



# BUILD RAPPORT

2023:12

## Boligbyggeri fra 4 til 1 planet: **25 Best Practice Cases**

Agnes Garnow, Buket Tozan, Lea Hasselsteen Nielsen, Liv Kristensen Stranddorf,  
Kin Sun Tsang, Camilla Ernst Andersen, Christian Grau Sørensen og Harpa Birgisdóttir



# Boligbyggeri fra 4 til 1 planet: 25 Best Practice Cases

<b>TITEL</b>	Boligbyggeri fra 4 til 1 planet: 25 Best Practice Cases
<b>SERIETITEL</b>	BUILD Rapport 2023:12
<b>FORMAT</b>	Digital
<b>UDGAVE</b>	1. Udgave
<b>UDGIVELSEÅR</b>	2023
<b>UDGIVET DIGITALT</b>	Juni
<b>FORFATTER</b>	Agnes Garnow, Buket Tozan, Lea Hasselsteen Nielsen, Liv Kristensen Stranddorf, Kin Sun Tsang, Camilla Ernst Andersen, Christian Grau Sørensen og Harpa Birgisdóttir
<b>SPROG</b>	Dansk
<b>SIDEANTAL</b>	209
<b>LITTERATURHENVISNINGER</b>	18
<b>EMNEORD</b>	Livscyklusvurdering, Klimapåvirkning, Casesamling, Biogene materialer, Best Practice, Boligbyggeri fra 4 til 1 planet
<b>ISBN</b>	978-87-563-2114-3
<b>ISSN</b>	2597-3118
<b>FORSIDE</b>	Agnes Garnow
<b>UDGIVER</b>	Department of the Built Environment, Aalborg University A.C. Meyers Vænge 15, 2450 Copenhagen SV, build@build.aau.dk, www.build.aau.dk This publication is covered by the Danish Copyright Act.

# INDHOLD

<b>05</b>	<b>Forord</b>		
<b>06</b>	<b>Introduktion</b>		
<b>08</b>	Indledning		
<b>09</b>	Livscyklusvurdering		
<b>10</b>	Internationale klimamål		
<b>11</b>	Danske klimamål		
<b>12</b>	De Planetære Grænser		
<b>13</b>	Reduction Roadmap		
<b>14</b>	<b>Metode</b>		
<b>16</b>	Proces		
<b>17</b>	BR18 (2023) Afgrensning		
<b>18</b>	Referenceareal		
<b>19</b>	Bygningsdele		
<b>20</b>	Miljødata Levetider Biogene materialer		
<b>21</b>	Genbrug		
<b>22</b>	Antagelser		
<b>23</b>	Læsevejledning		
<b>24</b>	<b>Best Practice Cases</b>		
<b>26</b>	Caseoversigt		
<b>28</b>	Reduction Roadmap		
<b>30</b>	Standard Practice Cases		
<b>32</b>	Standard Practice Cases + Best Practice Cases		
<b>34</b>	Resultater i forhold til grænseværdier		
<b>36</b>	Biogen andel		
<b>38</b>	Bygningsdele		
<b>40</b>	Personandel		
<b>44</b>	Bygningsdelsratio og klimapåvirkning		
<b>46</b>	<b>25 CASES</b>		
	<b>Enfamiliehuse</b>		
<b>48</b>	ENF01: Living Places		
<b>54</b>	ENF02: Sunlight House		
<b>60</b>	ENF03: Eco Housing		
<b>66</b>	ENF04: Klimakassen		
<b>72</b>	ENF05: Snoezelhuset		
<b>78</b>	ENF06: CBCI Living Lab		
<b>84</b>	ENF07: Upcycle House		
<b>90</b>	ENF08: Ecomodul360		
<b>96</b>	ENF09: Pramvejen		
		<b>Rækkehus</b>	
<b>102</b>		R01: Living Places II	
<b>108</b>		R02: Skademosen	
<b>114</b>		R03: Tømmergården	
<b>120</b>		R04: Danmarksgrunden	
<b>126</b>		R05: Skråningen I	
<b>132</b>		R06: Skråningen II	
		<b>Etageboligbyggerier</b>	
<b>138</b>		E01: MiniCO2 Etagehus TRÆ	
<b>144</b>		E02: Tankefuld II	
<b>150</b>		E03: Store solvænget	
<b>156</b>		E04: Ibihaven	
<b>162</b>		E05: Studio [Home] Lyngby	
<b>168</b>		E06: Fjordudsigten	
<b>174</b>		E07: N11 SolarHouse	
<b>180</b>		E08: CPH Village Vesterbro	
<b>186</b>		E09: CPH Village Tunnelfabrikken	
		<b>Andet</b>	
<b>190</b>		A01: Aktivitetshus i Kanalbyen	
<b>194</b>	<b>Konklusion</b>		
<b>198</b>	<b>Konstruktionsbibliotek</b>		
<b>200</b>	Fundament		
<b>201</b>	Terrændæk		
<b>202</b>	Ydervægge		
<b>203</b>	Indervægge		
<b>204</b>	Dæk		
<b>205</b>	Tage		
<b>206</b>	<b>Opsamling på konstruktioner</b>		
<b>208</b>	<b>Referencer</b>		

# FORORD

Denne rapport er en del af initiativet Boligbyggeri fra 4 til 1 planets vidensspor som indsamler, analyserer og formidler viden om eksisterende best practice boligbyggeri for at sikre, at indsatsen står på et velfunderet vidensgrundlag og gør brug af de bedst mulige værktøjer, samt inspirerer og viser vejen for fremtidens boligbyggeri med lavere klimaaftryk.

Data og erfaringer på bygningscases er indhentet i samarbejde med arkitekter, ingeniører, bygningskonstruktører og bygherrer.

Bag indsatsen står den filantropiske forening Realdania og den almennyttige fond VILLUM FONDEN.

Rapporten er udarbejdet af BUILD i perioden august 2022 til juni 2023 af Agnes Garnow, Buket Tozan, Lea Hasselsteen Nielsen, Liv Kristensen Stranddorf, Kin Sun Tsang, Camilla Ernst Andersen, Christian Grau Sørensen og Harpa Birgisdóttir

Beregningsmetode og livscyklusanalyser er udarbejdet i et samarbejde mellem BUILD og Artelia i perioden august 2022 til maj 2023. Fra Artelia har Steffen Maagaard, Louise Østergaard Pedersen, Emma Frank Smidt og Julie Thyregod Jepsen bidraget. Fra BUILD har de oven nævnte medarbejdere bidraget.

Derudover en særlig tak til de deltagende aktører og til projektchef i Realdania, Stig Hessellund og projektchef på vegne af VILLUM FONDEN, Michael K. Rasmussen.

BUILD – Institut for Byggeri, By og Miljø, Aalborg Universitet København,  
Sektionen for Bæredygtighed, Energieffektivitet og Indeklima  
Maj 2023

Tine Steen Larsen  
Sektionsleder

# INTRODUKTION



# INDLEDNING

Den globale klimakrise er en af nutidens største kriser som mærkes tydeligere for hver dag der går. Internationale klimaaftaler som Parisaftalen (United Nations Climate Change, 2015), stræber efter at minimere den globale CO<sub>2</sub>-udledning, så stigningen i klodens overfladetemperatur kan holdes på højst 2,0 grader og helst 1,5 grader Celcius. Globalt står byggebranchen for 37% af verdens samlede CO<sub>2</sub> udledning (Global Status Report 2022), og ser man på nationalt plan, forbruger vi i Danmark ifølge Earth Overshoot Day 4 gange mere end vores andel af Jordens samlede ressourcer (Global Footprint Network). I perioden 2015-2020 bestod 66% af fuldført opvarmet byggeri af boligbyggeri, herunder stuehuse, parcelhuse, rækkehuse, etageboliger, kollegier, andre helårsboliger og ferieboliger (Danmarks statistik), hvilket indikerer at en stor del af ressourcer i Danmark, går til opførelsen af boliger. For at minimere ressourceforbrug og CO<sub>2</sub>-udledninger som følge af det, er byggebranchen nødt til at kortlægge og implementere mindre klimabelastende måder at opføre boligbyggeri, der samtidigt sikrer sunde og attraktive boliger.

Initiativet "Boligbyggeri fra 4 til 1 planet" har som målsætning at skabe mere bæredygtige nye boliger med respekt for de ressourcer, vi har til rådighed på vores planet. Helt konkret er målet at reducere klimaftrykket for en dansk bolig med 75 % fra det gennemsnitlige 10 kg CO<sub>2</sub> ækv. / m<sup>2</sup> / år til 2,5 kg CO<sub>2</sub> ækv. / m<sup>2</sup> / år inden år 2030. Klimaftrykket for boligbyggeri kan estimeres ved livscyklusvurderinger (LCA), som er en holistisk metode til at beregne miljøpåvirkninger associeret med et produkts eller et systems livscyklus (DS/EN ISO 14040:2008).

Nærværende publikation præsenterer som noget nyt, en casesamling af best practice byggeri, som demonstrerer mindre traditionelle byggepraksisser, der kan resultere i lavere klimaftryk over bygningens livscyklus sammenlignet med konventionelt boligbyggeri. Formålet med casesamlingen er at fungere som et opslagsværk der kan inspirere dem, som ønsker at bygge boligbyggeri med lavere klimaftryk. Casesamlingen inkluderer 25 boligbyggerier, herunder 7 enfamiliehuse, 2 sommerhuse, 6 rækkehuse, 9 etageboliger, heraf 3 studieboliger og 1 andet byggeri. Dette er et fælleshus som inkluderes i casesamlingen grundet dets eksperimenterende tilgang til nybyggeri i bl.a. beton.

Ud af 25 cases er 20 af dem komplette cases, det vil sige at der er tilstrækkeligt datagrundlag for at præsentere et samlet resultat af klimapåvirkningen. De resterende fem, såkaldte pixiecases, præsenteres med foreløbige resultater. Pixiecases er projekter med spændende potentialer som ikke er færdigprojekterede, opførte eller hvor datagrundlaget ikke har været tilstrækkeligt til at kunne udarbejde et endeligt resultat af klimapåvirkningen.

Klimapåvirkningen fra best practice cases og andet boligbyggeri i Danmark sammenholdes med, hvor påvirkningen bør være iht. Reduction Roadmap (Reduction Roadmap, 2022), samt hvorvidt byggerierne kan holde sig indenfor 'safe operating space' for udledning af drivhusgasser (Petersen, S., et al., 2022).



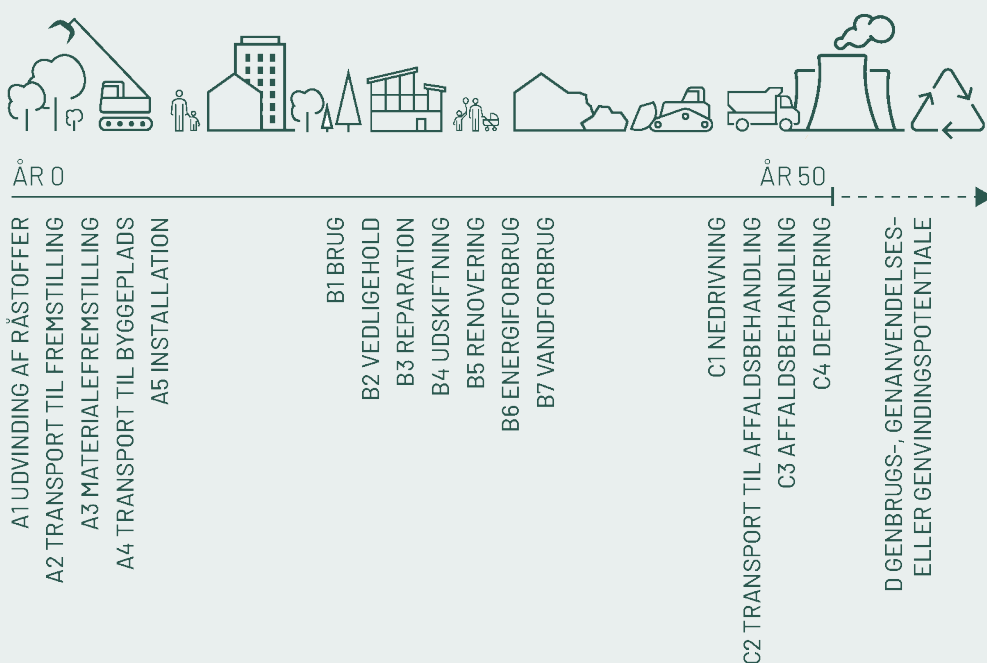
Figur 01: Boligbyggeri fra 4 til 1 planet



# LIVSCYKLUSVURDERING

En livscyklusvurdering (LCA eller Life Cycle Assessment) er en standardiseret metode til vurdering og evaluering af miljøpåvirkninger og ressourceforbrug associeret med et produkt eller en service, som fx byggeri (DS/EN15978:2012, DS/EN ISO 14040:2008). LCA-metoden kan blandt andet benyttes til at sammenligne miljøpåvirkninger fra hele bygninger, men også fra mindre dele såsom bygningskomponenter eller specifikke byggevarer. En LCA medregner potentielle miljøpåvirkninger fra hele bygningens livscyklus, som indeles i livscyklusfaser og tilhørende livscyklusmoduler. Bygningens livscyklusfaser dækker over råstofudvinding og fremstilling af materialer, transport, opførelse, drift, vedligehold samt affaldsbehandling og bortskaffelse af materialerne ved endt levetid.

- A1-5 | De miljøpåvirkninger som udledes her-og-nu, og allerede før bygningen tages i brug, betegnes som upfront emissions. Helt specifikt inkluderer det de indlejrede miljøpåvirkninger som knytter sig til bygningens produktion og opførelse altså livscyklusfaser Produkt (moduler A1-3) og Byggeproces (A4-5).
- B1-5  
C1-4 | Udover moduler A1-5 omfatter de indlejrede miljøpåvirkninger bygningens Brugsfase og Endt Levetid og dertilhørende moduler. I brugsfasen medregnes moduler brug (B1), vedligehold (B2), reparation (B3), udskiftning (B4) og renovering (B5), og i Endt Levetid medregnes modulerne nedtagning (C1), transport (C2), forbehandling af affald (C3) og bortskaffelse (C4).
- B6-7 | De operative miljøpåvirkninger knytter sig til energi- og vandforbrug i brugsfasen svarende til bygningens drift og dækker dermed over livscyklusmoduler B6-7.
- D | Den sidste fase i en bygnings livscyklus vurderer potentielle miljømæssige gevinster i at genbruge, genanvende eller på anden vis nyttiggøre materialer. Potentielle miljømæssige gevinster estimeres og benævnes som modul D.



Figur 02: Byggeriets livscyklusfaser og tilhørende moduler

Klimapåvirkning fra: 45 træbyggerier (Andersen, C. M. E., et al. 2023)

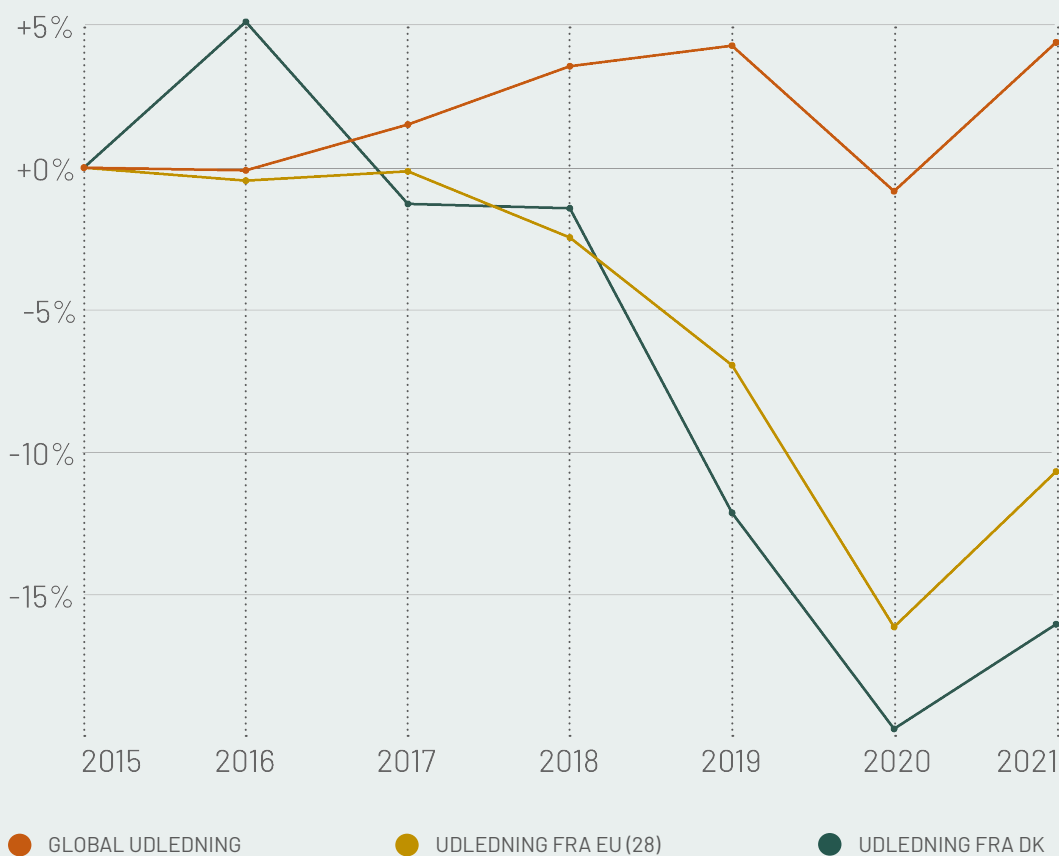
# KLIMAMÅL > INTERNATIONALE

I 2015 skrev Danmark under på Parisaftalen (United Nations Climate Change, 2015) som forpligter Danmark og 195 andre lande til at holde den globale temperaturstigning under 2 grader og til at stræbe efter at begrænse stigningen til 1,5 grader Celsius. EU's 28 medlemslande har besluttet at opfylde Parisaftales mål i fællesskab og har forpligtiget sig til samlet at reducere CO<sub>2</sub> udledninger med mindst 55 % senest i 2030 i forhold til niveauet i 1990.

På trods af Parisaftalens ikrafttræden i 2016, er den globale udledning af CO<sub>2</sub> fortsat steget med undtagelse for den reduktion der kobles til den globale pandemi, covid-19's, indflydelse på vores sædvanlige forbrug, produktivitet, mobilitet og generelle adfærd (Global Carbon Budget, 2022). Figuren viser en tidslinje for årlig fossil udledning af CO<sub>2</sub> fra 2015, hvor Parisaftalen blev indgået, til år 2021.

Yderligere afvigelser fra tendensen vil kunne ses som et resultat af den russiske invasion af Ukraine. Syv måneder efter krigens start i februar 2022, vurderedes den krigsrelaterede udledning af CO<sub>2</sub> til 100 millioner tons CO<sub>2</sub>-ækv (de Klerk, L., et al., 2022), hvilket svarer til mere end det dobbelte af Danmarks nationale CO<sub>2</sub>-udledning i år 2020 (Reduction Roadmap, 2022).

I marts 2023 udkom FN's klimapanel's nyeste rapport (IPCC, 2023) hvor det vurderes usandsynligt at vi vil kunne overholde den ambitiøse del af Parisaftalens klimamål. En af rapportens hovedkonklusioner er, at klodens befolkning vil mærke en temperaturstigning på 1,5 grader allerede indenfor de næste ti år.



**Figur 03: Globale udledningstendenser 2015 - 2021 (Global Carbon Budget, 2022)**

Stigning hhv. reduktion af udledning vises i procent, i den lodrette akse. Den vandrette akse viser årstal.

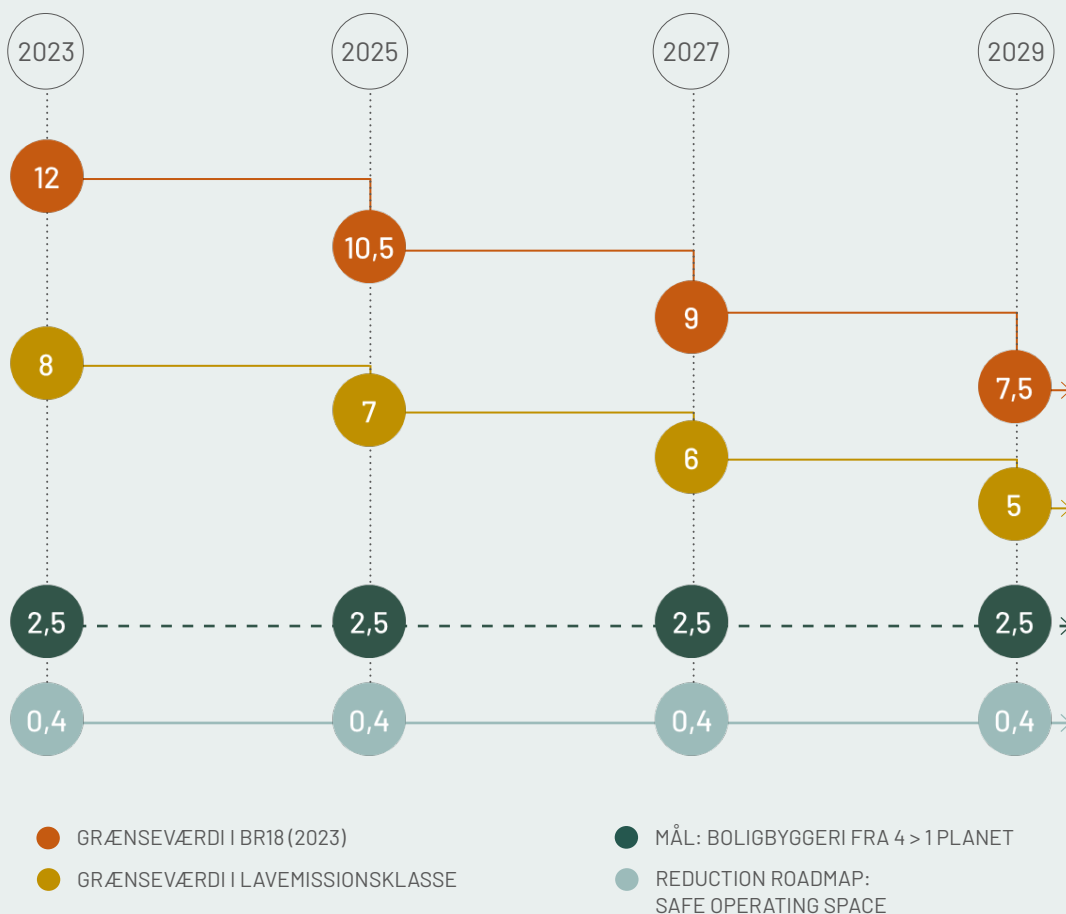
# KLIMAMÅL > NATIONALE

I den danske klimalov fra 2020 skærpes reduktionsmålet af nationale CO<sub>2</sub>-udledninger inden 2030 til 70 % og gør det dermed juridisk bindende. I klimaloven aftales også klimaneutralitet inden 2050, hvilket betyder at Danmark i løbet af knap 30 år skal omstilles til ikke at udlede mere CO<sub>2</sub> end der optages. (Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet, 2020)

Som et led i den grønne omstilling indgik den daværende regering en politisk aftale om en national strategi for bæredygtigt byggeri (Indenrigs- og Boligministeriet, 2021) hvor strategier for at håndtere CO<sub>2</sub> udledning fra anlæg- og byggesektoren var beskrevet. Den resulterede i at der blev stillet krav om at alt nybyggeri skulle beregne bygningens klimapåvirkning ved udførelse af en livscyklusvurdering (LCA), samt et krav om overholdelse af grænseværdier for udledning af CO<sub>2</sub> i alt nyt byggeri over 1000 m<sup>2</sup> opvarmet etageareal. Dertil blev der tilføjet en frivillig lavemissionsklasse.

Grænseværdien gælder for en toårig periode med start 1. januar 2023 og er på 12 kg CO<sub>2</sub> / m<sup>2</sup> / år og den frivillige lavemissionsklasse på 8 kg CO<sub>2</sub> / m<sup>2</sup> / år.

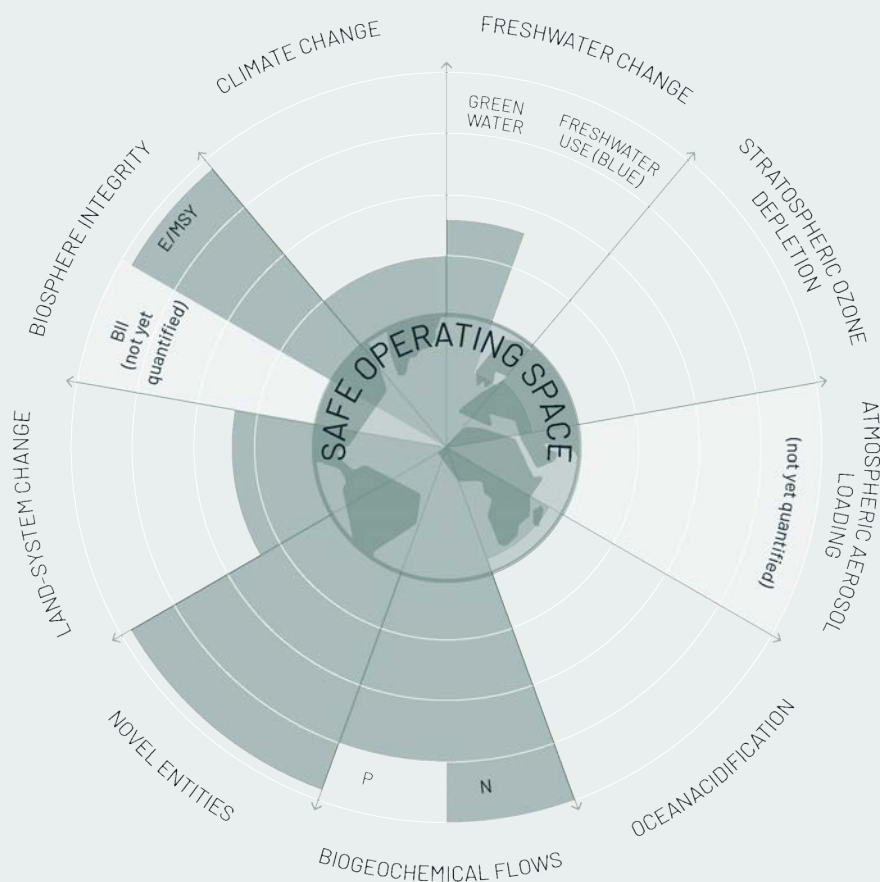
Det forventes at de kommende grænseværdier for år 2025 revideres på baggrund af løbende opsamling af viden og fastlægges i slutningen af 2023, og at nybyggeri under 1000 m<sup>2</sup> pålægges at overholde kommende grænseværdier. Den foreslåede stramning af kravene kan ses i figuren med forbehold for ændringer i løbet af revideringsperioden.



Figur 04: Tidsplan for klimakrav og grænseværdier for udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år

# DE PLANETÆRE GRÆNSER

De Planetære Grænser (Rockström, J., et al., 2009) blev først defineret af Stockholm Resilience Center, og beskriver indenfor 9 afgørende områder, hvor meget menneskelig påvirkning planeten kan udsættes for, uden at der sker uforudsigelige og uoprettelige ændringer i den globale miljøtilstand. Såfremt påvirkninger fra mennesker kan holdes indenfor 'safe operating space' overskrider de planetære grænser ikke, dog er 6 ud af de 9 definerede planetære grænser allerede overskredet i dag, heriblandt den planetære grænse for klimaforandringer, der bl.a. skabes af menneskelig udledning af drivhusgasser. Enheden for klimapåvirkning (CO<sub>2</sub>-ækvivalent) er en værdi for udledningen af en række drivhusgasser, hvis bidrag til den globale opvarmning bliver beregnet i relation til kuldioxid (CO<sub>2</sub>).



Figur 05: De Planetære Grænser

Azote for Stockholm Resilience Centre, based on analysis in Wang-Erlandsson et al 2022

# REDUCTION ROADMAP

Reduction Roadmap (Reduction Roadmap, 2022) er et nyt og ambitiøst initiativ, som oversætter Paris-aftalens 1,5 Celcius målsætning og Den Planetære Grænse for Klimaforandringer (Petersen, S. et al., 2022) til konkrete, årlige reduktionsmål for nyt dansk boligbyggeri.

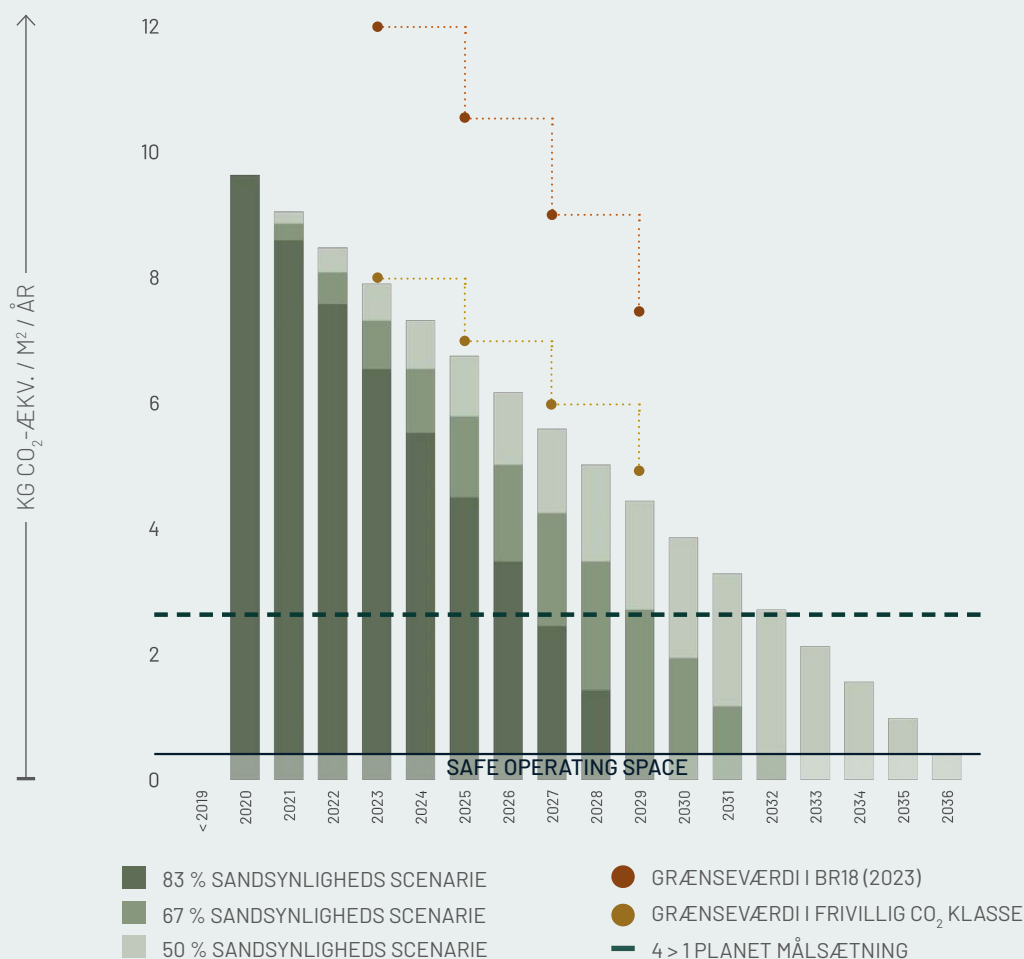
Med forskningsbaserede reduktionsmål viser Reduction Roadmap med hvilken hastighed byggeriets udledning af drivhusgasser skal reduceres for at arbejde indenfor planetens "klimabudget" og Paris-aftalens målsætninger.

Initiativet opfordrer til fælles handling blandt alle aktører i den danske byggebranche for at sammen skabe den nødvendige forandring for at klimabudgettet iht. Parisaftalen ikke skal være opbrugt på mellem 5 og 10 år.

Reduction Roadmap tager udgangspunkt i den nuværende gennemsnitsudledning for dansk boligbyggeri på 9,6 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år (Tozan, B. et al., 2021) og har, med fortsat niveau af byggeaktivitet, slutpunkt i reduktionsmålet 0,4 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år.

Reduktionen skal ske indenfor de næste 6-13 år (IPCC AR6, 2021) og roadmappet fremlægger derfor tre scenarier for lineær reduktion af dansk boligbyggeris udledning af CO<sub>2</sub> der med forskellig hastighed leder byggeriet hen mod 'safe operating space'.

Hvis byggebranchen følger scenariet med den hurtigste reduktionstakt, nås målet i 2029. Hvis byggeriets udledning reduceres i takt med 50 % sandsynlighedsscenarioet, vil målet kunne nås i 2036. De tre forskellige scenarier muliggør et vindue af tid der kan bruges til at løse byggeriets klimaudfordringer med start i 2022.



Figur 06: Reduction Roadmap  
Reduction Roadmap, 2022

# METODE



# PROCES





# METODE

Samtlige best practice cases er modelleret i LCA-værktøjet LCAByg 2023. Modelleringen er lavet ud fra mængdeudtræk og mængdeopgørelser fra de 25 cases. Den anvendte metode er beskrevet i de følgende afsnit.

## BR18 (2023)

I nærværende publikation bestemmes klimaftrykket for 25 best practice cases iht. bygningsreglementets krav til bygningers klimapåvirkning §§ 297-298. Nedenfor beskrives i øvrigt yderligere antagelser i analyserne, som er gjort af hensyn til at øge sammenligneligheden på tværs af de 25 best practice cases.

## AFGRÆNSNING

Dette studie inkluderer livscyklusfaser- og moduler som er omfattet af bygningsreglementets krav. Klimaaftrykket for best practice cases indbefatter dermed klimapåvirkning fra produktfasen (modul A1-3), udskiftning af byggevarer (modul B4), energiforbrug til drift (modul B6), forbehandling af affald (C3), og bortskaffelse (C4). Det eventuelle klimamæssige potentiale i modul D medregnes ikke i klimaaftrykket. Desuden vises resultatet fra modul D ikke. Figur 07 illustrerer samtlige moduler omfattet af EN15798 (CEN, 2012), hvor de moduler, der er inkluderet i dette studie, er fremhævet.



Figur 07: Byggeriets livscyklusfaser iht. BR18 (2023)

Klimapåvirkning fra: 45 træbyggerier (Andersen, C. M. E., et al. 2023)

# METODE

## REFERENCERAEAL

For at kunne sammenligne klimaaftrykket på tværs af bygninger, skal resultaterne normaliseres iht. bygningsreglementets krav. Her opgøres klimaaftrykket per kvadratmeter referenceareal (RFA) og for en betragtningsperiode på 50 år. Etagearealet er derfor tilpasset iht. BR18, eftersom 25% af arealet af integrerede carporte, udhuse, overdækninger, skure, udvendige ramper, trapper, brandtrapper, altaner, altangange er medregnet i referencearealet. På samme måde er 50% af arealet af integrerede garager medregnet.

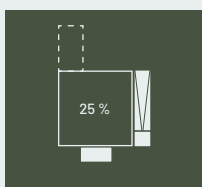
Klimapåvirkningen fra materialer opgøres i forhold til etagearealet som opgjort ifølge § 455, med følgende modifikationer:

1. Alle kælderarealer, affaldsrum i terrænniveau og sikringsrum medregnes.
2. Udvendige ramper, trapper, brandtrapper, altaner, altangange og lignende medregnes alene med 25 %
3. Integrerede garager til enfamiliehuse, rækkehuse og lignende medregnes alene med 50 %
4. Integrerede carporte, udhuse, overdækninger, skure og lignende medregnes alene med 25 %
5. Walk-on-ceilings og lignende medregnes alene med 25 %



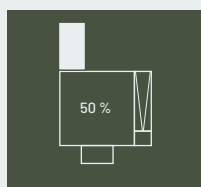
Figur 08. BR18 (2023) uden tilpasning

Cases som følger BR18 uden yderligere tilpasning ift. punkt 1



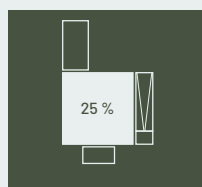
Figur 09. 25%

Cases som er tilpasset ift. punkterne 2 og - / eller 4



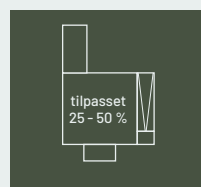
Figur 10. 50%

Cases som er tilpasset ifht. punkt 3



Figur 11. 25%

Cases som er tilpasset ifht. punkt 5



Figur 12. 25 - 50 %

Cases som er tilpasset ifht. en eller flere af punkterne 2, 3, 4, 5

# METODE

## BYGNINGSDELE

I indsamlingen af data har der været fokus på at strømline de bygningsdele, der inkluderes i LCA-beregningerne på tværs af best practice cases samlingen. Beplantning, belægning, kanaler under terræn, gruber og mindre fastgørelsesmidler er udeladt af beregningerne.

Data på tekniske installationer er mangelfuld i hovedparten af bygningscasene. Af denne grund er der anvendt standardværdier for tekniske installationer for boliger (enfamiliehuse, rækkehuse og etageboliger), herunder afløb, vand, varme samt ventilation og køl for 24 af de 25 cases.

Standardværdierne er udarbejdet af Artelia (tidl. MOE), Sweco og Teknologisk Institut for Bolig- og Planstyrelsen (Teknologisk Institut & Sweco, 2022)(MOE, 2022). De tekniske installationer indgår ikke i transport til byggeplads og opførelse af byggeri (A4-5), da de er baseret på generiske værdier og estimeret til at udgøre mindre end 1% af den samlede klimapåvirkning for bygningerne.

For gruppen El- og mekaniske anlæg er der anvendt specifikke værdier, da det her typisk drejer sig om solcelleanlæg.

De følgende bygningsdele er inkluderet i LCA-beregningerne og inkluderer byggevarer som specificeret i BR18 § 297 stk. 4:

FUNDAMENTER	TERRÆNDÆK
YDERVÆGGE	INDERVÆGGE
DÆK	TRAPPER OG RAMPER
SØJLER OG BJÆLKER	ALTANER OG ALTANGANGE
TAGE	VINDUER, DØRE OG GLASFACADER
EL- OG MEKANISKE ANLÆG	AFLØB
VAND	VARME, VENTILATION OG KØL

# DATA

## MILJØDATA

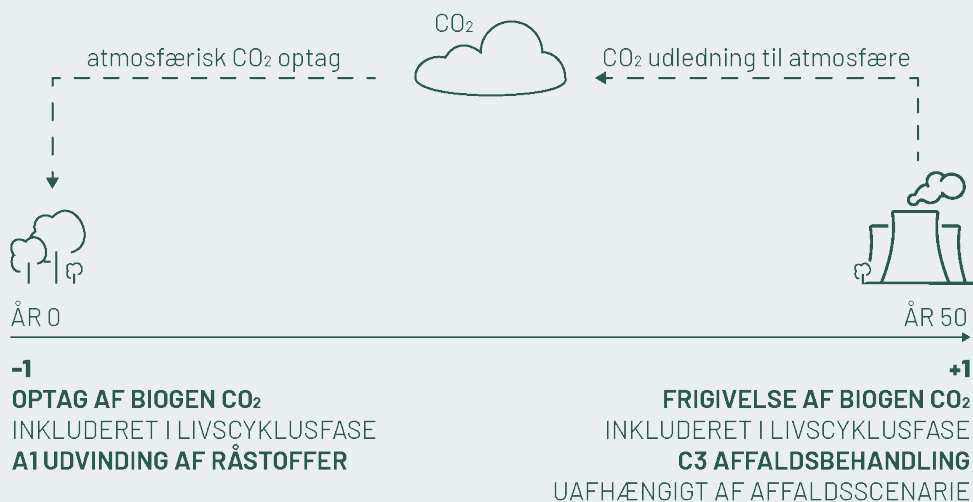
LCA-beregningerne i dette projekt er i størst muligt omfang baseret på miljødata fra produktspecifikke miljøvaredeklARATIONER (EPD) og branche EPD'er fra Danmark. Generiske data iht. daggrundlaget i BR18 § 297 stk. 5, benyttes for materialer hvor der ikke foreligger dokumentation. Brug af branche- og produktspecifikke data er med til at nedbringe usikkerheden i LCA-resultater i sammenligning med generisk data. Generelt er generiske miljødata mere konservative, og dermed på den sikre side. Der kan dog også opstå tilfælde, hvor produktspecifikke data, resulterer i væsentligt højere klimaaftryk (Tozan, B., et al., 2022). Sådanne tilfælde er opstået for nogle cases, hvor valget af et produkt og dermed tilsvarende specifikke miljødata har vist sig at have usædvanlig stor indflydelse på det samlede klimaaftryk. I de to tilfælde for solceller hhv. træfiberisolering, er det besluttet at erstatte det pågældende miljødata med data for et andet, tilsvarende produkt. Dette er for at give et bedre billede af projektets overordnede potentiale. Harmonisering af dataanvendelse behandles nærmere i afsnit om antagelser.

## LEVETIDER

Byggevarers levetider er i overensstemmelse med BR18 § 297 stk. 7, hvor BUILD's levetidstabel skal anvendes. Klimaaftrykket fra vedligehold af indvendige og udvendige overflader ved påføring af overfladebehandling i form af fx. maling, er indtil det nye bygningsreglement trådte i kraft, medregnet som udskiftning i modul B4. Dette er dog i ændret i BR18 således, at maling ikke længere medregnes i udskiftningsmodulet. Det pågældende studie afviger fra de nye forskrifter ved at fortsat medregne modulet A1-3, B4, C3 og/eller C4, dermed inkluderer klimaaftrykket fra best practice cases klimaaftrykket fra løbende vedligehold med overfladebehandlinger.

## BIOGENE MATERIALER

Klimaaftrykket for biogene materialer beregnes ved -1/+1 metoden. Det vil sige, at produktfasen svarende til modul A1-3 for nogle biogene materialer beregnes som et CO<sub>2</sub>-optag, da CO<sub>2</sub>-ækvivalenter vil være negative. Til gengæld vil affaldsbehandlingen i modul C3 eller bortskaffelsen i modul C4 medføre, at CO<sub>2</sub>-ækvivalenter frigives i år 50. Overordnet vil dette typisk resultere i et klimaaftryk, som er større end nul (Andersen, C. M. E., et al. 2023). Da specifikke data for mange biogene byggematerialer stadig er mangelfuld, er der brugt metoden i EU-standard for at beregne klimapåvirkningen. Det er dog ikke ensbetydende med at -1/+1 metoden i samtlige tilfælde vil være den mest retvisende metode til at beregne klimapåvirkning for alle typer af biogene materialer. F.eks. forekommer ålegræs som isolerende materiale i et enkelt case i best practice samlingen (ENF03). Ålegræsset kan grundet dets saltindhold ikke brænde, og vil derfor ikke frigive CO<sub>2</sub> på samme måde som ved afbrænding, hvilket er hvad -1/+1 metoden regner i C3 og C4.



Figur 13: Biogen CO<sub>2</sub>  
Klimapåvirkning fra: 45 træbyggerier (Andersen, C. M. E., et al. 2023)

# DATA

## GENBRUG

Jævnfør Bygningsreglementet (BR18) skal der anvendes miljødata fra det generiske datagrundlag eller fra miljøvaredeklarationer (EPD'er) til at beskrive en bygnings klimapåvirkning fra materialer. På nuværende tidspunkt findes der dog ikke data for genbrugsmaterialer i det generiske datagrundlag i BR18. Ifølge BR18 indregnes genbrugsmaterialer derfor som generiske (nye) materialer eller ved anvendelse af specifikke EPD'er. Anvendes det generiske datagrundlag for genbrugsmaterialer, opnår man (beregningsteknisk) dermed ikke den CO<sub>2</sub>-reduktion der måtte være ved at undgå ny produktion af materialer. Der vil altså ikke fremgå en CO<sub>2</sub>-gevinst for genbrugsmaterialer i LCA-beregningen, medmindre der er udarbejdet en EPD for det specifikke produkt.

For at tilgodese brugen af genbrugsmaterialer i nærværende best practice cases er der derfor afvejet fra forskrifterne BR18.

CO<sub>2</sub>-udledningen fra produktionsfasen (A1-3) af genbrugsmaterialet er indregnet som 0, mens det generiske datagrundlag er anvendt for et tilsvarende nyt materiale ved endt levetid (C3-4). Ydermere er der for det specifikke genbrugsmateriale taget stilling til eventuel CO<sub>2</sub>-udledning ifm. transport (A2) \* og bearbejdning (A3) \*. For genanvendelse eller ved materialemix er der lavet særskilte beregninger af CO<sub>2</sub>-udledningen til produktionsfasen (A1-3).

Ovenstående gør sig gældende for indregning af genbrugsmaterialer i to best practice cases, hhv. ENF07: Upcycle House og A01: Forsamlingshus Fredericia.

I april 2023 er der foreslået en ændringsbekendtgørelse som indbefatter en tillægsaftale i den nationale strategi for bæredygtigt byggeri. Med tillægsaftalen ønskes, at genbrug af byggematerialer skal fremmes i byggeriet, hvorfor der indføres specifikke beregningsregler for genbrugsmaterialer i livscyklusvurderinger. Helt konkret foreslås, at klimapåvirkningen for genbrugsmaterialer regnes som 0 kg CO<sub>2</sub> ækvivalenter i alle livscyklusmoduler iht. BR18's afgrænsning. Bygningsreglementets krav til beregning af bygningers klimapåvirkning, forventes ændret den 1. januar 2024.



Figur 14: Indregning af genbrugsmaterialer i rapporten

# ANTAGELSER

Nedenfor opsummeres de antagelser som er gjort for at øge sammenligneligheden på tværs af de 25 best practice cases:

## STARTÅR

År for ibrugtagning er sat til 2022 for at øge sammenligneligheden hvad angår klimaaftryk.

## REFERENCEAREAL

For cases hvor udvendige konstruktioner eksisterer, er etagearealet tilpasset svarende til referencearealet beskrevet i §297 stk. 3 i BR18.

## STANDARDVÆRDIER

Mængdeopgørelse på tekniske installationer er mangelfulde. For at strømligne klimaaftrykket fra tekniske installationer, er der derfor benyttet standardværdier for boliger (enfamiliehuse, rækkehuse og etageboliger) i 24 af 25 cases.

## HARMONISERING AF DATA

Valg af produktspecifikke data har i enkelte cases vist sig have en så stor indflydelse på resultaterne, at de i det pågældende studie bliver erstattet med et andet, tilsvarende produkt. Dette er for at give et tydeligere billede af projektets overordnede potentiale.

## BRUG AF PRODUKT SPECIFIKKE EPD'ER FOR SOLCELLER

Samme produktspecifikke data for solceller bruges på tværs af casene for at øge sammenlignelighed. Det drejer sig om EPD'en Sunpower (N EPD-3087-1726-EN). Det skyldes den ellers store varians for specifikke produkter hhv. det generiske datasæt.

## BRUG AF PRODUKT SPECIFIKKE EPD'ER FOR TRÆFIBERISOLERING

Samme produktspecifikke data for solceller og træfiberisolering bruges på tværs af casene for at øge sammenlignelighed. Det drejer sig om EPD'en Hunton (NEPD-2287-1041-EN). Det skyldes den ellers store varians for det generiske datasæt.

## BRUG AF BRANCHE EPD'ER

Dansk branchedata bruges i stedet for generisk data for beton og træprodukter iht. datagrundlaget, bilag 2 tabel 6 i BR18.

## BRUG AF UDGÅEDE BRANCHE EPD I STEDET FOR GENERISK DATA

Udgået branchedata for EPS bruges i stedet for generisk data idet den vurderes mere repræsentativ for danske forhold. (MD-16005-EN)

## LEVETID FOR OVERFLADEBEHANDLINGER MED LEVETID <15 ÅR

Levetiden sættes i stedet til 15 år således at klimaaftrykket for udskiftninger i modul B4 inkluderes .

# LÆSEVEJLEDNING

## CASEKODE

En case har et ID der indeholder en forkortelse af dets typologi, efterfulgt af et nr. Dette ID bruges i de overordnede resultater. F.eks.: ENF01: Enfamiliehus 1 // R01: Rækkehus 1 // E01: Etagebolig 1 // A01: Andet byggeri 1

## KONSTRUKTIONSPRINCIP

Projekterne i casesamlingen bruger i princippet fem forskellige konstruktionsprincipper: CLT, fladeelement, boksmøbler, træskeletkonstruktion og limtræskonstruktion. Derudover angiver Hybrid, når et byggeri anvender to eller flere af de nævnte konstruktionsprincipper og evt. flere.

## ETAGER

Bygningerne i casesamlingen varierer fra 1. til 5. etager, dette angives under ikonet for konstruktionsprincip.

## RESULTATER

Rapporten benytter forskellige former for resultatvisning for at give et nuanceret billede af projekterne. Resultaterne vil i de fleste tilfælde blive harmoniseret til årene i betragtningsperioden (per år).

### REFERENCEENHED: kg CO<sub>2</sub> – ækv. / m<sup>2</sup> / år

Det indlejrede klimaaftryk fra byggevarerne (livscyklusmoduler A1-3, B4, C3 og C4) bliver harmoniseret på baggrund af bruttoarealet eller referencearealet for bygningen. Klimaaftrykket fra driftsenergiforbruget (livscyklusmodul B6) stammer fra energirammeberegninger og bliver harmoniseret til per m<sup>2</sup> på baggrund af det opvarmede etageareal. Ved at summere det indlejrede klimaaftryk med det operative klimaaftryk opnås det samlede klimaaftryk for bygningen.

### REFERENCEENHED: kg CO<sub>2</sub> – ækv. / person / år

Det samlede klimaaftryk for hver case bliver også harmoniseret per beboer i boligen. Antal personer i hver bolig defineres som 2 personer per første eller eneste soveværelse og 1 person per samtlige andre soveværelser i boligen.

### SAMMENLIGNING: biogene materialers masse og klimaaftryk

Her sammenlignes bygningens andel af biogene materialer, hybride materialer hhv. øvrige materialer i kg per materialegruppe med udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. per materialegruppe for at perspektivere materialernes betydning for klimaaftrykket.

### SAMMENLIGNING: bygningsdelens masse og udledning

Her sammenlignes udvalgte bygningsdelens fordeling af materialer i kg per materialegruppe med udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. per materialegruppe for at perspektivere materialernes betydning for klimaaftrykket.

