	0,076	0,329	
	Indv. Overgangsisolans								0,130	
Opbygning ved træ	Udv. Overgangsisolans								0,040	0,38
	Vinddug - Windy	0,001	390				Vindspærre - Lev: Icopal	0,086	0,006	
	Isover A37 (95mm)	0,090	370					0,037	2,436	
	0.15 mm PE folie	0,000	370				Lev. Storm Odense	0,086	0,002	
	45x95 mm C18	0,005	390			450	Spærtræ. CC 90 cm	0,130	0,037	
	Indv. Overgangsisolans								0,130	
Tag	Udv. Overgangsisolans								0,040	0,25
	Tagdækning	0,009	5040				2 lags tagpapdækning	0,230	0,038	
	12 mm krydsfiner	0,012	5040			450		0,130	0,092	
	Isover A37 (145 mm)	0,124	4320					0,037	3,359	
	45x170 mm C18	0,013	4950			450	CC 60 cm ( 5 ribber pr. 2.4 m )	0,130	0,096	
	Hygrodiode membran	0,000	4862		583,4		Lev. Icopal. 0,12kg/m2	0,086	0,002	
	25 mm træbeton lys grov	0,025	4950,0				Lev. Troltekt	0,076	0,323	
	Indv. Overgangsisolans								0,100	

Trin 4										
Facade-elementer - Træ	Udv. Overgangsisolans								0,040	0,24
	Vinddug - Windy	0,001	680				Vindspærre - Lev: Icopal	0,086	0,006	
	Træfiberisolering A37 (145mm)	0,130	610			30		0,037	3,516	
	45x195 mm C18	0,015	680			450	CC 60 cm ( 5 ribber pr. 2.4 m )	0,130	0,113	
	0.15 mm PE folie	0,000	680				Lev. Storm Odense	0,086	0,002	
	25 mm træbeton lys grov	0,025	680				Lev. Troltekt	0,076	0,329	
	Indv. Overgangsisolans								0,130	
Opbygning ved træ	Udv. Overgangsisolans								0,040	0,38
	Vinddug - Windy	0,001	390				Vindspærre - Lev: Icopal	0,086	0,006	
	Træfiberisolering A37 (95mm)	0,090	370					0,037	2,436	
	0.15 mm PE folie		370				Lev. Storm Odense	0,086	0,000	
	45x95 mm C18	0,005	390				CC 90 cm	0,130	0,037	
	Indv. Overgangsisolans								0,130	
Tag	Udv. Overgangsisolans								0,040	0,25
	Tagdækning	0,009		5040		1150	2 lags tagpapdækning	0,230	0,038	
	12 mm krydsfiner	0,012	5040			450		0,130	0,092	
	Træfiberisolering A37 (145 mm)	0,124	4320			30		0,037	3,359	
	45x170 mm C18	0,013	4950			450	CC 60 cm ( 5 ribber pr. 2.4 m )	0,130	0,096	
	Hygrodiode membran	0,000	4862				Lev. Icopal. 0,12kg/m2	0,086	0,002	
	25 mm træbeton lys grov	0,025	4950,0				Lev. Troltekt	0,076	0,323	
	Indv. Overgangsisolans								0,100	



## Appendix 9: Case 1 – Enfamiliehus - Resultater

Globalt opvarmningspotentiale for hele livscyklus.

	Trin 1: Beton [kg CO <sub>2</sub> -ækv]	Trin 2: Trækonstruktion [kg CO <sub>2</sub> -ækv]	Trin 3: Trækonstruktion [kg CO <sub>2</sub> -ækv]	Trin 4: Trækonstruktion [kg CO <sub>2</sub> -ækv]
Fundament	41,44	28,99	28,99	28,99
Terrændæk	97,78	97,78	99,91	99,91
Tag	31,80	31,80	31,80	40,10
Vinduer	29,54	29,54	29,54	29,54
Ydervæg	35,99	18,53	19,03	23,13
Indervæg	15,88	5,80	5,80	7,75
Facadebeklædning	45,04	45,04	2,69	2,69
<b>TOTAL</b>	<b>297,46</b>	<b>257,47</b>	<b>217,75</b>	<b>232,10</b>

[kg CO <sub>2</sub> -ækv]	Trin 1 A1-A3	Trin 1 B4	Trin 1 C3-C4	Trin 2 A1-A3	Trin 2 B4	Trin 2 C3-C4	Trin 3 A1-A3	Trin 3 B4	Trin 3 C3-C4	Trin 4 A1-A3	Trin 4 B4	Trin 4 C3-C4
Fundament	40,55	0,00	0,89	28,35	0,00	0,63	28,35	0,00	0,63	28,35	0,00	0,63
Terrændæk	95,87	0,00	1,90	95,87	0,00	1,90	80,32	0,00	19,59	80,32	0,00	19,59
Tag	17,50	0,00	49,30	17,50	0,00	49,30	17,50	0,00	49,30	105,61	0,00	145,72
Ydervægge	30,80	0,00	0,24	15,22	0,00	33,76	13,34	0,00	32,37	-52,80	0,00	75,92
Vinduer	12,25	14,77	2,52	12,25	14,77	2,52	12,25	14,77	2,52	12,25	14,77	2,52
Indervægge	15,79	0,00	0,09	2,11	0,00	3,69	2,11	0,00	3,69	-8,65	0,00	16,40
Facadebeklædning	44,12	0,00	0,92	44,12	0,00	0,92	19,73	0,00	22,42	-19,73	0,00	22,42
<b>TOTAL</b>	<b>221,9</b>	<b>14,77</b>	<b>55,87</b>	<b>150</b>	<b>14,77</b>	<b>92,72</b>	<b>72,45</b>	<b>14,77</b>	<b>130,52</b>	<b>-65,87</b>	<b>14,77</b>	<b>283,20</b>

## Appendix 10: Case 2 – Rækkehus - Resultater

Globalt opvarmningspotentiale for hele livscyklus.

	<b>Trin 1: Beton [kg CO<sub>2</sub>-ækv]</b>	<b>Trin 2: Trækonstruktion [kg CO<sub>2</sub>-ækv]</b>	<b>Trin 3: Trækonstruktion [kg CO<sub>2</sub>-ækv]</b>	<b>Trin 4: Trækonstruktion [kg CO<sub>2</sub>-ækv]</b>
Fundament	37,69	37,69	37,69	37,69
Terrændæk	128,20	128,20	121,29	121,29
Tag	140,71	52,44	47,15	47,15
Dæk	31,93	14,02	6,31	6,31
Vinduer	64,54	64,54	64,54	64,54
Ydervæg	31,83	12,39	12,39	17,65
Lejlighedsskel	34,36	14,34	14,34	14,34
Indervægge	13,89	7,11	7,11	8,15
Facadebeklædning	40,93	40,93	2,20	2,20
<b>Total</b>	<b>524,07</b>	<b>371,65</b>	<b>313,01</b>	<b>319,30</b>

<b>[kg CO<sub>2</sub>-ækv]</b>	<b>Trin 1 A1-A3</b>	<b>Trin 1 B4</b>	<b>Trin 1 C3-C4</b>	<b>Trin 2 A1-A3</b>	<b>Trin 2 B4</b>	<b>Trin 2 C3-C4</b>	<b>Trin 3 A1-A3</b>	<b>Trin 3 B4</b>	<b>Trin 3 C3-C4</b>	<b>Trin 4 A1-A3</b>	<b>Trin 4 B4</b>	<b>Trin 4 C3-C4</b>
Fundament	37,00	0,00	0,68	37,00	0,00	0,68	37,00	0,00	0,68	37,00	0,00	0,68
Terrændæk	111,54	0,00	15,31	111,54	0,00	15,31	110,89	0,00	9,06	110,89	0,00	9,06
Tag	129,61	0,00	10,26	-8,91	0,00	60,53	-30,42	0,00	76,74	-30,42	0,00	76,74
Dæk	22,97	0,00	8,96	-6,85	0,00	20,86	-30,12	0,00	36,42	-30,12	0,00	36,42
Vinduer	26,76	32,27	5,40	26,76	32,27	5,40	26,76	32,27	5,40	26,76	32,27	5,40
Ydervæg	31,38	0,00	0,37	15,09	0,00	0,06	-0,77	0,00	12,64	-41,88	0,00	59,09
Lejlighedsskel	33,53	0,00	0,83	5,52	0,00	7,94	5,52	0,00	7,94	5,52	0,00	7,94
Indervægge	9,13	0,00	4,74	0,66	0,00	6,42	0,66	0,00	6,42	-7,71	0,00	15,85
Facadebeklædning	40,09	0,00	0,40	40,09	0,00	0,40	-15,94	0,00	18,14	-15,94	0,00	18,14
<b>TOTAL</b>	<b>442,01</b>	<b>32,27</b>	<b>46,95</b>	<b>220,90</b>	<b>32,27</b>	<b>117,60</b>	<b>103,59</b>	<b>32,27</b>	<b>173,44</b>	<b>54,11</b>	<b>32,27</b>	<b>229,32</b>

## Appendix 11: Case 3 – Etageboliger - Resultater

Globalt opvarmningspotentiale for hele livscyklus.