### REFERENCEENHED: m<sup>2</sup> etageareal / beboer

Analysen vil også fremhæve boligareal per beboer for at opfordre til diskussion om kompakt boligarkitektur som en potentiel løsning på byggeriets massive ressourceforbrug.

### REFERENCEENHED: m<sup>2</sup> bygningsdel / m<sup>2</sup> bygningsareal

For udvalgte bygningsdele fremhæves også bygningsdelsratio / etageareal for at give et dybere indblik i hvorfor resultaterne ser ud som de gør. Fx m<sup>2</sup> ydervæg / m<sup>2</sup> bygningsareal.

# BEST PRACTICE CASES





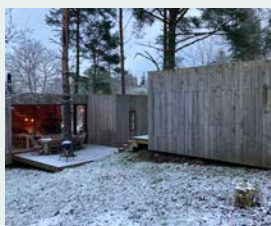
# ENFAMILIEHUSE



**ENF01**  
LIVING PLACES I  
OPFØRT I 2023  
147 m<sup>2</sup>  
3 ETAGER  
4 BEBOERE



**ENF02**  
SUNLIGHTHOUSE  
OPFØRT I 2010  
292 m<sup>2</sup>  
2 ETAGER  
4 BEBOERE  
(INTERNATIONAL CASE)



**ENF03**  
ECOHOUSING  
OPFØRT I 2021  
86 m<sup>2</sup>  
1 ETAGE  
4 BEBOERE



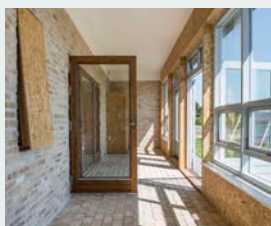
**ENF04**  
KLIMAKASSEN  
OPFØRT I 2022  
86 m<sup>2</sup>  
1 ETAGE  
2 BEBOERE



**ENF05**  
SNOEZELHUSET  
OPFØRT I 2022  
195 m<sup>2</sup>  
1 ETAGE  
4 BEBOERE



**ENF06**  
CBCI LIVING LAB GHENT  
OPFØRT I 2022  
84 m<sup>2</sup>  
3 ETAGER  
2 BEBOERE  
(INTERNATIONAL CASE)



**ENF07**  
UPCYCLE HOUSE  
OPFØRT I 2013  
143 m<sup>2</sup>  
1 ETAGE  
5 BEBOERE

# RÆKKEHUSE



**R02**  
SKADEMOSEN  
OPFØRT I 2021  
4146 m<sup>2</sup>  
2 ETAGER  
148 BEBOERE



**R03**  
TØMMERGÅRDEN  
OPFØRT I 2016  
531 m<sup>2</sup>  
1 - 2 ETAGER  
19 BEBOERE



**R04**  
DANMARKSGRUNDEN  
OPFØRT I 2014  
8378 m<sup>2</sup>  
3 ETAGER  
207 BEBOERE



**R05**  
SKRÅNINGEN I  
OPFØRT I 2019  
4788 m<sup>2</sup>  
2 ETAGER  
216 BEBOERE



**R06**  
SKRÅNINGEN II  
OPFØRT I 2021  
5070 m<sup>2</sup>  
2 ETAGER  
222 BEBOERE

# ETAGEBOLIGER



**E01**  
MINICO2 ETAGEHUS TRÆ  
UNDER OPFØRELSE (2023)  
579 m<sup>2</sup>  
5 ETAGER  
18 BEBOERE



**E02**  
TANKEFULD II  
OPFØRT I 2020  
2853 m<sup>2</sup>  
2 ETAGER  
128 BEBOERE



**E03**  
STORE SOLVÆNGET  
OPFØRT I 2020  
2853 m<sup>2</sup>  
3 - 4 ETAGER  
189 BEBOERE



**E04**  
IBIHAVEN  
OPFØRT I 2020  
5813 m<sup>2</sup>  
2 ETAGER  
204 BEBOERE



**E05**  
SLU  
OPFØRT I 2021  
17539 m<sup>2</sup>  
2 - 4 ETAGER  
520 BEBOERE



**E06**  
FJORDUDSIGTEN  
OPFØRT I 2021  
335 m<sup>2</sup>  
2 ETAGER  
8 BEBOER



**E07**  
SOLARHOUSE  
OPFØRT I 2014  
536 m<sup>2</sup>  
5 ETAGER  
5,5 - 12 BEBOERE  
(INTERNATIONAL CASE)



**E08**  
CPH VILLAGE  
VESTERBRO  
OPFØRT I 2020  
154 m<sup>2</sup>  
2 ETAGER  
8 BEBOER

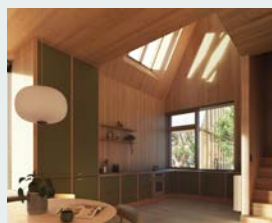
# PIXIECASES



**ENF08 (ENFAMILIEHUS)**  
ECOMODUL360  
UNDER OPFØRELSE (2023)  
59 M2  
1 ETAGE  
2 BEBOERE



**ENF09 (ENFAMILIEHUS)**  
PRAMVEJEN  
UNDER OPFØRELSE (2023)  
122 M2  
1 ETAGE  
4 BEBOERE



**R01 (RÆKKEHUS)**  
LIVING PLACES II  
IKKE OPFØRT  
1029 m<sup>2</sup>  
3 ETAGER  
28 BEBOERE



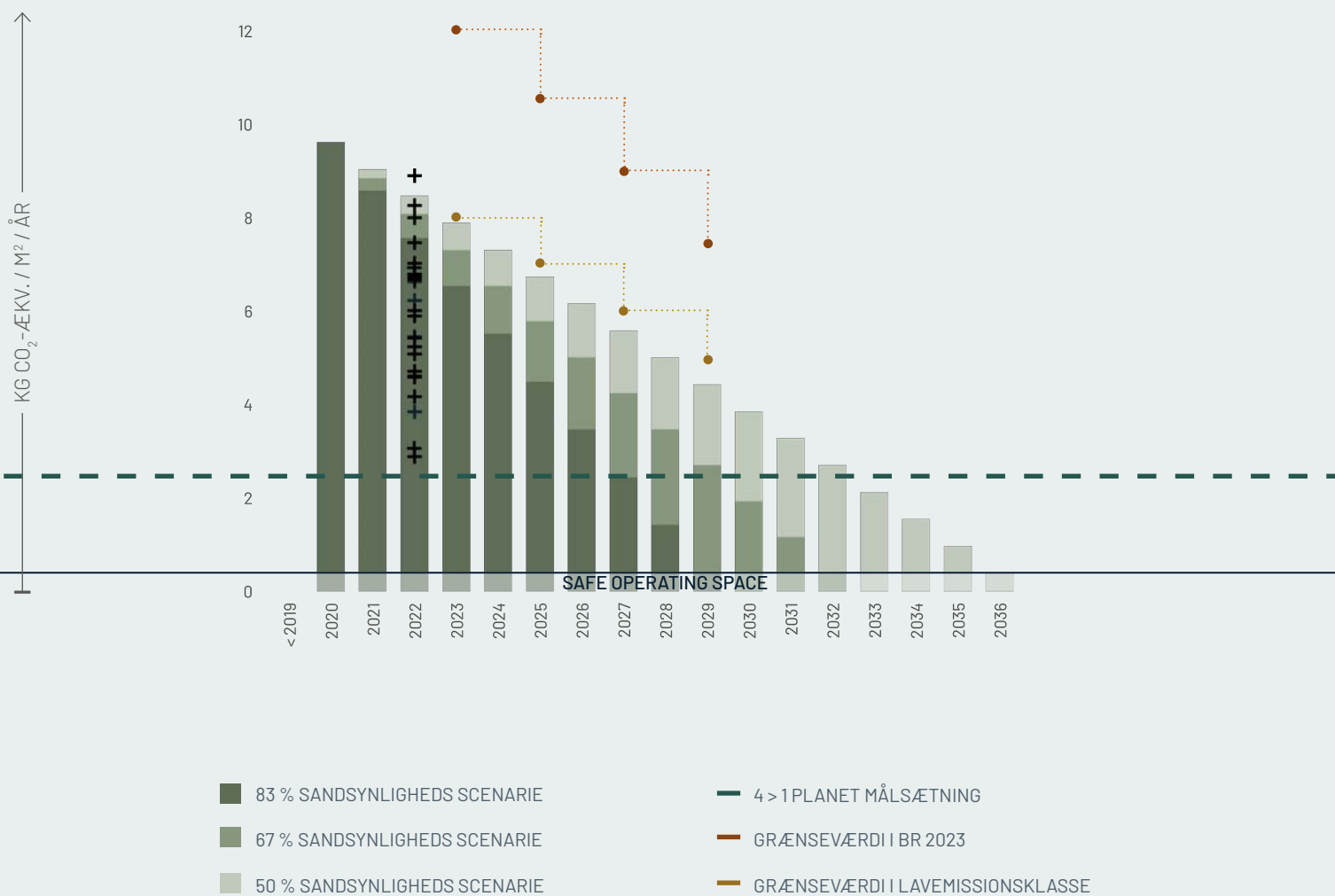
**E09 (ETAGEBOLIG)**  
CPH VILLAGE  
TUNNELFABRIKKEN  
IKKE OPFØRT  
154 m<sup>2</sup>  
2 - 3 ETAGER  
8 BEBOERE



**A01 (ANDET)**  
AKTIVITETSHUS I KANALBYEN  
UNDER OPFØRELSE (2023)  
162 m<sup>2</sup>  
1 ETAGE  
4 BEBOERE

# BPC > STARTÅR 2022

I livscyklusvurderingerne er år for ibrugtagning sat til 2022 for samtlige cases i den pågældende studie for at øge sammenligneligheden hvad angår klimaaftryk fra operative påvirkninger. Et par cases er blevet opført for mange år siden og er af den grund modelleret som hvis de blev opført i dag. Det vil sige, med gældende data som er repræsentativt for om de var blevet opført i dag, men ikke nødvendigvis repræsenterer den eksisterende bygnings faktiske udledning. Samtlige cases i samlingen overholder en af de tre takter for reduktion i roadmappen. Ud af 25 cases er 22 indenfor sandsynlighedsscenarioet på 83 %.



**Figur 15: Reduction Roadmap**

De 25 best practice cases vises her med startår 2022 og i relation til Reduction Roadmap og 4 til 1 planets målsætning på 2.5 kg CO<sub>2</sub>-ækv./m<sup>2</sup>/år.

# BPC > FAKTISKT OPFØRELSESÅR

Her vises de 25 cases i Reduction Roadmap ved det år som de faktisk er blevet opført. Livscyklusvurderingen er stadig beregnet med år for ibrugtagning i 2022, dvs. med det samme resultat. En case fra 2010 har et resultat på lidt over 6 kg CO<sub>2</sub> - ækv. / m<sup>2</sup> / år og to cases fra 2014 hhv. 2019 har et resultat på omkring 5 kg CO<sub>2</sub> - ækv. / m<sup>2</sup> / år. Det vil sige at viden om hvordan man bygger langt under grænseværdierne og reduktionsstakten i RR har været tilgængelig i en årrække. De laveste cases udleder 8-9 kg CO<sub>2</sub> - ækv. mindre / m<sup>2</sup> / år end grænseværdien på 12 kg CO<sub>2</sub> - ækv. / m<sup>2</sup> / år i BR18 2023.

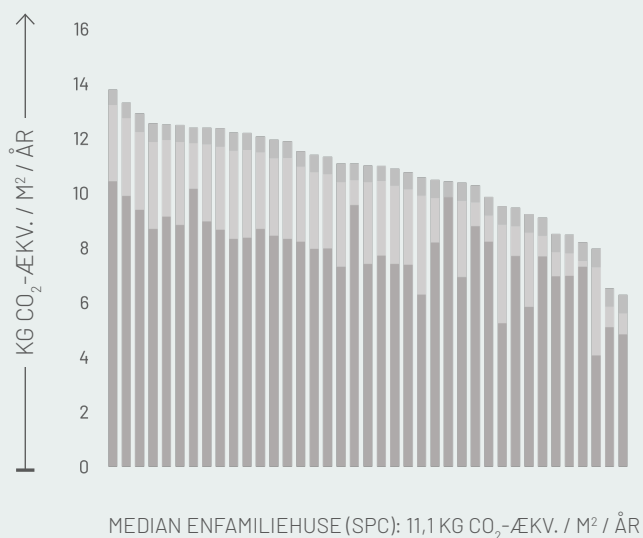
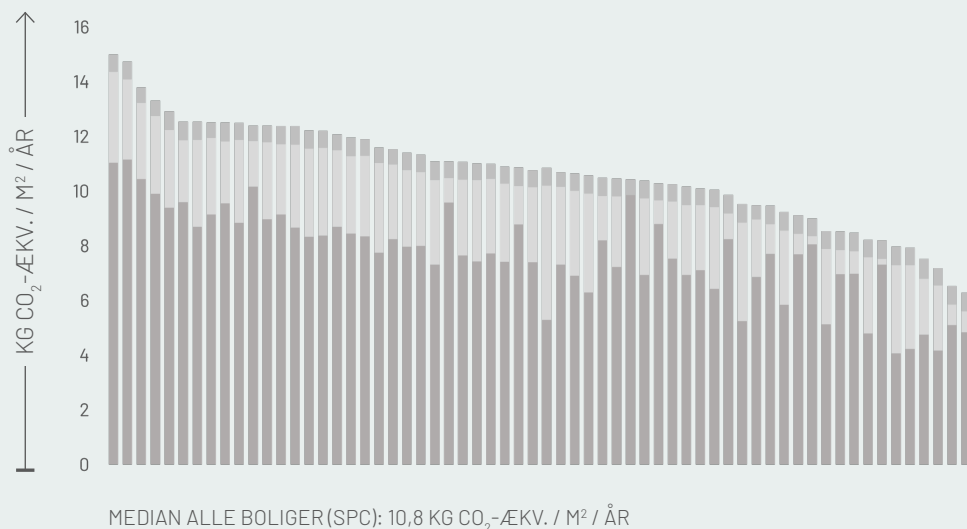


Figur 16: Reduction Roadmap

De 25 best practice cases vises her ved det faktiske opførelsesår og i relation til Reduction Roadmap og 4 til 1 planets målsætning på 2.5 kg CO<sub>2</sub>-ækv./m<sup>2</sup> / år.

# STANDARD PRACTICE CASES

BUILD har i en række år indsamlet og analyseret klimapåvirkningen fra danske og internationale bygningscases. Boligbyggeriet i BUILD's casebank er i det pågældende studie fratrukket de oprindelige tekniske installationer og justeret med de enkelte typologiers standardværdier for installationer. Boligerne ses her samlet med en medianværdi på 10,8 kg CO<sub>2</sub> - ækv. / m<sup>2</sup> / år, samt opdelt efter typologi med en varierende median. For enfamiliehuse ses den højeste median på 11,1 kg CO<sub>2</sub> - ækv. / m<sup>2</sup> / år, rækkehusene har den laveste median på 9,5 kg CO<sub>2</sub> - ækv. / m<sup>2</sup> / år og tættest på den generelle boligmedian er etageboligernes median på 10,5 kg CO<sub>2</sub> - ækv. / m<sup>2</sup> / år.

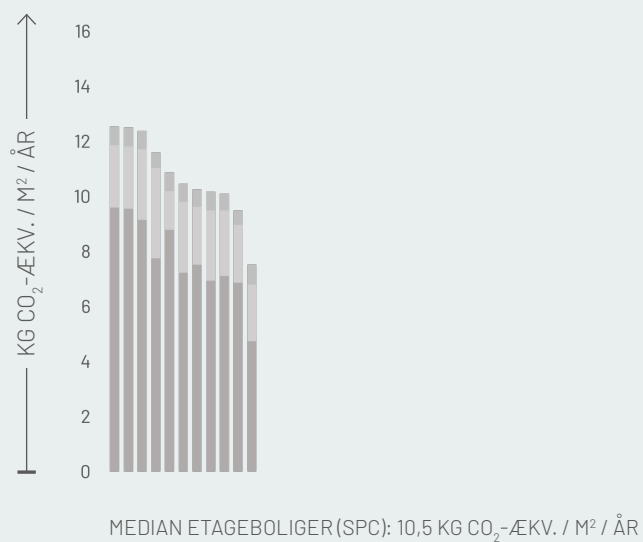
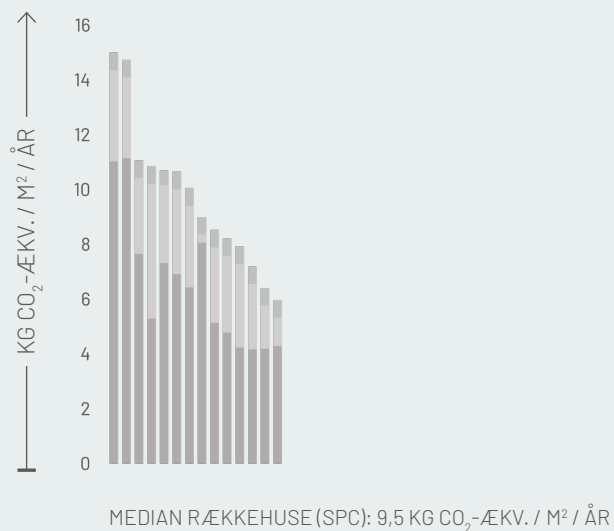


- SPC: TEKNISKE INSTALLATIONER (S.V)
- SPC: DRIFT (B6)
- SPC: MATERIALER (A1-3, B4, C3-4)

**Figur 17 - 18: Standard Practice Cases**

Den horisontale akse viser BUILD's eksisterende casesamling af boligbyggeri. Den vertikale akse viser udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv./m<sup>2</sup>/år.

# STANDARD PRACTICE CASES



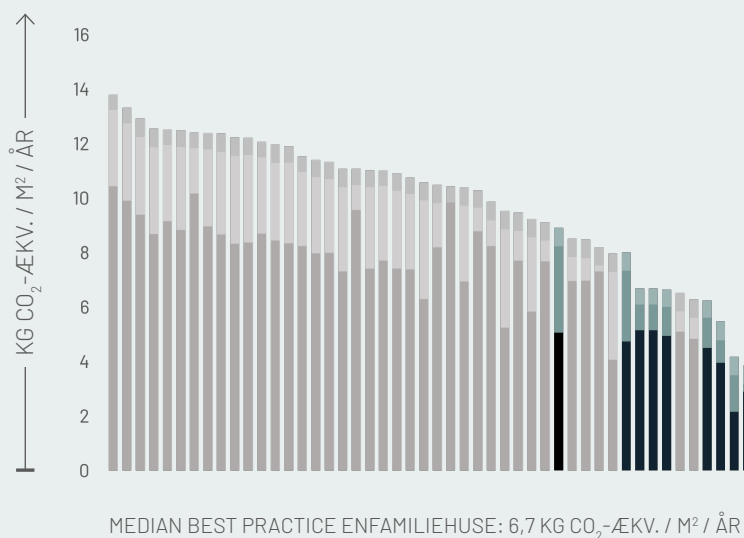
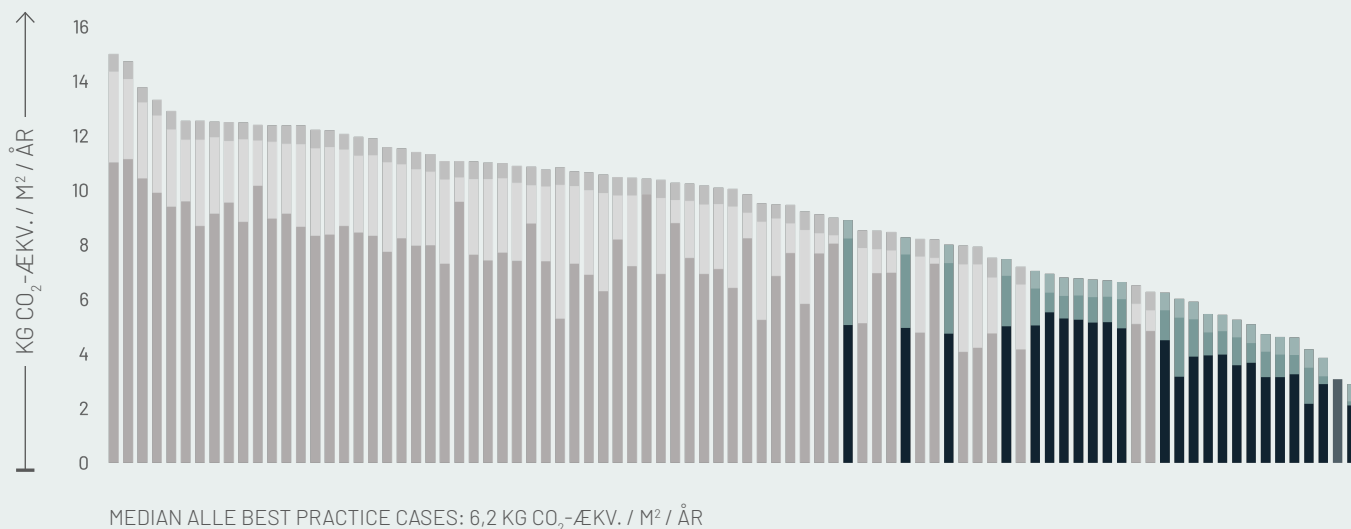
- SPC: TEKNISKE INSTALLATIONER (S.V)
- SPC: DRIFT (B6)
- SPC: MATERIALER (A1-3, B4, C3-4)

**Figur 19 - 20: Standard Practice Cases**

Den horisontale akse viser BUILDs eksisterende casesamling af boligbyggeri. Den vertikale akse viser udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv./m<sup>2</sup>/år.

# STANDARD + BEST PRACTICE CASES

BUILD's boligcases (SPC) ses her med best practice cases (BPC). Boligerne ses samlet og opdelt efter typologi. Medianværdien for best practice boligerne er 6,2 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år og variationen for hvert enkelt typologi viser samme tendens som i standard practice cases: medianen for enfamiliehus er højere (6,7 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år), medianen for rækkehuse er lavere (4,9 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år) og medianen for etageboliger er ca. den samme som for boliger generelt (6,2 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år).



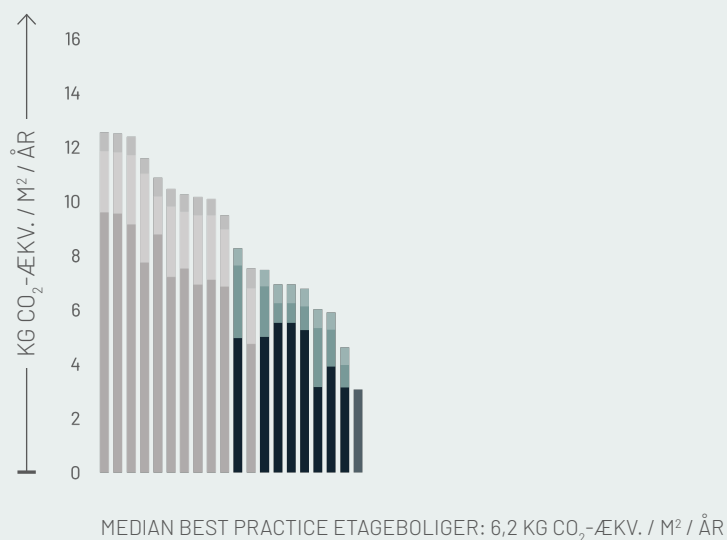
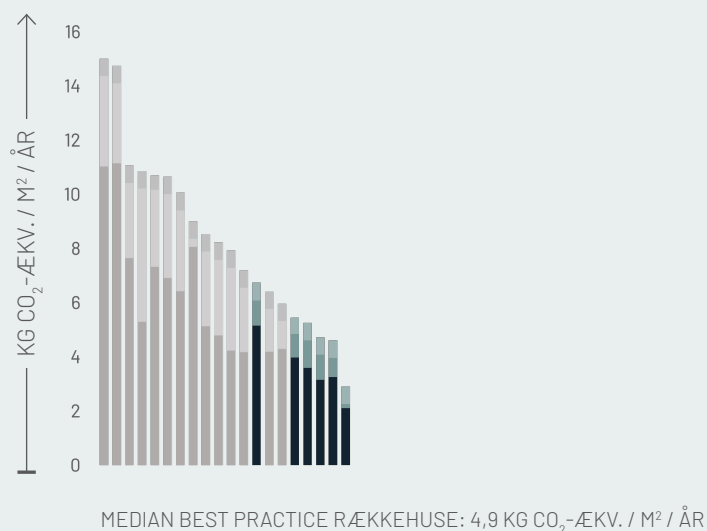
- |                                      |                                      |
|--------------------------------------|--------------------------------------|
| ■ SPC: TEKNISKE INSTALLATIONER (S.V) | ■ BPC: TEKNISKE INSTALLATIONER (S.V) |
| ■ SPC: DRIFT (B6)                    | ■ BPC: DRIFT (B6)                    |
| ■ SPC: MATERIALER (A1-3, B4, C3-4)   | ■ BPC: MATERIALER (A1-3, B4, C3-4)   |

**Figur 21 - 22: Best Practice Cases**

Den horisontale akse viser BUILD's eksisterende casesamling af boligbyggeri, samt cases fra 4 til 1 planets casesamling. Den vertikale akse viser udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv./m<sup>2</sup>/år.



# STANDARD + BEST PRACTICE CASES



- |                                      |                                      |
|--------------------------------------|--------------------------------------|
| ■ SPC: TEKNISKE INSTALLATIONER (S.V) | ■ BPC: TEKNISKE INSTALLATIONER (S.V) |
| ■ SPC: DRIFT (B6)                    | ■ BPC: DRIFT (B6)                    |
| ■ SPC: MATERIALER (A1-3, B4, C3-4)   | ■ BPC: MATERIALER (A1-3, B4, C3-4)   |

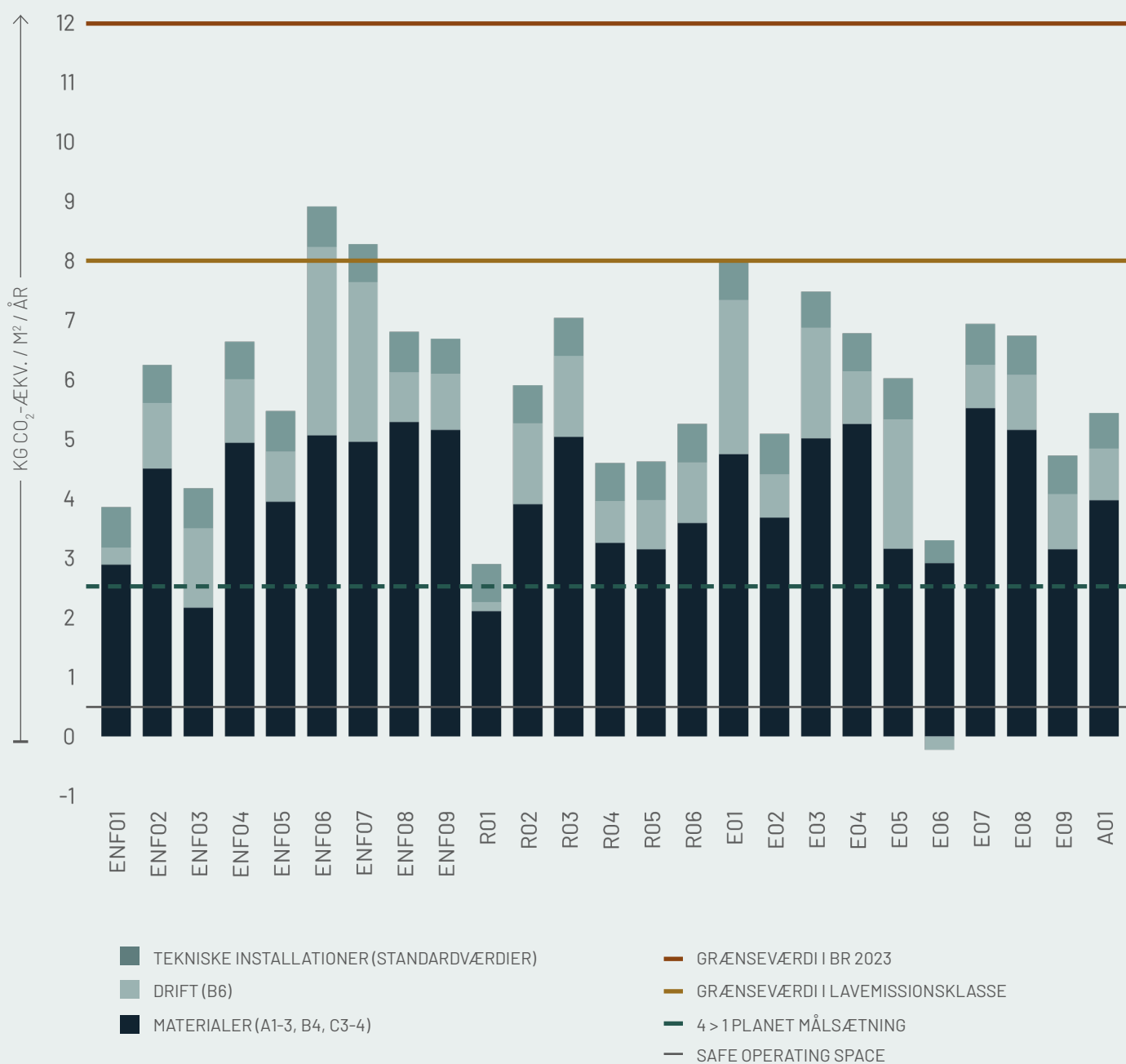
**Figur 23 - 24: Best Practice Cases**

Den horisontale akse viser BUILD's eksisterende casesamling af boligbyggeri, samt cases fra 4 til 1 planets casesamling. Den vertikale akse viser udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv./m<sup>2</sup>/år.

# RESULTATER I FORHOLD TIL GRÆNSEVÆRDIER

Den viste akse repræsenterer enheden  $\text{kg CO}_2\text{-ækv. / m}^2\text{ / år}$  og viser bygningernes udledning, fordelt i tre kategorier. Udledning fra materialer (A1-3, B4, C3-4), drift (B6) og tekniske installationer (A1-3, B4, C3-4). Den sidst nævnte adskilles fra materialer grundet brugen af standardværdier i det pågældende studie. Bygningernes udledning vises sammen med fire grænseværdier for udledning af  $\text{CO}_2\text{-ækv. / m}^2\text{ / år}$ .

I resultaterne ses en variation på omkring  $5 \text{ kg CO}_2\text{-ækv. / m}^2\text{ / år}$  fra den laveste til den højeste case. Samtlige 25 cases er under grænseværdierne i BR18 (2023), 22 cases er under grænseværdien i lavemissionsklassen og 11 cases er under  $6 \text{ kg CO}_2\text{-ækv. / m}^2\text{ / år}$  – dvs. under det halve af den nuværende grænseværdi i bygningsreglementet.



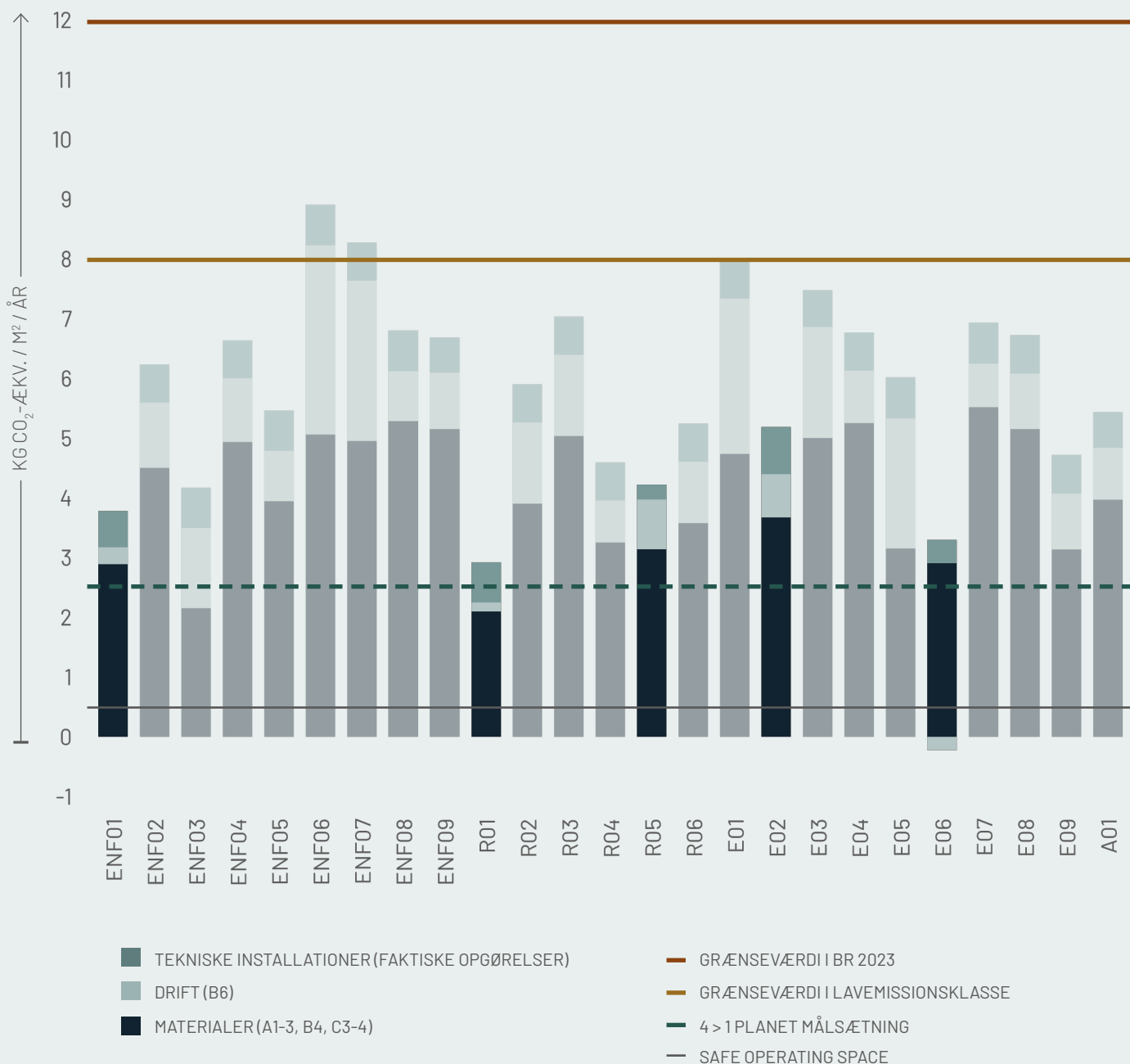
**Figur 25. Grænseværdier**

Den 25 cases i relation til grænseværdier i BR23, den frivillige CO<sub>2</sub> klasse, 4 til 1 planets målsætning på  $2.5 \text{ kg CO}_2\text{-ækv. / m}^2\text{ / år}$  og "safe operating space".

# UDVALGTE RESULTATER

Den viste akse repræsenterer enheden  $\text{kg CO}_2\text{-\u00e6kv. / m}^2 / \text{\u00e5r}$  og viser bygningernes udledning, fordelt i tre kategorier. Udledning fra materialer (A1-3, B4, C3-4), drift (B6) og tekniske installationer (A1-3, B4, C3-4). Den sidst n\u00e5vnedede viser i denne analyse udledning fra de opgjorte m\u00e5ngder tekniske installationer per bygningscase. Bygningernes udledning vises sammen med fire gr\u00e5nsev\u00e6rdier for udledning af  $\text{kg CO}_2\text{-\u00e6kv. / m}^2 / \text{\u00e5r}$ .

De fem udvalgte cases vises med faktiske opg\u00f8relser for tekniske installationer og i resultaterne ses derfor en variation fra resultaterne med standardv\u00e6rdier. Der kan ikke konkluderes at standardv\u00e6rdierne i alle tilf\u00e5lde har den samme effekt p\u00e5 resultaterne. For case R01 og E02 stiger den samlede udledning af  $\text{kg CO}_2\text{-\u00e6kv. / m}^2 / \text{\u00e5r}$  og for case ENF01 og R05 bliver den samlede udledning lavere. Case E06 vises med specifikke opg\u00f8relser for tekniske installationer i hele rapporten og resultatet er derfor uforandret.

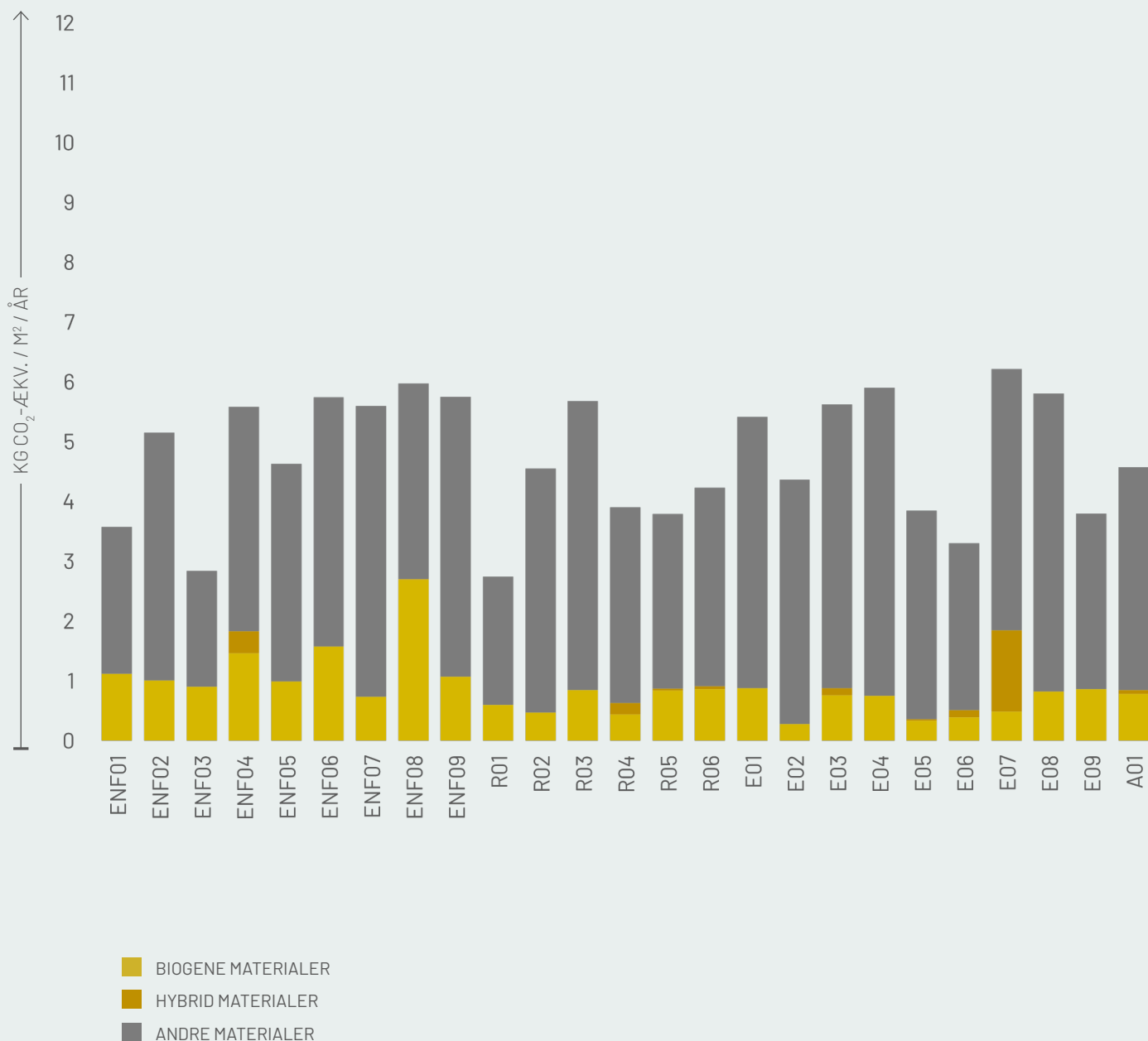


**Figur 26. Udvalgte cases med specifikke opg\u00f8relser for tekniske installationer**

Den 25 cases i relation til gr\u00e5nsev\u00e6rdier i BR23, den frivillige  $\text{CO}_2$  klasse, 4 til 1 planets m\u00e5ls\u00e6tning p\u00e5  $2.5 \text{ kg CO}_2 \text{ \u00e6kv. / m}^2 / \text{\u00e5r}$  og "safe operating space". Fremh\u00e6vet er de udvalgte cases.

# BIOGEN ANDEL: GWP

Den viste akse repræsenterer enheden kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år og viser byggeriets udledning sorteret i tre overordnede materialegrupper; biogene materialer, hybride materialer og andre materialer. Ved beregning med -1 / +1 metoden, optager de biogene materialer CO<sub>2</sub> i produktfasen (A1-3) og frigiver CO<sub>2</sub> i fase C3-4, hvilket betyder at meget af udledningen der henledes til de biogene materialer i disse resultater, ikke sker i dag, men på sigt. Udledningen som kan ses i disse resultater, er afhængig af hvordan de biogene materialer håndteres i affaldsbehandling i modul C3 eller bortskaffelsen i modul C4.

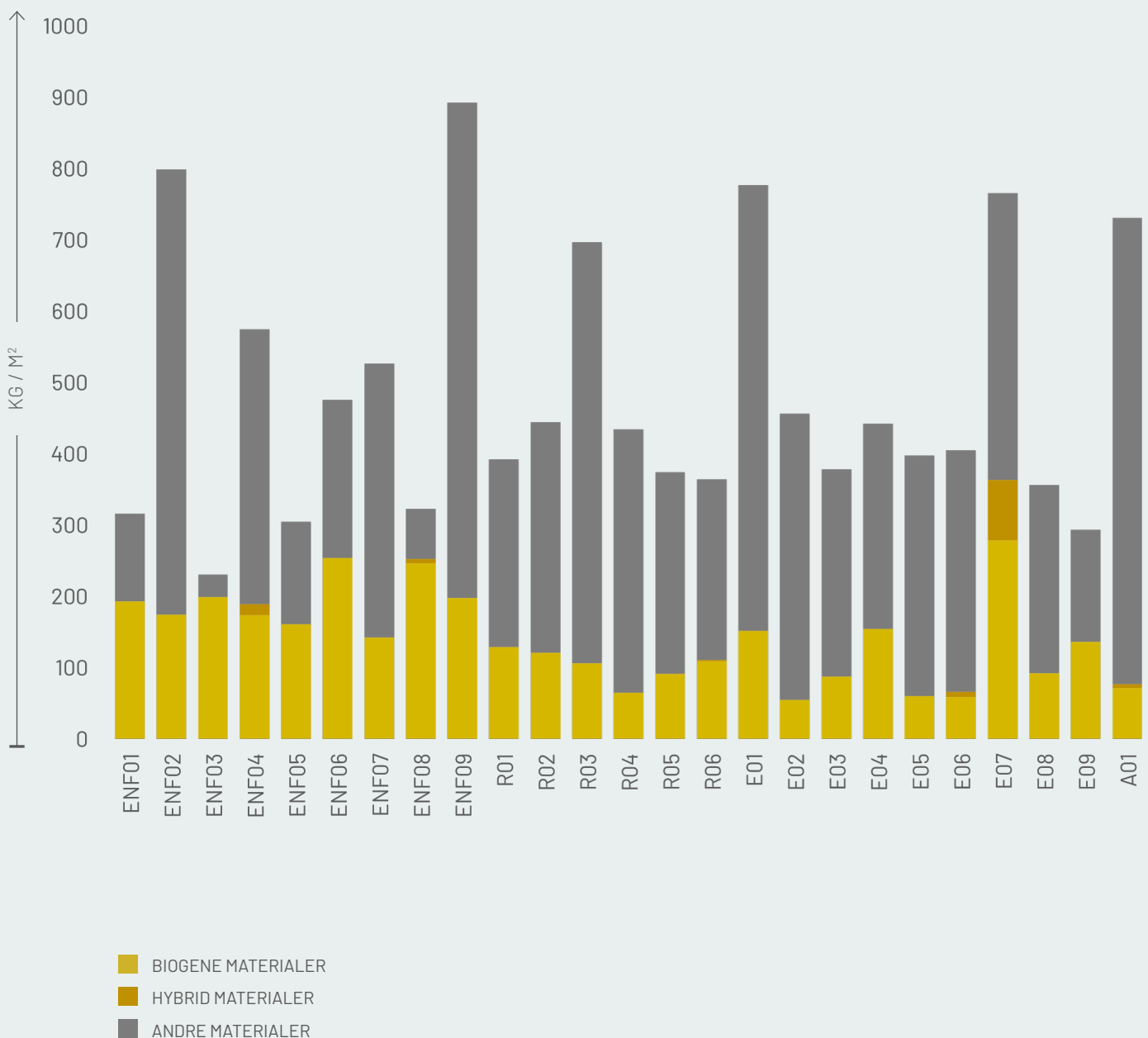


Figur 27: Biogen andel: GWP

Figuren viser de 25 cases udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv./ m<sup>2</sup>/ år fra tre overordnede materialegrupper; biogene materialer, hybridmaterialer og andre materialer.

# BIOGEN ANDEL: MASSE

Den viste akse repræsenterer enheden kg materiale / m<sup>2</sup> og viser byggeriets materialemængde sorteret i tre overordnede materialegrupper; biogene materialer, hybride materialer og andre materialer. Et eksempel på et hyppigt forekommende biogent materiale i casesamlingen er træ, andre er ålegræs, halm, strå og hamp. Et eksempel på et hybridmateriale er f.eks. hempcrete, som er en blanding af hamp, kalk og vand. Afslutningsvis er eksempler på "andre materialer" i denne sammenhæng beton, stål eller plastik.



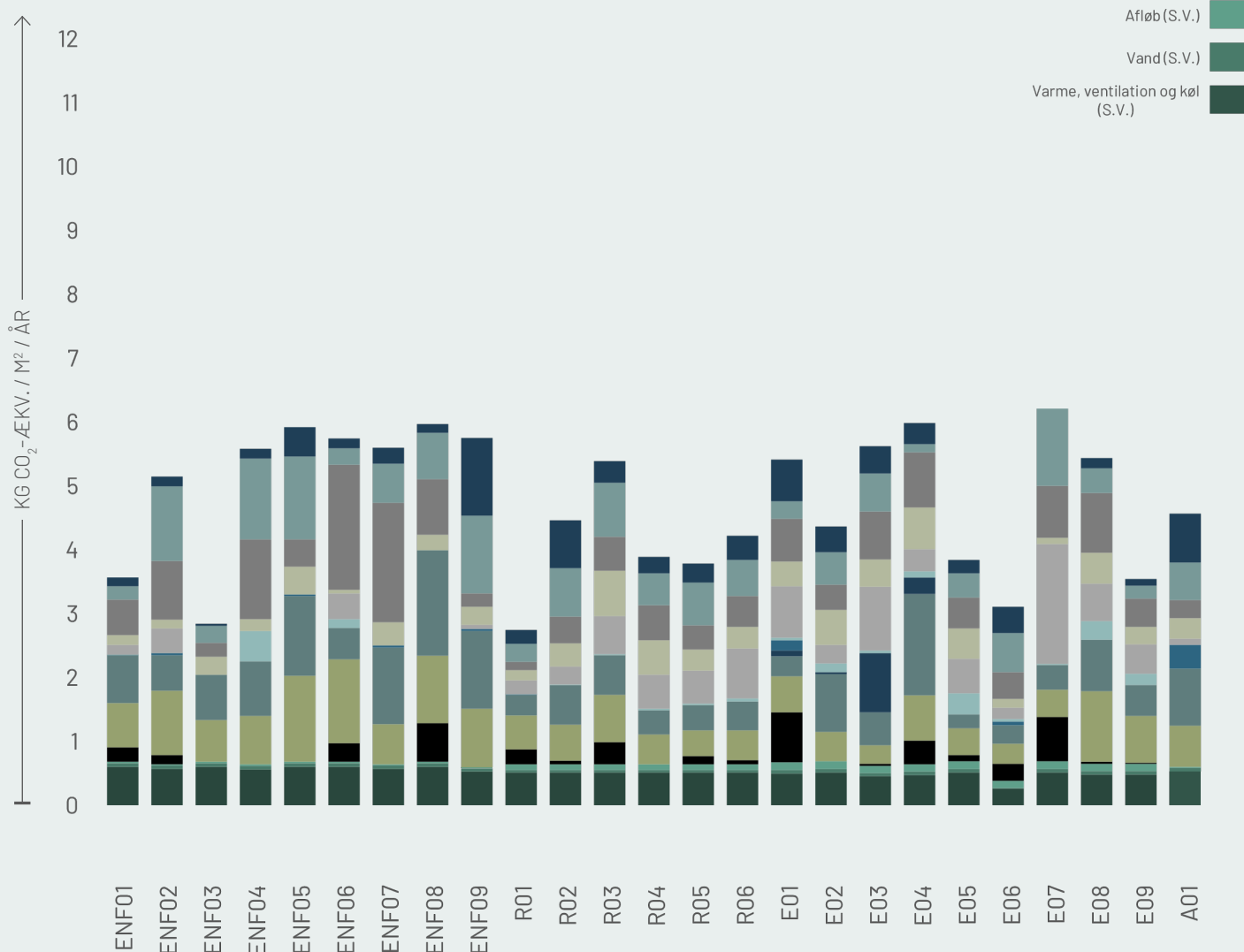
Figur 28: Biogen andel: MASSE

Figuren viser de 25 cases kg materiale / m<sup>2</sup>, opdelt i tre overordnede materialegrupper; biogene materialer, hybridmaterialer og andre materialer.

# BYGNINGSDELE

Den viste akse repræsenterer enheden  $\text{kg CO}_2\text{-ækv. / m}^2 / \text{år}$  og viser byggeriets forskellige bygningsdeles andel af udledningen. De tre nederste bygningsdele er tekniske installationer hvilket det pågældende studie har brugt standardværdier til. De tekniske installationer kan ses længst ned i hvert enkelt cases søjle. De varierer lidt, afhængigt af om referenceareal er nogenlunde det samme som det opvarmede areal. Hvis bygningens referenceareal er større, vil standardværdierne som påføres bygningens opvarmede areal, fylde mindre i resultatet.