	<b>Trin 1: Beton [kg CO<sub>2</sub>-ækv]</b>	<b>Trin 2: Trækonstruktion [kg CO<sub>2</sub>-ækv]</b>	<b>Trin 3: Trækonstruktion [kg CO<sub>2</sub>-ækv]</b>	<b>Trin 4: Trækonstruktion [kg CO<sub>2</sub>-ækv]</b>
Fundament	6,05	6,05	6,05	6,05
Terrændæk	31,87	24,66	24,66	24,66
Tag	32,57	16,90	15,84	15,84
Dæk	38,31	22,32	19,71	19,71
Vinduer	30,60	30,60	30,60	30,60
Ydervægge	30,87	14,62	16,10	21,68
Indervægge	13,10	9,41	9,41	9,41
Facadebeklædning	33,66	33,66	4,67	4,67
<b>TOTAL</b>	<b>214</b>	<b>154,3</b>	<b>125,4</b>	<b>131</b>

<b>[kg CO<sub>2</sub>-ækv]</b>	<b>Trin 1 A1-A3</b>	<b>Trin 1 B4</b>	<b>Trin 1 C3-C4</b>	<b>Trin 2 A1-A3</b>	<b>Trin 2 B4</b>	<b>Trin 2 C3-C4</b>	<b>Trin 3 A1-A3</b>	<b>Trin 3 B4</b>	<b>Trin 3 C3-C4</b>	<b>Trin 4 A1-A3</b>	<b>Trin 4 B4</b>	<b>Trin 4 C3-C4</b>
Fundament	5,87	0,00	0,18	5,87	0,00	0,18	5,87	0,00	0,18	5,87	0,00	0,18
Terrændæk	26,69	0,00	5,19	6,87	0,00	16,87	6,87	0,00	16,87	6,87	0,00	16,87
Dæk	25,54	0,00	12,77	39,97	0,00	62,30	-39,97	0,00	62,30	-39,97	0,00	62,30
Tag	20,73	0,00	8,79	-0,85	0,00	14,70	-1,75	0,00	14,22	-1,75	0,00	14,22
Ydervægge	30,31	0,00	0,56	-0,04	0,00	14,66	2,00	0,00	14,10	-46,57	0,00	68,25
Vinduer	13,11	15,30	2,19	13,11	15,30	2,19	13,11	15,30	2,19	13,11	15,30	2,19
Indervægge	12,84	0,00	0,26	4,87	0,00	4,54	4,87	0,00	4,54	4,87	0,00	4,54
Facadebeklædning	33,60	0,00	0,06	33,60	0,00	0,06	-9,96	0,00	14,62	-9,96	0,00	14,62
<b>TOTAL</b>	<b>168,7</b>	<b>15,30</b>	<b>30,01</b>	<b>23,46</b>	<b>15,30</b>	<b>115,50</b>	<b>-18,96</b>	<b>15,30</b>	<b>129,0</b>	<b>-67,53</b>	<b>15,30</b>	<b>183,17</b>

## Appendix 12: Case 4 – Produktionshal - Resultater

Globalt opvarmningspotentiale for hele livscyklus.

	<b>Trin 1: Stål</b> [kg CO <sub>2</sub> -ækv]	<b>Trin 2: Trækonstruktion</b> [kg CO <sub>2</sub> -ækv]	<b>Trin 3: Trækonstruktion</b> [kg CO <sub>2</sub> -ækv]	<b>Trin 4: Trækonstruktion</b> [kg CO <sub>2</sub> -ækv]
Fundament	5,65	5,65	5,65	5,65
Terrændæk	99,89	99,89	99,89	99,89
Tag	57,22	23,94	23,94	31,18
Bærende konstruktion	87,87	11,88	11,88	11,88
Vinduer	7,36	7,36	7,36	7,36
Ydervæg	8,18	8,18	4,30	5,20
Facadebeklædning	0,92	0,92	1,14	1,14
<b>TOTAL</b>	<b>267,08</b>	<b>157,81</b>	<b>154,15</b>	<b>162,30</b>