Fra bunden af søjlen og op kan vi se at det er vinduer, døre og glasfacader, tage, ydervægge, terrændæk og i en håndfuld cases, fundamentet der fylder mest. Det kan tydeligt ses at terrændækket fylder mere i enfamiliehuse end i rækkehuse og etageboliger hvor udledningen fordeler sig forholdsvis jævnt over terrændæk og øvrige etagedæk. En gennemgang af casesamlingens tunge bygningsdele findes i rapportens kapitel om konstruktioner.

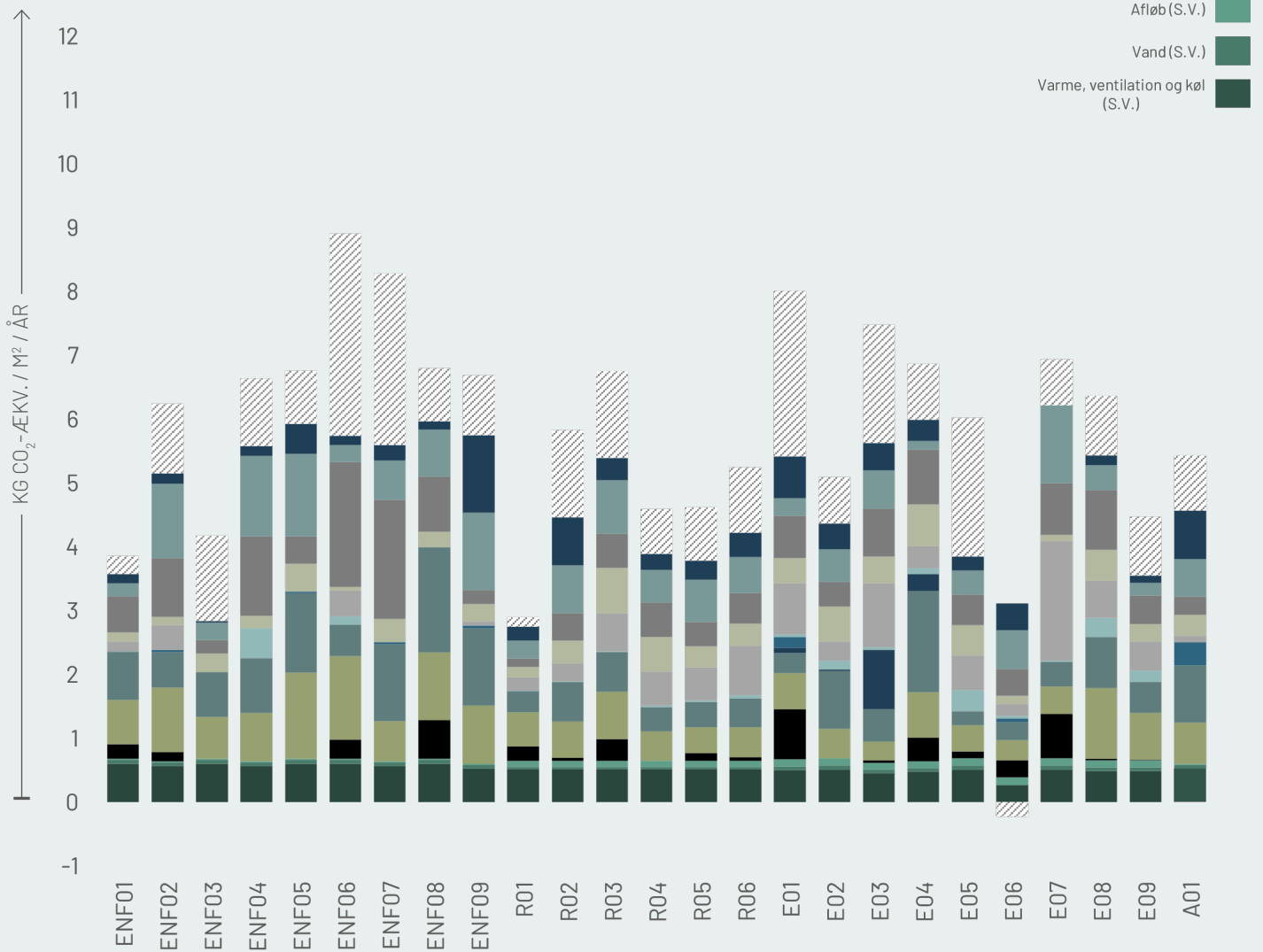


**Figur 29: CO2-regnskab over byggeriets bygningsdele**

Den horisontale akse viser de 25 cases og byggeriets forskellige bygningsdeles andel af udledningen. Den vertikale akse viser udledning af  $\text{kg CO}_2\text{-ækv. / m}^2 / \text{år}$ .

# BYGNINGSDELE + DRIFT

Den viste akse repræsenterer enheden  $\text{kg CO}_2\text{-ækv. / m}^2 \text{ / år}$  og viser byggeriets forskellige bygningsdeles andel af udledningen. Udledning fra drift er lagt øverst og skraveret for at illustrere forholdet imellem udledning fra materialer og drift. Case A01 er ikke en bolig og er derfor pålagt en medianværdi for drift. Driften ses her som den tungeste post i halvdelen af casene.



**Figur 30: CO2-regnskab over byggeriets bygningsdele med drift**

Den horisontale akse viser de 25 cases og byggeriets forskellige bygningsdeles andel af udledningen, med drift tilføjet øverst. Den vertikale akse viser udledning af  $\text{kg CO}_2\text{-ækv. / m}^2 \text{ / år}$ .

# PERSONANDEL

Den grønne akse repræsenterer enheden kg CO<sub>2</sub>-ækv. / person / år og den gule akse repræsenterer enheden m<sup>2</sup> etageareal / person for at undersøge sammenhængen imellem plads per beboer og udledning per beboer. Casene er sorteret efter udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / person / år og starter med det projekt med den laveste udledning.





# PERSONANDEL

I casesamlingen gør det sig gældende at plads per beboer har en betydning for udledning af CO<sub>2</sub>-ækv. / person / år. Der kan dog ikke ses en overbevisende sammenhæng imellem meget plads per person og høj udledning per person.

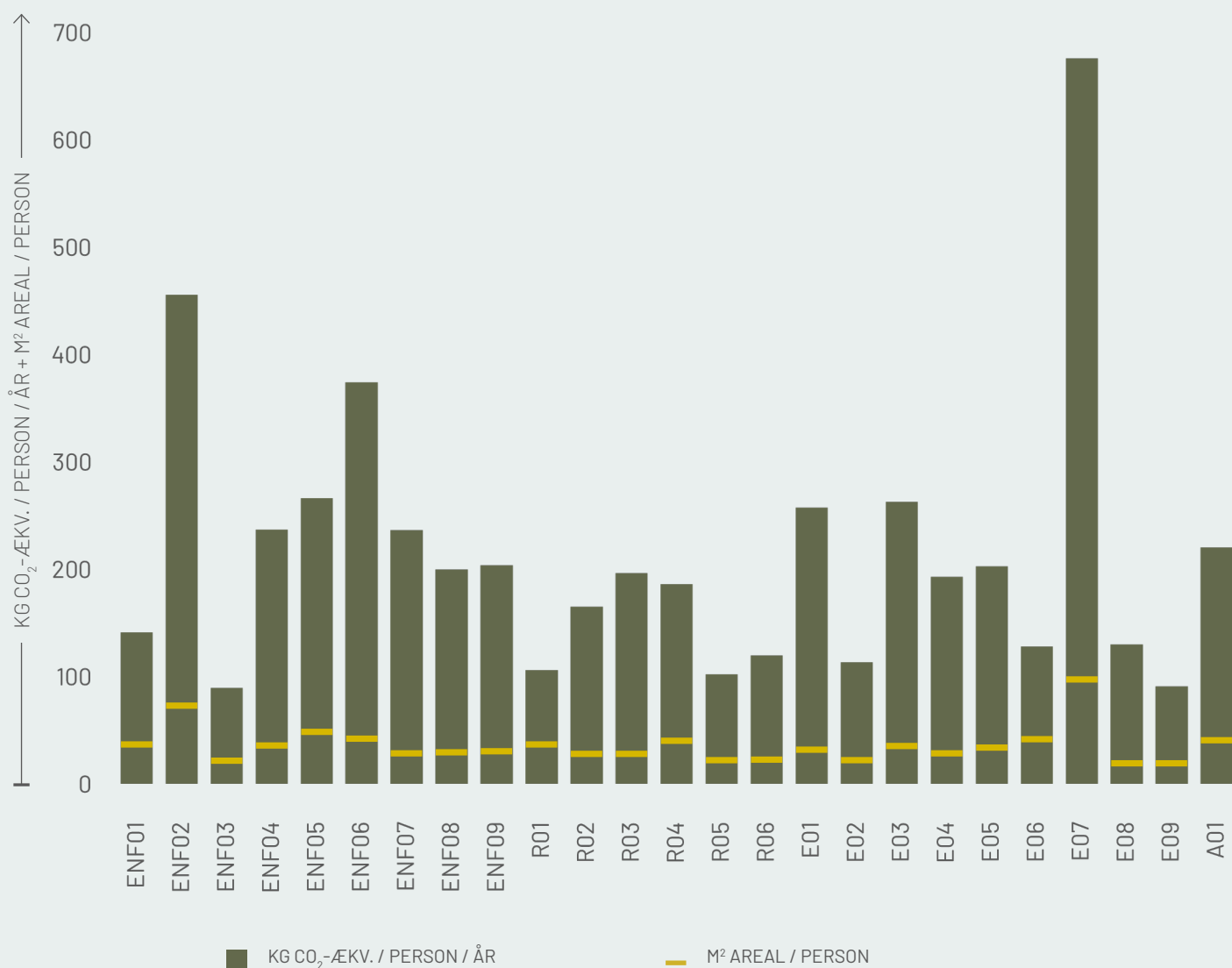
En konklusion fra denne analyse er således at materialerne har større indflydelse på resultatet kg CO<sub>2</sub>-ækv. / person / år end m<sup>2</sup> etageareal / person har.



# PERSONANDEL

Den viste akse repræsenterer både enheden kg CO<sub>2</sub>-ækv. / person / år og m<sup>2</sup> etageareal / person. Her ses casesamlingen inddelt efter typologi, hvilket giver mulighed for at identificere udledningstendenser og et eventuelt sammenhæng med boligens m<sup>2</sup> per person.

De to højeste cases, både hvad angår udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / person / år og m<sup>2</sup> / person er et enfamiliehus hhv. et etageboligbyggeri. Udover de to cases, er fordelingen af m<sup>2</sup> / person relativt jævn på tværs af casesamlingen samtidigt som det kan ses en stor spredning hvad angår udledning / person.



Figur 31: Best practice cases udledning af kg CO<sub>2</sub> / person / år og m<sup>2</sup> / person

### 3 SCENARIER: kg CO<sub>2</sub>-ækv. / person / år

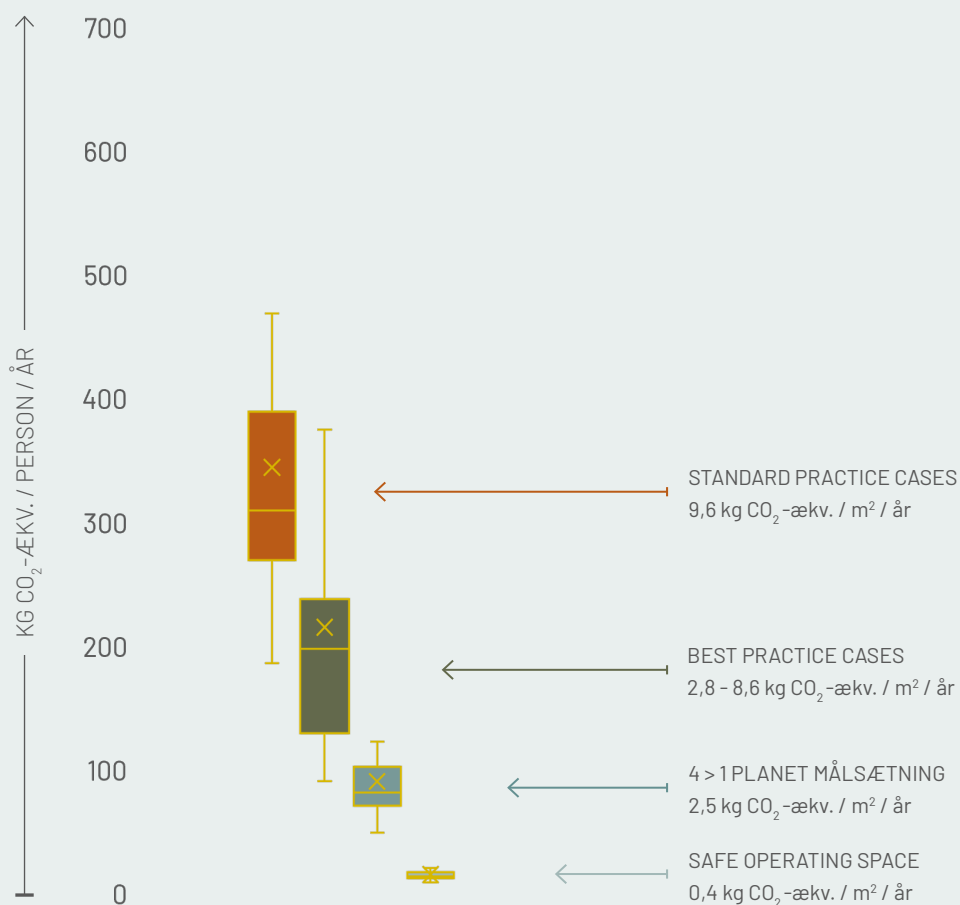
Boligerne i casesamlingen danner grundlag for denne analyse hvor referenceareal og beboerantal fra de 25 cases bruges til at vise fire variationer af udledning / person. Analysen viser bl.a. en kraftig reduktion i udledning per person i best practice casesamlingen i forhold til et tilsvarende hus i størrelse og beboerantal der bliver bygget med konventionelle materialer og metoder. De fire scenarier vises som et spænd i den følgende inddeling:

Det røde felt viser casesamlingen spænd hvis boligerne var bygget som konventionelt byggeri med en gennemsnitlig udledning på 10 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år.

Det mørkeblå felt viser det faktiske spænd af udledning / person i casesamlingen.

Det grønne felt viser casesamlingen spænd hvis boligerne når ned til 4 > 1 planets målsætning på 2,5 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år.

Det lyseblå felt viser casesamlingen spænd hvis boligerne når ned til safe operating space på 0,4 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år.



Figur 32: Scenarier for boligbyggeriernes udledning af kg CO<sub>2</sub> / person / år

# RATIO / KLIMAPÅVIRKNING

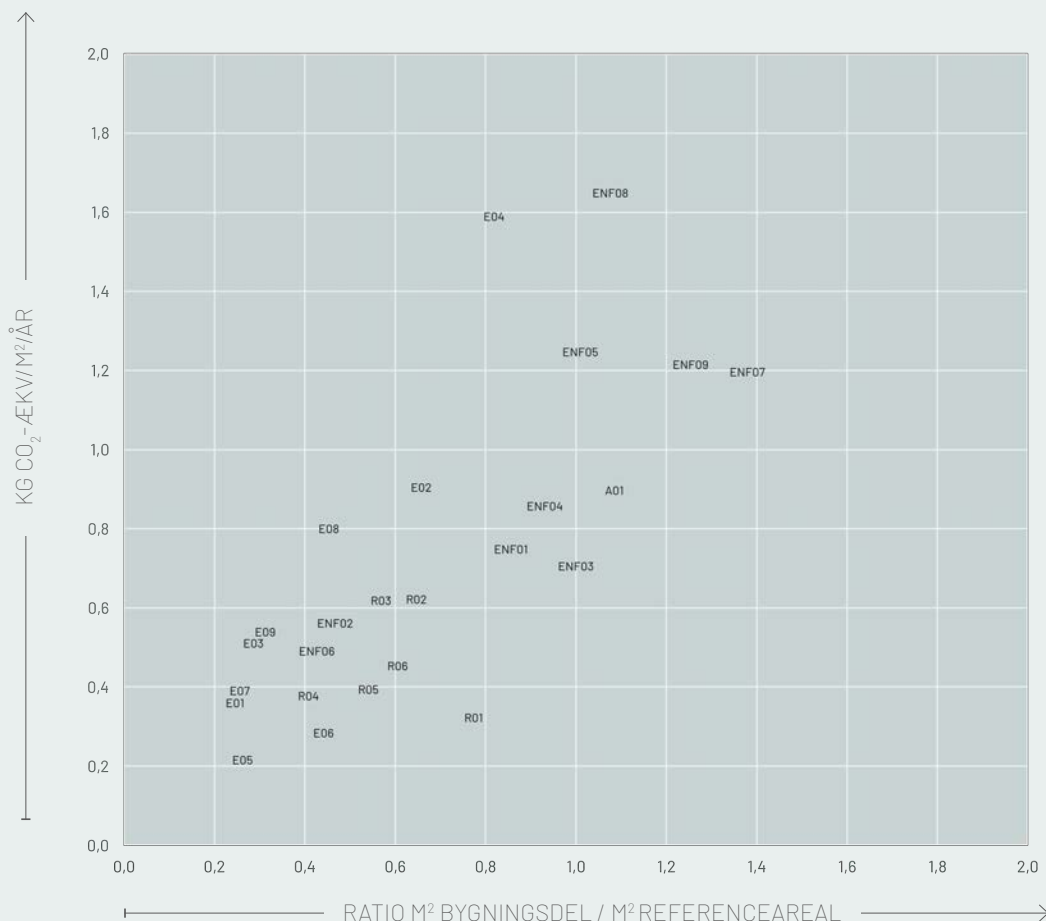
I analysen kobles relationen imellem ratio af en bygningsdel til dens udledning, for at undersøge sammenhængen imellem udledning og forekomst. Ratio er i denne sammenhæng antallet  $m^2$  af en udvalgt bygningsdel, fordelt på bygningens referenceareal. F.eks.  $1 m^2$  ydervæg /  $1 m^2$  referenceareal. De udvalgte bygningsdele forekommer i samtlige boligtypologier og er traditionelt set nogle af de mest klimabelastende. I de tre diagrammer for bygningsdelene tag, ydervæg og vindue kan udledningen af  $kg CO_2$ -ækv. /  $m^2$  / år per bygningsdel ses i relation til hvor mange kvadratmeter bygningsdel der er per kvadratmeter referenceareal.

For tag kan vi se et spænd i både udledning og ratio, med tendens til en koncentration i det nedre venstre hjørne af diagrammet for bebyggelse i flere plan. Der er en sammenhæng imellem ratio og udledning, hvor vi kan se at det er enfamiliehusene i et plan som bevæger sig imod midten og den højre side af diagrammet. Det indikerer at både materialevalg og ratio har en afgørende betydning. Enkelte cases stikker ud, hvor en lav udledning kan ses på trods af en relativt høj ratio.

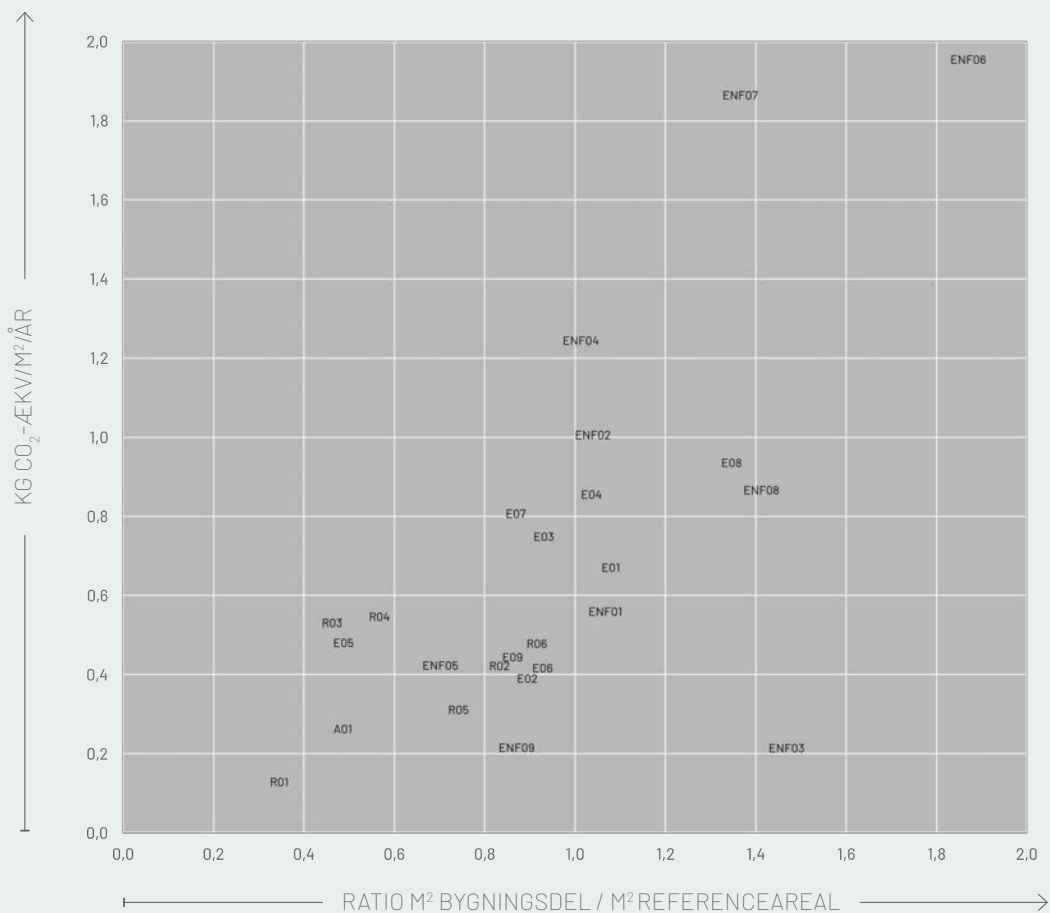
For ydervægge er billedet et andet, med et større spænd, både hvad angår udledning og ratio. Det bekræfter at materialevalget har en afgørende betydning i bygningsdelen, da det kan ses at nogle af de mindre klimabelastende ydervægge stadig har en høj ratio. I linje med resultaterne for tagene, er det primært enfamiliehusene som bevæger sig mod den højre del af diagrammet.

For vinduer ses et andet mønster end for tag og ydervægge. Her varierer ration mindre, dvs. at casesamlingen har en relativt gennemgående ratio af  $m^2$  vindue /  $m^2$  referenceareal. Tendenslinjen er mere stejl (med enkelte outliers), og indikerer højere udledning jo højere ratio er. Desuden er klimapåvirkning fra vinduer i samme skala som ydervægge og tage, selv om ratio er lavere.

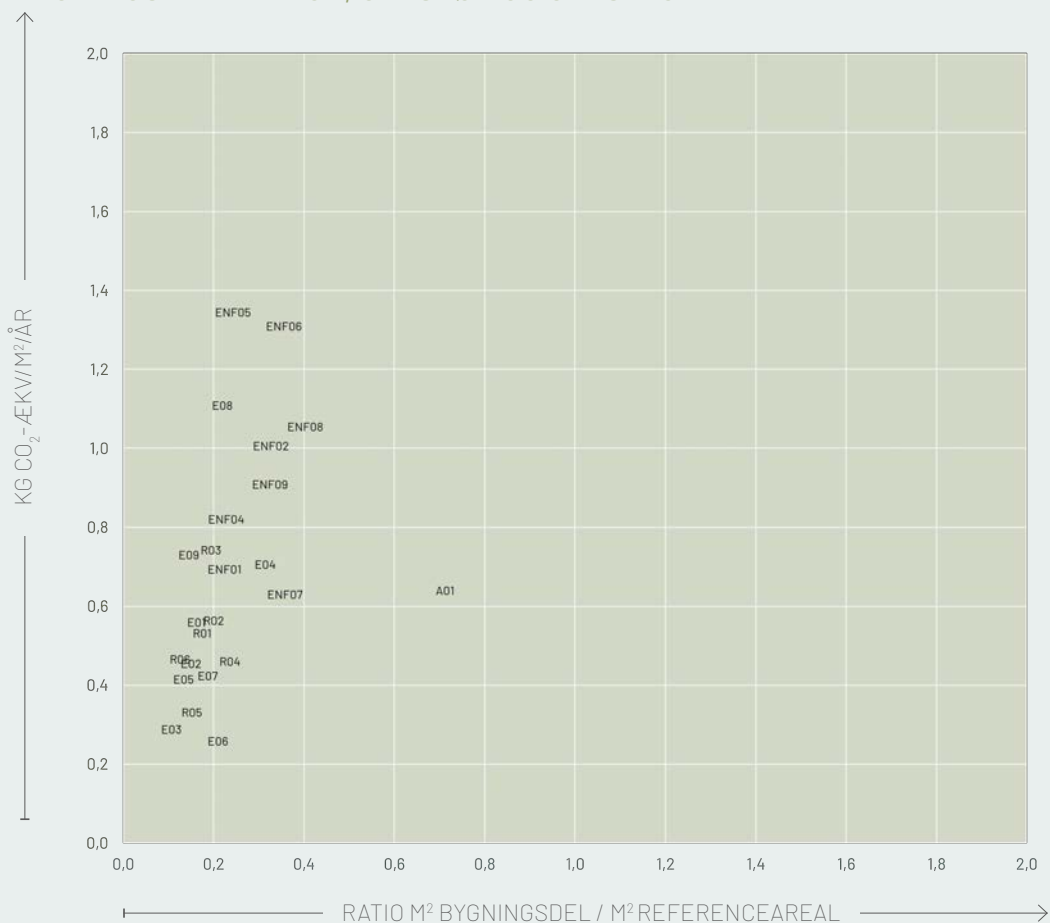
## BYGNINGSDEL: TAG



## BYGNINGSDEL: YDERVÆG



## BYGNINGSDEL: VINDUE, GLASDØR OG GLASFACADE



**25 CASES**

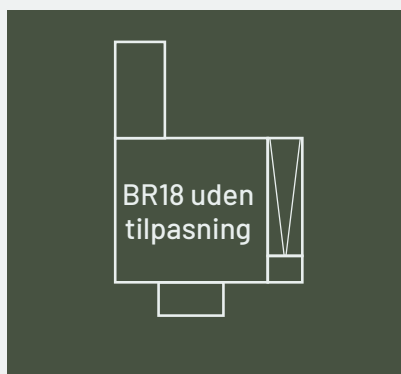


# ENF01: Living Places I



**Bygherre:** VELUX  
**Akitekt:** EFFEKT  
**Ingeniør:** Artelia  
**Entreprenør:** Enemærke & Petersen

**Opførelseår:** 2023  
**Etagereal:** 147 m<sup>2</sup>  
**Referenceareal:** 147 m<sup>2</sup>  
**Anvendelse:** Helårsbolig  
**Beboere:** 4 stk.  
**År for ibrugtagning:** 2022  
**Opvarmning:** Varmepumpe  
**Solceller:** Ja



## BESKRIVELSE

Living Places er et demonstrationsprojekt, der gennem en holistisk tilgang til byggeri udfordrer "business as usual" i et forsøg på at vise en ny vej for byggebranchen, som gavner både mennesker og planeten. Projektet er udført gennem et strategisk partnerskab, som viser at det udelukkende med brug af tilgængelig viden og kendte materialer er muligt at skabe boliger, der både har et bedre indeklima og et meget lavere klimaaftryk end gængs praksis i dag. Alle materialer er derfor nøje overvejet ift. byggeteknik og klimaaftryk. Designet er samtidig udført med mekaniske samlinger, så konstruktionerne kan skilles fra hinanden efter endt levetid. Samarbejdet har resulteret i to prototyper, herunder Living Places Bolig, der er designet til en familie på 4 personer.

Bygningen i tre etager står på et skruefundament i stål med remkonstruktioner i limtræ. Terrændækket er opbygget som en let trækassette i konstruktionstræ, isoleret med papiruld og beklædt med en spånplade.

Huset er opført med facadekassetter og bærende konstruktioner i limtræ. Ydervægge er isoleret med papir- og træfiberisolering. Facaderne er beklædt med træ. Bygningens etagedæk, er udført som et ribbedæk i konstruktionstræ, opbygget med trinlydsdug og krydsfiner, beklædt med fibergips hhv. trægulve. Indervæggene er lette træskeletvægge, isoleret med træfiber og beklædt med krydsfiner og fibergips der er samlet med fer og not og således ikke skal spartles.

Taget er en kassettekonstruktion, isoleret med papiruld og beklædt med zinkmagnesium. Der er også ovenlys i tagfladen. På de arealer hvor taget er belagt med solceller, er den underliggende tagbeklædning tagpap.

Huset er 147 m<sup>2</sup> med tre soveværelser. Med fire beboere giver det ca. 37 m<sup>2</sup>/ person, hvilket er gennemsnitligt for plads per person i case samlingen.



Træskelet



3 etager



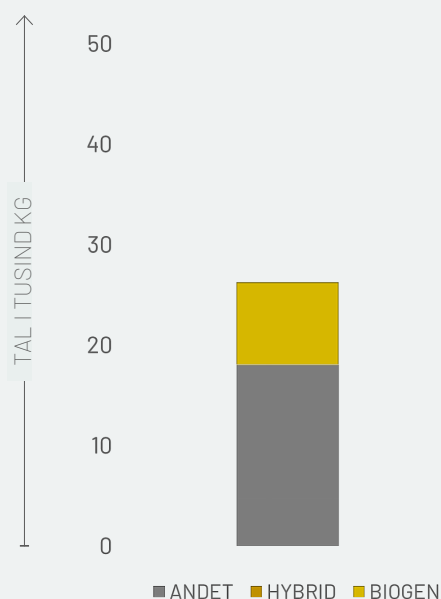
# ENF01: Living Places I

3,85 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år



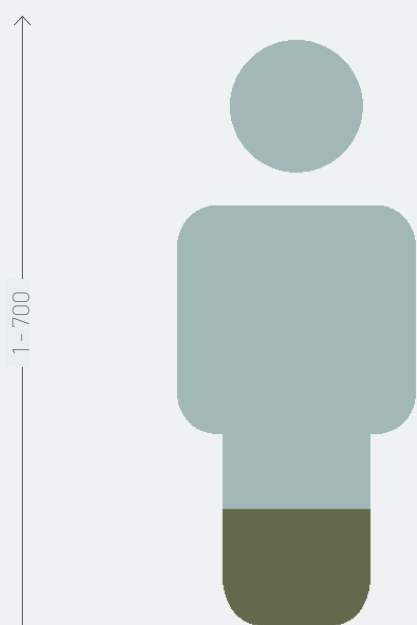
**Figur ENF01.1: Udledningen af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år**  
Søjlerne viser bygningens klimapåvirkning. Krydsene indikerer det højeste resultat for drift, materialer og samlet udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år i casesamlingens enfamiliehuse.

26.229 kg CO<sub>2</sub>-ækv.



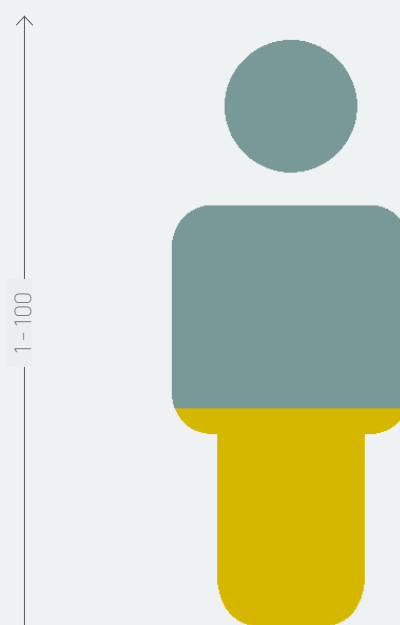
**Figur ENF01.2: Den samlede udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv.**  
Den samlede søjle viser casens samlede udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. fordelt på de tre materialegrupper; andre, hybrider og biogene.

142 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / person / år



**Figur ENF01.3: Udledningen af CO<sub>2</sub> / person / år**  
Den lodrette akse har et spænd på 1 til 700 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / person / år.

37 m<sup>2</sup> / person



**Figur ENF01.4: m<sup>2</sup> / person**  
Den lodrette akse har et spænd på 1 til 100 m<sup>2</sup> / person

# ENF01: Living Places I

## KLIMAPÅVIRKNINGEN I RELATION TIL ANDRE BEST PRACTICE CASES

Den pågældende case er fremhævet i diagrammet som viser best practice byggeriernes udledning sorteret fra den højeste til laveste udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år.



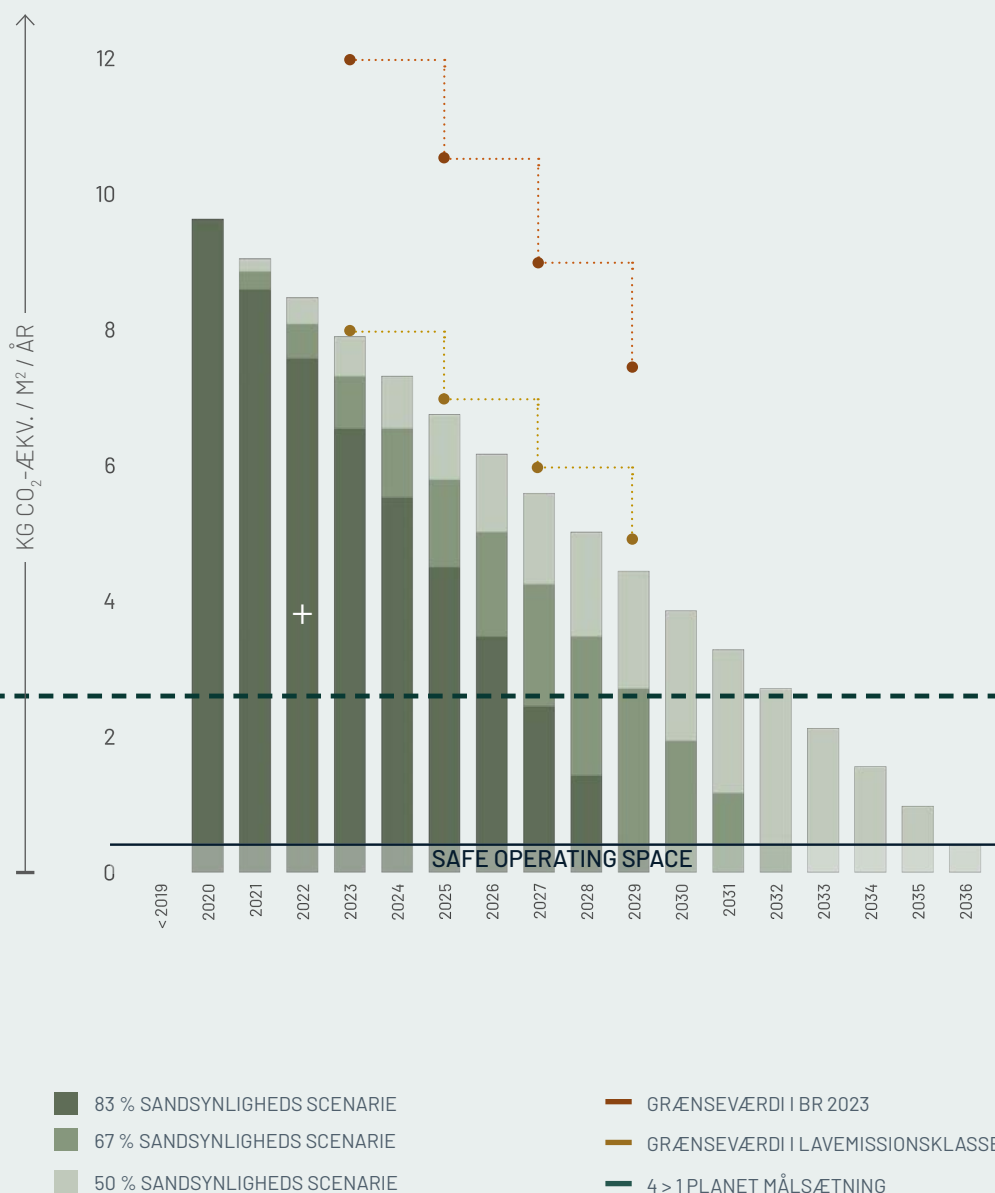
Figur ENF01.5: Boligcases

Den vertikale akse viser udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år. Den horisontale akse viser de 25 best practice cases.

# ENF01: Living Places I

## BYGNINGENS UDLEDNING I REDUCTION ROADMAP

Klimapåvirkningen vises her i udledning af  $\text{kg CO}_2\text{-ækv. / m}^2 / \text{år}$ . Livscyklusvurderingen er lavet med år 2022 som året for ibrugtagning og caseresultatet er repræsenteret af et hvidt plustegn. Diagrammet viser hvor den pågældende case befinder sig i relation til Reduction Roadmap, hvor den er vel indenfor den hurtigste reduktions-takt, i sandsynlighedsscenarioet på 83 %.

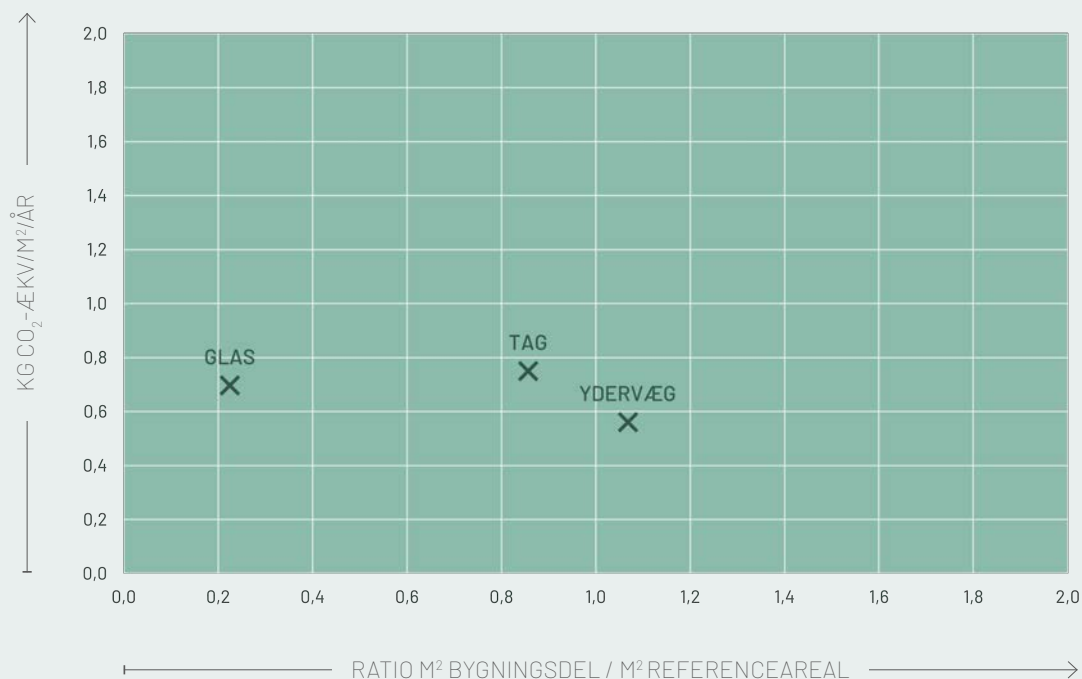


Figur ENF01.6: Reduction Roadmap

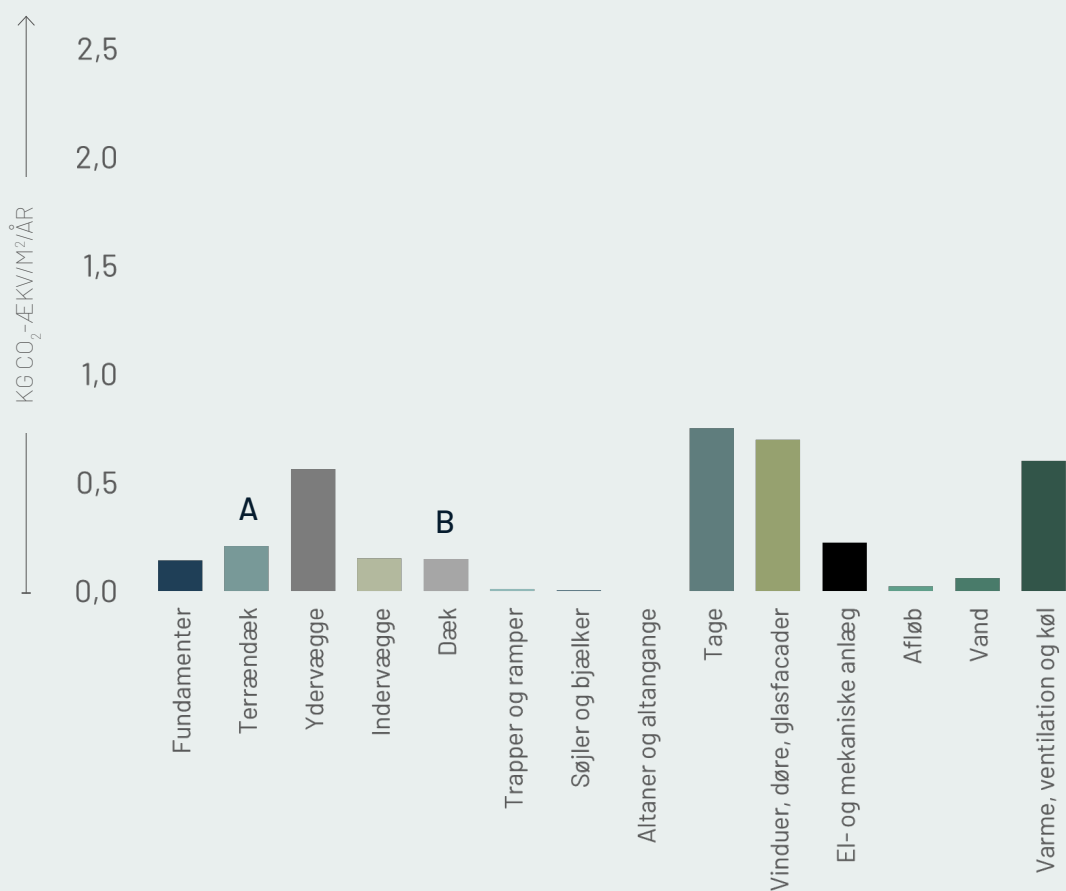
Den aktuelle case i relation til Reduction Roadmap, grænseværdierne, 4 til 1 planets målsætning på  $2.5 \text{ kg CO}_2\text{-ækv. / m}^2 / \text{år}$  og 'safe operating space'.

# ENF01: Living Places I

## BYGNINGSDELSRATIO OG PÅVIRKNING



## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER BYGNINGSDELE



Figur ENF01.7: CO<sub>2</sub>-regnskab over byggeriets bygningsdele

Den horisontale akse viser bygningens mest centrale bygningsdele, herunder fundamenter, terrændæk, ydervægge, indervægge, dæk, trapper og ramper, søjler og bjælker, altaner og altangange, tage, vinduer, døre og glasfacader, el- og mekaniske anlæg samt tekniske installationer (standard værdier).

# ENF01: Living Places I

## DE BIOGENE MATERIALERS ANDEL: MASSE VS. KLIMAKLIMAPÅVIRKNING

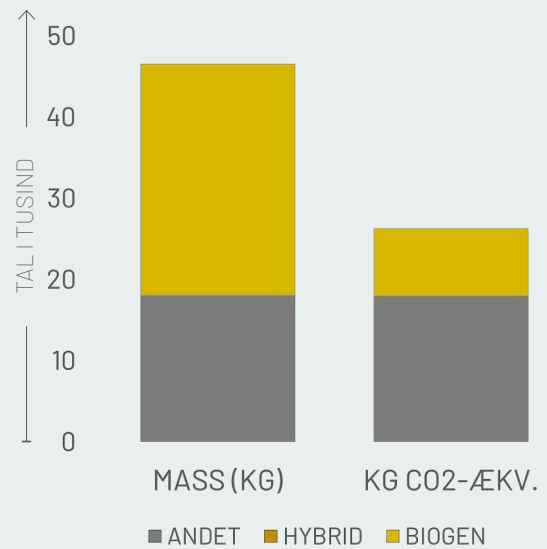
Figur ENF01.8:

Søjlediagrammet viser det pågældende boligbyggeri opdelt i tre materialegrupper: biogene materialer, hybrider og andre materialer.

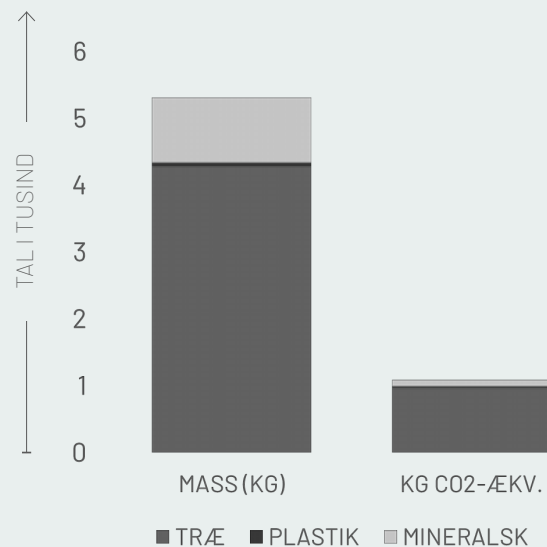
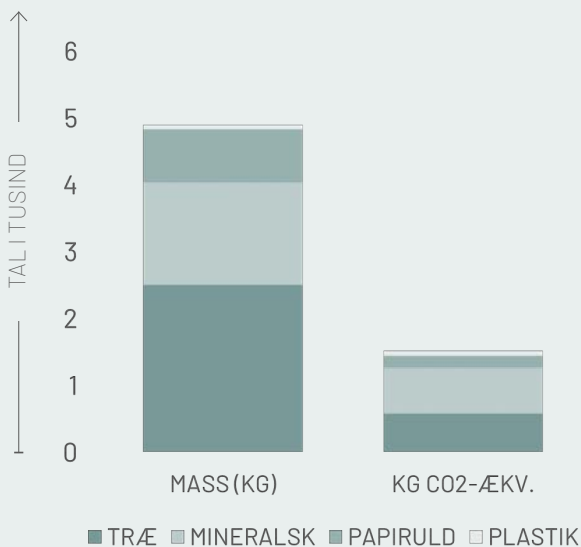
Den lodrette akse viser tal for kilogram i tusinde, dvs. at spændet er 0 - 50.000 kg.

Søjlen til venstre viser bygningens masse i kg, opdelt i materialegrupperne.

Søjlen til højre viser bygningens totale udledning af CO<sub>2</sub>-ækv. opdelt efter samme princip.



## MATERIALERNES MASSE I FORHOLD TIL MATERIALERNES TOTALE UDLEDNING AF KG CO<sub>2</sub>-ÆKV.



### A. TERRÆNDÆKKEST OPBYGNING

- Trægulv
- Trinlydsdug
- Spånplader
- Trælægter med papirisolering
- Dampspærre
- Trækassette med papirisolering
- Fibrement

### B. DÆKKETS OPBYGNING

- Trægulv
- Trinlydsdug
- Fibergips
- Krydsfiner x 2 lag

# ENF02: Sunlighthouse



FOTO: Adam Mørk

**Bygherre:** VELUX  
**Arkitekt:** HEIN-TROY Architekten  
**Ingeniør:** Peter Holzer

**Opførelseår:** 2010  
**Etageareal:** 275 m<sup>2</sup>  
**Referenceareal:** 292 m<sup>2</sup>  
**Anvendelse:** Helårsbolig  
**Beboere:** 4 stk.  
**År for ibrugtagning:** 2022  
**Opvarmning:** Varmepumpe  
**Solceller:** Ja

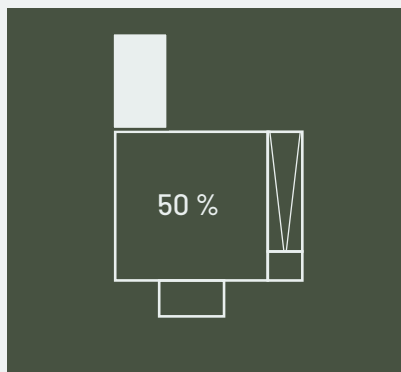


FOTO: Adam Mørk

## BESKRIVELSE

Sunlighthouse er en international case fra 2010, hvilket betyder at det er den ældste case i best practice case samlingen. Byggeriet er Østrigs første CO<sub>2</sub>-neutrale enfamiliehus og har med dets skråtag og andre arkitektoniske elementer fuld udnyttelse af solen hvilket sikrer maksimalt dagslys og solenergi. Huset forventes at blive CO<sub>2</sub> neutralt over dets livscyklus, idet det årlige energiudbytte fra solceller, varmepumper, solenergi og andre vedvarende kilder overstiger det årlige energiforbrug. Solcellerne og solfangerne genererer mere energi end huset bruger, hvilket medfører at boligen vil have genereret samme mængde ren energi som der blev brugt under opførelsen.

Bygningen i tre etager står på et sribefundament af beton. Terrændækket består af beton og er isoleret med EPS.

Huset er opført med en kælder, lavet med betonkonstruktioner og isoleret med EPS. Fra stuen er huset udført med bærende konstruktioner i konstruktionstræ og CLT og isoleret med papir- og træfiberisolering. De indvendige overflader er beklædt med gips.

Taget er udført som en trækonstruktion, isoleret med papiruld og beklædt med solceller.

Huset er 275 m<sup>2</sup> med to soveværelser. Med fire beboere giver det ca. 69 m<sup>2</sup>/ person, hvilket er i den høje ende for plads per person i case samlingen.



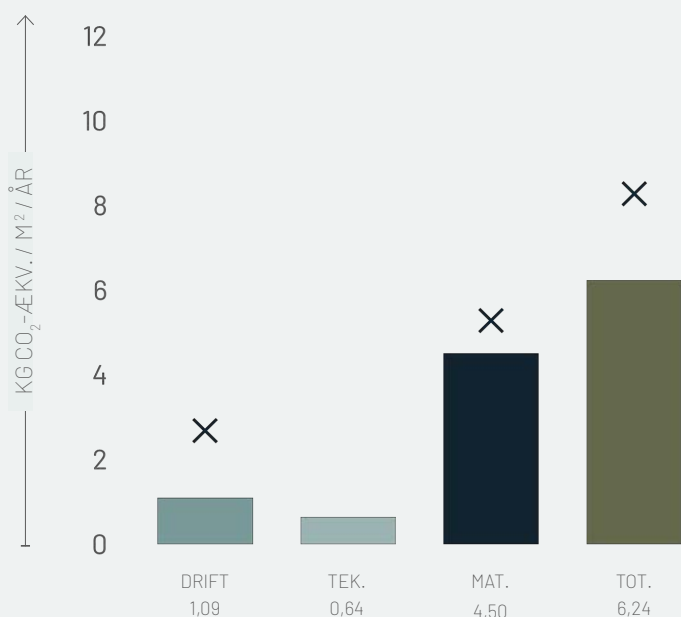
Træskelet



3 etager

# ENF02: Sunlighthouse

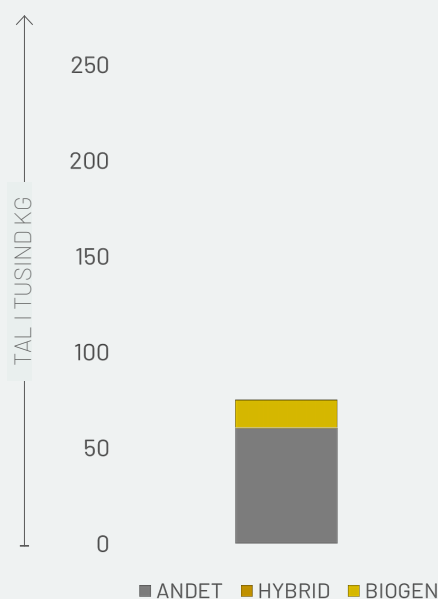
6,24 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år



Figur ENF02.1: Udledningen af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år

Søjlerne viser bygningens klimapåvirkning. Krydsene indikerer det højeste resultat for drift, materialer og samlet udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år i casesamlingens enfamiliehus.

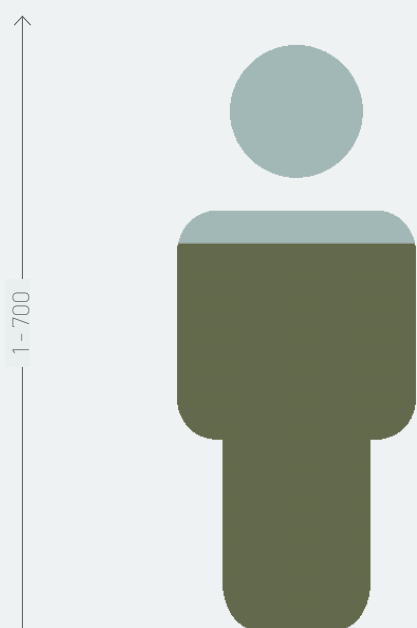
75.183 kg CO<sub>2</sub>-ækv.



Figur ENF02.2: Den samlede udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv.

Den stablede søjle viser casens samlede udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. fordelt på de tre materialegrupper; andre, hybrider og biogene.

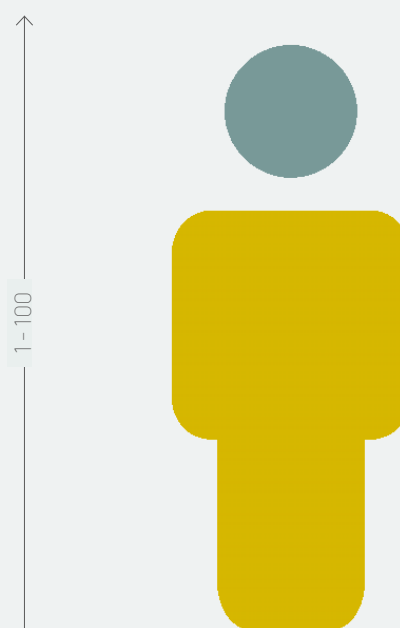
456 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / person / år



Figur ENF02.3: Udledningen af CO<sub>2</sub> / person / år

Den lodrette akse har et spænd på 1 til 700 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / person / år.

69 m<sup>2</sup> / person



Figur ENF02.4: m<sup>2</sup> / person

Den lodrette akse har et spænd på 1 til 100 m<sup>2</sup> / person

# ENF02: Sunlighthouse

## KLIMAPÅVIRKNINGEN I RELATION TIL ANDRE BEST PRACTICE CASES

Den pågældende case er fremhævet i diagrammet som viser best practice byggeriernes udledning sorteret fra den højeste til laveste udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år.



Figur ENF02.5: Boligcases

Den vertikale akse viser udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år. Den horisontale akse viser de 25 best practice cases.



# ENF02: Sunlighthouse

## BYGNINGENS UDLEDNING I REDUCTION ROADMAP

Klimapåvirkningen vises her i udledning af  $\text{kg CO}_2\text{-ækv. / m}^2 / \text{år}$ . Livscyklusvurderingen er lavet med år 2022 som året for ibrugtagning og caseresultatet er repræsenteret af et hvidt plus tegn. Diagrammet viser hvor den pågældende case befinder sig i relation til Reduction Roadmap, hvor den er vel indenfor den hurtigste reduktions-takt, i sandsynlighedsscenarioet på 83 %.

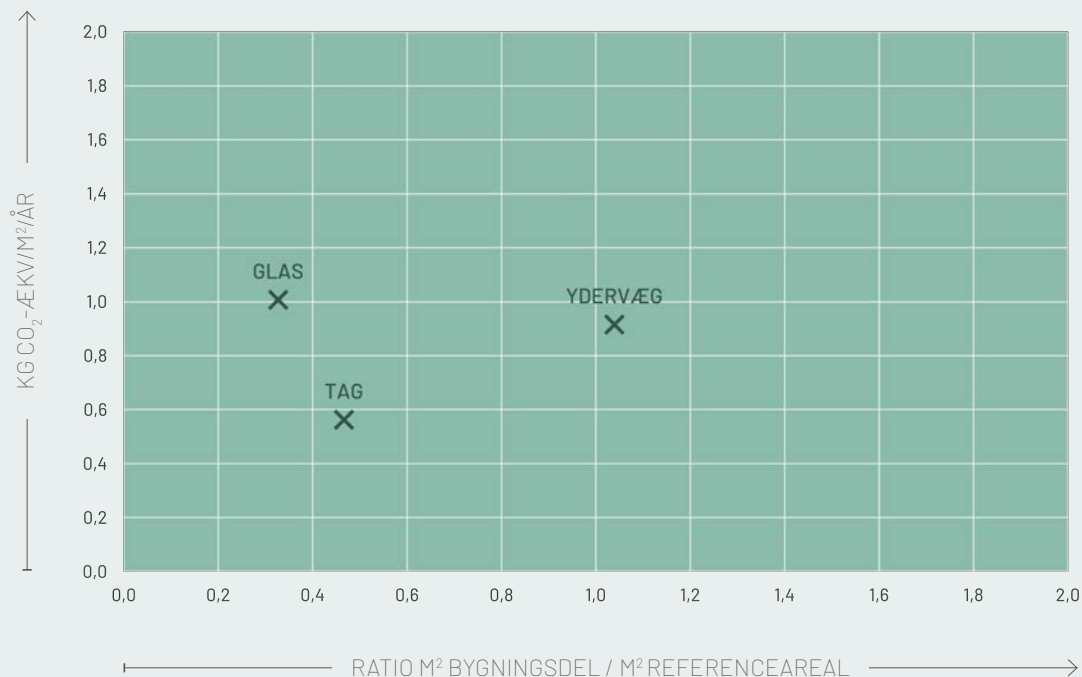


Figur ENF02.6: Reduction Roadmap

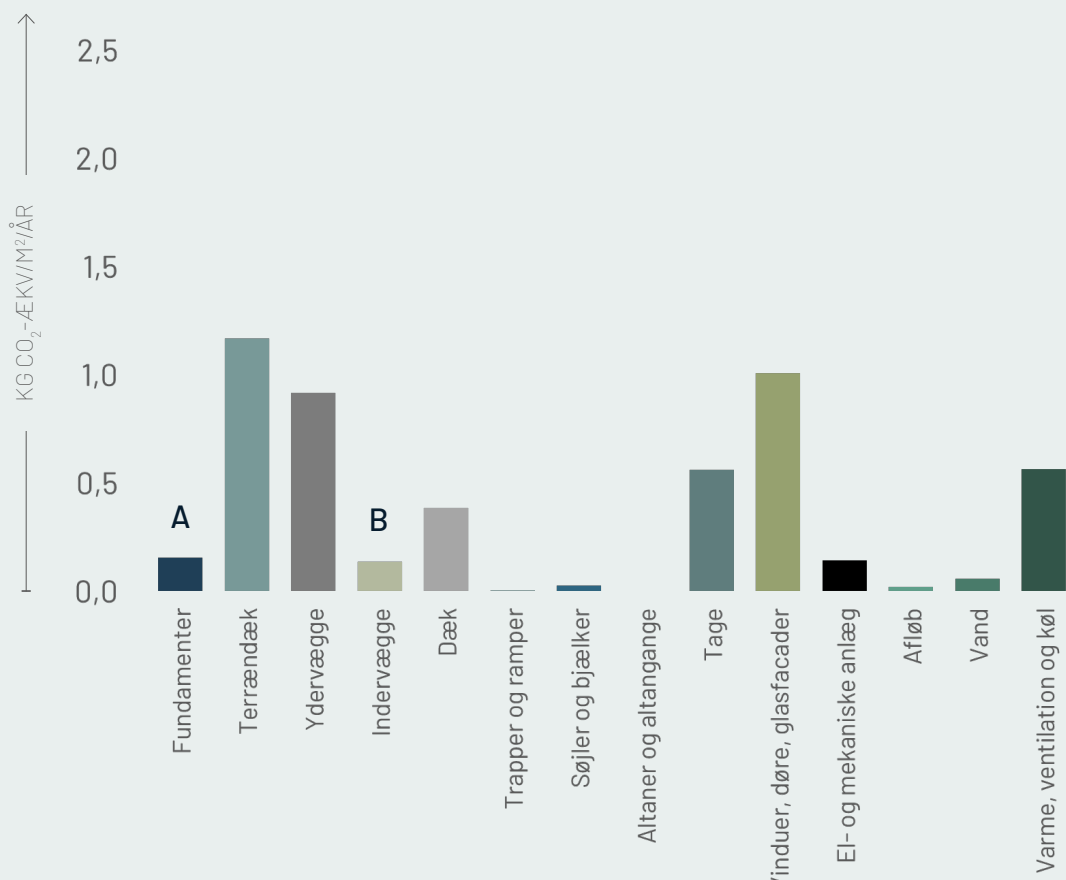
Den aktuelle case i relation til Reduction Roadmap, grænseværdierne, 4 til 1 planets målsætning på  $2.5 \text{ kg CO}_2\text{ ækv. / m}^2 / \text{år}$  og 'safe operating space'.

# ENF02: Sunlighthouse

## BYGNINGSDELSRATIO OG PÅVIRKNING



## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER BYGNINGSDELE



Figur ENF02.7: CO<sub>2</sub>-regnskab over byggeriets bygningsdele

Den horisontale akse viser bygningens mest centrale bygningsdele, herunder fundamenter, terrændæk, ydervægge, indervægge, dæk, trapper og ramper, søjler og bjælker, altaner og altangange, tage, vinduer, døre og glasfacader, el- og mekaniske anlæg samt tekniske installationer (standard værdier).

# ENF02: Sunlighthouse

## DE BIOGENE MATERIALERS ANDEL: MASSE VS. KLIMAKLIMAPÅVIRKNING

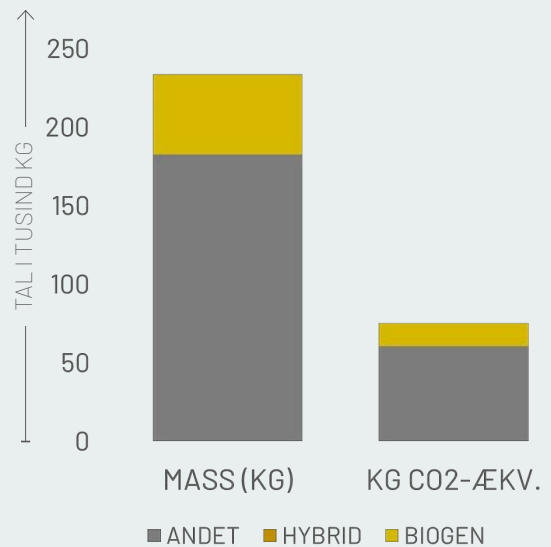
Figur ENF02.8:

Søjlediagrammet viser det pågældende boligbyggeri opdelt i tre materialegrupper: biogene materialer, hybrider og andre materialer.

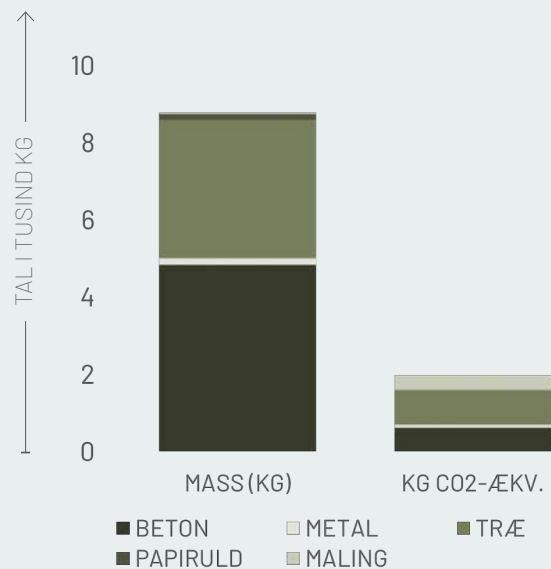
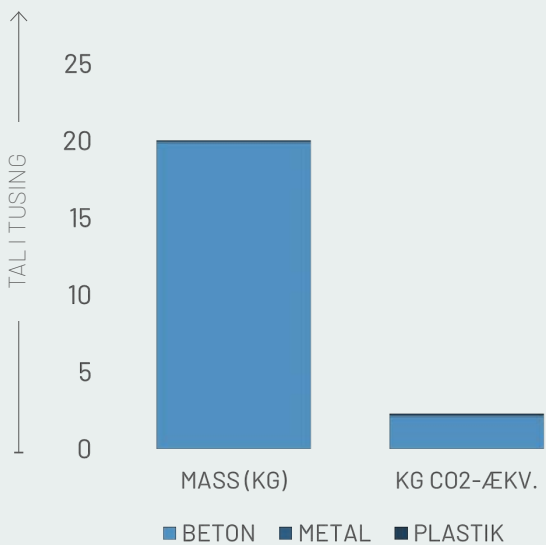
Den lodrette akse viser tal for kilogram i tusinde, dvs. at spændet er 0 - 250.000 kg.

Søjlen til venstre viser bygningens masse i kg, opdelt i materialegrupperne.

Søjlen til højre viser bygningens totale udledning af CO<sub>2</sub>-ækv. opdelt efter samme princip.



## MATERIALERNES MASSE I FORHOLD TIL MATERIALERNES TOTALE UDLEDNING AF KG CO<sub>2</sub>-ÆKV.



### A. FUNDAMENTETS OPBYGNING

Armeret beton  
EPS-isolering

### B. INDERVÆGGENS OPBYGNING

Træskelet  
Papirisolering  
Krydsfiner  
Bræddbeklædning, træ

# ENF03: Ecohousing



**Arkitekt:** Carlo Volf  
**Entreprenør:** KM Byg Montage m.fl.

**Opførelseår:** 2021  
**Etageareal:** 86 m<sup>2</sup>  
**Referenceareal:** 86 m<sup>2</sup>  
**Anvendelse:** Fritidsbolig  
**Beboere:** 4 stk.  
**År for ibrugtagning:** 2022  
**Opvarmning:** El & brændeovn  
**Solceller:** Nej



## BESKRIVELSE

EcoHousing er et forsøgsbyggeri hvor konstruktionsprincipper og materialevalg er styret af evnen til at lagre CO<sub>2</sub>. Huset er derfor opført af biobaserede materialer, med undtagelse af fundament, tagpap, vinduer og VVS-dele.

Bygningen er i et plan og står på et skruefundament der er dimensioneret til sandgrund for at opnå en minimal konstruktion. Terrændækket er opbygget med en træskeletkonstruktion og isoleret med ålegræs og træfiberisolering.

Huset er generelt opført med bærende konstruktioner i træ og ålegræs som isolerende materiale. Der arbejdes særligt med de primære materialers evne til at optage fugt for at skabe et sundt indeklima og undgå dampspærre. Ålegræsset regulerer temperaturen i huset på en måde som holder den nede i de varme måneder, men til gengæld kræver nogen tid til opvarmning i vinterhalvåret.

De ind- og udvendige overflader står i ubehandlet træ og der er valgt vinduer med jernfattigt glas og er orienteret således, at høje indetemperaturen så vidt muligt undgås. Taget er beklædt med tagpap.

Huset er 86 m<sup>2</sup> og har tre soveværelser. Med fire beboere giver det ca. 22 m<sup>2</sup>/ person, hvilket er i den lave ende for plads per person i case samlingen.



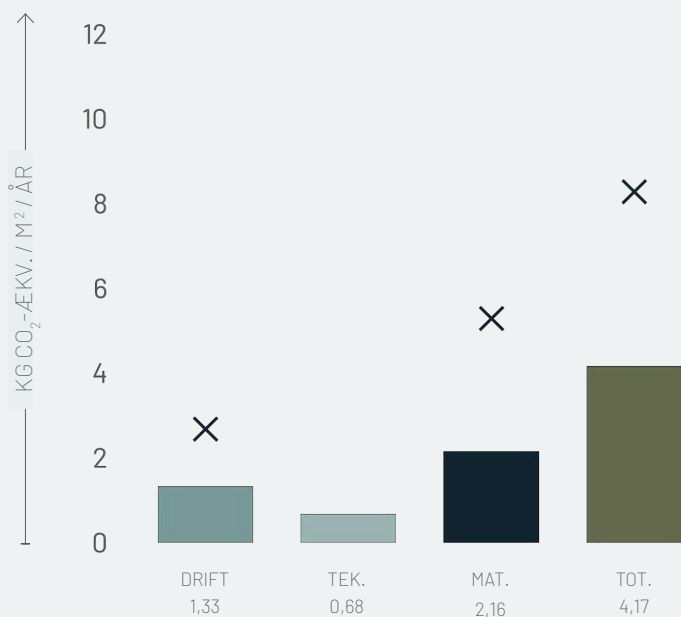
Træskelet



1 etage

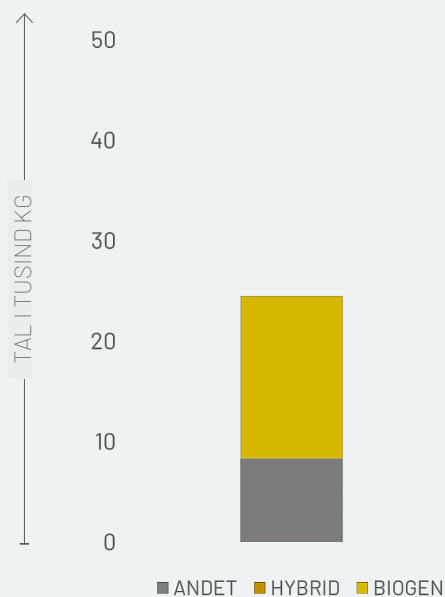
# ENF03: Ecohousing

4,17 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år



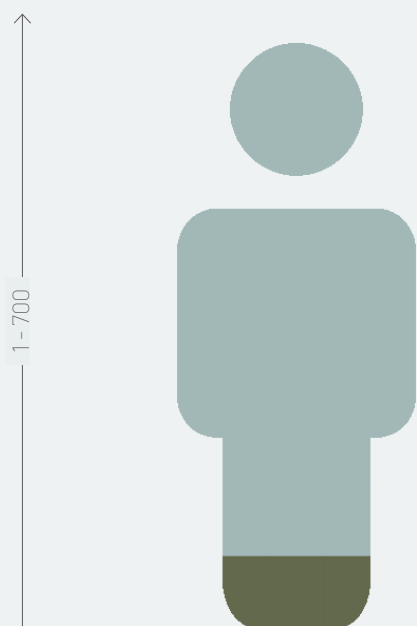
**Figur ENF03.1: Udledningen af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år**  
Søjlerne viser bygningens klimapåvirkning. Krydsene indikerer det højeste resultat for drift, materialer og samlet udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år i casesamlingens enfamiliehuse.

12.209 kg CO<sub>2</sub>-ækv.



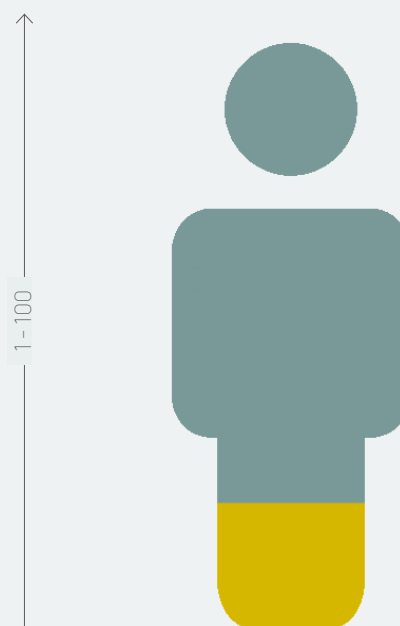
**Figur ENF03.2: Den samlede udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv.**  
Den stablede søjle viser casens samlede udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. fordelt på de tre materialegrupper; andre, hybrider og biogene.

90 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / person / år



**Figur ENF03.3: Udledningen af CO<sub>2</sub> / person / år**  
Den lodrette akse har et spænd på 1 til 700 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / person / år.

22 m<sup>2</sup> / person



**Figur ENF03.4: m<sup>2</sup> / person**  
Den lodrette akse har et spænd på 1 til 100 m<sup>2</sup> / person

# ENF03: Ecohousing

## KLIMAPÅVIRKNINGEN I RELATION TIL ANDRE BEST PRACTICE CASES

Den pågældende case er fremhævet i diagrammet som viser best practice byggeriernes udledning sorteret fra den højeste til laveste udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år.



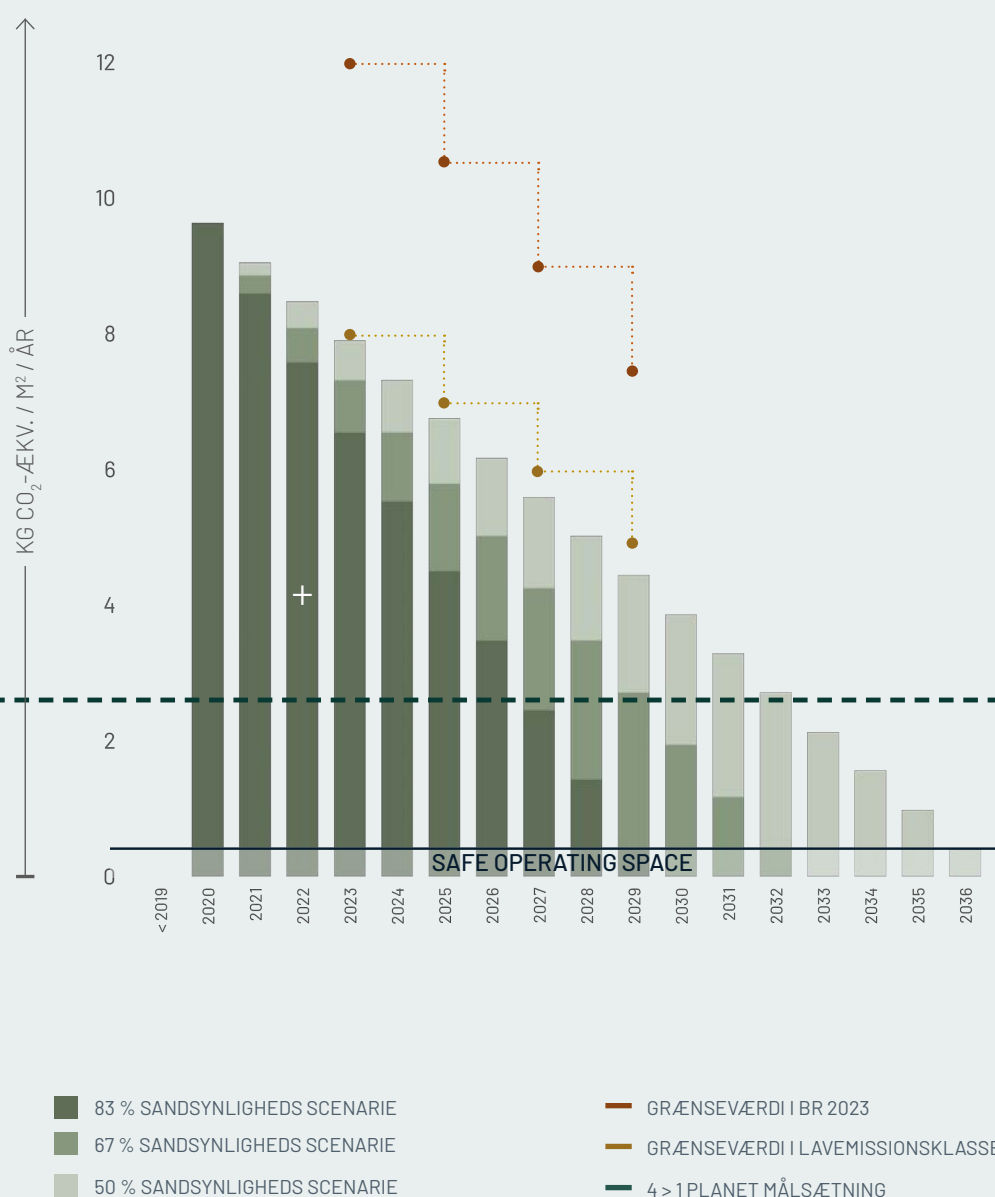
Figur ENF03.5: Boligcases

Den vertikale akse viser udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år. Den horisontale akse viser de 25 best practice cases.

# ENF03: Ecohousing

## BYGNINGENS UDLEDNING I REDUCTION ROADMAP

Klimapåvirkningen vises her i udledning af  $\text{kg CO}_2\text{-ækv. / m}^2 / \text{år}$ . Livscyklusvurderingen er lavet med år 2022 som året for ibrugtagning og caseresultatet er repræsenteret af et hvidt plustegn. Diagrammet viser hvor den pågældende case befinder sig i relation til Reduction Roadmap, hvor den er vel indenfor den hurtigste reduktions-takt, i sandsynlighedsscenarioet på 83 %.

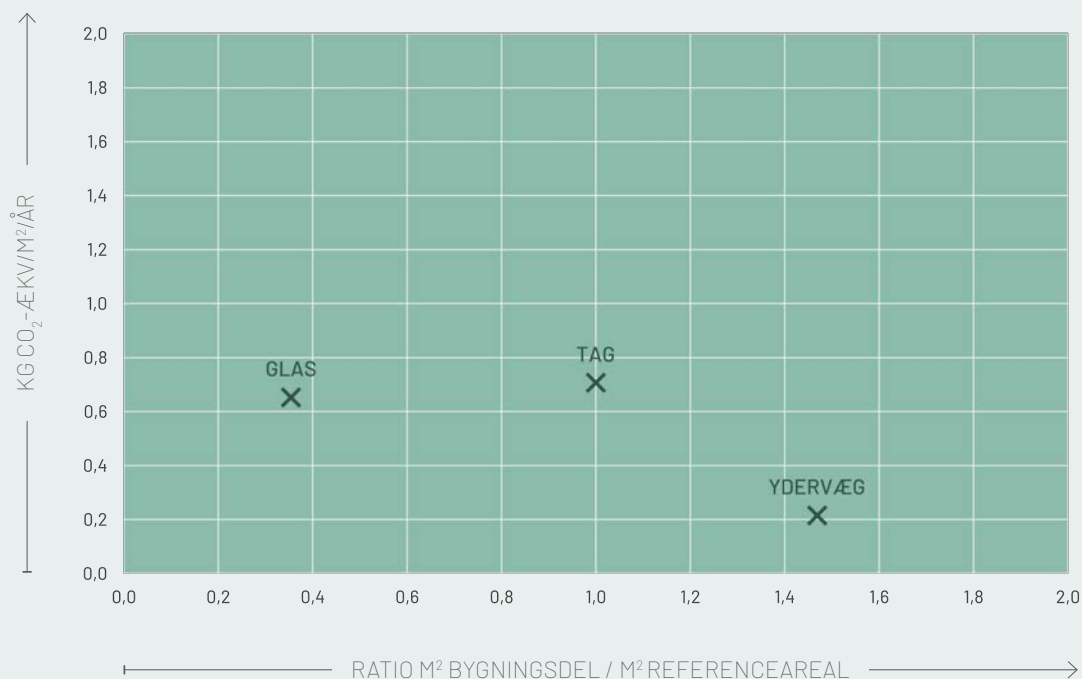


Figur ENF03.6: Reduction Roadmap

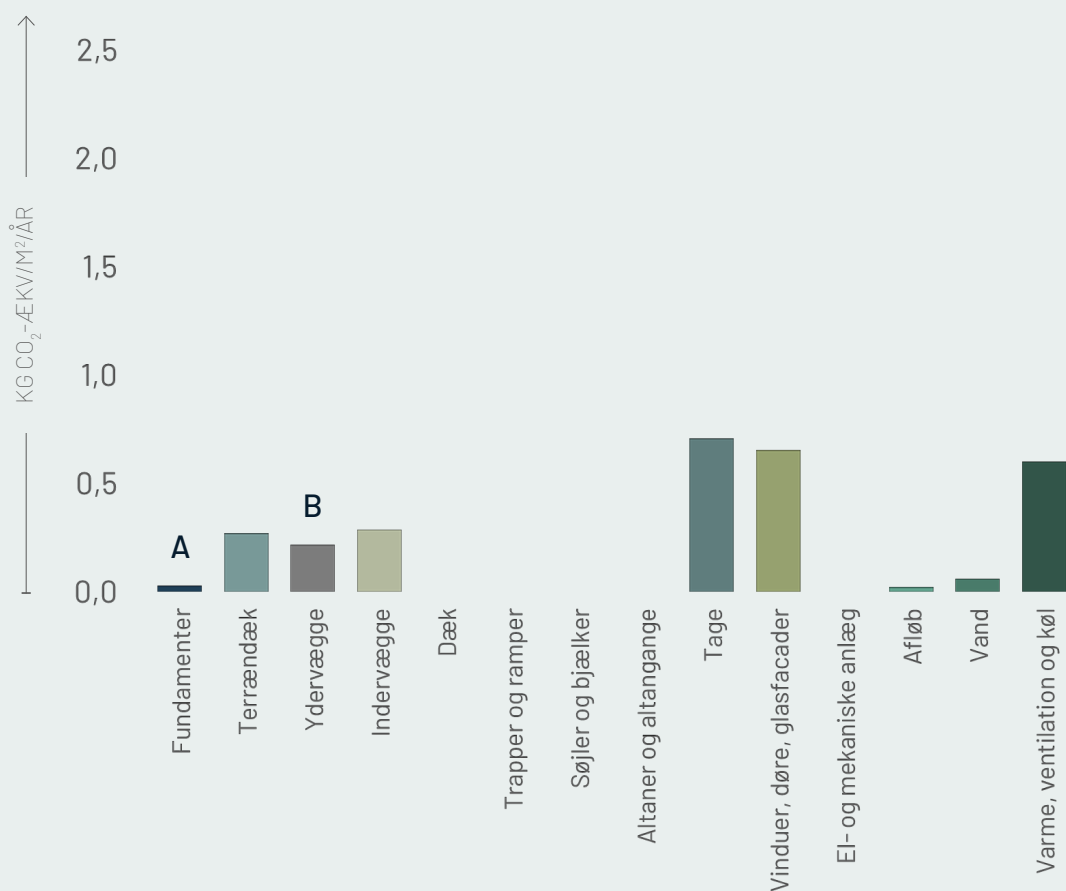
Den aktuelle case i relation til Reduction Roadmap, grænseværdierne, 4 til 1 planets målsætning på  $2.5 \text{ kg CO}_2\text{ ækv. / m}^2 / \text{år}$  og 'safe operating space'.

# ENF03: Ecohousing

## BYGNINGSDELSRATIO OG PÅVIRKNING



## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER BYGNINGSDELE



Figur ENF03.7: CO<sub>2</sub>-regnskab over byggeriets bygningsdele

Den horisontale akse viser bygningens mest centrale bygningsdele, herunder fundamenter, terrændæk, ydervægge, indervægge, dæk, trapper og ramper, søjler og bjælker, altaner og altangange, tage, vinduer, døre og glasfacader, el- og mekaniske anlæg samt tekniske installationer (standard værdier).



# ENF03: Ecohousing

## DE BIOGENE MATERIALERS ANDEL: MASSE VS. KLIMAKLIMAPÅVIRKNING

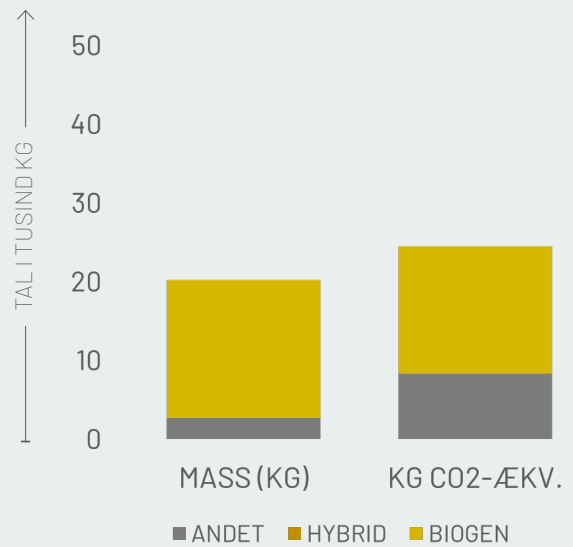
**Figur ENF03.8:**

Søjlediagrammet viser det pågældende boligbyggeri opdelt i tre materialegrupper: biogene materialer, hybrider og andre materialer.

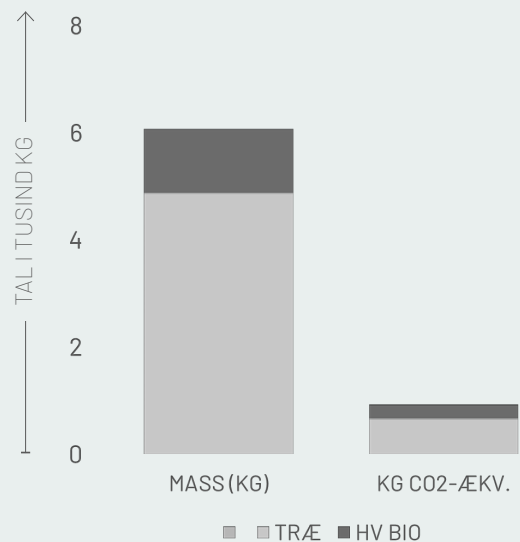
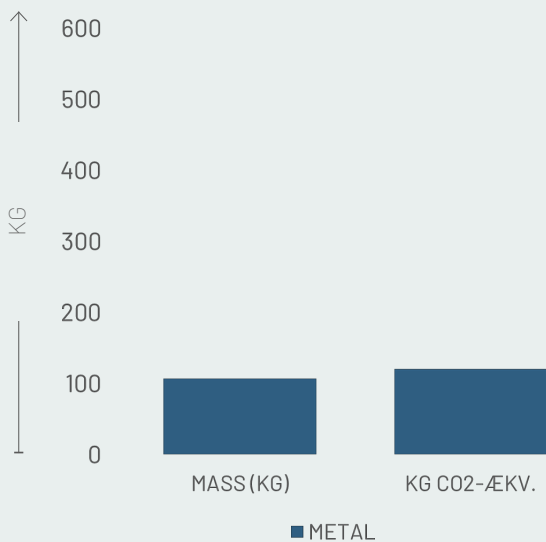
Den lodrette akse viser tal for kilogram i tusinde, dvs. at spændet er 0 - 50.000 kg.

Søjlen til venstre viser bygningens masse i kg, opdelt i materialegrupperne.

Søjlen til højre viser bygningens totale udledning af CO<sub>2</sub>-ækv. opdelt efter samme princip.



## MATERIALERNES MASSE I FORHOLD TIL MATERIALERNES TOTALE UDLEDNING AF KG CO<sub>2</sub>-ÆKV.



### A. FUNDAMENTETS OPBYGNING

Galvaniserede stålskruer

### B. YDERVÆGGENS OPBYGNING

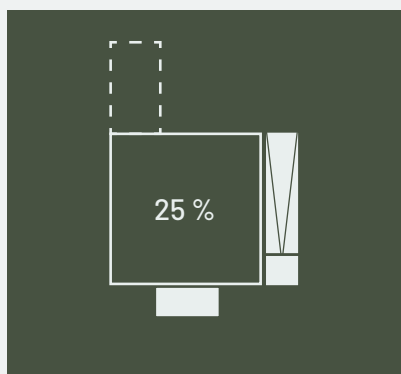
Bræddebeklædning, træ  
 Regler, træ  
 Vindspærre  
 Træskeletbokse  
 Ålegræsisolering  
 Krydsfiner

# ENF04: Klimakassen



**Bygherre:** Fabulas  
**Akitekt:** Signatur Arkitekter  
**Ingeniør:** ABC Rådgivende Ingeniører  
**Entreprenør:** Scandi Byg

**Opførelseår:** 2022  
**Etageareal:** 86 m<sup>2</sup>  
**Referenceareal:** 86 m<sup>2</sup>  
**Anvendelse:** Helårsbolig  
**Beboere:** 4 stk.  
**År for ibrugtagning:** 2022  
**Opvarmning:** Varmpepumpe  
**Solceller:** Nej



## BESKRIVELSE

Klimakassen er en prototype af et præfabrikeret, modulært og klimatilpasset typehus-koncept. Produktionsfasen foregår på fabrik, hvilket kan være med til at holde anvendelse af byggematerialer og ressourceforbrug på byggepladsen nede.

Bygningen i et plan står på et skruefundament, omgivet af en terrændækkende træterrasse. Terrændækket er opbygget af præfabrikerede træelementer med indblæst træfiberisolering.

Huset er opført med bærende konstruktioner i træ, med træfiber som isolerende materiale. Der arbejdes særligt med boligens indeklima, ved at konstruere loftet med dampbremse af OSB-plader i stedet for dampspærre. Videre afprøves kombinationen af ventilationsvinduer og en udsugningsvarmepumpe for at opnå et optimalt ventileret, og mindre partikelforurenet, indeklima.

Taget er et sedumtag (grønt tag) og facaderne er beklædt med skifer og tegl. De indvendige overflader er beklædt med forstærkede gipsplader.

I overensstemmelse med tilpasning af areal i BR18 (2023) medregnes 25% af den terrændækkende terrasse samt den udendørs, adgangsgivende trappe.

Huset er 71,4 m<sup>2</sup> med ét soveværelse. Med to beboere giver det ca. 36 m<sup>2</sup>/ person, hvilket er gennemsnitlig plads per person i case samlingen.



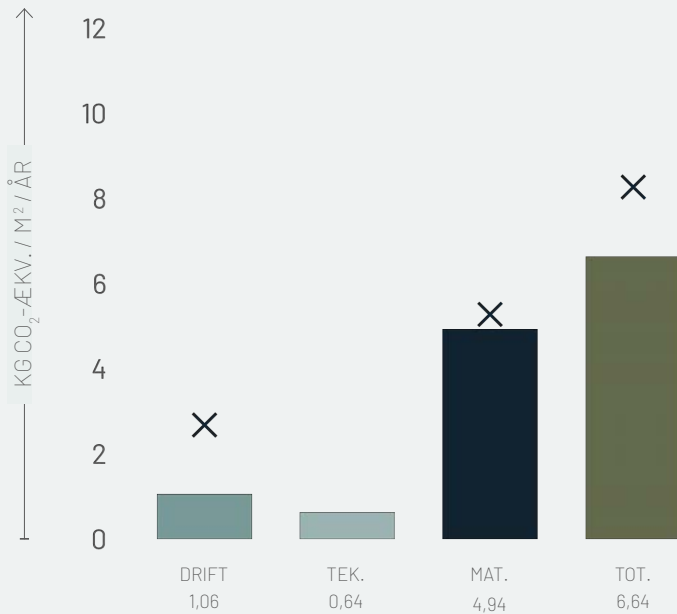
Plader



1 etage

# ENF04: Klimakassen

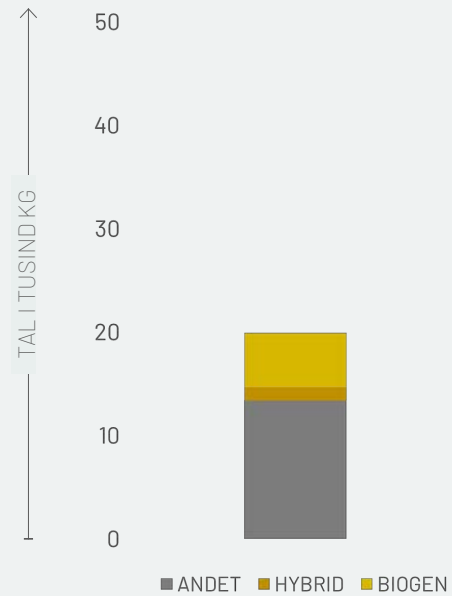
6,64 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år



Figur ENF04.1: Udledningen af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år

Søjlerne viser bygningens klimapåvirkning. Krydsene indikerer det højeste resultat for drift, materialer og samlet udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år i casesamlingens enfamiliehuse.

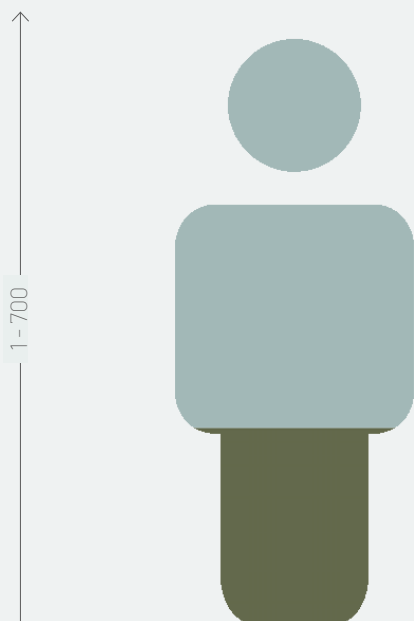
19.908 kg CO<sub>2</sub>-ækv.



Figur ENF04.2: Den samlede udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv.

Den samlede søjle viser casens samlede udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. fordelt på de tre materialegrupper; andre, hybrider og biogene.

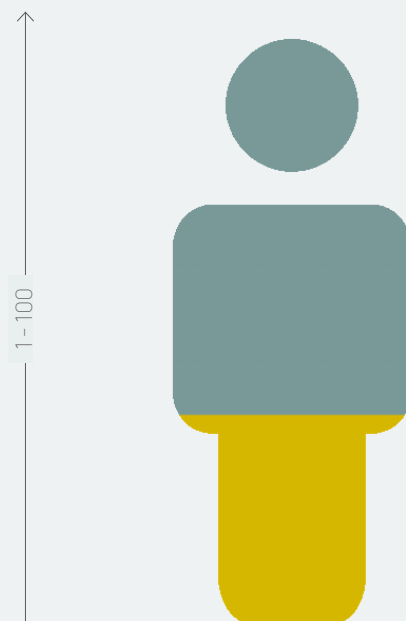
237 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / person / år



Figur ENF04.3: Udledningen af CO<sub>2</sub> / person / år

Den lodrette akse har et spænd på 1 til 700 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / person / år.

36 m<sup>2</sup> / person



Figur ENF04.4: m<sup>2</sup> / person

Den lodrette akse har et spænd på 1 til 100 m<sup>2</sup> / person

# ENF04: Klimakassen

## KLIMAPÅVIRKNINGEN I RELATION TIL ANDRE BEST PRACTICE CASES

Den pågældende case er fremhævet i diagrammet som viser best practice byggeriernes udledning sorteret fra den højeste til laveste udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år.



Figur ENF04.5: Boligcases

Den vertikale akse viser udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år. Den horisontale akse viser de 25 best practice cases.

# ENF04: Klimakassen

## BYGNINGENS UDLEDNING I REDUCTION ROADMAP

Klimapåvirkningen vises her i udledning af  $\text{kg CO}_2\text{-ækv. / m}^2 / \text{år}$ . Livscyklusvurderingen er lavet med år 2022 som året for ibrugtagning og caseresultatet er repræsenteret af et hvidt plus tegn. Diagrammet viser hvor den pågældende case befinder sig i relation til Reduction Roadmap, hvor den er vel indenfor den hurtigste reduktions-takt, i sandsynlighedsscenarioet på 83 %.

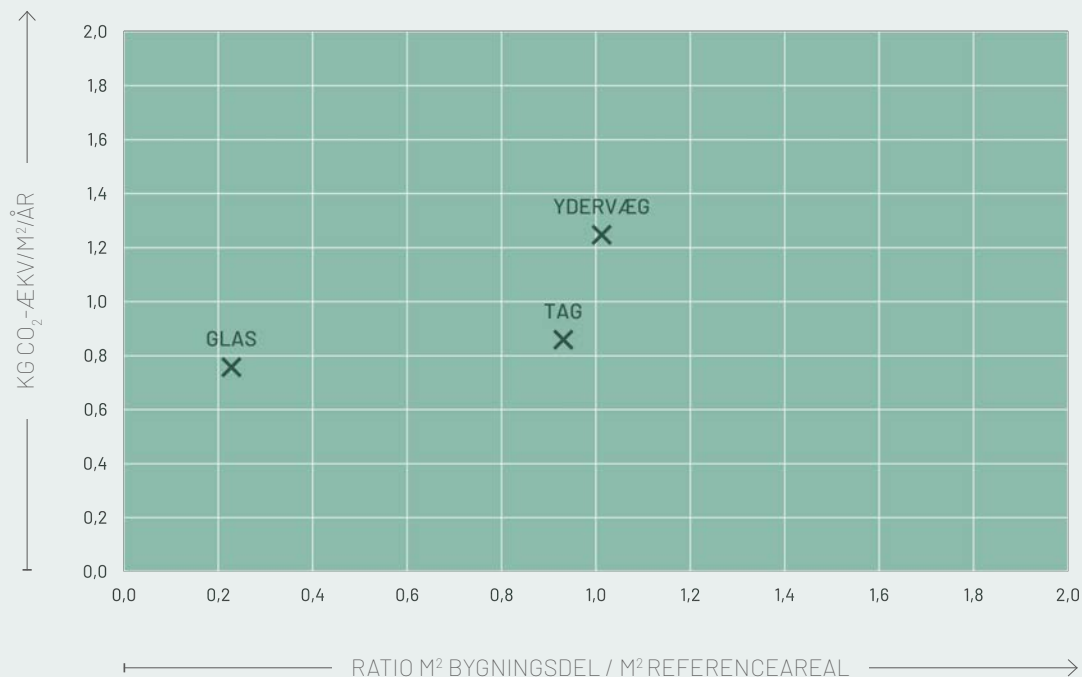


Figur ENF04.6: Reduction Roadmap

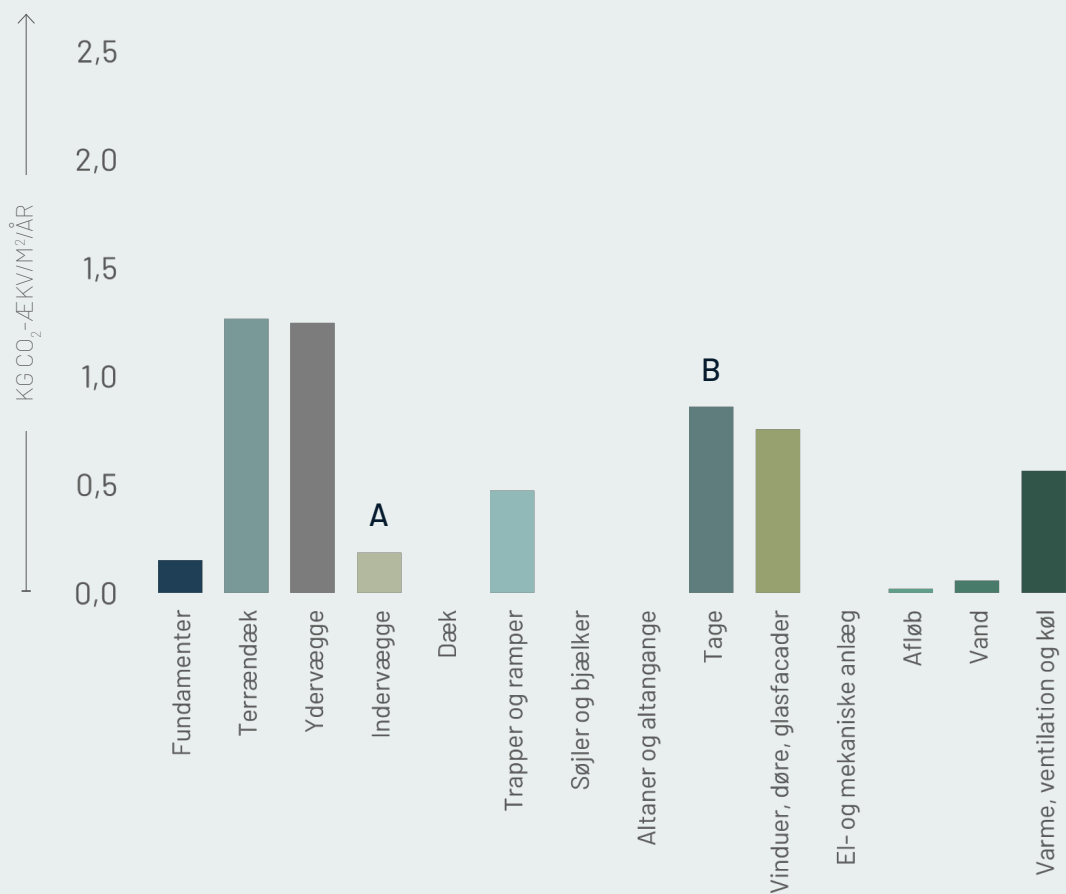
Den aktuelle case i relation til Reduction Roadmap, grænseværdierne, 4 til 1 planets målsætning på  $2.5 \text{ kg CO}_2\text{ ækv. / m}^2 / \text{år}$  og 'safe operating space'.