<b>[kg CO<sub>2</sub>-ækv]</b>	<b>Trin 1 A1-A3</b>	<b>Trin 1 B4</b>	<b>Trin 1 C3-C4</b>	<b>Trin 2 A1-A3</b>	<b>Trin 2 B4</b>	<b>Trin 2 C3-C4</b>	<b>Trin 3 A1-A3</b>	<b>Trin 3 B4</b>	<b>Trin 3 C3-C4</b>	<b>Trin 4 A1-A3</b>	<b>Trin 4 B4</b>	<b>Trin 4 C3-C4</b>
Fundament	5,5	0,0	0,2	5,5	0,0	0,2	5,5	0,0	0,2	5,5	0,0	0,2
Terrændæk	97,9	0,0	2,0	97,9	0,0	2,0	97,9	0,0	2,0	97,9	0,0	2,0
Tag	38,4	0,0	18,8	-4,1	0,0	28,1	-4,1	0,0	28,1	-27,6	0,0	58,8
Bærende konstruktion	87,8	0,0	0,1	-49,5	0,0	61,4	-49,5	0,0	61,4	-49,5	0,0	61,4
Vinduer	3,1	3,7	0,6	3,1	3,7	0,6	3,1	3,7	0,6	3,1	3,7	0,6
Ydervæg	7,5	0,0	0,6	7,5	0,0	0,6	1,8	0,0	2,4	-6,0	0,0	11,2
Facadebeklædning	-3,9	0,0	4,8	-3,9	0,0	4,8	-9,9	0,0	11,0	-9,9	0,0	11,0
<b>TOTAL</b>	<b>236,3</b>	<b>3,7</b>	<b>27,1</b>	<b>56,5</b>	<b>3,7</b>	<b>97,7</b>	<b>44,8</b>	<b>3,7</b>	<b>105,7</b>	<b>13,4</b>	<b>3,7</b>	<b>145,2</b>

## Appendix 13: Fagfællebedømmelse CO2-BESPARELSE VED TRÆBYGGERI SAMMENLIGNINGSSTUDIE AF TRÆBYGGERI OG KONVENTIONELT BYGGERI

Projekt navn **Træ i Byggeriet - LCA Projekt**  
Projektnr. **1100041720**  
Modtager **Christine Collin**  
Dokumenttype **Review report**  
Version **1.1**  
Dato **06-05-2020**  
Udarbejdet af **Sarah Brudler**

### INDHOLD

<b>1.</b>	<b>Rapport</b>	<b>52</b>
1.1	Generel	53
1.2	Introduktion	53
1.3	Metode	53
1.4	Enfamiliehus	54
1.5	Rækkehus	54
1.6	Etageboliger	54
1.7	Produktionshal	54
1.8	Konklusion	55
1.9	Appendix	55
<b>2.</b>	<b>Model</b>	Error! Bookmark not defined.
2.1	Generel	55
2.2	Bortskaffelsesprocesser	55

## 11. REVIEW STATEMENT

Denne kritiske gennemgang er til resume og baggrundsrapporten "Livscyklusvurdering af fire casestudier – Sammenligning af træ byggeri og konventionelt byggeri", udarbejdet af Lise Hvid Horup Sørensen og Rikke Schack. Gennemgangen er baseret på ISO 14044:2006, 6.2 ("Critical review by internal and external expert").

Kommentarerne i review report er baseret på rapportversionen fra 06.05.2020. Kommentarer blev svart på og ændringer blev indarbejdet i rapporten fra 17.05.2020.

Underliggende modeller blev inkluderet i gennemgangen, men inventories og konsistensen mellem mængder i inventories og modellen blev ikke kontrolleret.

Vurderingen og rapporten er i overensstemmelse med ISO 14040 og ISO 14044.

## 12. REVIEW REPORT

Følgende kommentarer er til rapporten "Livscyklusvurdering af fire casestudier – Sammenligning af træ byggeri og konventionelt byggeri", udarbejdet af Lise Hvid Horup Sørensen og Rikke Schack, version fra 06.05.2020. Svarene er fra Christine Collin (CC), 14.05.2020.