# ENF04: Klimakassen

## BYGNINGSDELSRATIO OG PÅVIRKNING



## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER BYGNINGSDELE



Figur ENF04.7: CO<sub>2</sub>-regnskab over byggeriets bygningsdele

Den horisontale akse viser bygningens mest centrale bygningsdele, herunder fundamenter, terrændæk, ydervægge, indervægge, dæk, trapper og ramper, søjler og bjælker, altaner og altangange, tage, vinduer, døre og glasfacader, el- og mekaniske anlæg samt tekniske installationer (standard værdier).

# ENF04: Klimakassen

## DE BIOGENE MATERIALERS ANDEL: MASSE VS. KLIMAKLIMAPÅVIRKNING

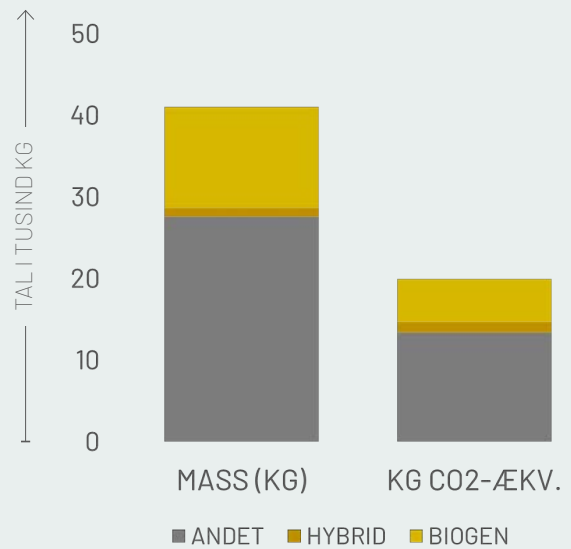
Figur ENF04.8:

Søjlediagrammet viser det pågældende boligbyggeri opdelt i tre materialegrupper: biogene materialer, hybrider og andre materialer.

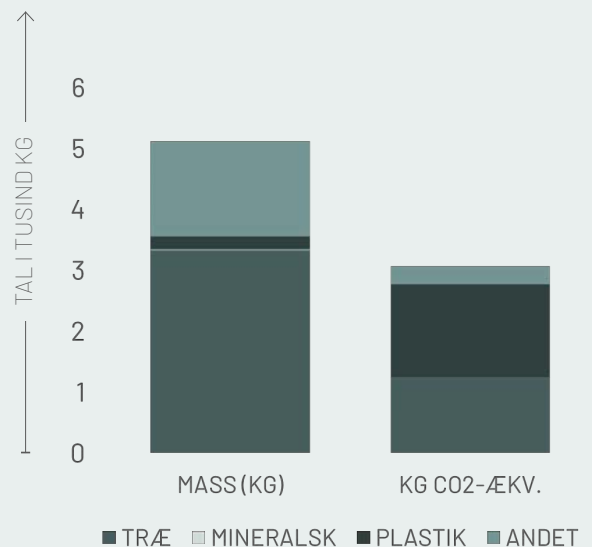
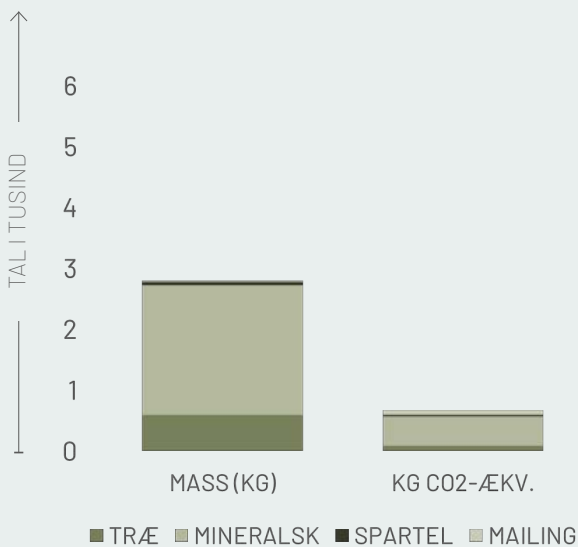
Den lodrette akse viser tal for kilogram i tusinde, dvs. at spændet er 0 - 50.000 kg.

Søjlen til venstre viser bygningens masse i kg, opdelt i materialegrupperne.

Søjlen til højre viser bygningens totale udledning af CO<sub>2</sub>-ækv. opdelt efter samme princip.



## MATERIALERNES MASSE I FORHOLD TIL MATERIALERNES TOTALE UDLEDNING AF KG CO<sub>2</sub>-ÆKV.



### A. INDERVÆGGENS OPBYGNING

- Træbokse
- Træfiberisolering, løsfyld
- Fibergips
- Spartel og maling

### B. TAGETS OPBYGNING

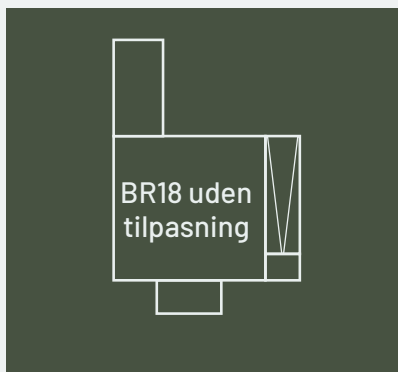
- Sedumtag
- Tagpap
- Krydsfiner
- Trælægter
- Dampspærre
- Træfiberisolering, løsfyld
- OSB-plade
- I-Bjælke, træ
- Forskalling, træ
- Træbetonplade

# ENF05: Snoezelhuset



**Bygherre:** Helsingør kommune  
**Aktekt:** CoreHome  
**Ingeniør:** KART Rådgivende Ingeniører  
**Entreprenør:** Canbyg

**Opførelseår:** 2022  
**Etageareal:** 195 m<sup>2</sup>  
**Referenceareal:** 195 m<sup>2</sup>  
**Anvendelse:** Institution  
**Beboere:** 4 stk.  
**År for ibrugtagning:** 2022  
**Opvarmning:** Varmepump  
**Solceller:** Nej



## BESKRIVELSE

Snoezelhuset er et sansehus i biobaserede og fornybare produkter som Helsingør kommune har fået opført. Huset er indrettet som et enfamiliehus, men bruges offentligt af 1-2 brugere, plus ledsager et par timer dagligt. Grundet bygningens brug, er der lavet ekstra tiltag ift. brandsikring.

Bygningen i et plan står på et skruefundament. Terrændækket er opbygget af trækassetter som er isoleret med træfiber, og beklædt med en cementspånplade ned mod et ventileret hulrum. På oversiden ligger en lufttæt dampbremseplade, med en 40 mm træfiberplade, hvori der er gulvarmeslager.

Huset er opført med bærende konstruktioner i træ, med træfiber som isolerende materiale og vindspærre. I kombination med brug af naturdampbremse og fibergips på indersiden, sikres en diffusionsåben konstruktion. Videre afprøves kombinationen af ventilationsvinduer og en udsugningsvarmepumpe for at opnå et optimalt ventileret, og mindre partikelforurenet, indeklima. Der er særligt arbejdet med at undgå cementbaserede produkter samt produkter der er fremstillet med olie og naturgas, f.eks. ved at bruge træbaserede vådrumspaneler.

Husets tag er en gitterspærskonstruktion med en stålplade til tagbeklædning og facaderne er beklædt med ubehandlet rødgran. De indvendige overflader behandlet med naturlig kalkspartel- og maling.

Huset er 195 m<sup>2</sup> med tre soveværelser. For fire beboere giver det ca. 49 m<sup>2</sup>/ person, hvilket er i den høje ende for plads per person i case samlingen.



Træskelet



1 etage



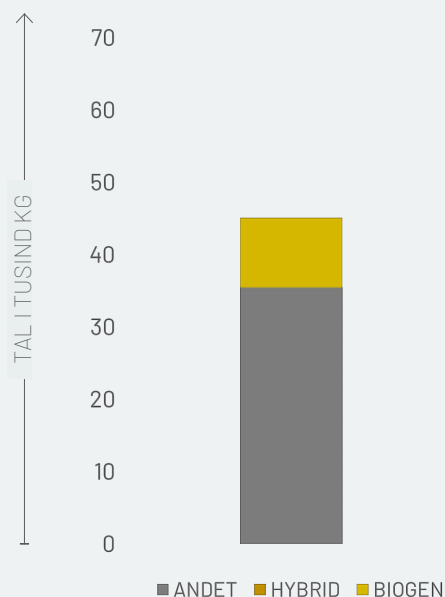
# ENF05: Snoezelhuset

5,47 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år



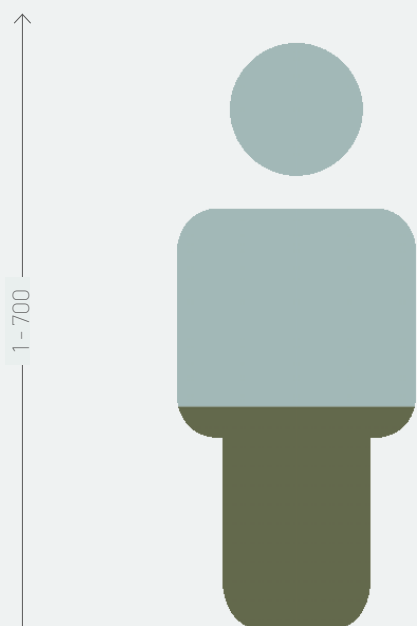
**Figur ENF05.1: Udledningen af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år**  
Søjlerne viser bygningens klimapåvirkning. Krydsene indikerer det højeste resultat for drift, materialer og samlet udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år i casesamlingens enfamiliehuse.

45.107 kg CO<sub>2</sub>-ækv.



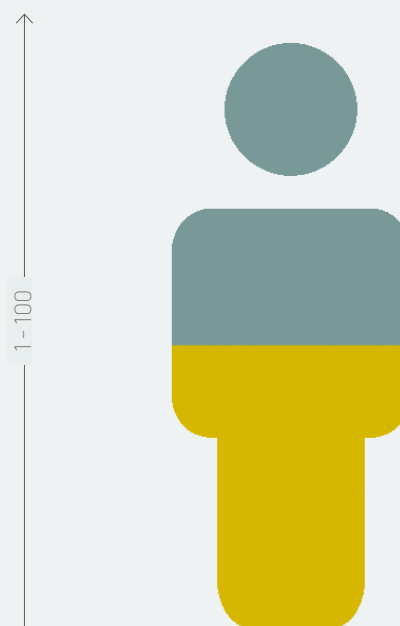
**Figur ENF05.2: Den samlede udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv.**  
Den samlede søjle viser casens samlede udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. fordelt på de tre materialegrupper; andre, hybrider og biogene.

329 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / person / år



**Figur ENF05.3: Udledningen af CO<sub>2</sub> / person / år**  
Den lodrette akse har et spænd på 1 til 700 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / person / år.

49 m<sup>2</sup> / person

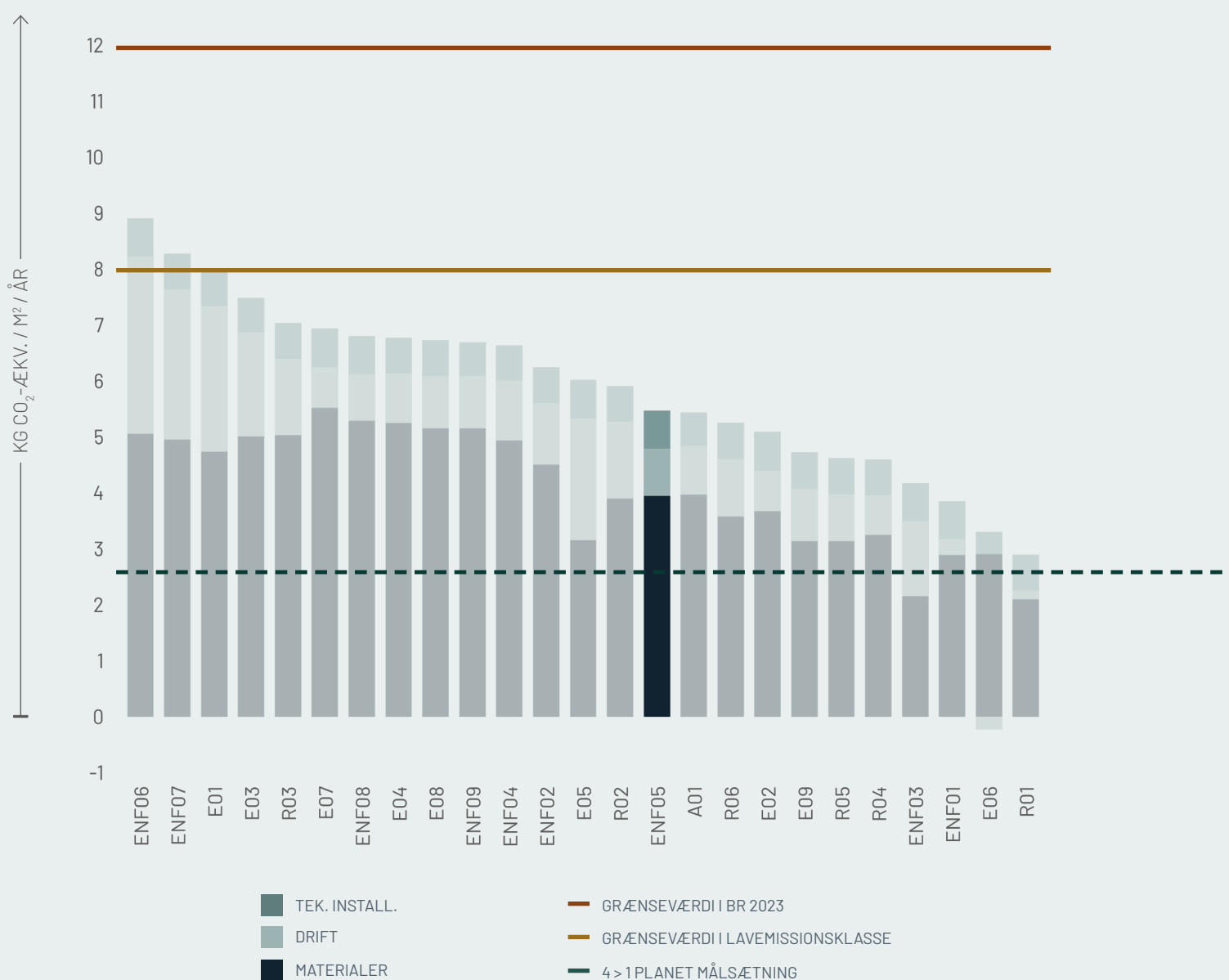


**Figur ENF05.4: m<sup>2</sup> / person**  
Den lodrette akse har et spænd på 1 til 100 m<sup>2</sup> / person

# ENF05: Snoezelhuset

## KLIMAPÅVIRKNINGEN I RELATION TIL ANDRE BEST PRACTICE CASES

Den pågældende case er fremhævet i diagrammet som viser best practice byggeriernes udledning sorteret fra den højeste til laveste udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år.



Figur ENF05.5: Boligcases

Den vertikale akse viser udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år. Den horisontale akse viser de 25 best practice cases.

# ENF05: Snoezelhuset

## BYGNINGENS UDLEDNING I REDUCTION ROADMAP

Klimapåvirkningen vises her i udledning af  $\text{kg CO}_2\text{-ækv. / m}^2\text{ / år}$ . Livscyklusvurderingen er lavet med år 2022 som året for ibrugtagning og caseresultatet er repræsenteret af et hvidt plus tegn. Diagrammet viser hvor den pågældende case befinder sig i relation til Reduction Roadmap, hvor den er vel indenfor den hurtigste reduktions-takt, i sandsynlighedsscenarioet på 83 %.

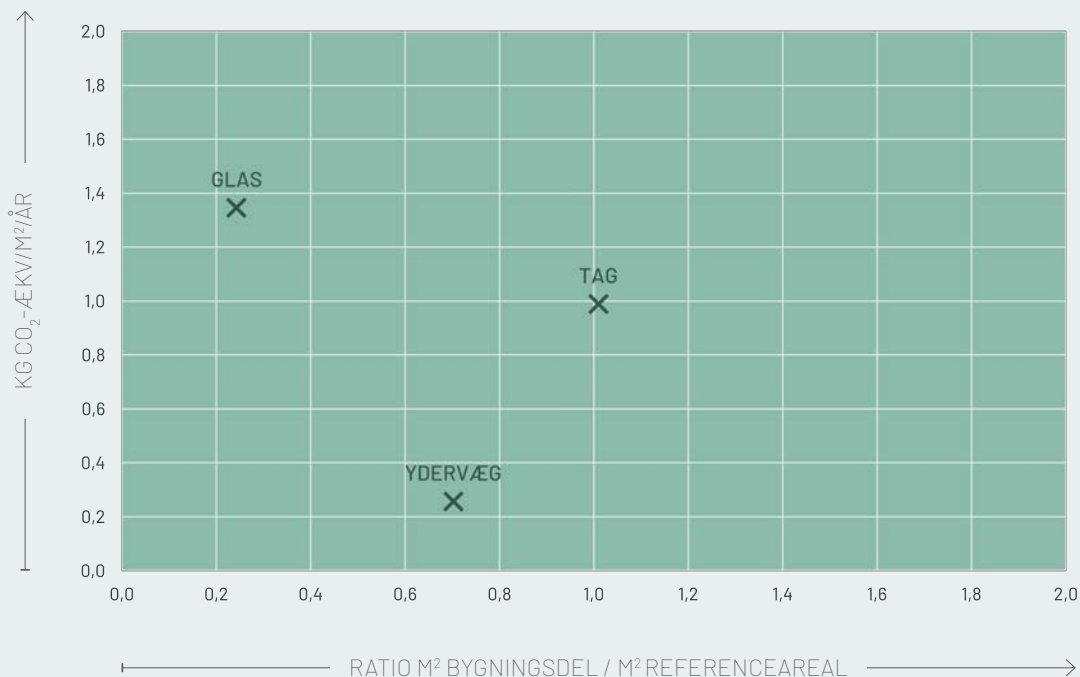


Figur ENF05.6: Reduction Roadmap

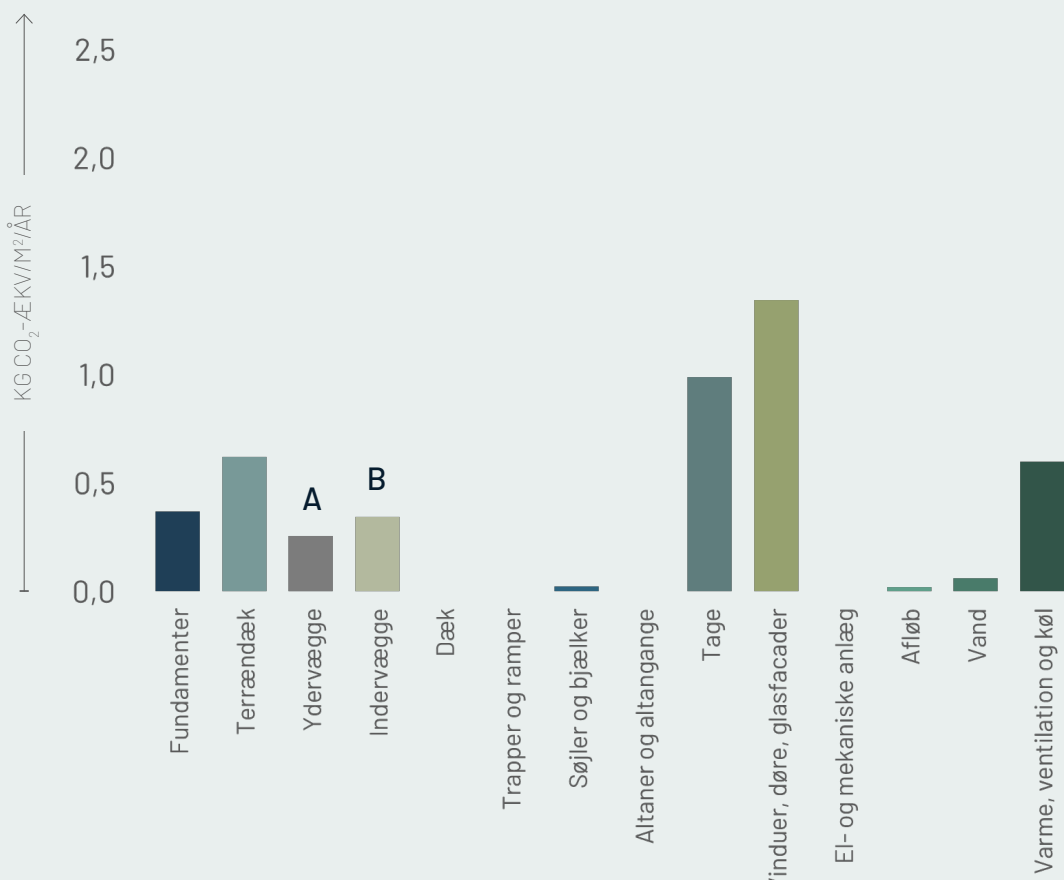
Den aktuelle case i relation til Reduction Roadmap, grænseværdierne, 4 til 1 planets målsætning på  $2.5 \text{ kg CO}_2\text{ ækv. / m}^2\text{ / år}$  og 'safe operating space'.

# ENF05: Snoezelhuset

## BYGNINGSDELSRATIO OG PÅVIRKNING



## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER BYGNINGSDELE



Figur ENF05.7: CO<sub>2</sub>-regnskab over byggeriets bygningsdele

Den horisontale akse viser bygningens mest centrale bygningsdele, herunder fundamenter, terrændæk, ydervægge, indervægge, dæk, trapper og ramper, søjler og bjælker, altaner og altangange, tage, vinduer, døre og glasfacader, el- og mekaniske anlæg samt tekniske installationer (standard værdier).

# ENF05: Snoezelhuset

## DE BIOGENE MATERIALERS ANDEL: MASSE VS. KLIMAKLIMAPÅVIRKNING

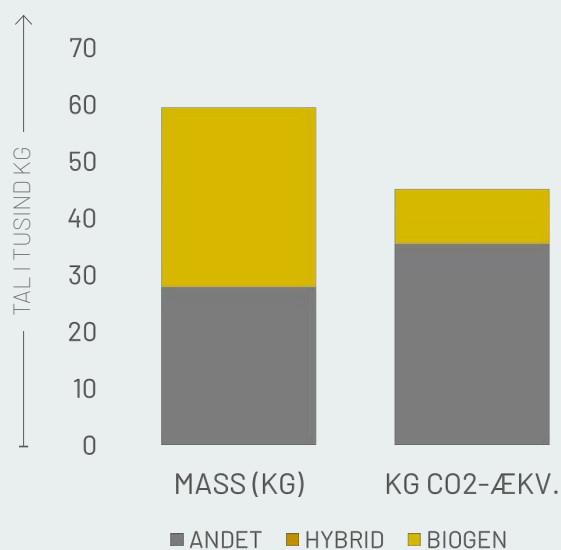
Figur ENF05.8:

Søjlediagrammet viser det pågældende boligbyggeri opdelt i tre materialegrupper: biogene materialer, hybrider og andre materialer.

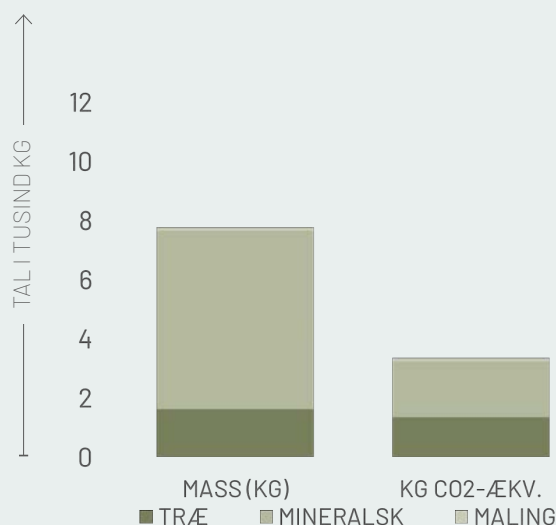
Den lodrette akse viser tal for kilogram i tusinde, dvs. at spændet er 0 - 50.000 kg.

Søjlen til venstre viser bygningens masse i kg, opdelt i materialegrupperne.

Søjlen til højre viser bygningens totale udledning af CO<sub>2</sub>-ækv. opdelt efter samme princip.



## MATERIALERNES MASSE I FORHOLD TIL MATERIALERNES TOTALE UDLEDNING AF KG CO<sub>2</sub>-ÆKV.



### A. YDERVÆGGENS OPBYGNING

- Bræddebeklædning, rødgran
- Tværforboring
- Afstandliste
- Træskelet
- Træfiberisolering, løsfyld
- OSB-plade
- Fibergips
- Spartel og maling

### B. INDERVÆGGENS OPBYGNING

- Træskelet
- Træfiberisolering, batts
- Fibergips
- Spartel og maling

# ENF06: CBCI Living Lab



**Bygherre:** KU Leuven  
**Akitekt:** Paul Lodewijckx  
**Ingeniør:** Buildup, Studio WLLMS  
**Entreprenør:** Vanhout

**Opførelseår:** 2022  
**Etageareal:** 84 m<sup>2</sup>  
**Referenceareal:** 84 m<sup>2</sup>  
**Andvendelse:** Helårsbolig  
**Beboere:** 2 stk.  
**År for ibrugtagning:** 2022  
**Opvarmning:** Varmepumpe  
**Solceller:** Ja



## BESKRIVELSE

CBCI Living Lab Ghent er et internationalt demonstrationsprojekt hvor der er lagt særlig fokus på design til adskillelse og brug af biobaserede materialer.

Bygningen i 3 plan står på et skruefundament. Terrændækket er opbygget som en stålkonstruktion med spånplader af genbrugstræ og er isoleret med træfiber i form af plader og papiruldsisolering i granuleret form.

Huset er opført med bærende konstruktioner i træ og stål, med træfiber og papiruld som isolerende materialer. Der arbejdes særligt på at designet muliggør adskillelse både på bygnings- og konstruktions niveau for at kunne vedligeholde og udskifte materialer individuelt efter endt levetid.

Husets tag og facader er beklædt med tegl imens de to lukkede gavle er udført med beklædning af både kork og træ. Installationskernen og den indvendige trappe er lavet i CLT. Indervæggene er træskeletvægge med gipsplader og malede overflader.

Huset er 84 m<sup>2</sup> med ét soveværelse. For to beboere giver det ca. 42 m<sup>2</sup>/ person, hvilket er i den høje ende for plads per person i case samlingen.



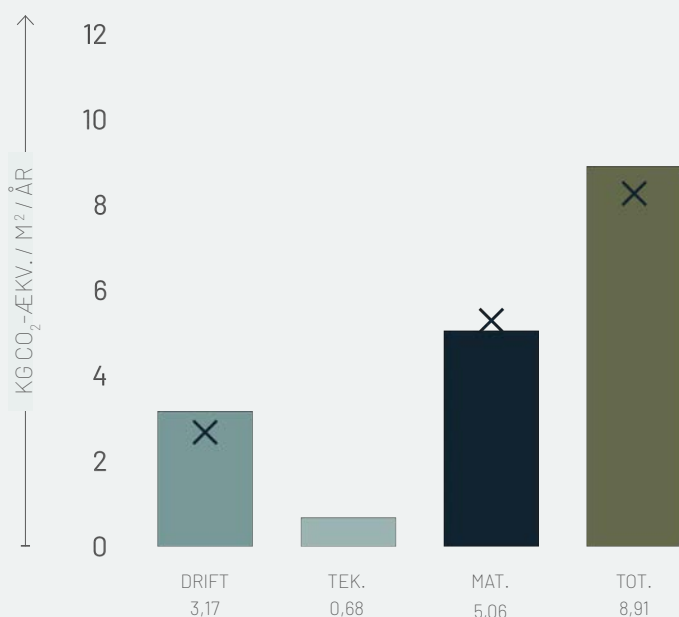
Hybrid



3 etager

# ENF06: CBCI Living Lab

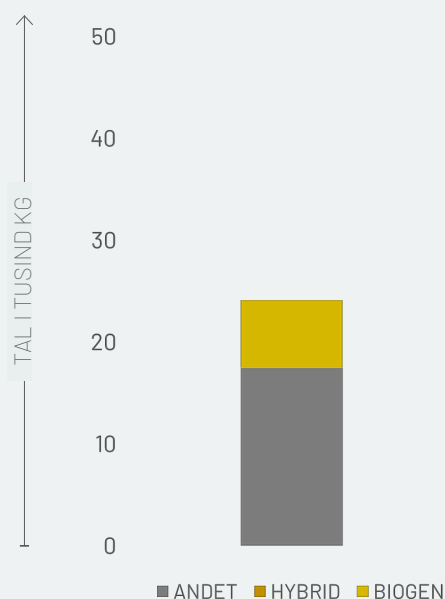
8,91 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år



**Figur ENF06.1: Udledningen af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år**

Søjlerne viser bygningens klimapåvirkning. Krydsene indikerer det højeste resultat for drift, materialer og samlet udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år i casesamlingens enfamiliehuse. Den pågældende case har reelt casesamlingens højeste udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år fra drift, men da det er en international case, angives den ikke som referencetal(X).

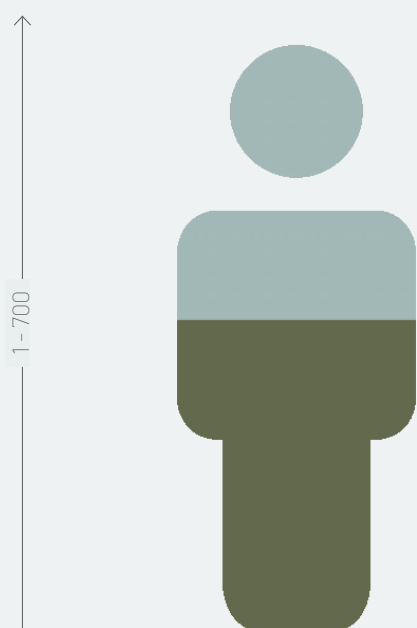
24.107 kg CO<sub>2</sub>-ækv.



**Figur ENF06.2: Den samlede udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv.**

Den stablede søjle viser casens samlede udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. fordelt på de tre materialegrupper; andre, hybrider og biogene.

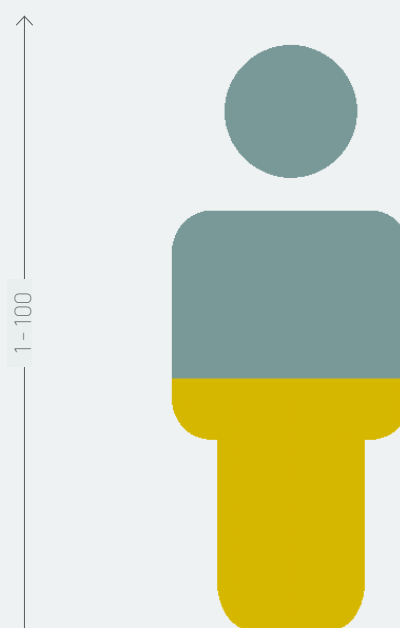
362 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / person / år



**Figur ENF06.3: Udledningen af CO<sub>2</sub> / person / år**

Den lodrette akse har et spænd på 1 til 700 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / person / år.

42 m<sup>2</sup> / person



**Figur ENF06.4: m<sup>2</sup> / person**

Den lodrette akse har et spænd på 1 til 100 m<sup>2</sup> / person

# ENF06: CBCI Living Lab

## KLIMAPÅVIRKNINGEN I RELATION TIL ANDRE BEST PRACTICE CASES

Den pågældende case er fremhævet i diagrammet som viser best practice byggeriernes udledning sorteret fra den højeste til laveste udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år.



Figur ENF06.5: Boligcases

Den vertikale akse viser udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år. Den horisontale akse viser de 25 best practice cases.



# ENF06: CBCI Living Lab

## BYGNINGENS UDLEDNING I REDUCTION ROADMAP

Klimapåvirkningen vises her i udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år. Livscyklusvurderingen er lavet med år 2022 som året for ibrugtagning og caseresultatet er repræsenteret af et grønt plus tegn. Diagrammet viser hvor den pågældende case befinder sig i relation til Reduction Roadmap, hvor den er straks udenfor reduktionsmålene i roadmappen.

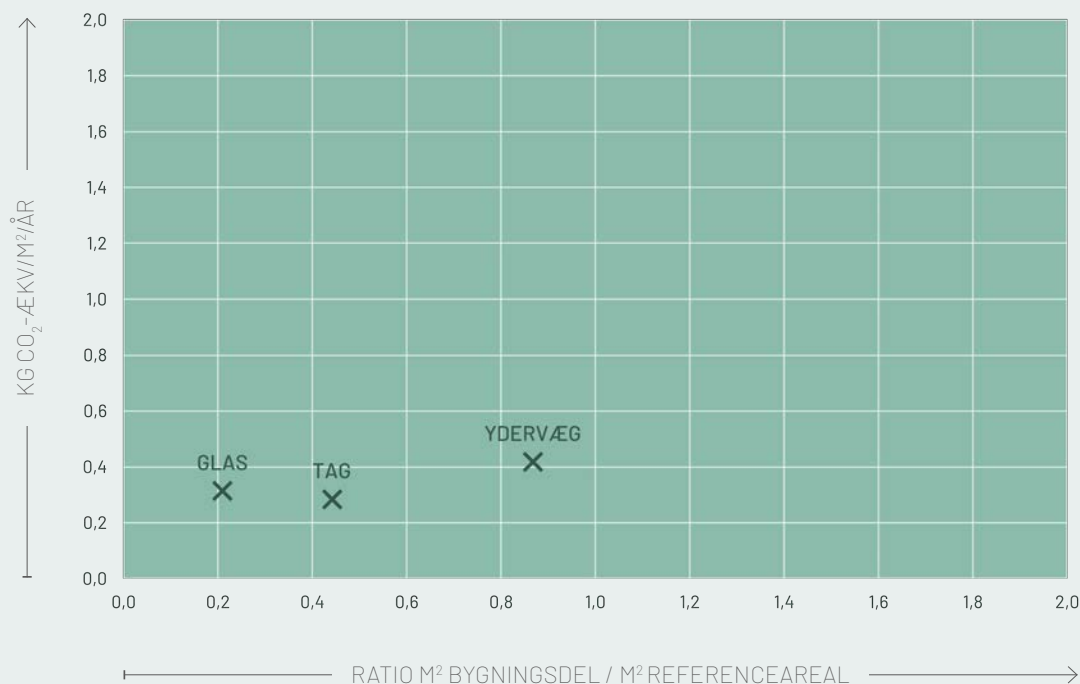


Figur ENF06.6: Reduction Roadmap

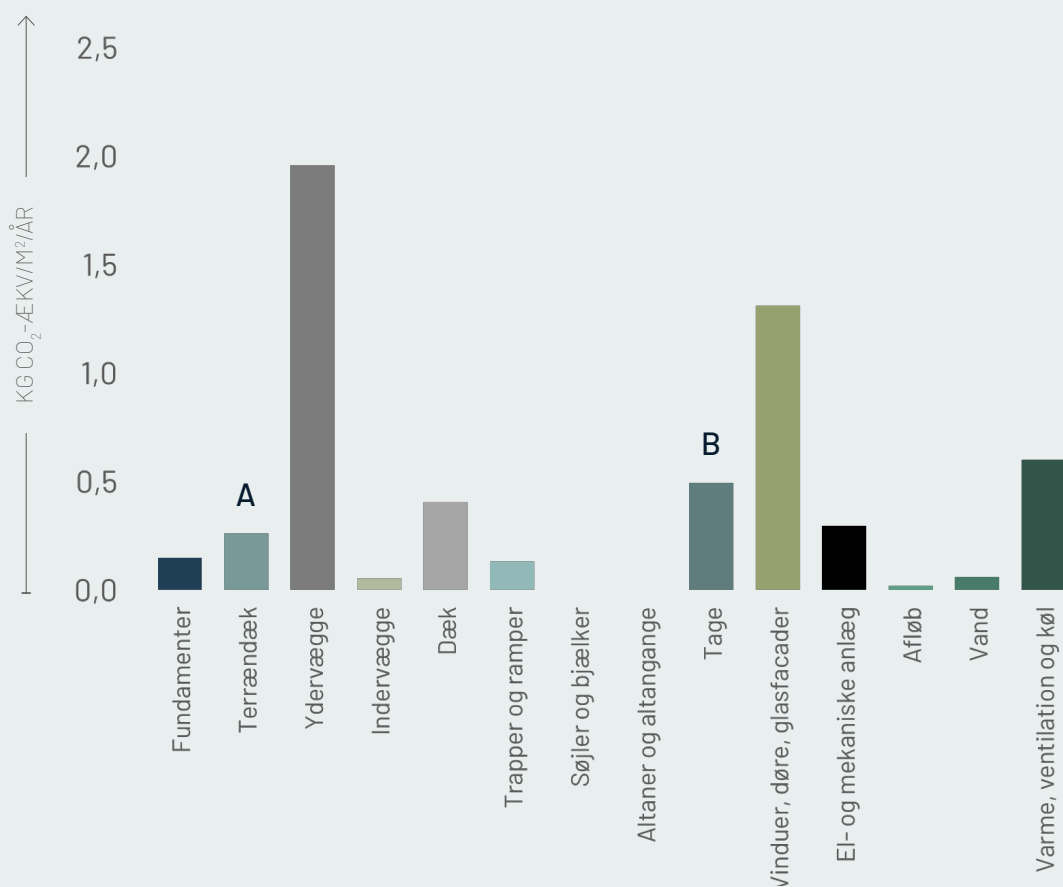
Den aktuelle case i relation til Reduction Roadmap, grænseværdierne, 4 til 1 planets målsætning på 2.5 kg CO<sub>2</sub> ækv. / m<sup>2</sup> / år og 'safe operating space'.

# ENF06: CBCI Living Lab

## BYGNINGSDELSRATIO OG PÅVIRKNING



## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER BYGNINGSDELE



Figur ENF06.7: CO<sub>2</sub>-regnskab over byggeriets bygningsdele

Den horisontale akse viser bygningens mest centrale bygningsdele, herunder fundamenter, terrændæk, ydervægge, indervægge, dæk, trapper og ramper, søjler og bjælker, altaner og altangange, tage, vinduer, døre og glasfacader, el- og mekaniske anlæg samt tekniske installationer (standard værdier).

# ENF06: CBCI Living Lab

## DE BIOGENE MATERIALERS ANDEL: MASSE VS. KLIMAKLIMAPÅVIRKNING

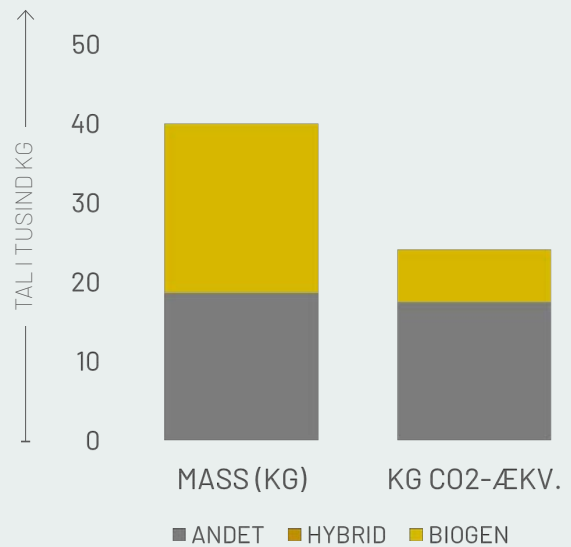
Figur ENF06.8:

Søjlediagrammet viser det pågældende boligbyggeri opdelt i tre materialegrupper: biogene materialer, hybrider og andre materialer.

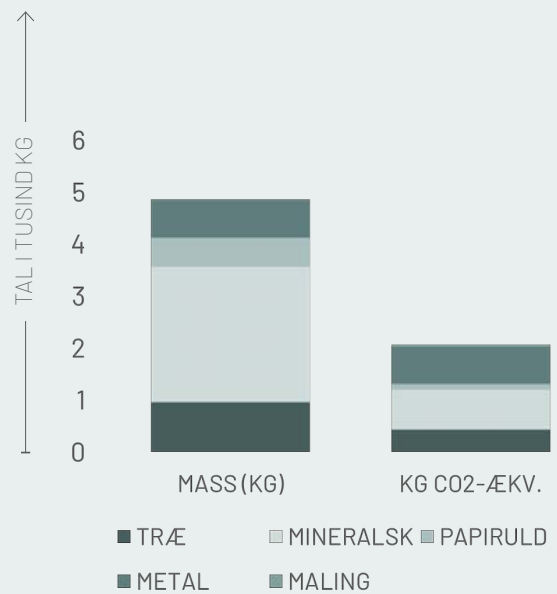
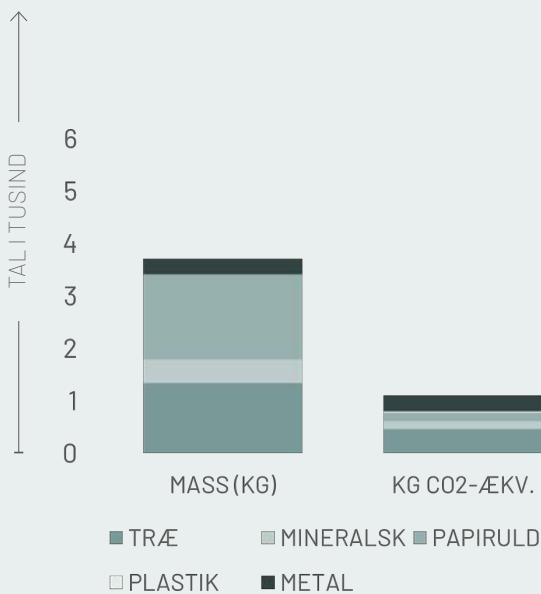
Den lodrette akse viser tal for kilogram i tusinde, dvs. at spændet er 0 - 50.000 kg.

Søjlen til venstre viser bygningens masse i kg, opdelt i materialegrupperne.

Søjlen til højre viser bygningens totale udledning af CO<sub>2</sub>-ækv. opdelt efter samme princip.



## MATERIALERNES MASSE I FORHOLD TIL MATERIALERNES TOTALE UDLEDNING AF KG CO<sub>2</sub>-ÆKV.



### A. TERRÆNDÆKKETS OPBYGNING

- Trægulve, parket
- Træfiberisolering, plade
- Træliste
- Stålskelet
- Papiruldisolering
- Dampspærre
- Spånplade (genbrug)
- Fibergips

### B. TAGETS OPBYGNING

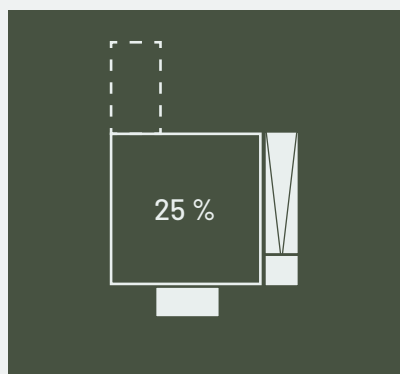
- Teglsten
- Træfiberisolering, plade
- Træliste
- Stålskelet
- Papiruldisolering
- Spånplade (genbrug)
- Fibergips
- Maling

# ENF07: Upcycle House



**Bygherre:** Realdania By & Byg  
**Akitekt:** Lendager Group  
**Ingeniør:** Artelia  
**Entreprenør:** Egen Vinding og Datter

**Opførelseår:** 2013  
**Etageareal:** 134 m<sup>2</sup>  
**Referenceareal:** 143 m<sup>2</sup>  
**Andvendelse:** Helårsbolig  
**Beboere:** 5 stk.  
**År for ibrugtagning:** 2022  
**Opvarmning:** Fjernvarme  
**Solceller:** Nej



## BESKRIVELSE

Upcycle House er et ud af fem andre enfamilieshuse der tilsammen kaldes MiniCO2 Husene. I initiativet som Realdania By & Byg står bag, er fælles for enfamilieshusene at de er opført indenfor en almindelig økonomi samt at der ved opførelse har været fokus på at reducere CO<sub>2</sub>-aftrykket på forskellig vis. Upcycle House er et byggeri med særligt fokus i anlægsfasen, hvilket betyder der primært har været opmærksomhed på genbrug og genanvendelse af materialer. Designet af Upcycle House er på flere måder skabt på baggrund af de genbrugs- og genanvendelsesmuligheder der har været, herunder bl.a. to 40-fods high-cube containere og fejlproducerede ruder fra andre byggeprojekter. I processen vurderes valget af materialer ud fra den potentielle CO<sub>2</sub>-reduktion, kvaliteten af genbruget/genanvendelse og det økonomiske aspekt.

Bygningen i én etage står på et skruefundament med et let terrændæk af strøer og lægter, isoleret med genbrugsflamingo.

Huset er opført med bærende konstruktioner i træ og stål. Husets tag samt ud- og indvendige vægge er skeletkonstruktioner i træ og genbrug fra stålcontainere, isoleret med papiruld.

Overfladerne er beklædt med sinusplader og papfiberplader. Vinduerne er nye fejlproducerede vinduer med 3-lags glas og trærammer.

Huset er 143 m<sup>2</sup> med fire soveværelser. For fem beboere giver det ca. 29 m<sup>2</sup>/ person, hvilket er i den lave ende for plads per person i case samlingen.



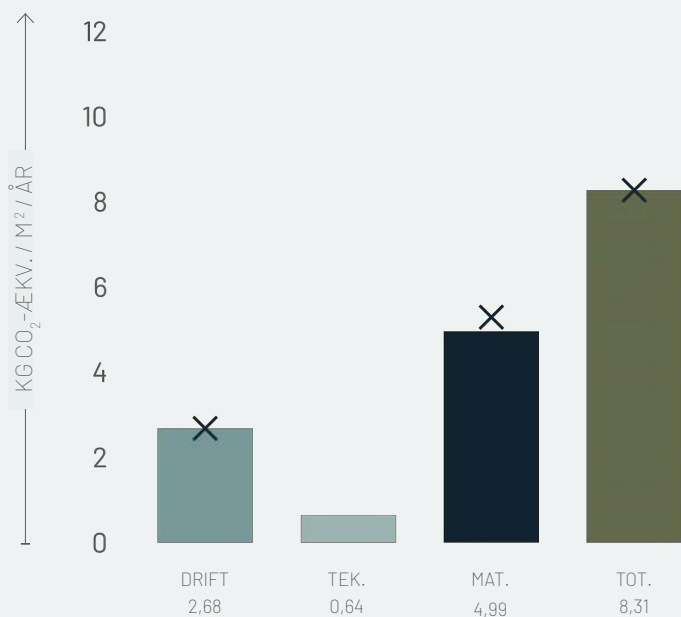
Hybrid



1 etage

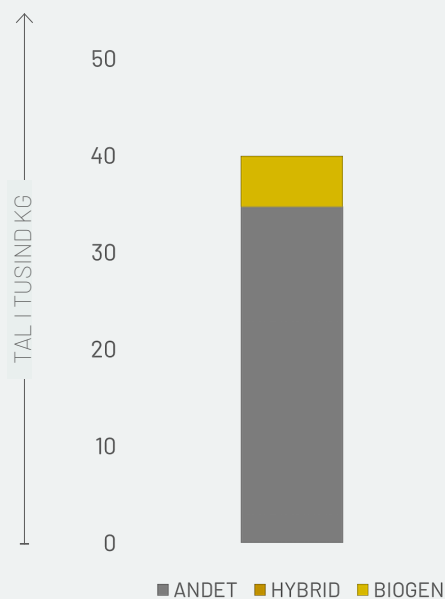
# ENF07: Upcycle House

8,31 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år



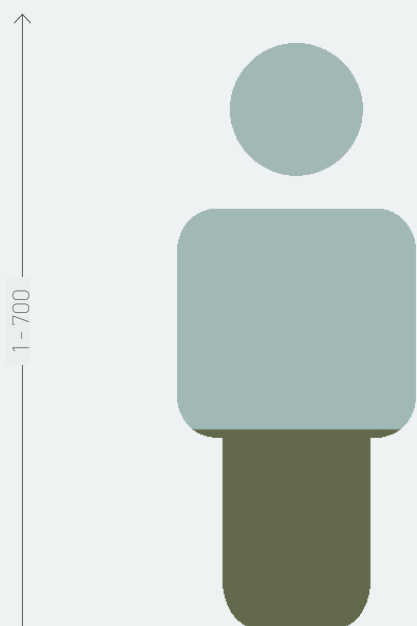
**Figur ENF07.1: Udledningen af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år**  
Søjlerne viser bygningens klimapåvirkning. Krydsene indikerer det højeste resultat for drift, materialer og samlet udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år i casesamlingens enfamiliehuse.

39.951 kg CO<sub>2</sub>-ækv.



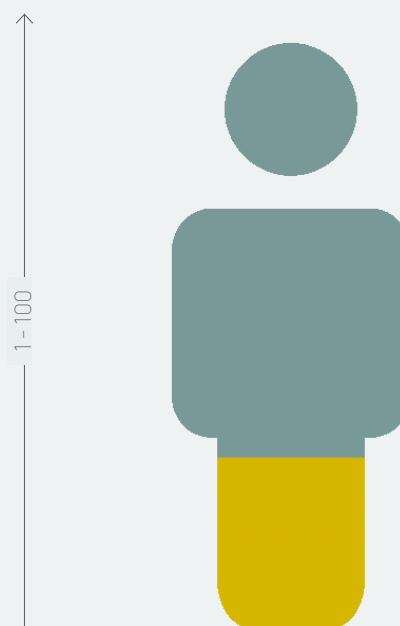
**Figur ENF07.2: Den samlede udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv.**  
Den samlede søjle viser casens samlede udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. fordelt på de tre materialegrupper; andre, hybrider og biogene.

236 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / person / år



**Figur ENF07.3: Udledningen af CO<sub>2</sub> / person / år**  
Den lodrette akse har et spænd på 1 til 700 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / person / år.

29 m<sup>2</sup> / person

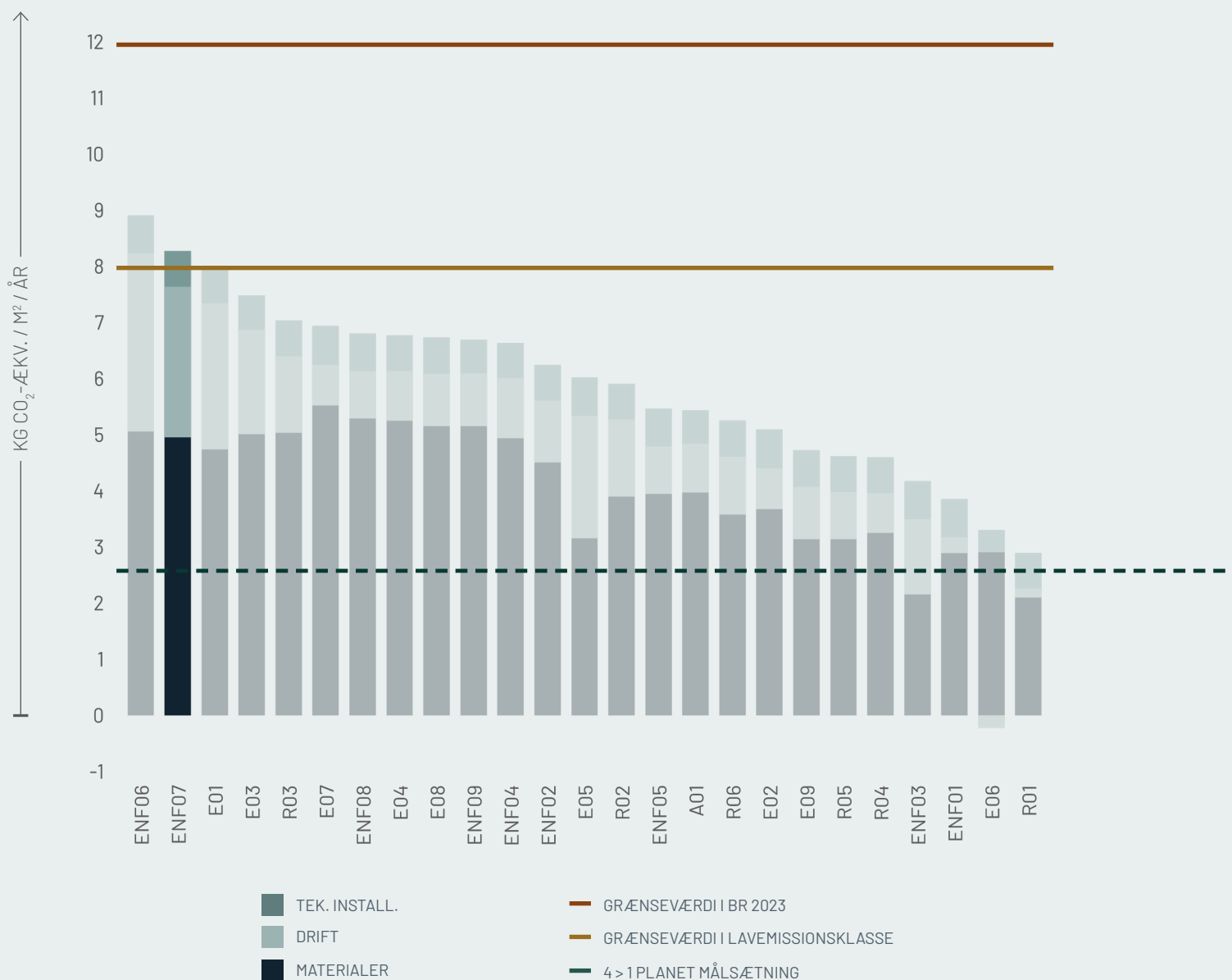


**Figur ENF07.4: m<sup>2</sup> / person**  
Den lodrette akse har et spænd på 1 til 100 m<sup>2</sup> / person

# ENF07: Upcycle House

## KLIMAPÅVIRKNINGEN I RELATION TIL ANDRE BEST PRACTICE CASES

Den pågældende case er fremhævet i diagrammet som viser best practice byggeriernes udledning sorteret fra den højeste til laveste udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år.



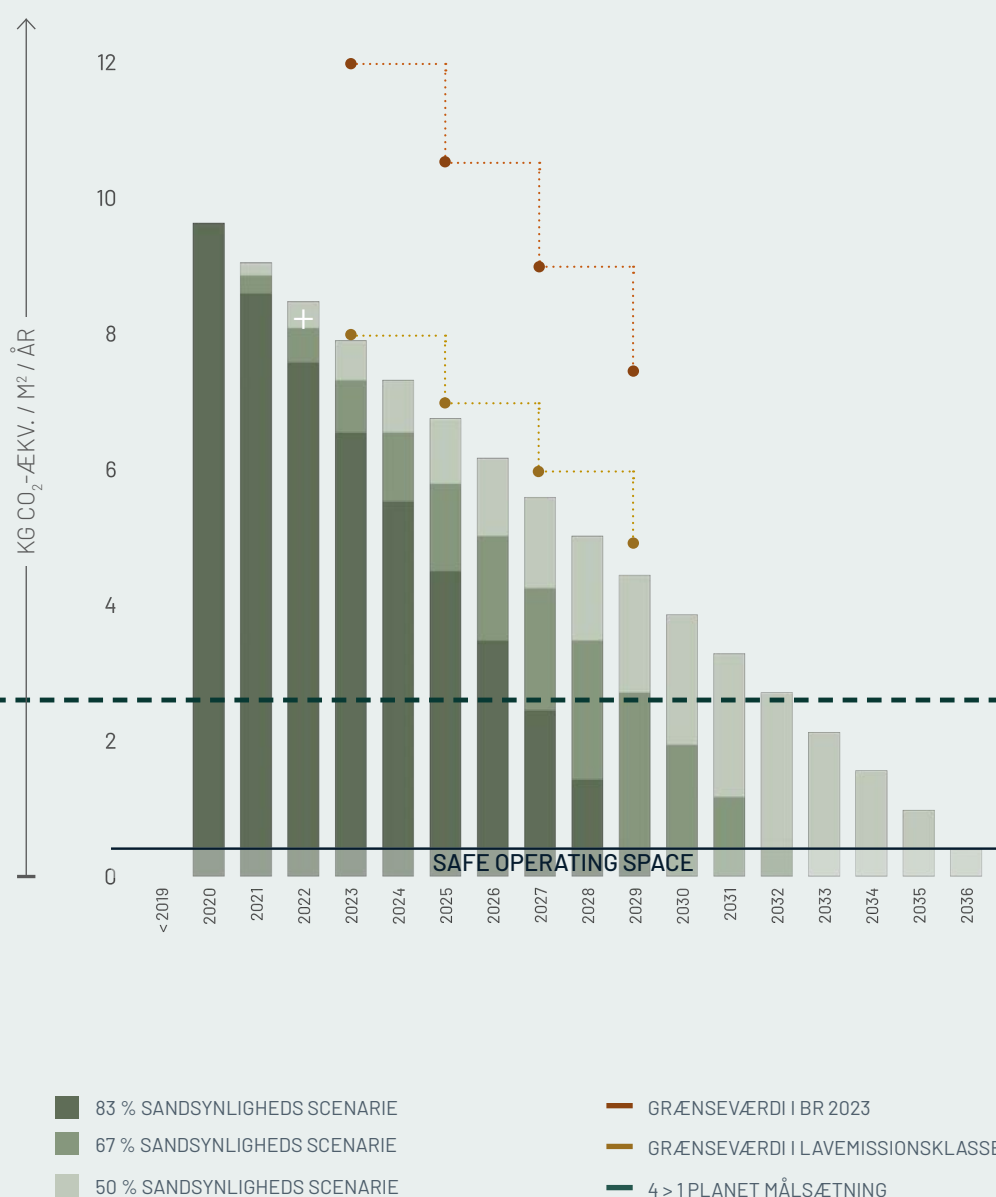
**Figur ENF07.5: Boligcases**

Den vertikale akse viser udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år. Den horisontale akse viser de 25 best practice cases.

# ENF07: Upcycle House

## BYGNINGENS UDLEDNING I REDUCTION ROADMAP

Klimapåvirkningen vises her i udledning af  $\text{kg CO}_2\text{-ækv. / m}^2 / \text{år}$ . Livscyklusvurderingen er lavet med år 2022 som året for ibrugtagning og caseresultatet er repræsenteret af et hvidt plustegn. Diagrammet viser hvor den pågældende case befinder sig i relation til Reduction Roadmap, hvor den lige er indenfor den langsomste reduktionsstakt, i sandsynlighedsscenarioet på 50 %.

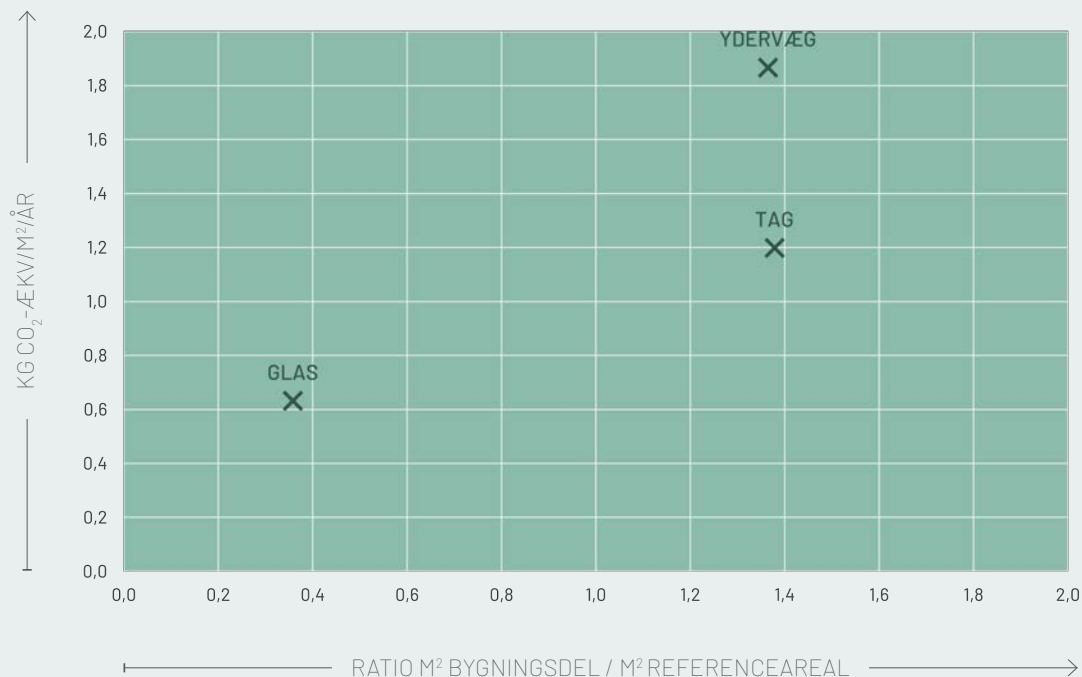


Figur ENF07.6: Reduction Roadmap

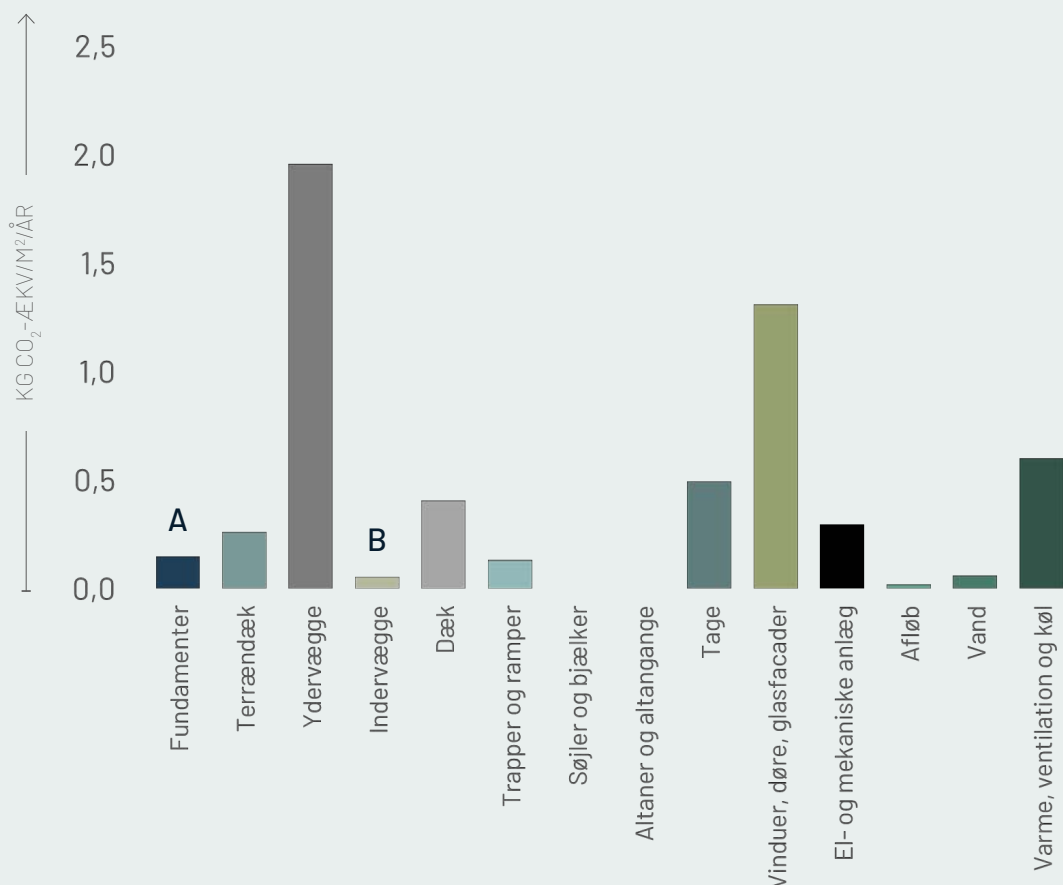
Den aktuelle case i relation til Reduction Roadmap, grænseværdierne, 4 til 1 planets målsætning på  $2.5 \text{ kg CO}_2\text{-ækv. / m}^2 / \text{år}$  og 'safe operating space'.

# ENF07: Upcycle House

## BYGNINGSDELSRATIO OG PÅVIRKNING



## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER BYGNINGSDELE



Figur ENF07.7: CO<sub>2</sub>-regnskab over byggeriets bygningsdele

Den horisontale akse viser bygningens mest centrale bygningsdele, herunder fundamenter, terrændæk, ydervægge, indervægge, dæk, trapper og ramper, søjler og bjælker, altaner og altangange, tage, vinduer, døre og glasfacader, el- og mekaniske anlæg samt tekniske installationer (standard værdier).



# ENF07: Upcycle House

## DE BIOGENE MATERIALERS ANDEL: MASSE VS. KLIMAKLIMAPÅVIRKNING

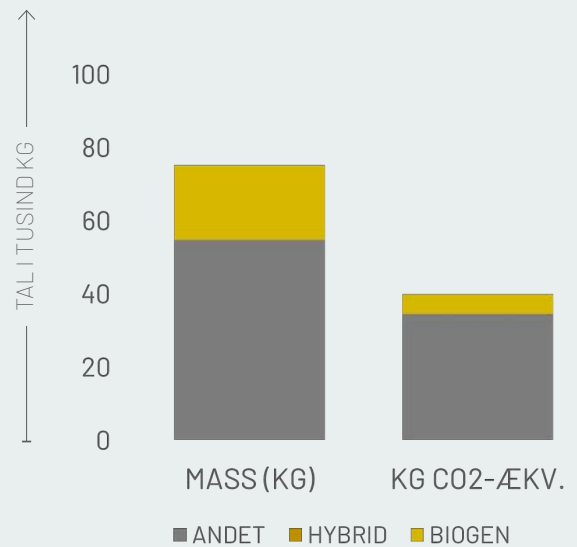
Figur ENF07.8:

Søjlediagrammet viser det pågældende boligbyggeri opdelt i tre materialegrupper: biogene materialer, hybrider og andre materialer.

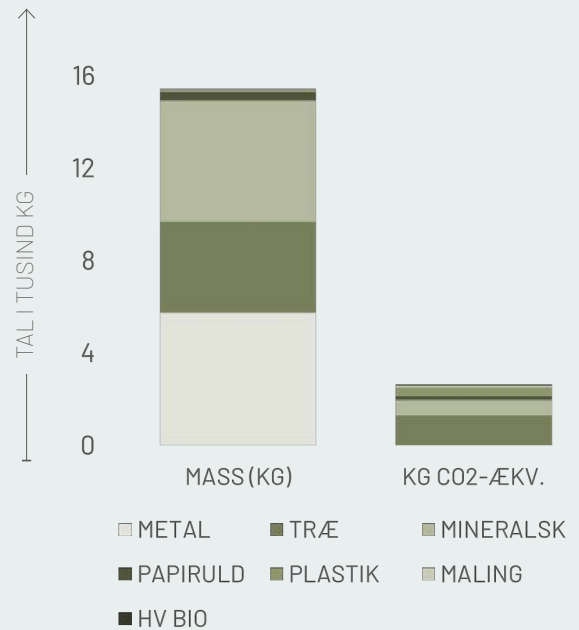
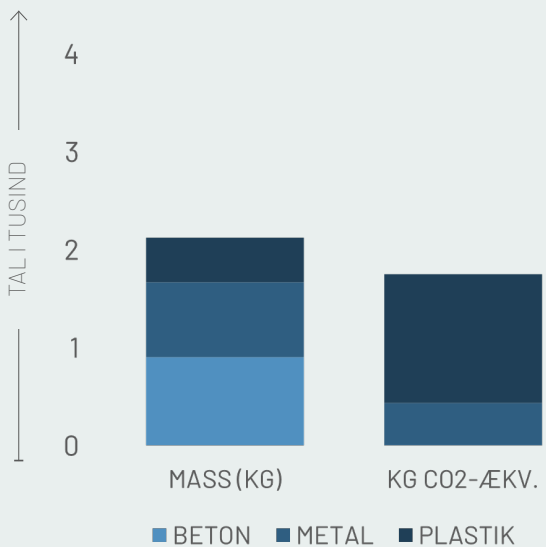
Den lodrette akse viser tal for kilogram i tusinde, dvs. at spændet er 0 - 100.000 kg.

Søjlen til venstre viser bygningens masse i kg, opdelt i materialegrupperne.

Søjlen til højre viser bygningens totale udledning af CO<sub>2</sub>-ækv. opdelt efter samme princip.



## MATERIALERNES MASSE I FORHOLD TIL MATERIALERNES TOTALE UDLEDNING AF KG CO<sub>2</sub>-ÆKV.



### A. FUNDAMENTETS

Punktfundament, beton (genbrug)  
Skruefundament, stål (delvis genbrug)

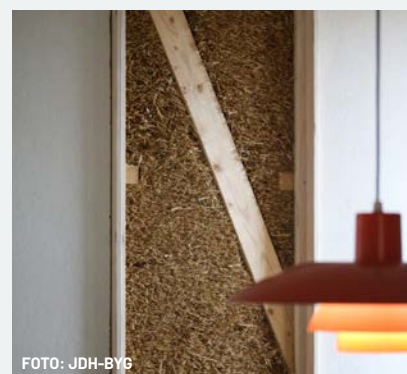
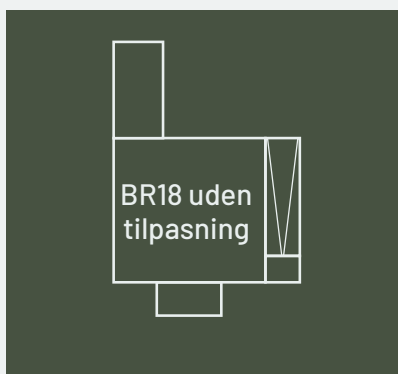
### B. INDERVÆGGENS OPBYGNING

Træskelet  
Papiruldisolering  
OSB-plade  
Plastic-brick (recycled PET) med bomuld



**Aktekt:** JDH-BYG  
**Ingeniør:** Walther Rådgivende Ingeniør  
**Entreprenør:** JDH-BYG

**Opførelseår:** Ikke opført  
**Etageareal:** 59 m<sup>2</sup>  
**Referenceareal:** 59 m<sup>2</sup>  
**Andvendelse:** Helårsbolig  
**Beboere:** 2 stk.  
**År for ibrugtagning:** 2022  
**Opvarmning:** Varmepumpe  
**Solceller:** Ja



## BESKRIVELSE

Ecomodul360 er et forsøgsbyggeri med fokus på brug af biobaserede og hybride materialer samt begrænset arealforbrug. Der arbejdes særligt med naturlig ventilation med minimum forbrug af energi i driftsfasen. Det beregnede projekt er med saddeltag og solceller hvilket var en tidlig version huset. Det opførte hus står med fladt tag, uden solceller på taget.

Huset i et plan, står på et skruefundament, med et terrændæk opbygget af i-bjælker med en hård træfiberplade og flanger af træ, isoleret med træfiber. Ydervægge er udført som halmelementer, beklædt udvendigt med træ og pudset indvendigt med ler.

Der er begrænset med indervægge i huset grundet dets størrelse, de vægge er lavet i træ, med træfiber og pudset med ler. Badeværelset har et malet vådrumspanel. Vinduerne har ramme og karm i træ og en 3-lags energirude. Taget er en træ- og stålkonstruktion med nedhængt loft og træbetonplade. Tagbeklædningen består af trapezplader af varmgalvaniseret og lakeret stål.

Huset er 59 m<sup>2</sup> med et soveværelse. For to beboere giver det ca. 29 m<sup>2</sup>/ person, hvilket er i den lave ende for plads per person i casesamlingen.

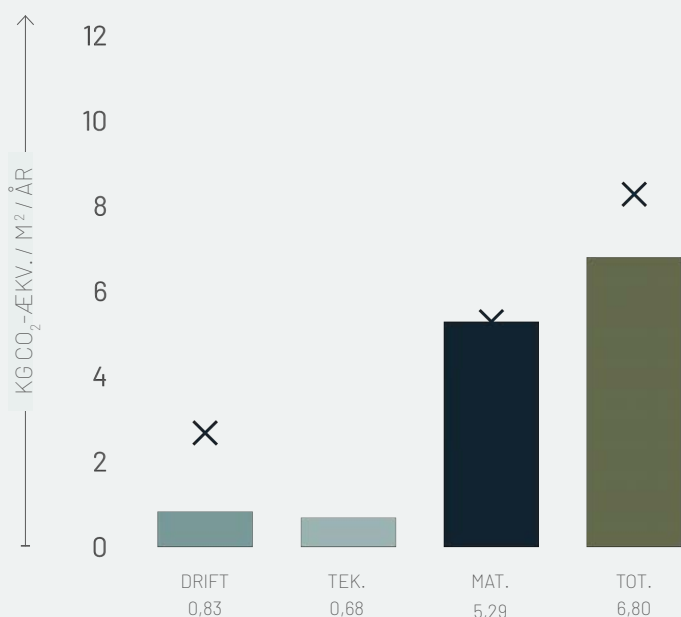


Træskelet



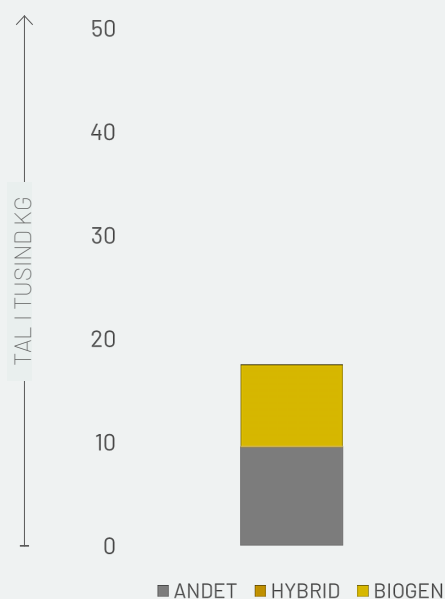
1 etage

6,80 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år



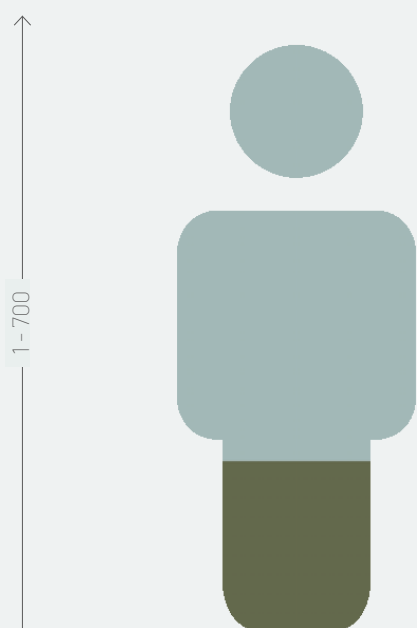
**Figur ENF08.1: Udledningen af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år**  
Søjlerne viser bygningens klimapåvirkning. Krydsene indikerer det højeste resultat for drift, materialer og samlet udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år i casesamlingens enfamiliehuse.

17.545 kg CO<sub>2</sub>-ækv.



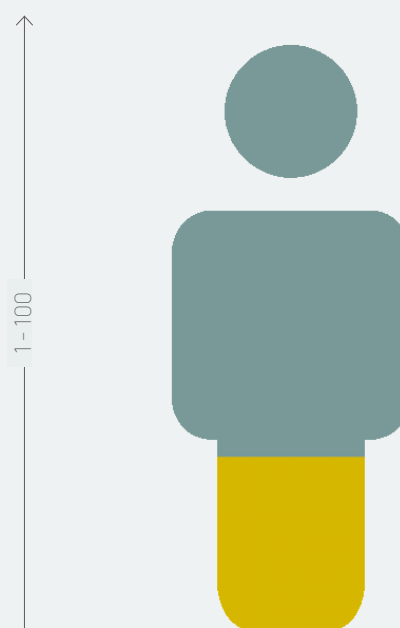
**Figur ENF08.2: Den samlede udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv.**  
Den samlede søjle viser casens samlede udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. fordelt på de tre materialegrupper; andre, hybrider og biogene.

200 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / person / år



**Figur ENF08.3: Udledningen af CO<sub>2</sub> / person / år**  
Den lodrette akse har et spænd på 1 til 700 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / person / år.

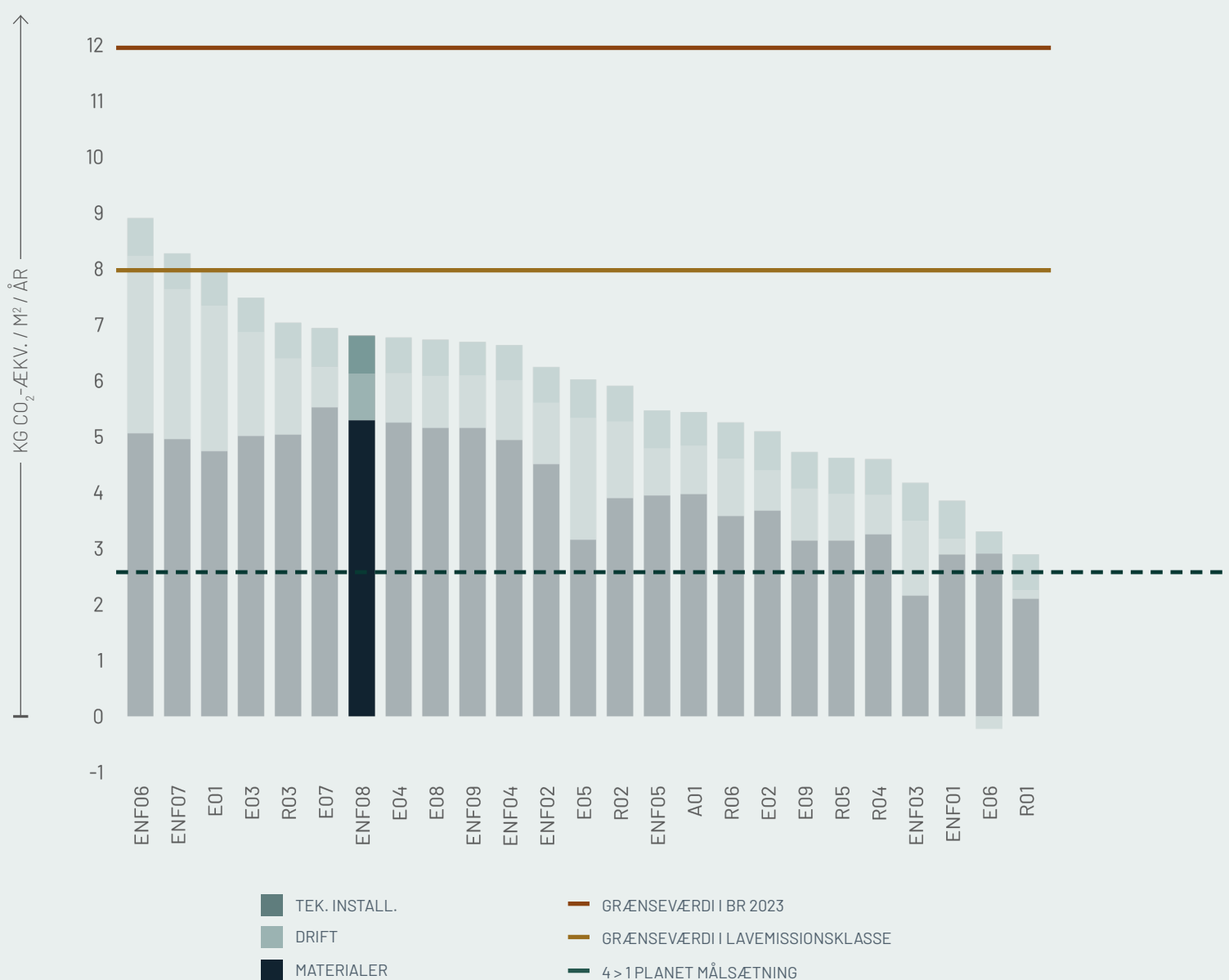
29 m<sup>2</sup> / person



**Figur ENF08.4: m<sup>2</sup> / person**  
Den lodrette akse har et spænd på 1 til 100 m<sup>2</sup> / person

## KLIMAPÅVIRKNINGEN I RELATION TIL ANDRE BEST PRACTICE CASES

Den pågældende case er fremhævet i diagrammet som viser best practice byggeriernes udledning sorteret fra den højeste til laveste udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år.



**Figur ENF08.5: Boligcases**

Den vertikale akse viser udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år. Den horisontale akse viser de 25 best practice cases.

## BYGNINGENS UDLEDNING I REDUCTION ROADMAP

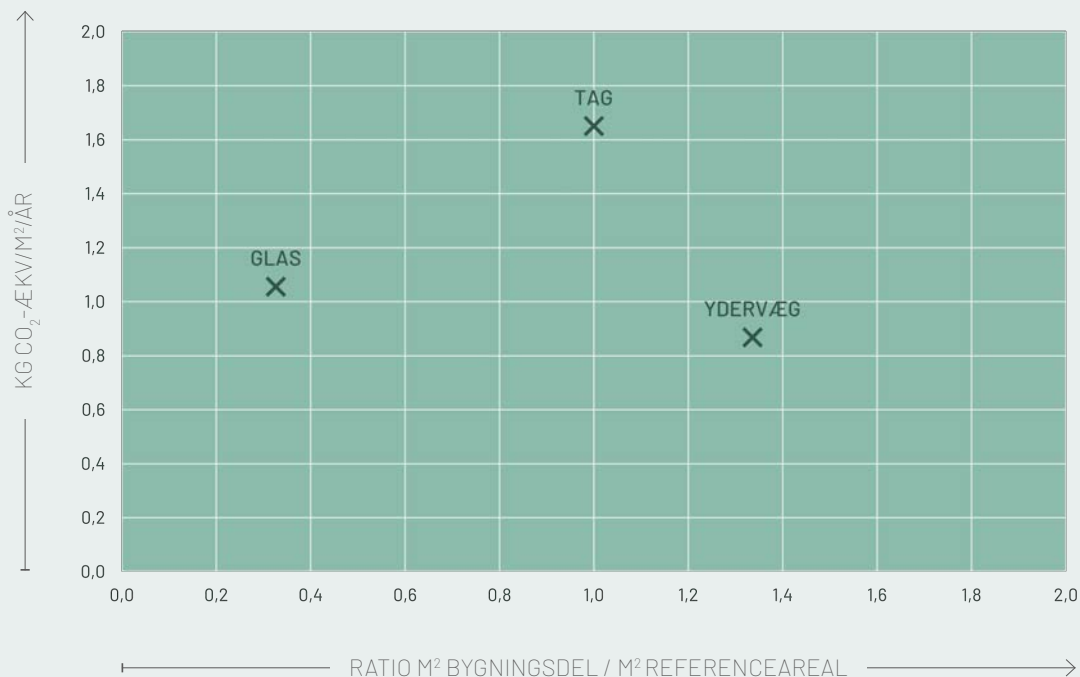
Diagrammet viser hvor den pågældende case befinder sig i relation til Reduction Roadmap. Klimapåvirkningen vises her i udledning af  $\text{kg CO}_2\text{-ækv. / m}^2\text{ / år}$ . Livscyklusvurderingen er lavet med år 2022 som året for ibrugtagning og caseresultatet er repræsenteret af et hvidt plus tegn.



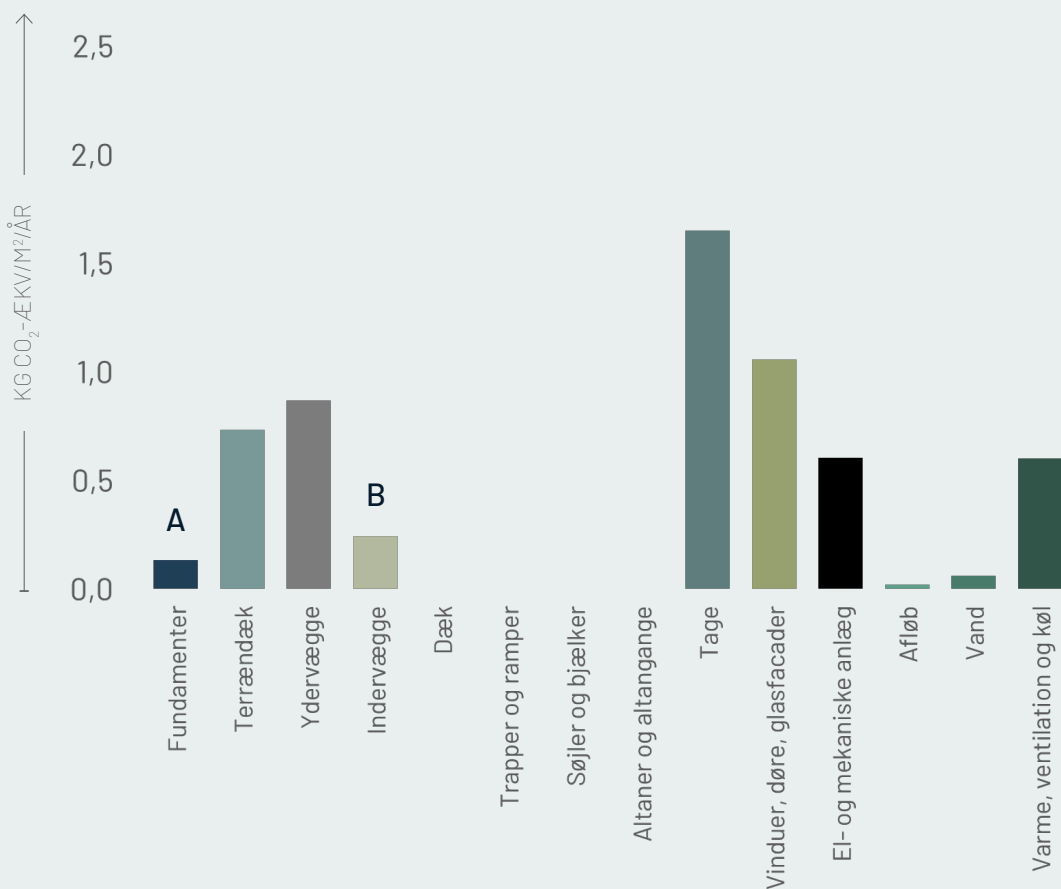
**Figur ENF08.6: Reduction Roadmap**

Den aktuelle case i relation til Reduction Roadmap, grænseværdierne, 4 til 1 planets målsætning på  $2.5 \text{ kg CO}_2\text{ ækv. / m}^2\text{ / år}$  og 'safe operating space'.

## BYGNINGSDELSRATIO OG PÅVIRKNING



## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER BYGNINGSDELE



Figur ENF08.7: CO<sub>2</sub>-regnskab over byggeriets bygningsdele

Den horisontale akse viser bygningens mest centrale bygningsdele, herunder fundamenter, terrændæk, ydervægge, indervægge, dæk, trapper og ramper, søjler og bjælker, altaner og altangange, tage, vinduer, døre og glasfacader, el- og mekaniske anlæg samt tekniske installationer (standard værdier).

## DE BIOGENE MATERIALERS ANDEL: MASSE VS. KLIMAKLIMAPÅVIRKNING

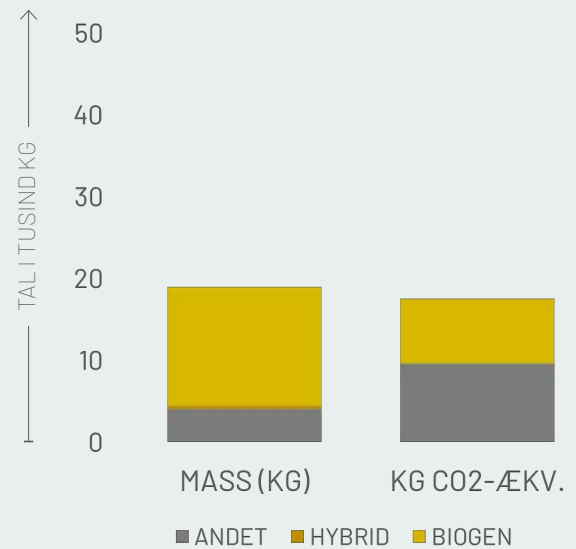
**Figur ENF08.8:**

Søjlediagrammet viser det pågældende boligbyggeri opdelt i tre materialegrupper: biogene materialer, hybrider og andre materialer.

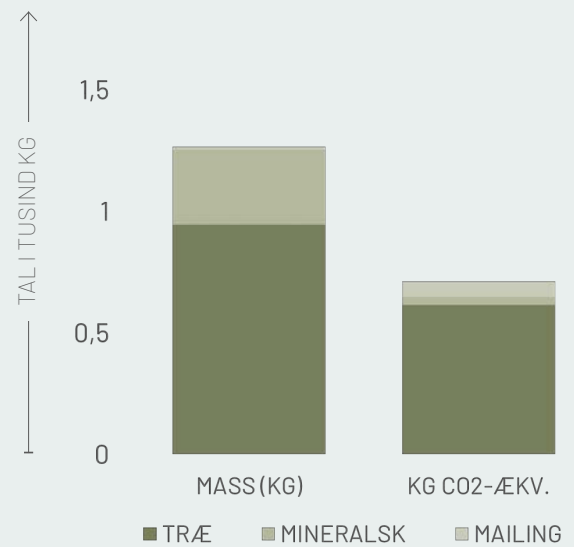
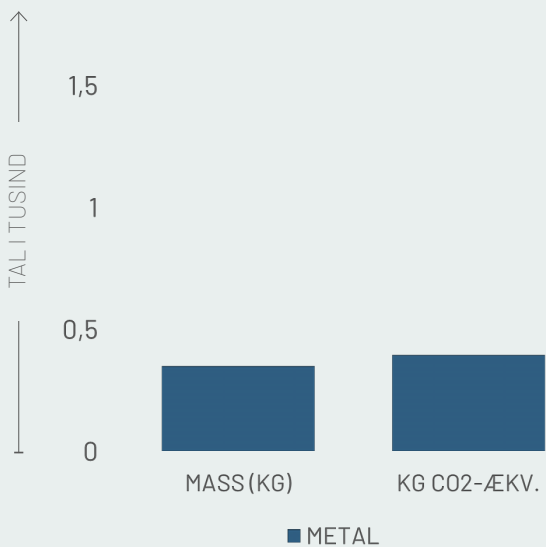
Den lodrette akse viser tal for kilogram i tusinde, dvs. at spændet er 0 - 50.000 kg.

Søjlen til venstre viser bygningens masse i kg, opdelt i materialegrupperne.

Søjlen til højre viser bygningens totale udledning af CO<sub>2</sub>-ækv. opdelt efter samme princip.



## MATERIALERNES MASSE I FORHOLD TIL MATERIALERNES TOTALE UDLEDNING AF KG CO<sub>2</sub>-ÆKV.



### A. FUNDAMENTETS OPBYGNING

Skruefundament, stål

### B. INDERVÆGGENS OPBYGNING

Træskelet  
 Træfiberisolering, plade  
 OSB-plade  
 Lerpuds  
 Maling



FOTO: PARK+MARK

**Bygherre:** Privat  
**Akitekt:** park + mark

**Opførelseår:** 2023  
**Etagereal:** 122 m<sup>2</sup>  
**Referenceareal:** 139 m<sup>2</sup>  
**Andvendelse:** Fritidsbolig  
**Beboere:** 4 stk.  
**År for ibrugtagning:** 2022  
**Opvarmning:** Varmepumpe  
**Solceller:** Nej

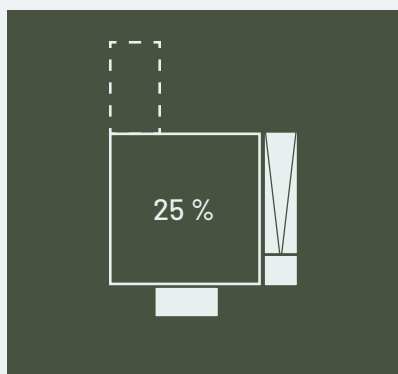


FOTO: PARK+MARK

## BESKRIVELSE

Pramvejen er et byggeri, tegnet og opført for en privat bygherre, hvor konstruktionsprincipper og materialevalg er styret af ønsket om et sundt hus, uden toxicitet eller plastholdige materialer og ambitionen om at opføre et bæredygtigt hus i biobaserede materialer som ikke går på kompromis med "god arkitektur" men tværtimod tegnes skarpt og enkelt, på lige fod med konventionelle byggerier.

Bygningen i ét plan med hems står på et linjefundament af beton med letklinkerblokke. Terrændækket er opbygget af selvbærende beton og isoleret med EPS. De sønære og meget våde forhold, grundet højt vandspejl, har ikke givet mulighed for at arbejde med et let terrændæk, hvorfor fundamenter er af armerede betonbjælker med selvbærende terrændæk af beton.

Huset er opført med bærende konstruktioner i træ med træfiber som isolerende materiale og vindspærre hvilket gør det åndbart, da dets opbygning fra indre til ydre består af biobaserede materialer. Facaderne beklædt med ubehandlet dansk douglasgran, ligesom taget. Indvendigt er overflader beklædt med lerspartel hhv. douglasfinerede møbelplader.

Taget bæres af én gennemgående kipbjælke i limtræ, der spænder fra gavl til gavl og er udført med tagudhæng. Udhænget beskytter facaden, samt dør- og vinduespartier mod direkte vandpåvirkning, ligesom det skærmer for solen. Tagvand ledes direkte til ålbøb via terræn, i et forsøg på at mindske brugen af materialer, her ledninger i jord.

Huset er 122 m<sup>2</sup> med tre soveværelser. Med fire beboere giver det ca. 31 m<sup>2</sup>/ person, hvilket er i den lave ende for plads per person i case samlingen.



Træskelet



1 etage

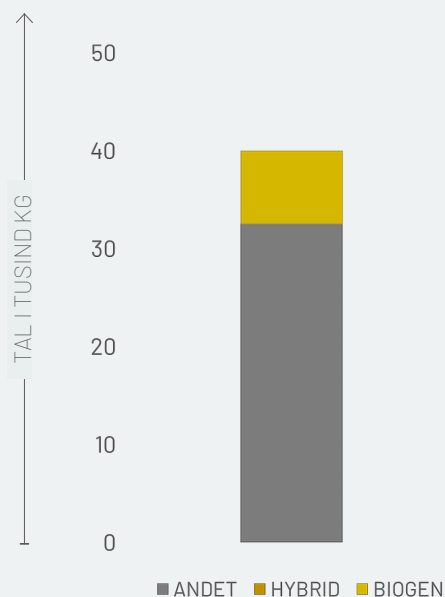


6,69 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år



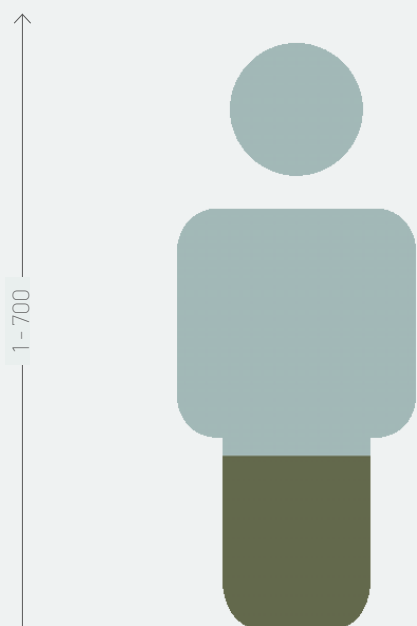
**Figur ENF09.1: Udledningen af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år**  
Søjlerne viser bygningens klimapåvirkning. Krydsene indikerer det højeste resultat for drift, materialer og samlet udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år i casesamlingens enfamiliehuse.

40.005 kg CO<sub>2</sub>-ækv.



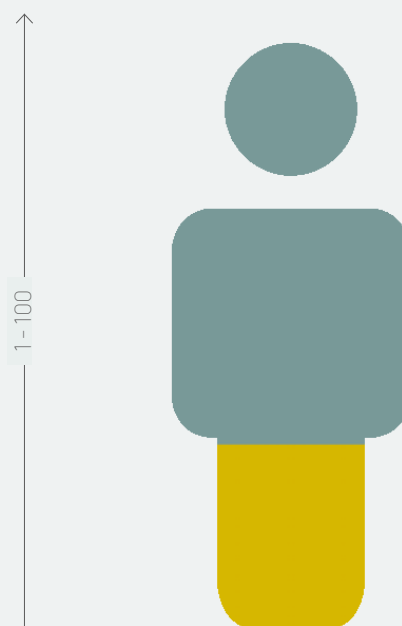
**Figur ENF09.2: Den samlede udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv.**  
Den samlede søjle viser casens samlede udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. fordelt på de tre materialegrupper; andre, hybrider og biogene.

204 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / person / år



**Figur ENF09.3: Udledningen af CO<sub>2</sub> / person / år**  
Den lodrette akse har et spænd på 1 til 700 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / person / år.

31 m<sup>2</sup> / person



**Figur ENF09.4: m<sup>2</sup> / person**  
Den lodrette akse har et spænd på 1 til 100 m<sup>2</sup> / person

## KLIMAPÅVIRKNINGEN I RELATION TIL ANDRE BEST PRACTICE CASES

Den pågældende case er fremhævet i diagrammet som viser best practice byggeriernes udledning sorteret fra den højeste til laveste udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år.



**Figur ENF09.5: Boligcases**

Den vertikale akse viser udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år. Den horisontale akse viser de 25 best practice cases.

## BYGNINGENS UDLEDNING I REDUCTION ROADMAP

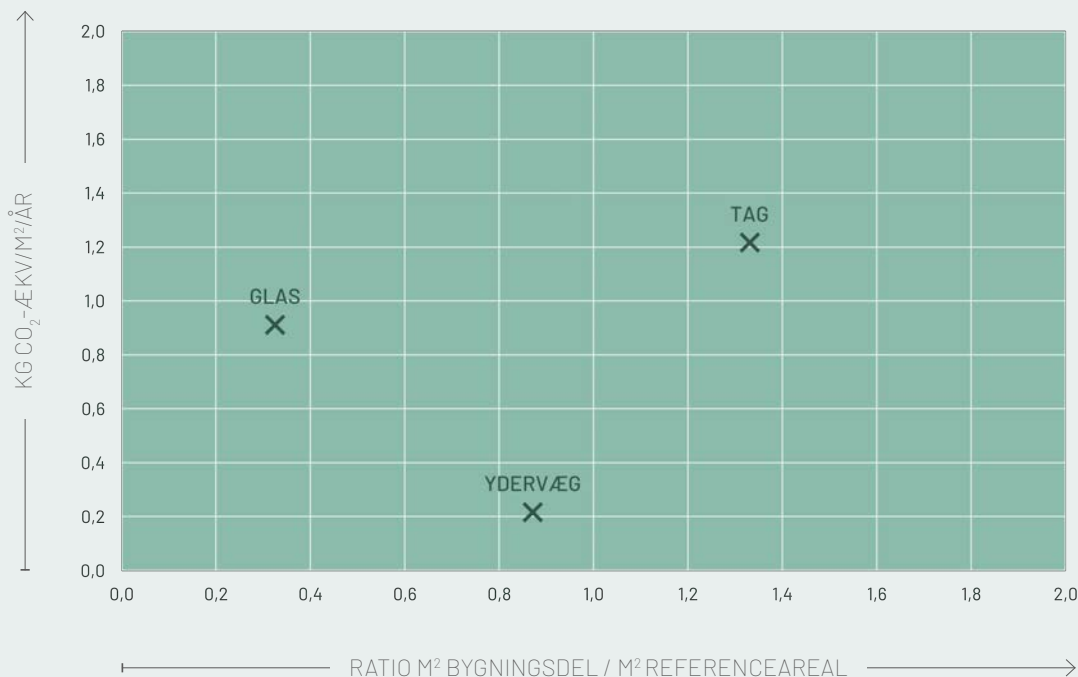
Klimapåvirkningen vises her i udledning af  $\text{kg CO}_2\text{-ækv. / m}^2 \text{ / år}$ . Livscyklusvurderingen er lavet med år 2022 som året for ibrugtagning og caseresultatet er repræsenteret af et hvidt plus tegn. Diagrammet viser hvor den pågældende case befinder sig i relation til Reduction Roadmap, hvor den er vel indenfor den hurtigste reduktions-takt, i sandsynlighedsscenarioet på 83 %.