## 12.1 Generelt

- LCAByg og Ökobau er velegnet til denne studie. De valgte processer er velegnede til at repræsentere de forskellige bygningsselementer.
- Der mangler en kort forklaring hvorfor specifikke materialer blev valgt, f.eks. porebeton eller huldæksselementer, mangler (standard? mest almindelig?) i beskrivelse af cases (3.1, 4.1, 5.1, 6.1) [CC: Beskrivelse af materialevalg er tilføjet.](#)
- Jeg forventer funktionel enhed før scenarier (f.eks. 3.1.2 før 3.1.1) [CC: Tilpasset](#)
- Hvorfor står der "Trin 1: Beton", og "Træ" for de andre trin i nogle figurer (f.eks. Fig. 2, 5)? Er det kun en del af bygningen, der vises her? [CC: Hele bygningen vises i figuren, figur-navne tilpasses for lettere forståelse.](#)
- Der er to figurer for at vise de relative påvirkninger fra forskellige bygningsselementer (f.eks. Figur 2 og 3). Hvis der ikke er ny information, kan den anden figur eventuelt slettes. [CC: Enig. Vi lader figurene stå i baggrundsrapporten, mens vi i den korte version integrere %-tal i teksten til 'figur 2'.](#)
- Der mangler en liste med antagelser, f.eks. i forhold til bortskaffelse og genbrug. Jeg kan heller ikke finde antagelser i appendix eller inventories, kun i LCAByg. [CC: Bortskaffelsen svarer til LCAByg standard bortskaffelse eller fra produkt specifikke EPD'er. Der er tilføjet generelt tekst i metodeafsnittet.](#)
- Der mangler en diskussion i forhold til usikkerhed og bias:
  - o I alle cases er det faktiske scenarie et træbygning, der har laveste påvirkninger. Der mangler en kommentar i forhold til mulig bias, også i forbindelse med vælg af alternative scenarier (materialer). [CC: Tilføjet](#)
  - o Antagelser, f.eks. i forhold til bortskaffelsesprocesser, påvirker udledninger markant. Hvis der ikke laves en analyse af effekten af antagelser, så skal der i det mindste navne kilder for usikkerhed, f.eks. som en tabel med de forskellige antagelser, deres grad af usikkerhed og betydning (følsomhed). [CC: Der er tilføjet et afsnit om følsomhed inkl. Ekstra beregning.](#)
- De valgte processer er velegnet til at repræsentere de forskellige bygningsselementer.
- Jeg har ikke tjekket, hvis inventories og modeller stemmer overens. [CC: ok, det har vi lavet intern KS på.](#)
- Stavefejl og formatering blev rettet direkte i dokumentet.

## 12.2 Introduktion

- Betyder "driftsforbrug" i denne sammenhæng energiforbrug? [CC: Ja. Tilrettet](#)
- Der mangler en "goal definition", og en forklaring på, hvem denne rapport blev skrevet til. [CC: Tilføjet](#)
- Der mangler en "scope definition", f.eks. hvis case-studierne er kun repræsentative for DK eller EU. [CC: Tilføjet](#)

## 12.3 Metode

- Tabel 1:
  - o Hvorfor er byggeprocessen ikke inkluderet? Transport til byggepladsen varierer sikker mellem de forskellige materialer? [Ikke muligt med nuværende værktøj, dette er tilføjet samt reference til DGNB-standarden.](#)
  - o Hvorfor er vedligeholdelse ikke inkluderet? F.eks. i forhold til beklædninger kunne der være en forskel mellem materialer? [Vedligehold er ikke muligt at medtage da vi ikke har data tilgængelig for dette.](#)
- Levetid: Skulle det være observationstid i stedet? [Ændret til betragtningsperiode.](#)
- Vurdering af påvirkningspotentialer: Der mangler en forklaring, hvorfor der kun er CO2 inkluderet. ILCD handbook siger f.eks.: *"A prominent example of impact-coverage related*

*limitations is the case of Carbon footprint calculations where exclusively climate change related greenhouse gas emissions are considered. Such an initial limitation can be fully justified, if the overall environmental impacts of the analysed product (and its competing products) are by far dominated by climate change impacts or if all other individually relevant impacts such as Eutrophication and Acidification are very closely and positively correlated with Climate change. Otherwise such limitations in the initial settings can result in inadequacy for comparisons.”* CC: Specifikt ønske fra kunden, de øvrige påvirkningspotentialer er medregnet i modellerne og der er tilføjet tekst i metodeafsnittet om at man bør se på samtlige potentialer.