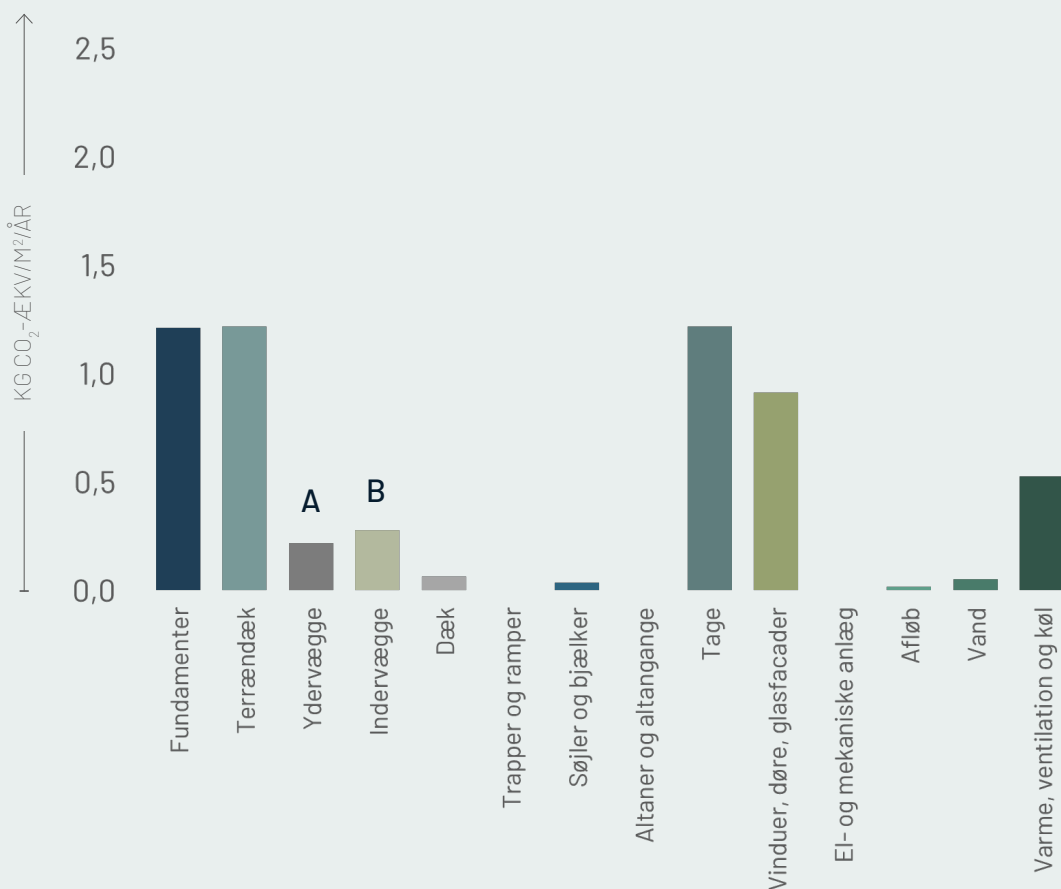
**Figur ENF09.6: Reduction Roadmap**

Den aktuelle case i relation til Reduction Roadmap, grænseværdierne, 4 til 1 planets målsætning på  $2.5 \text{ kg CO}_2\text{-ækv. / m}^2 \text{ / år}$  og 'safe operating space'.

## BYGNINGSDELSRATIO OG PÅVIRKNING



## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER BYGNINGSDELE



Figur ENF09.7: CO<sub>2</sub>-regnskab over byggeriets bygningsdele

Den horisontale akse viser bygningens mest centrale bygningsdele, herunder fundamenter, terrændæk, ydervægge, indervægge, dæk, trapper og ramper, søjler og bjælker, altaner og altangange, tage, vinduer, døre og glasfacader, el- og mekaniske anlæg samt tekniske installationer (standard værdier).

## DE BIOGENE MATERIALERS ANDEL: MASSE VS. KLIMAKLIMAPÅVIRKNING

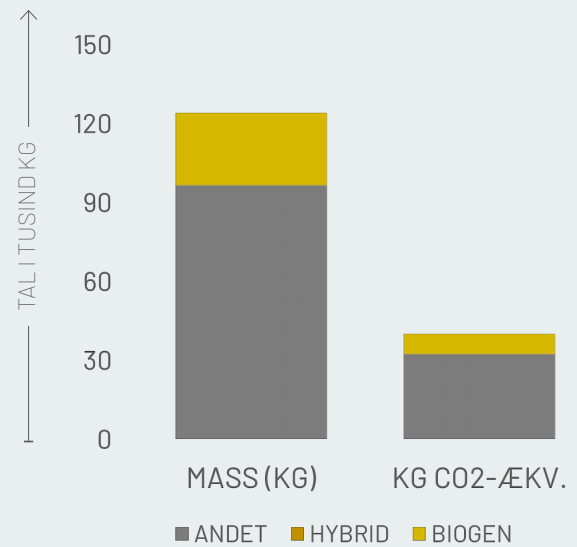
**Figur ENF09.8:**

Søjlediagrammet viser det pågældende boligbyggeri opdelt i tre materialegrupper: biogene materialer, hybrider og andre materialer.

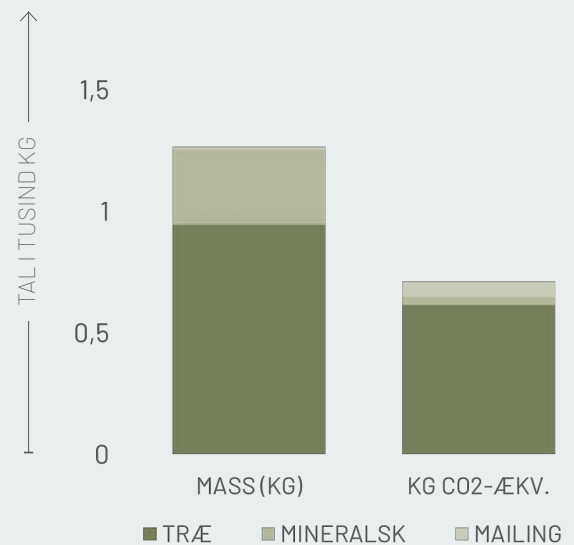
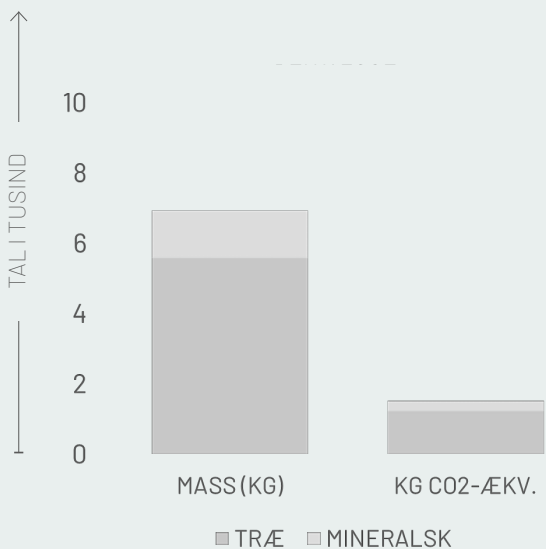
Den lodrette akse viser tal for kilogram i tusinde, dvs. at spændet er 0 - 150.000 kg.

Søjlen til venstre viser bygningens masse i kg, opdelt i materialegrupperne.

Søjlen til højre viser bygningens totale udledning af CO<sub>2</sub>-ækv. opdelt efter samme princip.



## MATERIALERNES MASSE I FORHOLD TIL MATERIALERNES TOTALE UDLEDNING AF KG CO<sub>2</sub>-ÆKV.



### A. YDERVÆGGENS OPBYGNING

- Bræddebeklædning, ubehandlet træ
- Træliste
- Vindspærre, træfiberplade
- OSB-plade
- Træliste
- Træfiberisolering, plade
- Fibergips
- Lerpuds

### B. INDERVÆGGENS OPBYGNING

- Træskelet
- Træfiberisolering, plade
- OSB-plade
- Krydsfiner
- Fibergips
- Lerpuds



**Bygherre:** VELUX  
**Akitekt:** EFFEKT  
**Ingeniør:** Artelia  
**Entreprenør:** Enemærke & Petersen

**Opførelseår:** Ikke opført  
**Etageareal:** 1029 m<sup>2</sup>  
**Referenceareal:** 1029 m<sup>2</sup>  
**Andvendelse:** Helårsbolig  
**Beboere:** 28 stk.  
**År for ibrugtagning:** 2022  
**Opvarmning:** Varmepumpe  
**Solceller:** Ja



VISUALISERING: EFFEKT

## BESKRIVELSE

Living Places som rækkehus er en CO<sub>2</sub> optimeret version af det i forvejen tilmeldte projekt Living Places som fritliggende énfamiliehus. Der foreligger endnu ikke en konkret plan for at opføre rækkehuset, hvorfor det således ikke er projekteret fuldstændigt.

Bebyggelsen i tre etager står på et sribefundament i beton og letklinkerblokke. Terrændækket består af armeret beton med et CO<sub>2</sub> reduceret cementprodukt og er isoleret med stenuldsplader.

Huset er opført med facadekassetter og bærende konstruktioner i limtræ. Ydervæggene er isoleret med papir- og mineraluld. Facaderne er beklædt med træ. Bygningens etagedæk, er udført som et ribbedæk i konstruktionstræ, opbygget med trinlydsdug og krydsfiner, beklædt med fibergips hhv. trægulve. Indervæggene er lavet i CLT, lejlighedskel er udført som træskelet med mineraluldsisolering og beklædt med gips.

Taget er en kassettekonstruktion, isoleret med papiruld og beklædt med skifer. Der er også ovenlys i tagfladen. På de arealer hvor taget er belagt med solceller, er den underliggende tagbeklædning i tagpap.

Rækkehusbebyggelsen er i alt 1029 m<sup>2</sup> og har plads 28 beboere hvilket giver ca. 37 m<sup>2</sup>/ person. Det er gennemsnitligt i case samlingen.

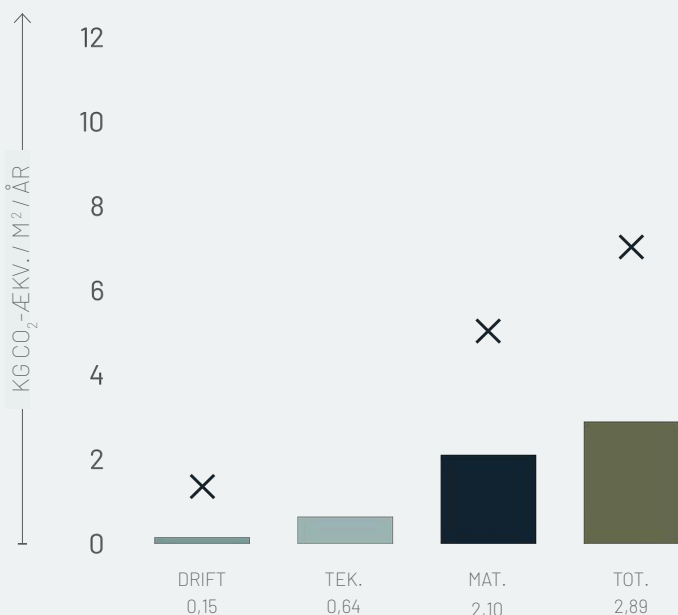


Hybrid



3 etager

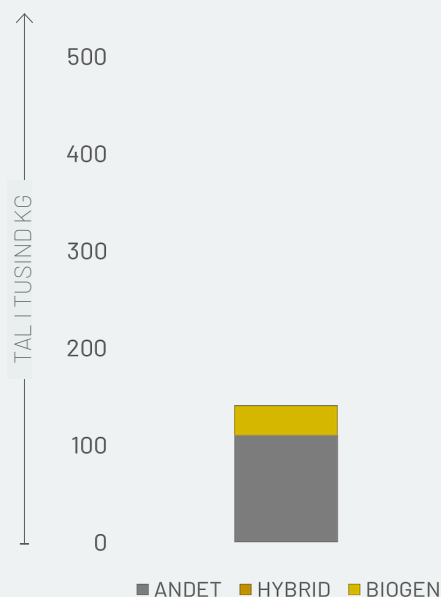
2,89 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år



**Figur R01.1: Udledningen af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år**

Søjlerne viser bygningens klimapåvirkning. Krydsene indikerer det højeste resultat for drift, materialer og samlet udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år i casesamlingens rækkehuse.

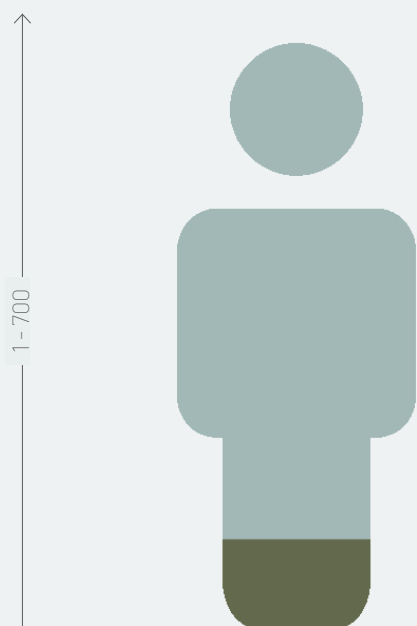
141.157 kg CO<sub>2</sub>-ækv.



**Figur R01.2: Den samlede udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv.**

Den samlede søjle viser casens samlede udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. fordelt på de tre materialegrupper; andre, hybrider og biogene.

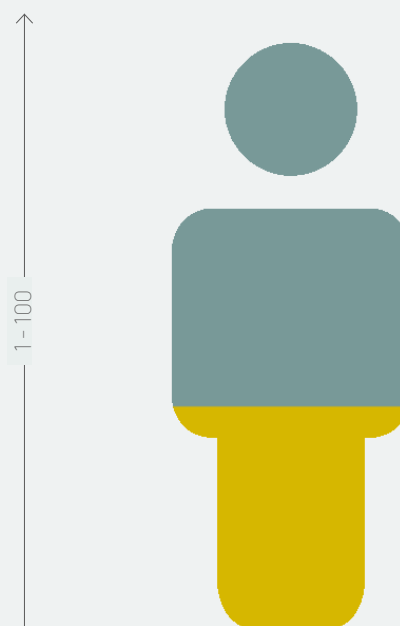
106 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / person / år



**Figur R01.3: Udledningen af CO<sub>2</sub> / person / år**

Den lodrette akse har et spænd på 1 til 700 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / person / år.

37 m<sup>2</sup> / person



**Figur R01.4: m<sup>2</sup> / person**

Den lodrette akse har et spænd på 1 til 100 m<sup>2</sup> / person

## KLIMAPÅVIRKNINGEN I RELATION TIL ANDRE BEST PRACTICE CASES

Den pågældende case er fremhævet i diagrammet som viser best practice byggeriernes udledning sorteret fra den højeste til laveste udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år.



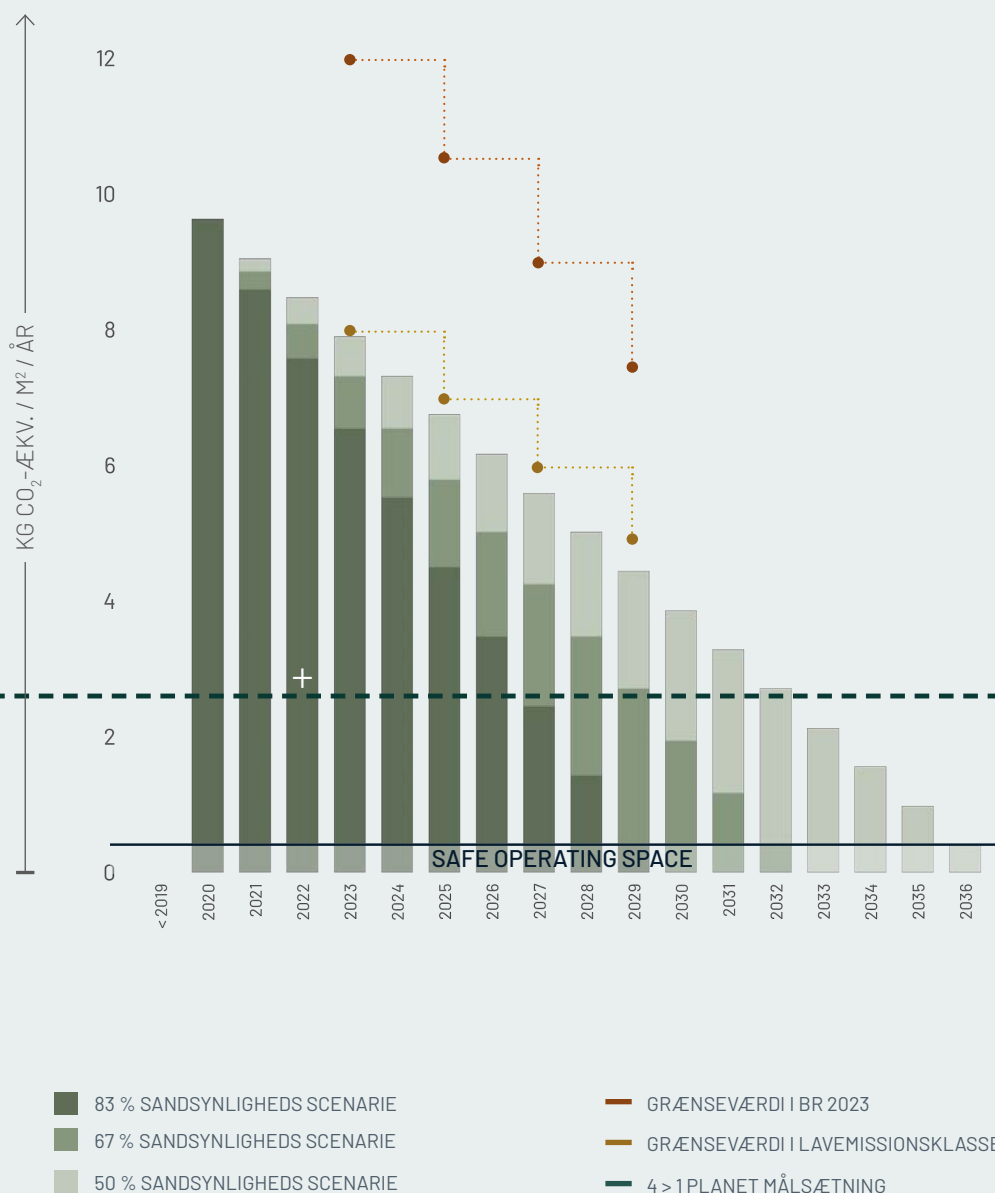
**Figur R01.5: Boligcases**

Den vertikale akse viser udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv./m<sup>2</sup>/år. Den horisontale akse viser de 25 best practice cases.



## BYGNINGENS UDLEDNING I REDUCTION ROADMAP

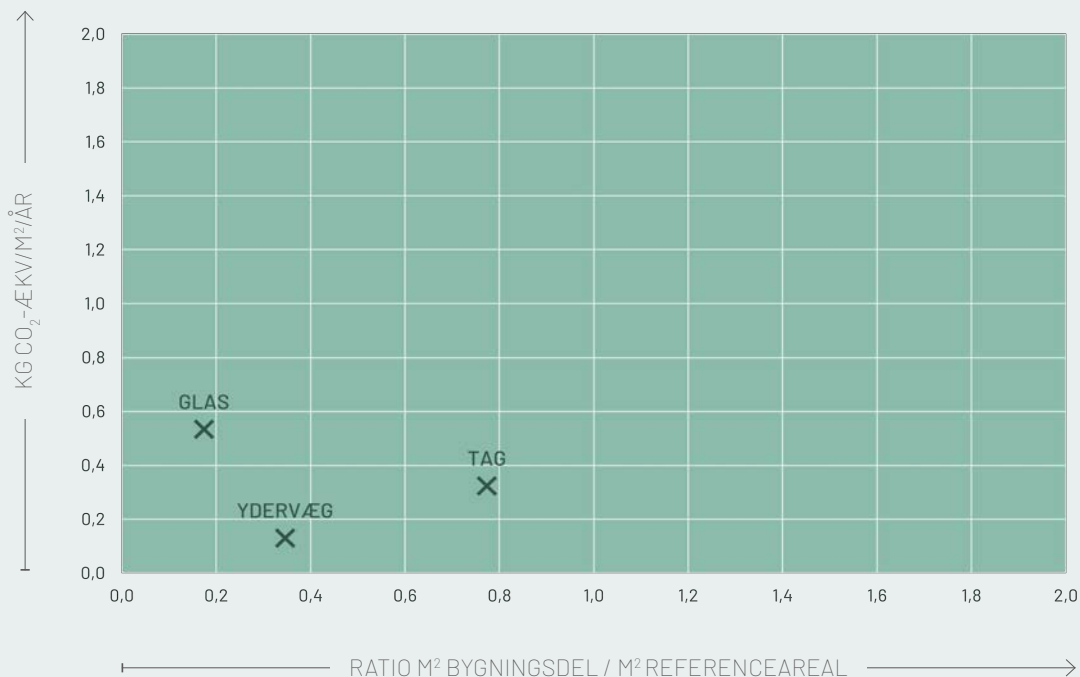
Klimapåvirkningen vises her i udledning af  $\text{kg CO}_2\text{-ækv. / m}^2\text{ / år}$ . Livscyklusvurderingen er lavet med år 2022 som året for ibrugtagning og caseresultatet er repræsenteret af et hvidt plustegn. Diagrammet viser hvor den pågældende case befinder sig i relation til Reduction Roadmap, hvor den er vel indenfor den hurtigste reduktions-takt, i sandsynlighedsscenarioet på 83 %.



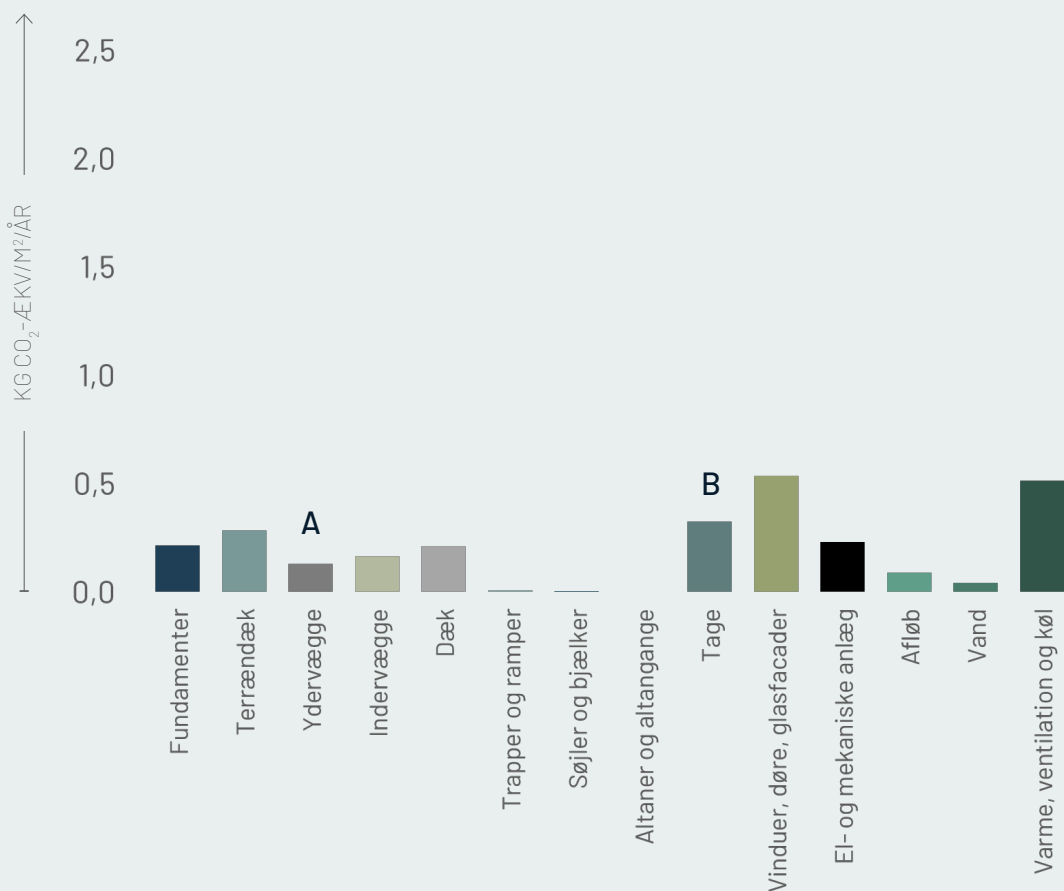
**Figur R01.6: Reduction Roadmap**

Den aktuelle case i relation til Reduction Roadmap, grænseværdierne, 4 til 1 planets målsætning på  $2.5 \text{ kg CO}_2\text{-ækv. / m}^2\text{ / år}$  og 'safe operating space'.

## BYGNINGSDELSRATIO OG PÅVIRKNING



## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER BYGNINGSDELE



Figur R01.7: CO<sub>2</sub>-regnskab over byggeriets bygningsdele

Den horisontale akse viser bygningens mest centrale bygningsdele, herunder fundamenter, terrændæk, ydervægge, indervægge, dæk, trapper og ramper, søjler og bjælker, altaner og altangange, tage, vinduer, døre og glasfacader, el- og mekaniske anlæg samt tekniske installationer (standard værdier).

## DE BIOGENE MATERIALERS ANDEL: MASSE VS. KLIMAKLIMAPÅVIRKNING

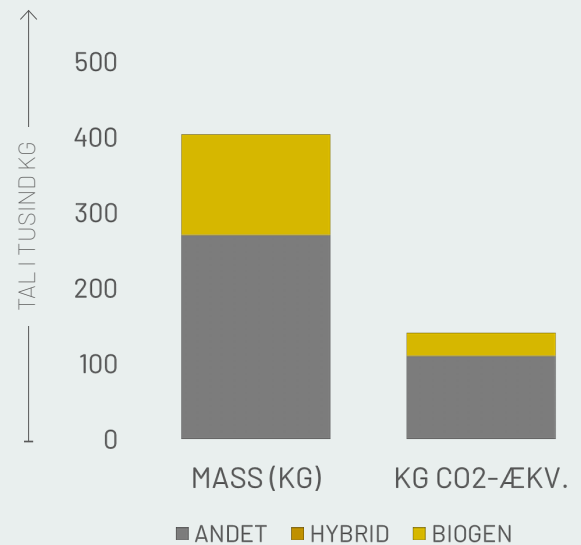
**Figur R01.8:**

Søjlediagrammet viser det pågældende boligbyggeri opdelt i tre materialegrupper: biogene materialer, hybrider og andre materialer.

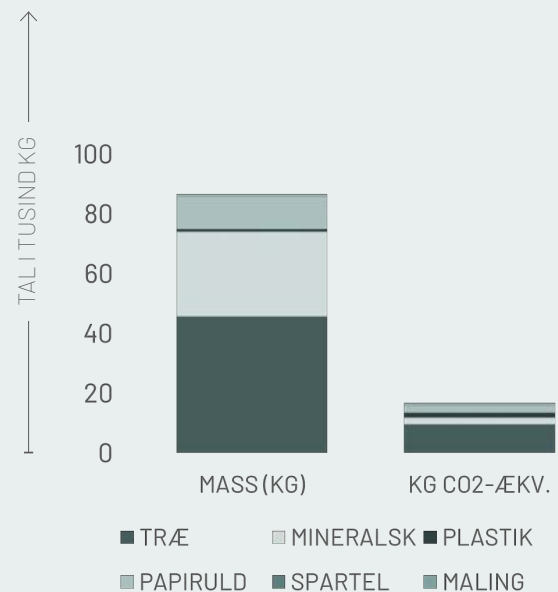
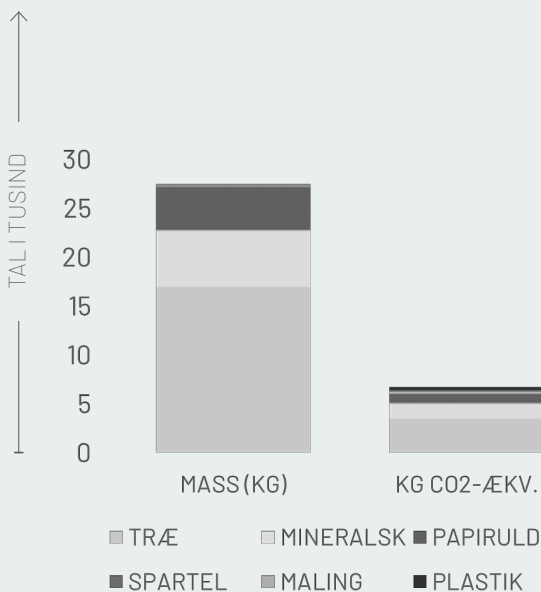
Den lodrette akse viser tal for kilogram i tusinde, dvs. at spændet er 0 - 500.000 kg.

Søjlen til venstre viser bygningens masse i kg, opdelt i materialegrupperne.

Søjlen til højre viser bygningens totale udledning af CO<sub>2</sub>-ækv. opdelt efter samme princip.



## MATERIALERNES MASSE I FORHOLD TIL MATERIALERNES TOTALE UDLEDNING AF KG CO<sub>2</sub>-ÆKV.



### A. YDERVÆGGENS OPBYGNING

- Bræddebeklædning, træ
- Fibergips
- OSB-plade
- Træskelet
- Papirisolering
- Dampspærre
- Træliste
- Glasuldsisolering
- Fibergips
- Spartel og maling

### B. TAGETS OPBYGNING

- Beklædning skråtag, skifer
- Beklædning fladt tag, tagpap
- Krydsfiner
- Træskelet med papirisolering
- OSB-plade
- Dampspærre
- Træliste
- Glasuld isolering
- Fibergips
- Spartel og maling

# R02: Skademosen



FOTO: Adserballe Knudsen

<b>Bygherre:</b>	Boligselskabet Sjælland
<b>Akitekt:</b>	Vilhelm Lauritzen Arkitekter
<b>Ingeniør:</b>	Holmsgaard A/S
<b>Landskab:</b>	Thing Brandt Landskab
<b>Entreprenør:</b>	Adserballe Knudsen A/S
<b>Opførelseår:</b>	2021
<b>Etageareal:</b>	4146 m <sup>2</sup>
<b>Referenceareal:</b>	4146 m <sup>2</sup>
<b>Andvendelse:</b>	Helårsbolig
<b>Beboere:</b>	148 stk.
<b>År for ibrugtagning:</b>	2022
<b>Opvarmning:</b>	EI
<b>Solceller:</b>	Ja

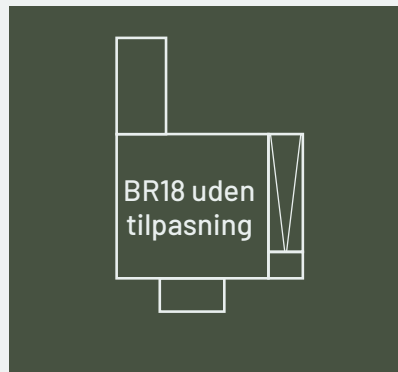


FOTO: Adserballe Knudsen

## BESKRIVELSE

Skademosen er et almennyttigt boligområde med i alt 13 blokke rækkehusbebyggelse i træ. Produktionsfasen foregår primært på fabrik, hvilket kan være med til at holde anvendelse af byggematerialer og ressourceforbrug på byggepladsen nede. Der er blevet arbejdet særligt med anvendelse af klima- og allergivenlige materialer i byggeriet.

Blokkene i to etager står på et fundament der kombinerer et pælefundament og et linjefundament af letklinkerblokke og armeret beton, isoleret med PIR-skum. Terrændækket består af beton og EPS.

Husene er opført med præfabrikerede, massive træelementer i krydslamineret træ (CLT), med et isoleringssystem i glasuld. Isolerede stolper monteres direkte på den bærende konstruktion, hvorefter der isoleres mellem stolperne med formstykker.

Boligerne har et begrænset antal skillevægge for størst mulig fleksibilitet og størrelsen på enhederne varierer imellem 30 og 115 m<sup>2</sup> for at appellere til en bred beboersammensætning.

Facaderne er træbeklædte og taget er beklædt med tagpap.

Rækkehusbebyggelsen er 4146 m<sup>2</sup> og har plads 148 beboere hvilket giver ca. 28 m<sup>2</sup>/ person. Det er i den lave ende for case samlingen.



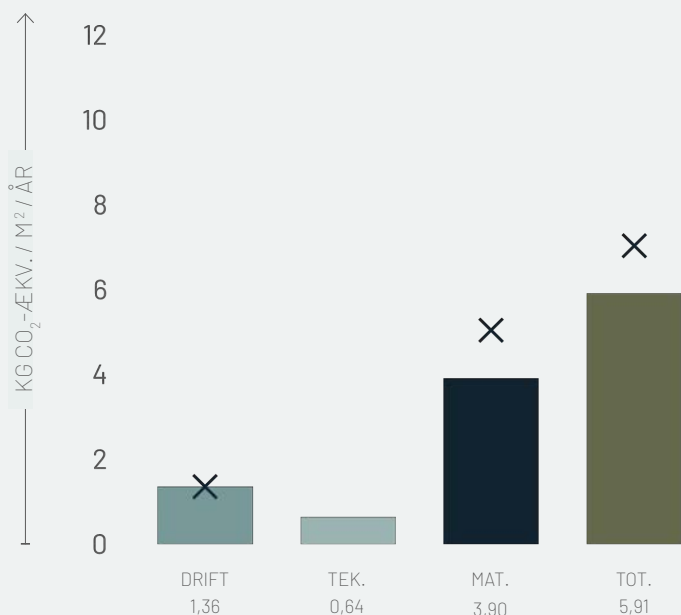
CLT



2 etager

# R02: Skademosen

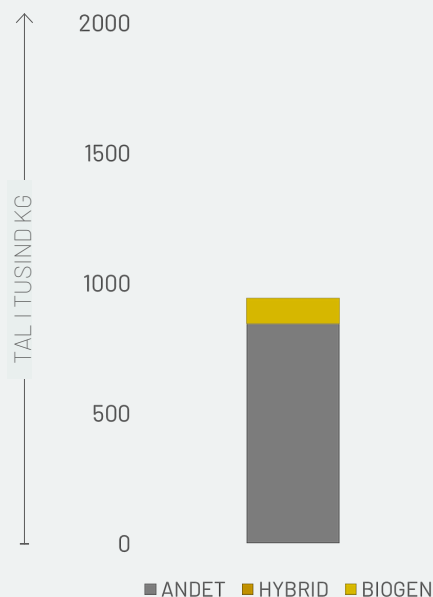
5,91 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år



**Figur R02.1: Udledningen af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år**

Søjlerne viser bygningens klimapåvirkning. Krydsene indikerer det højeste resultat for drift, materialer og samlet udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år i casesamlingens rækkehuse.

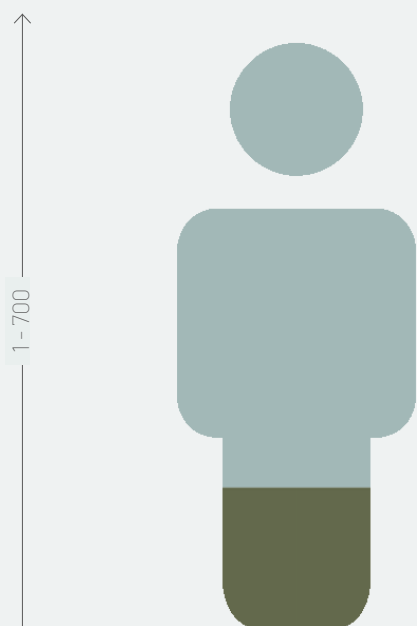
942.098 kg CO<sub>2</sub>-ækv.



**Figur R02.2: Den samlede udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv.**

Den stablede søjle viser casens samlede udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. fordelt på de tre materialegrupper; andre, hybrider og biogene.

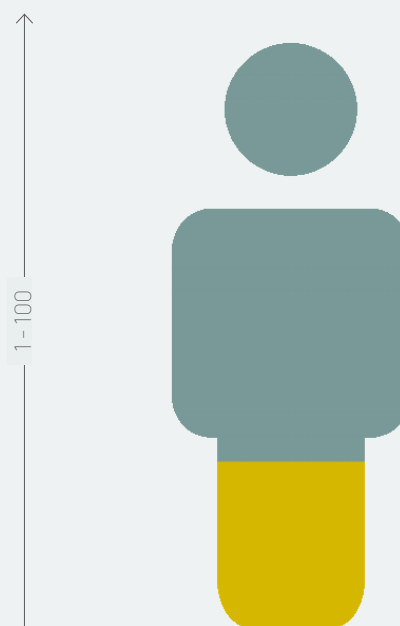
165 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / person / år



**Figur R02.3: Udledningen af CO<sub>2</sub> / person / år**

Den lodrette akse har et spænd på 1 til 700 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / person / år.

28 m<sup>2</sup> / person



**Figur R02.4: m<sup>2</sup> / person**

Den lodrette akse har et spænd på 1 til 100 m<sup>2</sup> / person

# R02: Skademosen

## KLIMAPÅVIRKNINGEN I RELATION TIL ANDRE BEST PRACTICE CASES

Den pågældende case er fremhævet i diagrammet som viser best practice byggeriernes udledning sorteret fra den højeste til laveste udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år.



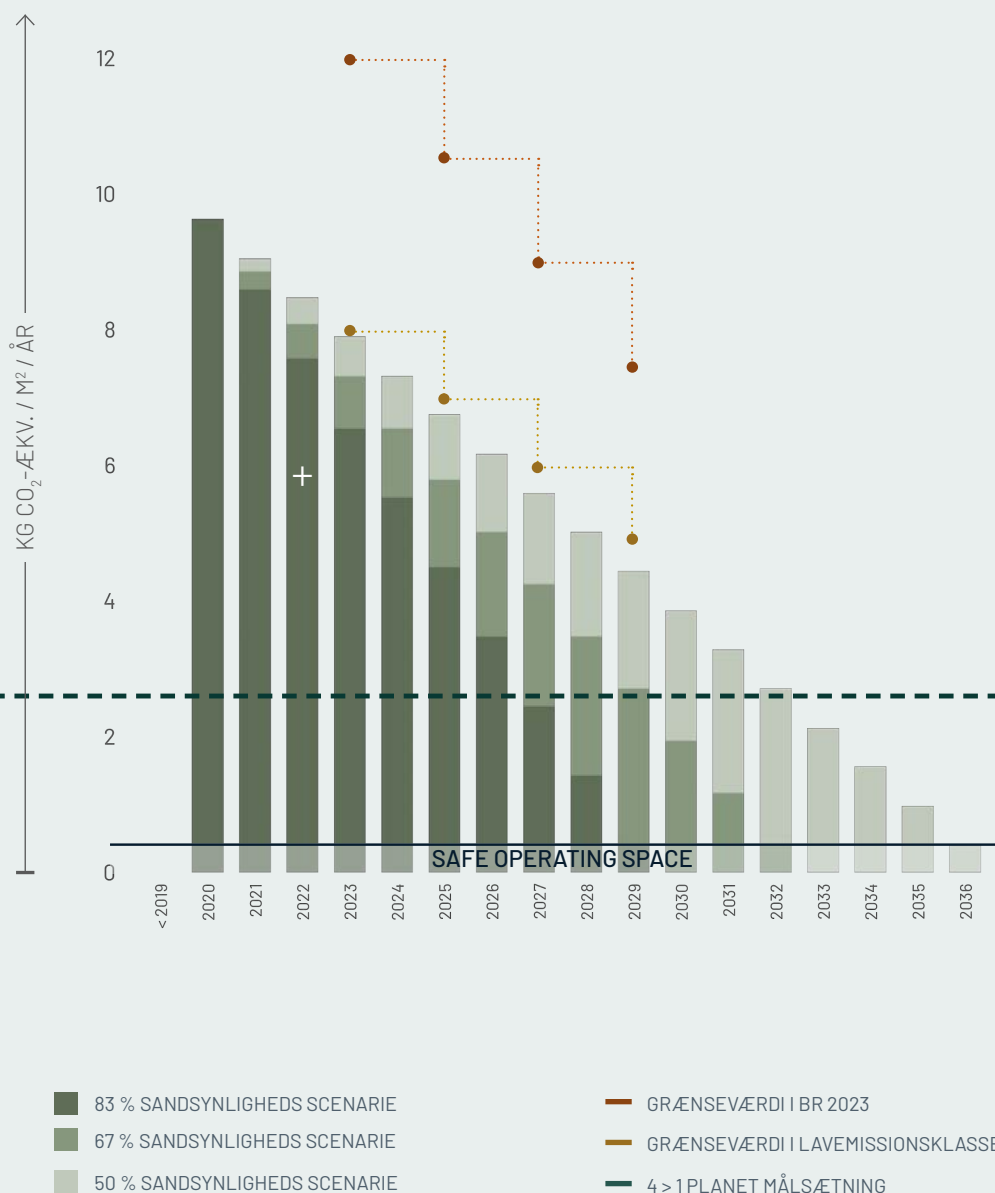
Figur R02.5: Boligcases

Den vertikale akse viser udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv./m<sup>2</sup>/år. Den horisontale akse viser de 25 best practice cases.

# R02: Skademosen

## BYGNINGENS UDLEDNING I REDUCTION ROADMAP

Klimapåvirkningen vises her i udledning af  $\text{kg CO}_2\text{-ækv. / m}^2\text{ / år}$ . Livscyklusvurderingen er lavet med år 2022 som året for ibrugtagning og caseresultatet er repræsenteret af et hvidt plustegn. Diagrammet viser hvor den pågældende case befinder sig i relation til Reduction Roadmap, hvor den er vel indenfor den hurtigste reduktions-takt, i sandsynlighedsscenarioet på 83 %.

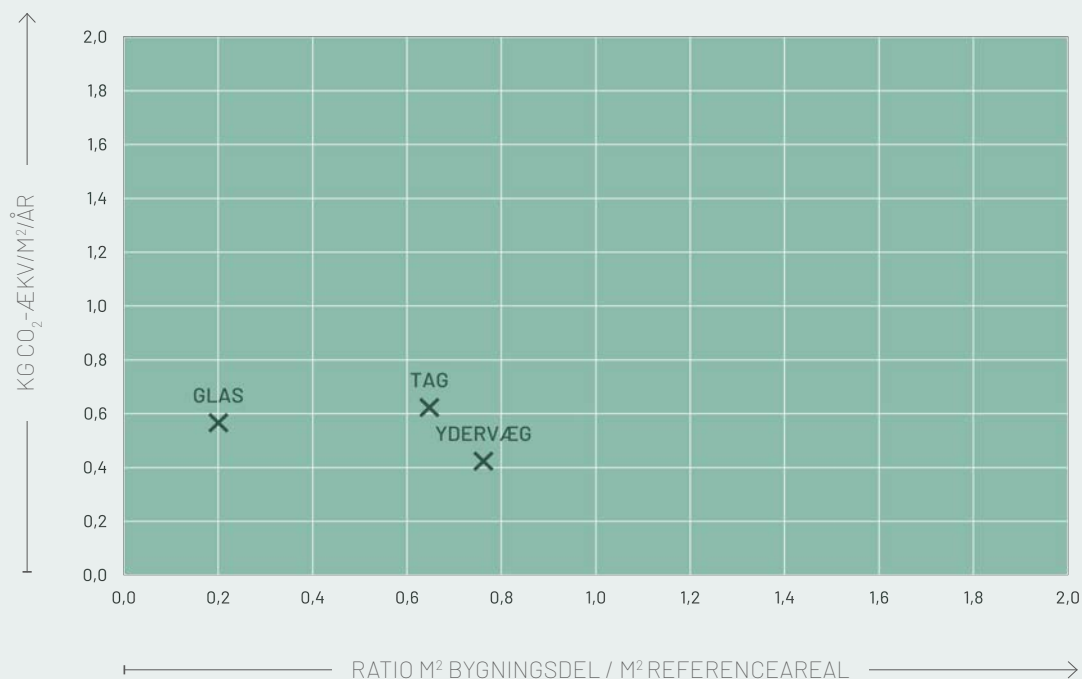


Figur R02.6: Reduction Roadmap

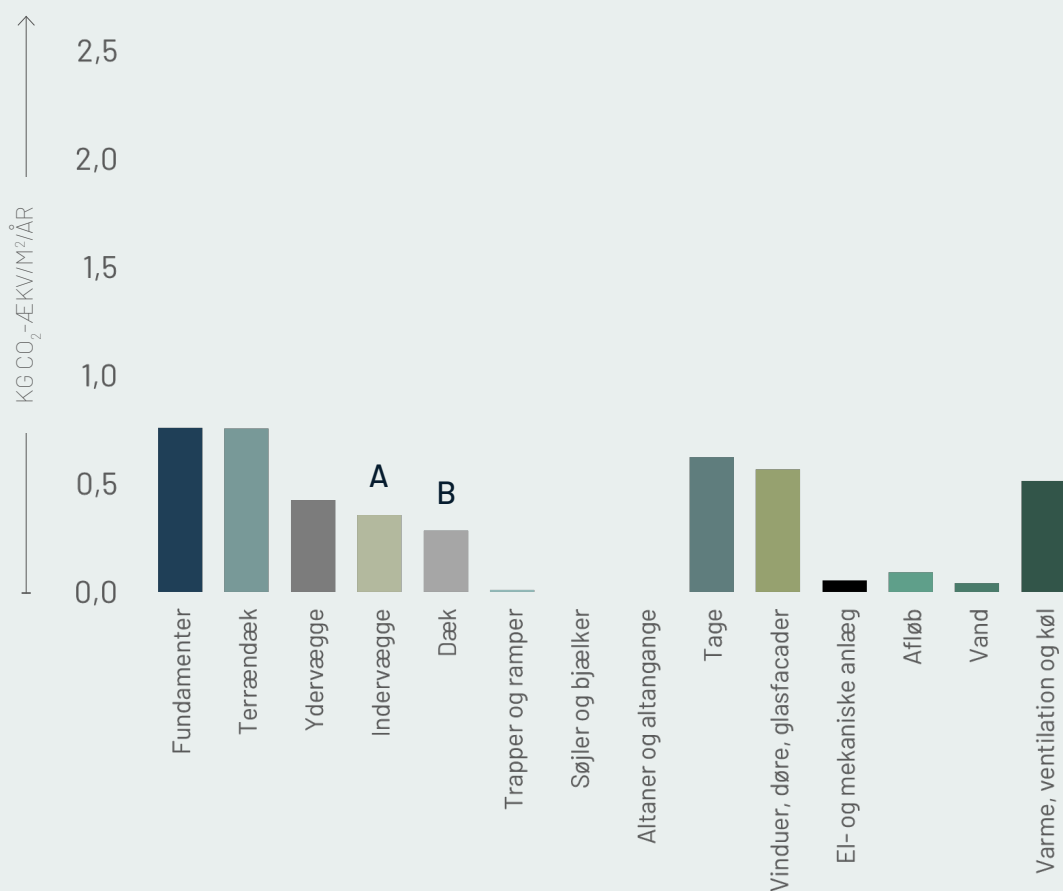
Den aktuelle case i relation til Reduction Roadmap, grænseværdierne, 4 til 1 planets målsætning på  $2.5 \text{ kg CO}_2\text{-ækv. / m}^2\text{ / år}$  og 'safe operating space'.

# R02: Skademosen

## BYGNINGSDELSRATIO OG PÅVIRKNING



## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER BYGNINGSDELE



Figur R02.7: CO<sub>2</sub>-regnskab over byggeriets bygningsdele

Den horisontale akse viser bygningens mest centrale bygningsdele, herunder fundamenter, terrændæk, ydervægge, indervægge, dæk, trapper og ramper, søjler og bjælker, altaner og altangange, tage, vinduer, døre og glasfacader, el- og mekaniske anlæg samt tekniske installationer (standard værdier).



# R02: Skademosen

## DE BIOGENE MATERIALERS ANDEL: MASSE VS. KLIMAKLIMAPÅVIRKNING

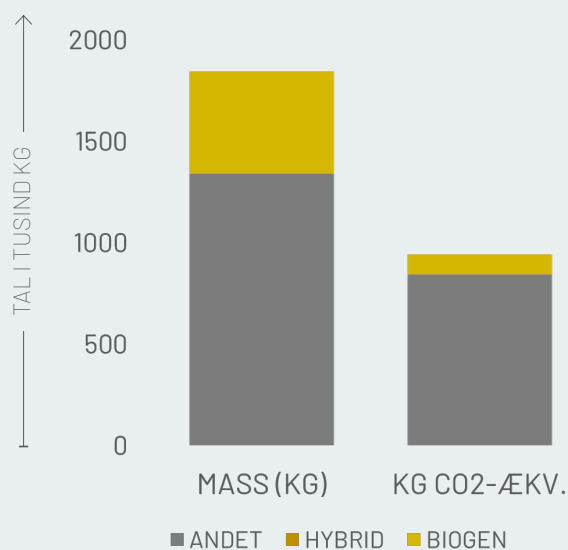
**Figur R02.8:**

Søjlediagrammet viser det pågældende boligbyggeri opdelt i tre materialegrupper: biogene materialer, hybrider og andre materialer.

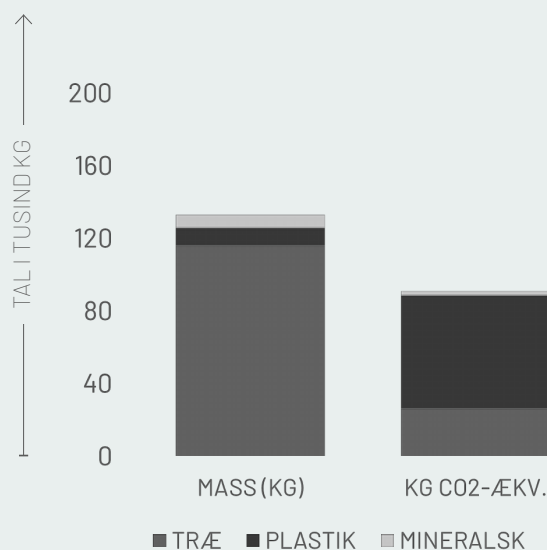
Den lodrette akse viser tal for kilogram i tusinde, dvs. at spændet er 0 - 2000.000 kg.

Søjlen til venstre viser bygningens masse i kg, opdelt i materialegrupperne.

Søjlen til højre viser bygningens totale udledning af CO<sub>2</sub>-ækv. opdelt efter samme princip.