#### 12.4 Enfamiliehus

- 3.2.2: Bortset fra de relative påvirkninger: Er de absolutte påvirkninger fra terrændæk højere i trin 4 end i trin 1? Hvorfor? Har et træstrøgulv ikke mindre påvirkninger end et klinkegulv? CC: Den absolutte værdi fra terrændæk er ikke højere i trin 4.
- Figur 4 er virkelig kompliceret – kan den vises eksemplarisk for en trin for de forskellige materialer? Ellers kan de forskellige trin separeres? CC: Vi har udeladt den af den korte rapport, men beholder den i den lange.

#### 12.5 Rækkehus

- Tabel 3: Hvorfor er basis scenarie til terrændæk et strøgulv her, og et klinkegulv i enfamiliehus? CC: Det er tilrettet, således at der er ikke er trægulv i trin 1 og 2
- Beskrivelse af de forskellige trin er forskellig fra tabellen in introduktionen. Hvorfor blev andre trin valgt her? Hvorfor er træbeklædning allerede i trin 2? CC: Dette er tilrettet, alle trin passes nu på tværs af alle cases.
- 4.2.1: Trin 2-4 ligger meget tæt sammen i forhold til udledninger. Der er ikke et trin, der klart er bedre.
- 4.2.2: Absolutte påvirkningerne fra tag er dog meget lavere i trin 4 end i trin 1 (Fig. 6)? CC: Ja. Det skyldes skiftet til træbaseret konstruktion.
- 4.2.3: Rækkefølge af figurer er omvendt i forhold til enfamiliehus. CC: Tilpasset.

#### 12.6 Etageboliger

- 5.1.1:
  - o “Der er to typer ydervægge; Ydervæg og facade.” – Hedder den ene type ydervæg “ydervæg”, og den anden “facade”? Det er lidt forvirrende. CC: Ja. Det er for at kunne vise skiftet for facade og bærende elementer hver for sig.
  - o Trin 3: Er den eneste forskel trit trin 2, at de bruges træbeklædning til facade og træloft? Så kunne man skrive det kortere. Det samme for trin 4. CC: Der er forkortet generelt.
- 5.2.1, Figur 10: Ikke alle elementer fra tabel 5 findes igen i figuren for denne case. Det er f.eks. uklart, hvor kantbjælker findes i figuren. CC: Det findes i dæk, rapporten er tilpasset.
- 5.2.2: Er skiffer et almindeligt materiale til facader? Det kunne jo godt påvirke udledninger, hvis en anden facade vælges som basis. CC: Ja det er ret almindeligt.

#### 12.7 Produktionshal

- Tabel 6: Hvorfor bruges her det samme terrændæk i alle trin? I de andre cases skiftes til trækonstruktion? Er det fordi belastningen er større? CC: Det er ikke muligt af brandmæssige årsager. Der er tilføjet tekst om dette.

### 12.8 Konklusion

- Her mangler lidt mere forklaring, f.eks. til påvirkninger af træ i produktions- og bortskaffelsesfase, og hvorfor trin 3 har lavere påvirkninger end trin 4. [CC: Konklusion tilføjet.](#)

### 12.9 Appendix

- Appendix 1-4:
  - o Jeg er enig, at det giver mere mening med en excel ark i stedet for.
  - o Der mangler dog inventories til nogle trin i de forskellige scenarier, både i rapporten og i excel ark. Navne er lidt uklar, f.eks. Rækkehus Scenarie 2b – er det trin 2? [CC: Dette er tiltrettet](#)
- Appendix 5-8: Jeg har ikke tjekket beregninger af U-værdier. [CC: Ok. Der har været intern KS.](#)

## 13. KOMMENTARER TIL MODELLER

### 13.1 Generel

### 13.2 Bortskaffelsesprocesser

- Der er ingen genbrug af beton, og ingen end of life process til armeringsstål – det virker lidt mærkeligt? [CC: Det er forudindstillet således i værktøjet. Vi medtager ikke modul D.](#)
- Det er uklart for mig, hvis forbrænding foregår med varmeproduktion? Det kunne have en positiv effekt? [CC: Denne positive effekt er gældende i modul D og er ikke medtaget.](#)