## MATERIALERNES MASSE I FORHOLD TIL MATERIALERNES TOTALE UDLEDNING AF KG CO<sub>2</sub>-ÆKV.



### A. INDERVÆGGENS OPBYGNING

- CLT-boks
- Mineraluldsisolering
- Gipskartonplade

### B. DÆKKETS OPBYGNING

- Trægulv, stavparket
- PVC, gulvbelægning
- CLT-dæk

# R03: Tømmergården



FOTO: KAB

**Bygherre:** Roskilde Nord / KAB  
**Aktekt:** ONV / JaJa Architects  
**Ingeniør:** Bascon  
**Entreprenør:** Scandi Byg

**Opførelseår:** 2021  
**Etageareal:** 531 m<sup>2</sup>  
**Referenceareal:** 531 m<sup>2</sup>  
**Andvendelse:** Helårsbolig  
**Beboere:** 148 stk.  
**År for ibrugtagning:** 2022  
**Opvarmning:** Naturgas  
**Solceller:** Ja

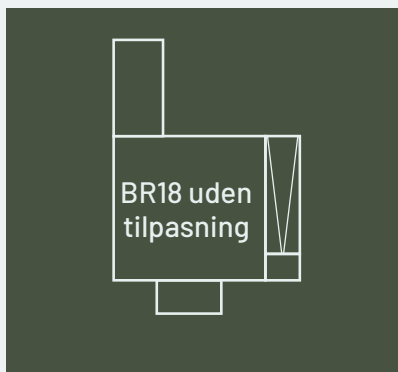


FOTO: KAB

## BESKRIVELSE

Tømmergården er et almennyttigt boligområde med syv blokke, såkaldte supervillaer, der hver rummer fem boliger. Produktionsfasen foregår primært på fabrik, hvilket kan være med til at holde anvendelse af byggematerialer og ressourceforbrug på byggepladsen nede. Der er blevet arbejdet særligt med dagslysforhold og individuel aptering af boligerne som en strategi for ressourcebesparelse.

Bygningerne i én til to etager står på et punktfundament af beton med bjælker i stål. Der er monteret riste i facadelinjen for at ventilere hulrummet under bygningen samtidigt med at niveaufri adgang sikres. Terrændækket består af elementer med limtræs bjælker, mineraluld og trykimprægneret krydsfiner med et terrændæksunderlag af stabilgrus.

Bebyggelsen er opført med træbokselementer, ydervæggene er isolerede med mineraluld og facaderne er træbeklædte.

Etageadskillelser og adskillelser imellem lejemål er udført som trækonstruktioner med mineraluldisolering og med lydlægte i tillæg til lydfilt.

Taget er udført med limtræskonstruktion og ventileret hulrum og mineraluldisolering. Det er beklædt med tagpap og udført med sedumtag (grønt tag).

Livscyklusvurderingen er udført på én bygning ud af syv i bebyggelsen. Denne er 531 m<sup>2</sup> og har plads til 19 beboere hvilket giver ca. 28 m<sup>2</sup>/ person. Det er i den lave ende for case samlingen.



Hybrid



1 - 2 etager

# R03: Tømmergården

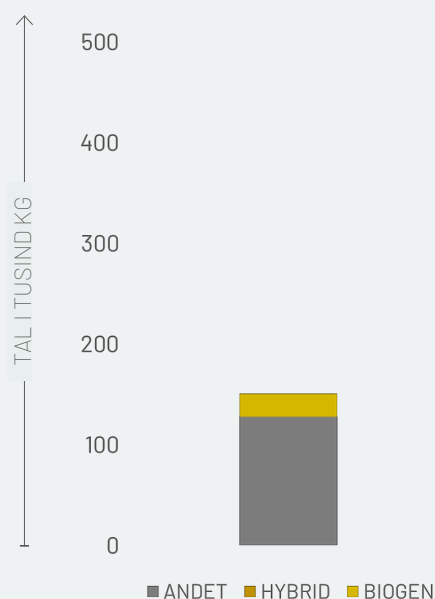
7,04 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år



Figur R03.1: Udledningen af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år

Søjlerne viser bygningens klimapåvirkning. Krydsene indikerer det højeste resultat for drift, materialer og samlet udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år i casesamlingens rækkehuse.

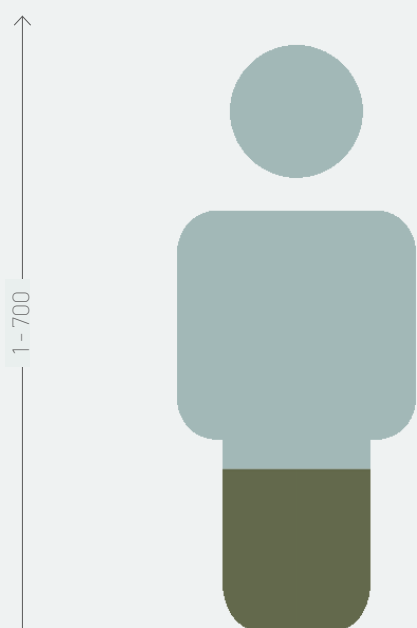
150.725 kg CO<sub>2</sub>-ækv.



Figur R03.2: Den samlede udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv.

Den samlede søjle viser casens samlede udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. fordelt på de tre materialegrupper; andre, hybrider og biogene.

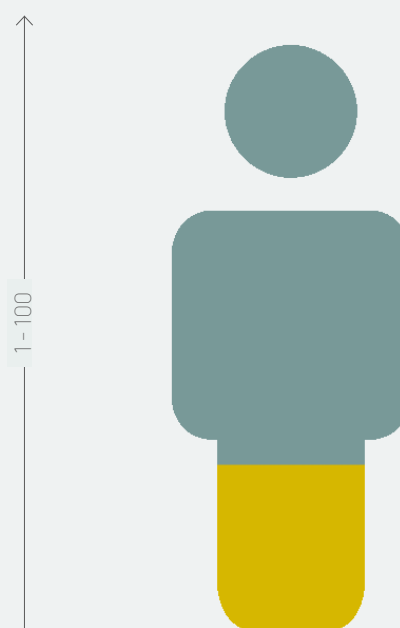
189 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / person / år



Figur R03.3: Udledningen af CO<sub>2</sub> / person / år

Den lodrette akse har et spænd på 1 til 700 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / person / år.

28 m<sup>2</sup> / person



Figur R03.4: m<sup>2</sup> / person

Den lodrette akse har et spænd på 1 til 100 m<sup>2</sup> / person

# R03: Tømmergården

## KLIMAPÅVIRKNINGEN I RELATION TIL ANDRE BEST PRACTICE CASES

Den pågældende case er fremhævet i diagrammet som viser best practice byggeriernes udledning sorteret fra den højeste til laveste udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år.



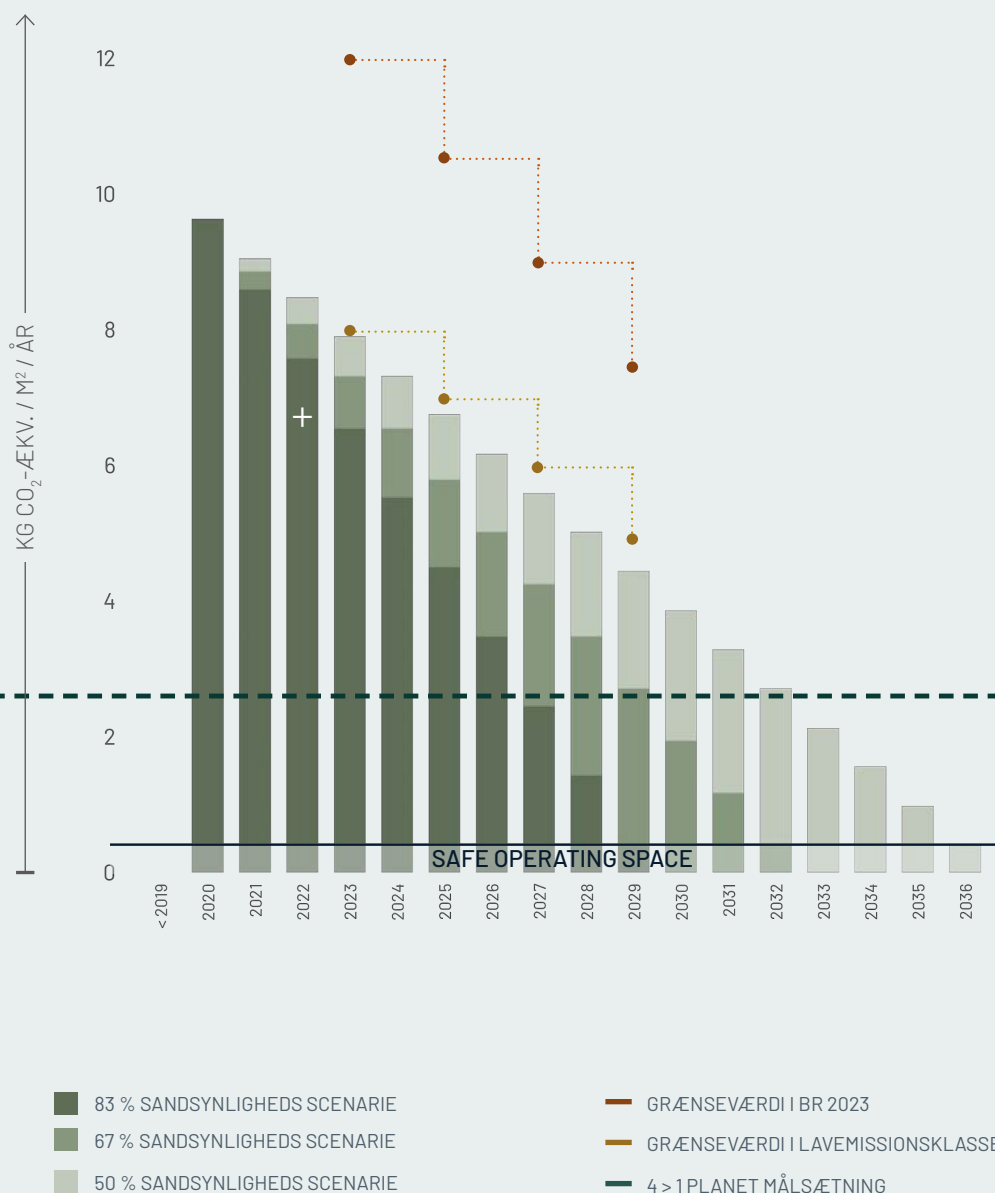
**Figur R03.5: Boligcases**

Den vertikale akse viser udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv./m<sup>2</sup>/år. Den horisontale akse viser de 25 best practice cases.

# R03: Tømmergården

## BYGNINGENS UDLEDNING I REDUCTION ROADMAP

Klimapåvirkningen vises her i udledning af  $\text{kg CO}_2\text{-ækv. / m}^2 / \text{år}$ . Livscyklusvurderingen er lavet med år 2022 som året for ibrugtagning og caseresultatet er repræsenteret af et hvidt plus tegn. Diagrammet viser hvor den pågældende case befinder sig i relation til Reduction Roadmap, hvor den er vel indenfor den hurtigste reduktions-takt, i sandsynlighedsscenarioet på 83 %.

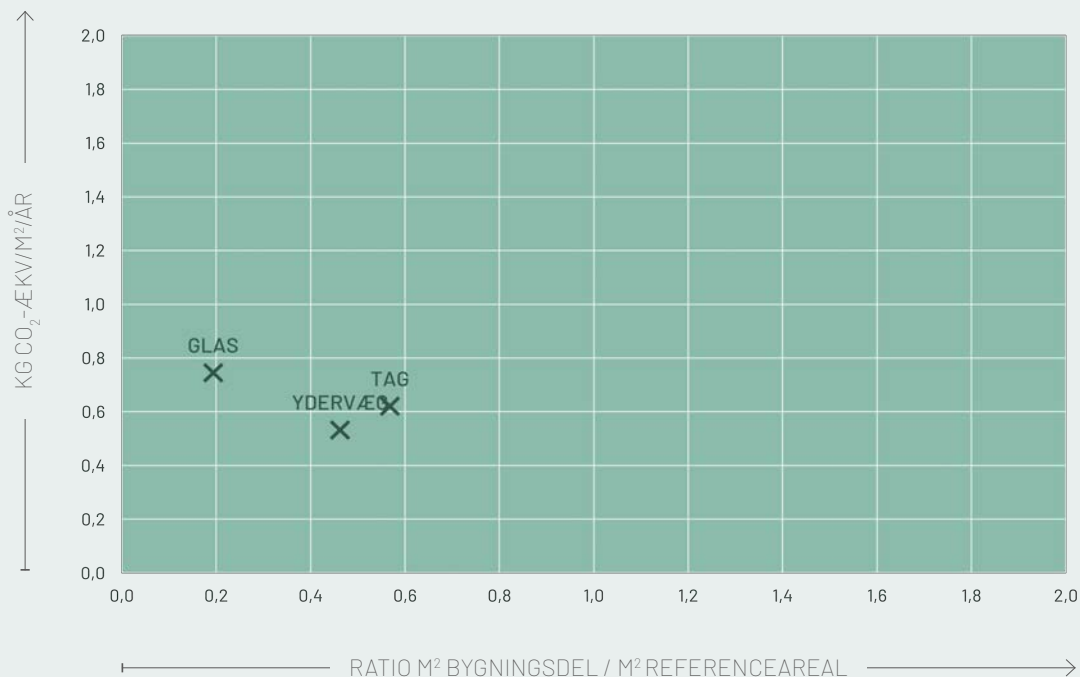


Figur R03.6: Reduction Roadmap

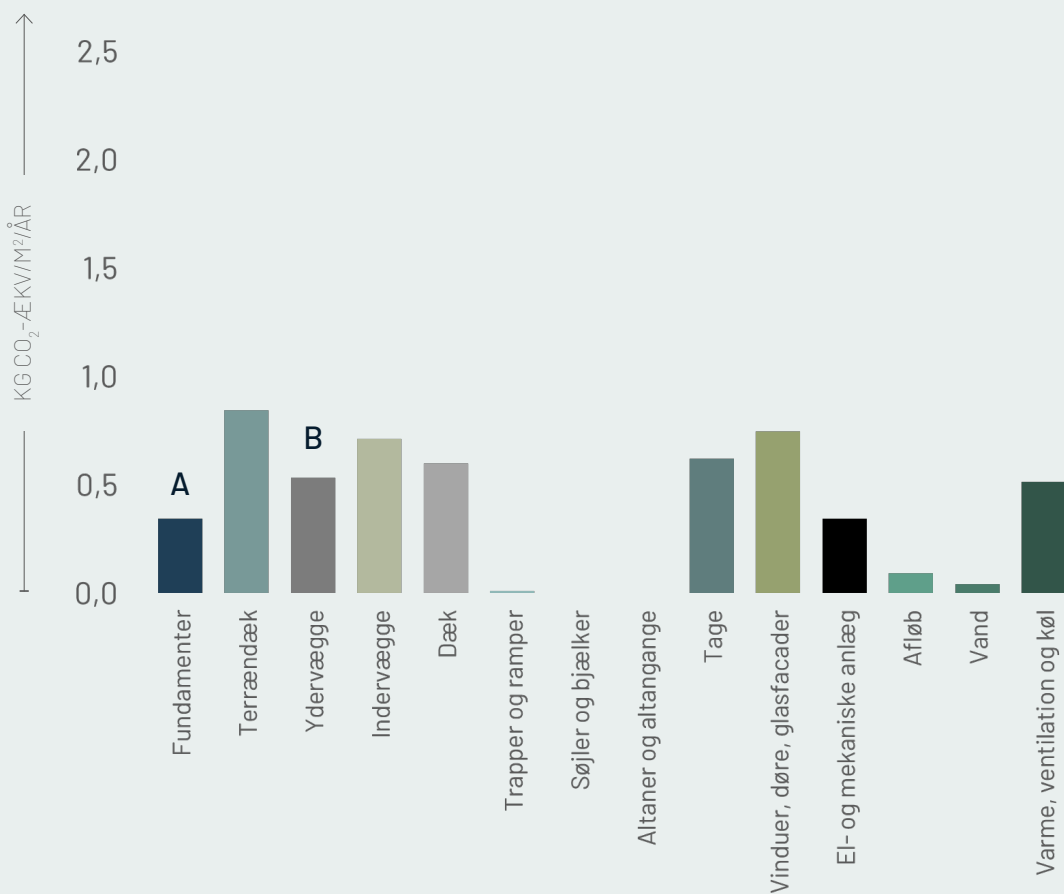
Den aktuelle case i relation til Reduction Roadmap, grænseværdierne, 4 til 1 planets målsætning på  $2.5 \text{ kg CO}_2\text{-ækv./m}^2 / \text{år}$  og 'safe operating space'.

# R03: Tømmergården

## BYGNINGSDELSRATIO OG PÅVIRKNING



## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER BYGNINGSDELE



Figur R03.7: CO<sub>2</sub>-regnskab over byggeriets bygningsdele

Den horisontale akse viser bygningens mest centrale bygningsdele, herunder fundamenter, terrændæk, ydervægge, indervægge, dæk, trapper og ramper, søjler og bjælker, altaner og altangange, tage, vinduer, døre og glasfacader, el- og mekaniske anlæg samt tekniske installationer (standard værdier).

# R03: Tømmergården

## DE BIOGENE MATERIALERS ANDEL: MASSE VS. KLIMAKLIMAPÅVIRKNING

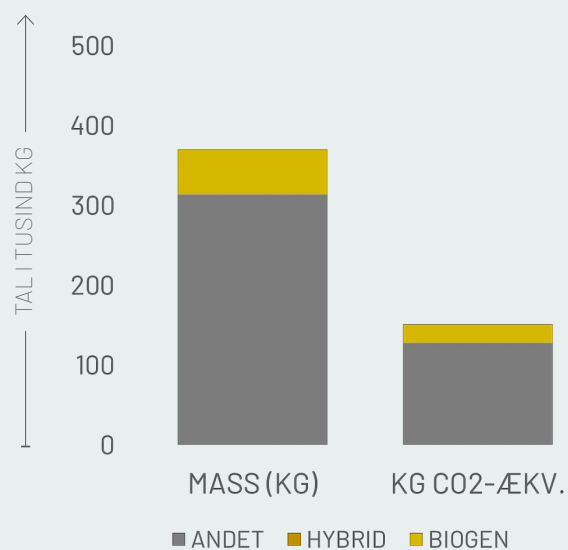
Figur R03.8:

Søjlediagrammet viser det pågældende boligbyggeri opdelt i tre materialegrupper: biogene materialer, hybrider og andre materialer.

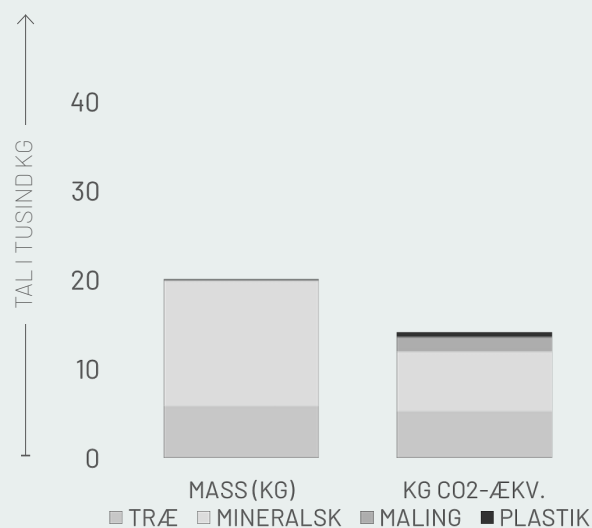
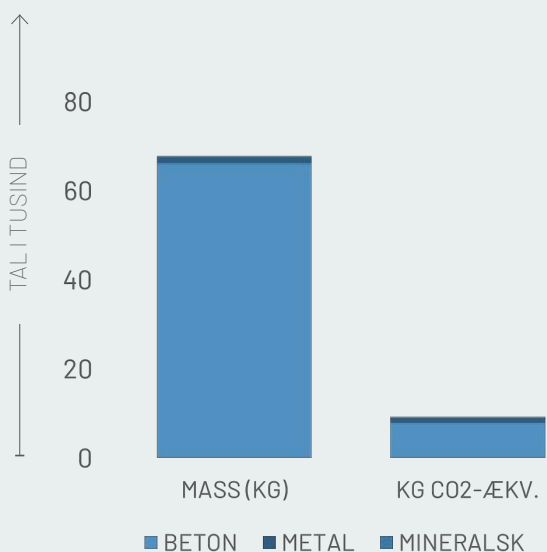
Den lodrette akse viser tal for kilogram i tusinde, dvs. at spændet er 0 - 500.000 kg.

Søjlen til venstre viser bygningens masse i kg, opdelt i materialegrupperne.

Søjlen til højre viser bygningens totale udledning af CO<sub>2</sub>-ækv. opdelt efter samme princip.



## MATERIALERNES MASSE I FORHOLD TIL MATERIALERNES TOTALE UDLEDNING AF KG CO<sub>2</sub>-ÆKV.



### A. FUNDAMENTETS OPBYGNING

Punktfundament, beton  
Stålbjælker

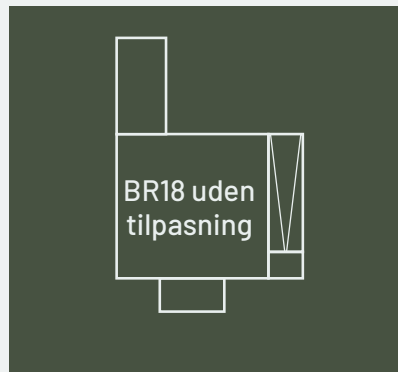
### B. YDERVÆGGENS OPBYGNING

Bræddebeklædning, træ  
Trælister  
Dampspærre  
Fibercementplade  
Træskelet  
Mineraluldsisolering, batts  
Fibergips  
Puds og maling

# R04: Danmarksgrunden



<b>Bygherre:</b>	Boligselskabet AKB c/o KAB
<b>Akitekt:</b>	Vandkunsten
<b>Ingeniør:</b>	Dansk Energi management + Esbensen
<b>Entreprenør:</b>	GVL Entreprise + BM Tag
<b>Opførelseår:</b>	2014
<b>Etageareal:</b>	8378 m <sup>2</sup>
<b>Referenceareal:</b>	8378 m <sup>2</sup>
<b>Andvendelse:</b>	Helårsbolig
<b>Beboere:</b>	19 stk. / enhed
<b>År for ibrugtagning:</b>	2022
<b>Opvarmning:</b>	Varmepumpe
<b>Solceller:</b>	Nej



## BESKRIVELSE

Danmarksgrunden er et almennyttigt boligområde i fem rækker med i alt 72 boliger. Produktionsfasen foregår primært på fabrik, hvilket kan være med til at holde anvendelse af byggematerialer og ressourceforbrug på byggepladsen nede. Der er blevet arbejdet særligt med at holde beboeromkostninger nede ved at optimere energiforbrug og reducere behovet for vedligehold.

Bygningerne i tre etager står på et linje- og pælefundament i beton og er isoleret med EPS og celleglasisolering. Terrændækket er udført som træboks, isoleret med mineraluld og EPS og beklædt med cementspånplade.

Bebyggelsen er opført som præfabrikeret og modulært kassebyggeri og er udformet som kile for at danne et buet forløb. Facaden er beklædt med skifer og cedertræ, som kræver ingen eller meget begrænset vedligehold.

Etageadskillelser og adskillelser imellem lejemål er udført som træbokse med mineraluldsisolering og gipsplader, i etageadskillelserne er gipsen brandimpregneret. Overfladerne er behandlet med kalkpuds og malet.

Taget er udført som træboks og isoleret med mineraluld. Taget er beklædt med tagpap og forsynet med et tagudhæng som forlænger facadematerialernes levetid. Tagudhængets underside er beklædt med træ og behandlet med træmaling.

Danmarksgrunden er 8378 m<sup>2</sup> og har plads til 207 beboere hvilket giver ca. 41 m<sup>2</sup>/ person. Det er i den høje ende for case samlingen.



Boks



3 etager



# R04: Danmarksgrunden

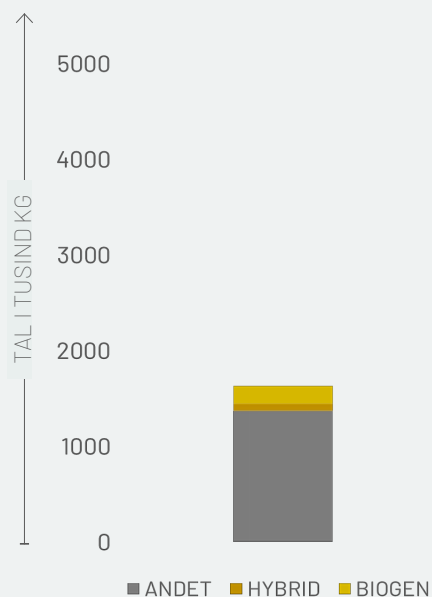
4,60 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år



Figur R04.1: Udledningen af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år

Søjlerne viser bygningens klimapåvirkning. Krydsene indikerer det højeste resultat for drift, materialer og samlet udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år i casesamlingens rækkehuse.

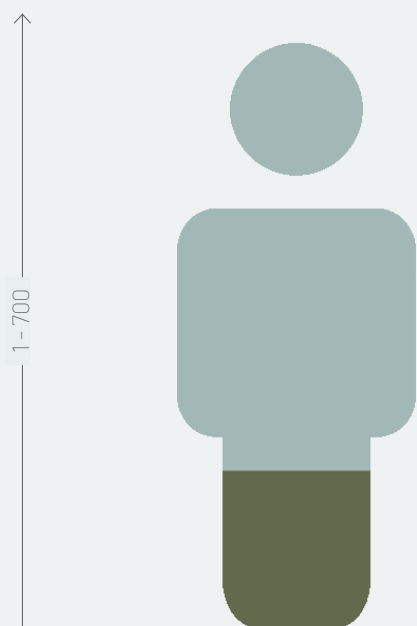
1.632.490 kg CO<sub>2</sub>-ækv.



Figur R04.2: Den samlede udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv.

Den stablede søjle viser casens samlede udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. fordelt på de tre materialegrupper; andre, hybrider og biogene.

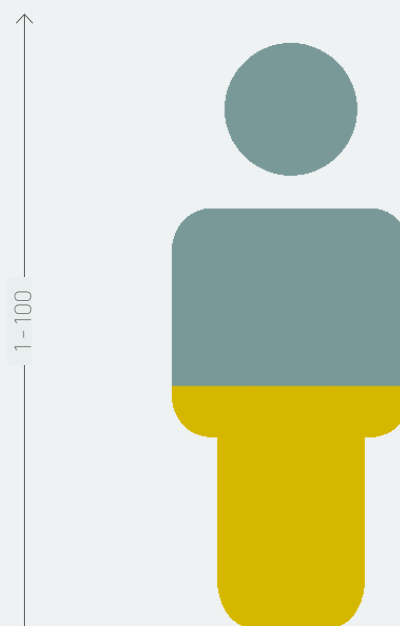
186 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / person / år



Figur R04.3: Udledningen af CO<sub>2</sub> / person / år

Den lodrette akse har et spænd på 1 til 700 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / person / år.

41 m<sup>2</sup> / person



Figur R04.4: m<sup>2</sup> / person

Den lodrette akse har et spænd på 1 til 100 m<sup>2</sup> / person

# R04: Danmarksgrunden

## KLIMAPÅVIRKNINGEN I RELATION TIL ANDRE BEST PRACTICE CASES

Den pågældende case er fremhævet i diagrammet som viser best practice byggeriernes udledning sorteret fra den højeste til laveste udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år.



Figur R04.5: Boligcases

Den vertikale akse viser udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv./m<sup>2</sup>/år. Den horisontale akse viser de 25 best practice cases.

# R04: Danmarksgrunden

## BYGNINGENS UDLEDNING I REDUCTION ROADMAP

Klimapåvirkningen vises her i udledning af  $\text{kg CO}_2\text{-ækv. / m}^2\text{ / år}$ . Livscyklusvurderingen er lavet med år 2022 som året for ibrugtagning og caseresultatet er repræsenteret af et hvidt plus tegn. Diagrammet viser hvor den pågældende case befinder sig i relation til Reduction Roadmap, hvor den er vel indenfor den hurtigste reduktions-takt, i sandsynlighedsscenarioet på 83 %.

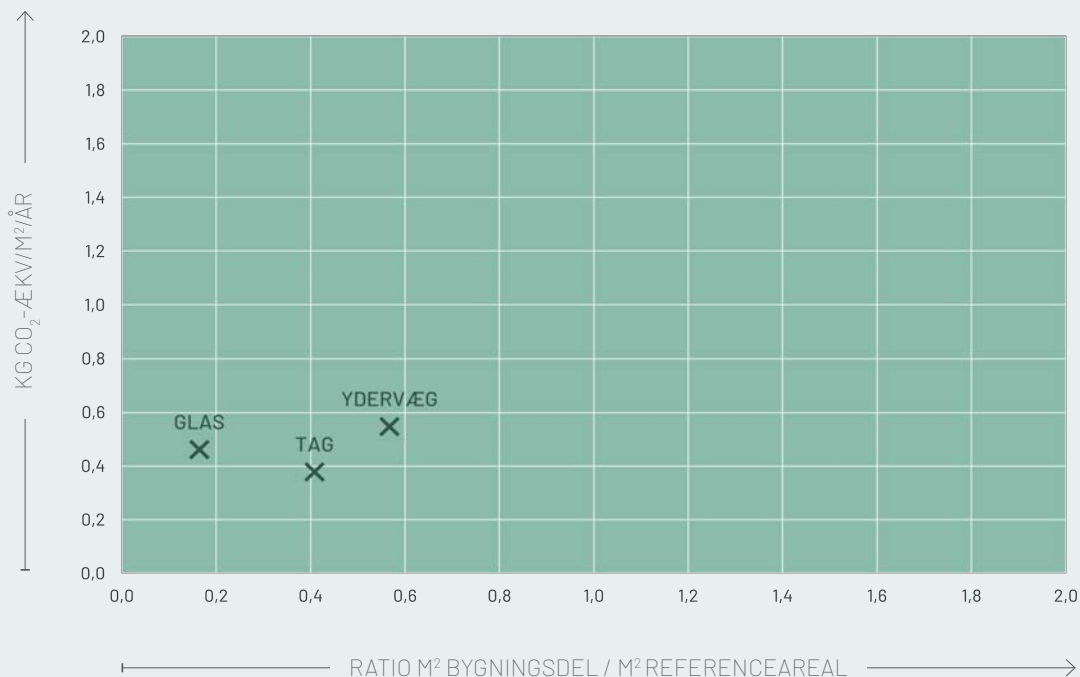


Figur R04.6: Reduction Roadmap

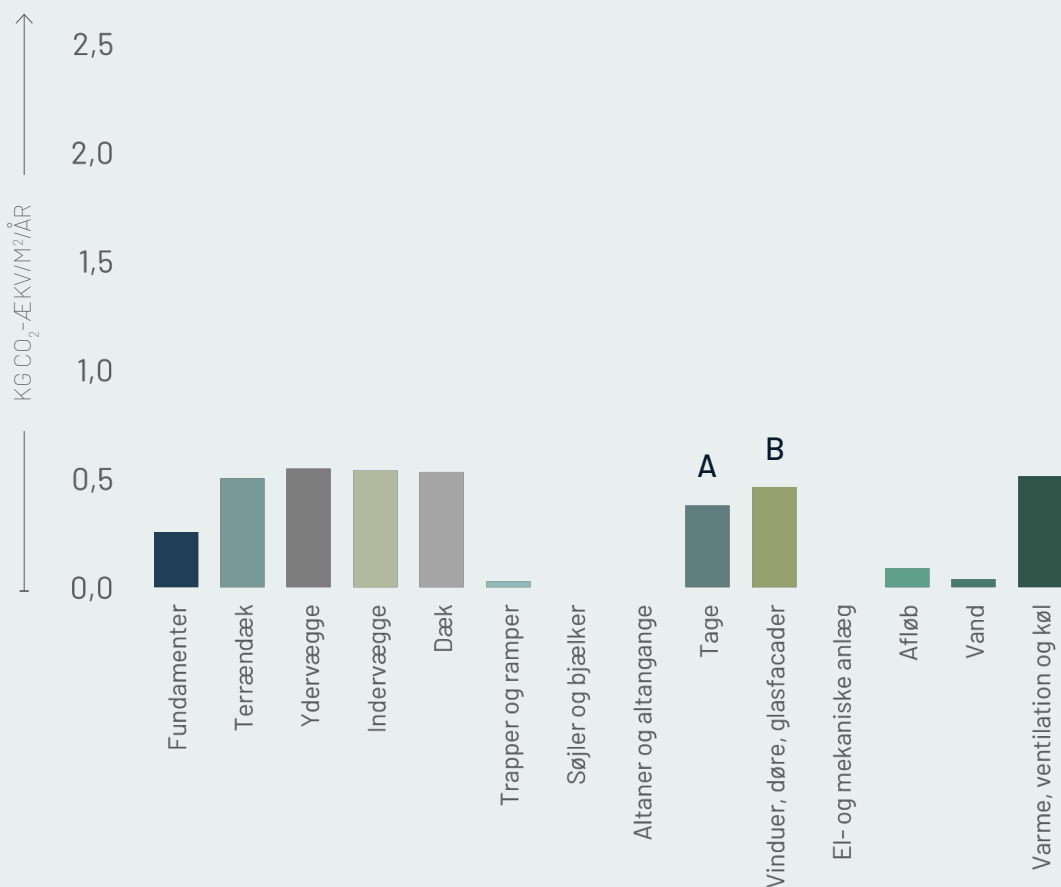
Den aktuelle case i relation til Reduction Roadmap, grænseværdierne, 4 til 1 planets målsætning på  $2.5 \text{ kg CO}_2\text{-ækv./m}^2\text{ / år}$  og 'safe operating space'.

# R04: Danmarksgrunden

## BYGNINGSDELSRATIO OG PÅVIRKNING



## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER BYGNINGSDELE



Figur R04.7: CO<sub>2</sub>-regnskab over byggeriets bygningsdele

Den horisontale akse viser bygningens mest centrale bygningsdele, herunder fundamenter, terrændæk, ydervægge, indervægge, dæk, trapper og ramper, søjler og bjælker, altaner og altangange, tage, vinduer, døre og glasfacader, el- og mekaniske anlæg samt tekniske installationer (standard værdier).

# R04: Danmarksgrunden

## DE BIOGENE MATERIALERS ANDEL: MASSE VS. KLIMAKLIMAPÅVIRKNING

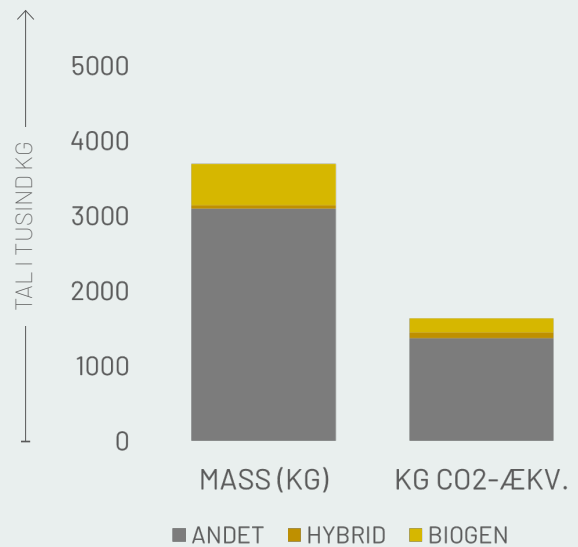
Figur R04.8:

Søjlediagrammet viser det pågældende boligbyggeri opdelt i tre materialegrupper: biogene materialer, hybrider og andre materialer.

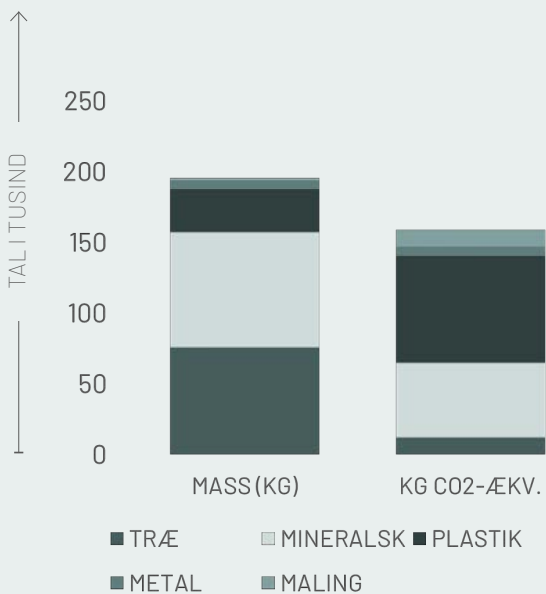
Den lodrette akse viser tal for kilogram i tusinde, dvs. at spændet er 0 - 5000.000 kg.

Søjlen til venstre viser bygningens masse i kg, opdelt i materialegrupperne.

Søjlen til højre viser bygningens totale udledning af CO<sub>2</sub>-ækv. opdelt efter samme princip.



## MATERIALERNES MASSE I FORHOLD TIL MATERIALERNES TOTALE UDLEDNING AF KG CO<sub>2</sub>-ÆKV.



### A. TAGETS OPBYGNING

- Beklædning, tagpap
- Underlag, tagpap
- Krydsfiner
- Træliste
- Træskelet
- Mineraluldsisolering
- Dampspærre
- Træliste
- Gipskartonplade
- Spartel og maling

### B. VINDUETS OPBYGNING OG RATIO

- OPBYGNING:
- Vindue, 3-lags (Limtræ + alu + plastik)
  - Glasdør, udvendig, 3-lags (Limtræ + alu + plastik)
  - Trædør, indvendig

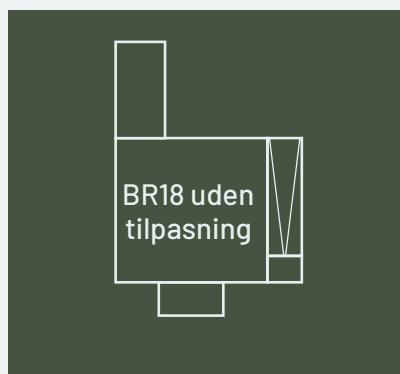
- RATIO:
- 0,16 m<sup>2</sup> vindue/ m<sup>2</sup> referenceareal

# R05: Skråningen I



**Bygherre:** Eco Village + Casa  
**Akitekt:** Vandkunsten  
**Ingeniør:** Scandi Byg  
**Entreprenør:** Scandi Byg

**Opførelseår:** 2019  
**Etageareal:** 4788 m<sup>2</sup>  
**Referenceareal:** 4788 m<sup>2</sup>  
**Andvendelse:** Helårsbolig  
**Beboere:** 216 stk.  
**År for ibrugtagning:** 2022  
**Opvarmning:** Varmepumpe  
**Solceller:** Ja



## BESKRIVELSE

Skråningen er et bofællesskab der er bygget med en vision om at det byggede skal respektere miljøet. Der er derfor arbejdet særligt for at konstruktionsprincipper og materialevalg samt udformning og sammensætning af boliger skal være lavet i overensstemmelse med denne vision. Den første etape i bebyggelsen er Skråningen I som blev opført i 2019. Den anden etape, Skråningen II, er også en del af case samlingen.

Bygningerne i to etager står på et stribefundament af letklinkerblokke, ovenpå et pladsstøbt betonfundament. Under terrændækket isoleres med et lag EPS og terrændækket består af en bærende træramme, isoleret med papiruld og beklædt med en cementspånplade.

Bebyggelsen er opført som en træsboksmoduler. Ydervæggene er isolerede med mineral- og papiruld og facaderne er træbeklædte. Etageadskillelser og adskillelser imellem boliger er udført med bærende trærammer og isolerede med papiruld. De er opbygget med hulrum og cementbundne spånplader. Vægge og lofter er beklædt med gipsplader og overfladerne er spartlet og malet. De lodrette lejlighedsskel er forsynet med brandimprægnerede gipsplader.

Taget består af en bærende træramme med et ventileret hulrum og er isoleret med papiruld. Taget er beklædt med tagpap.

Skråningen I er 4788 m<sup>2</sup> og har plads til 216 beboere hvilket giver ca. 22 m<sup>2</sup>/ person. Det er i den lave ende for case samlingen.



Boks



2 etager

# R05: Skråningen I

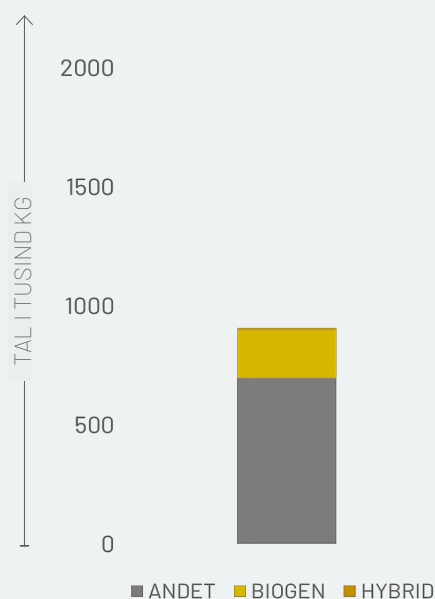
4,62 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år



Figur R05.1: Udledningen af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år

Søjlerne viser bygningens klimapåvirkning. Krydsene indikerer det højeste resultat for drift, materialer og samlet udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år i casesamlingens rækkehuse.

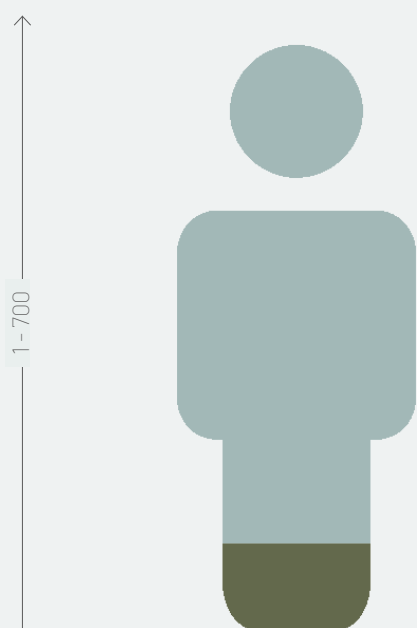
906.298 kg CO<sub>2</sub>-ækv.



Figur R05.2: Den samlede udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv.

Den samlede søjle viser casens samlede udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. fordelt på de tre materialegrupper; andre, hybrider og biogene.

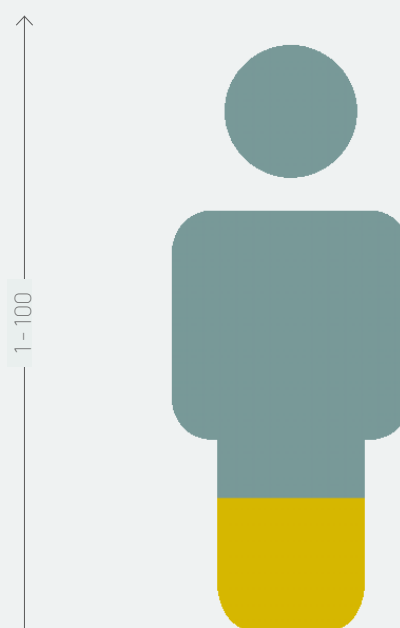
102 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / person / år



Figur R05.3: Udledningen af CO<sub>2</sub> / person / år

Den lodrette akse har et spænd på 1 til 700 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / person / år.

22 m<sup>2</sup> / person



Figur R05.4: m<sup>2</sup> / person

Den lodrette akse har et spænd på 1 til 100 m<sup>2</sup> / person

# R05: Skråningen I

## KLIMAPÅVIRKNINGEN I RELATION TIL ANDRE BEST PRACTICE CASES

Den pågældende case er fremhævet i diagrammet som viser best practice byggeriernes udledning sorteret fra den højeste til laveste udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år.



Figur R05.5: Boligcases

Den vertikale akse viser udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv./m<sup>2</sup>/år. Den horisontale akse viser de 25 best practice cases.



# R05: Skråningen I

## BYGNINGENS UDLEDNING I REDUCTION ROADMAP

Klimapåvirkningen vises her i udledning af  $\text{kg CO}_2\text{-ækv. / m}^2 / \text{år}$ . Livscyklusvurderingen er lavet med år 2022 som året for ibrugtagning og caseresultatet er repræsenteret af et hvidt plustegn. Diagrammet viser hvor den pågældende case befinder sig i relation til Reduction Roadmap, hvor den er vel indenfor den hurtigste reduktions-takt, i sandsynlighedsscenarioet på 83 %.

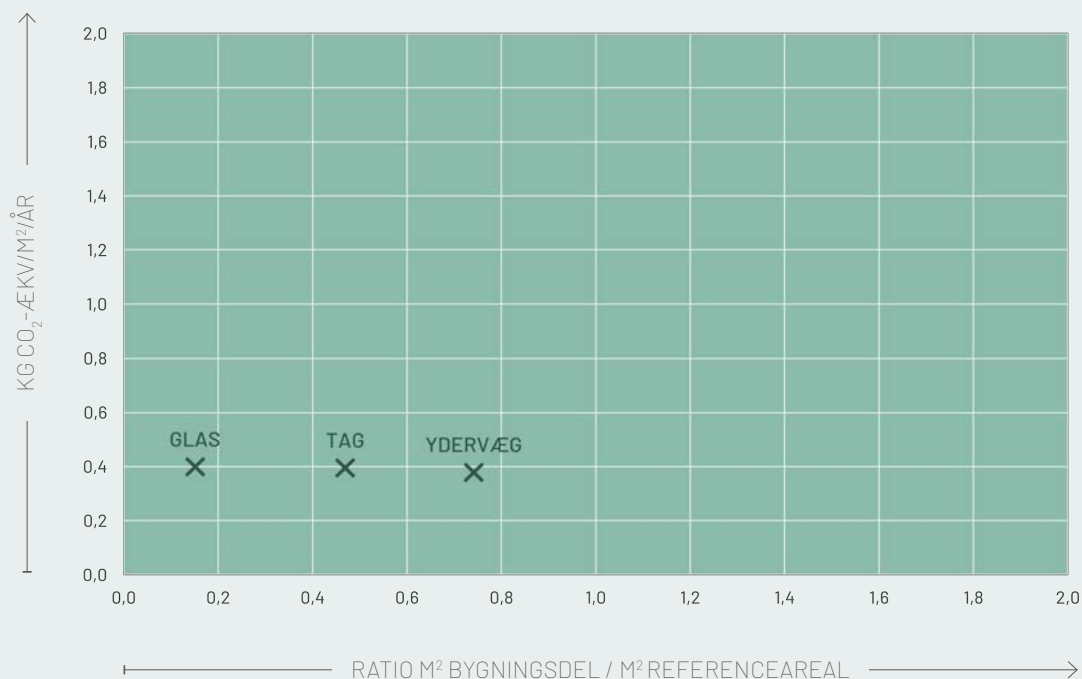


Figur R05.6: Reduction Roadmap

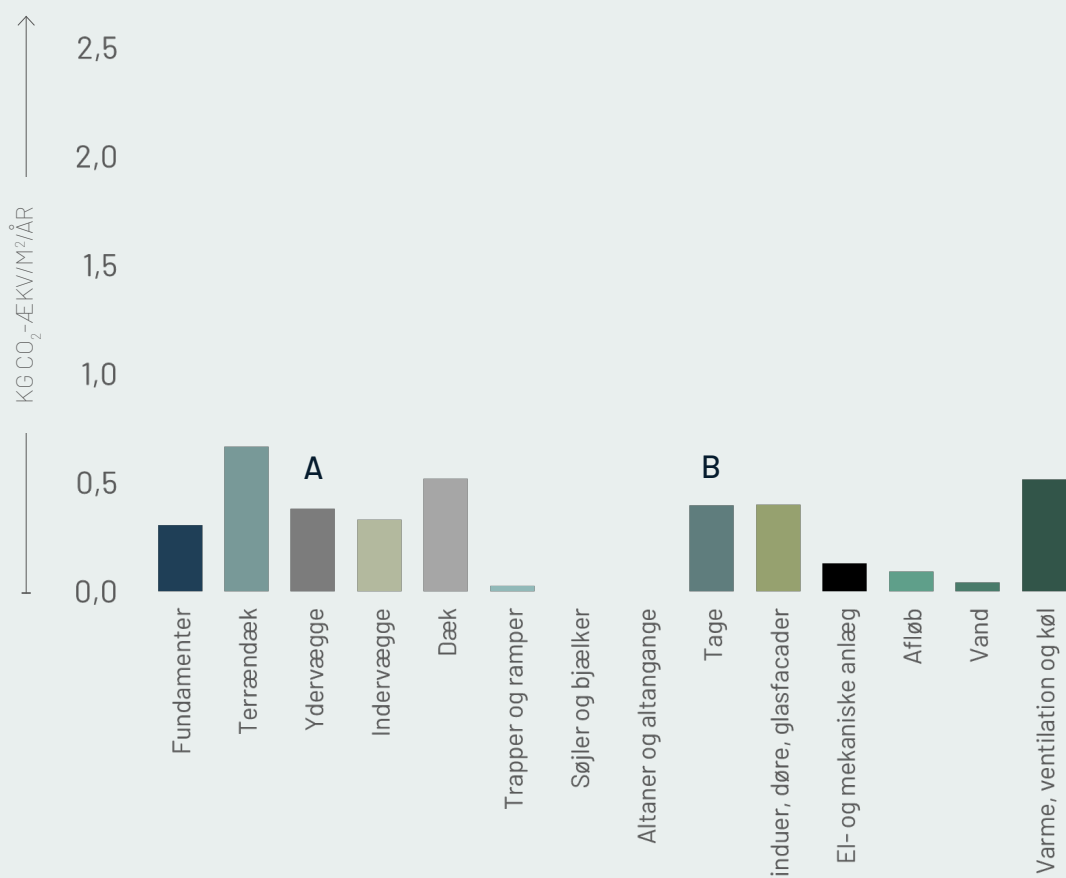
Den aktuelle case i relation til Reduction Roadmap, grænseværdierne, 4 til 1 planets målsætning på  $2.5 \text{ kg CO}_2\text{-ækv./m}^2 / \text{år}$  og 'safe operating space'.

# R05: Skråningen I

## BYGNINGSDELSRATIO OG PÅVIRKNING



## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER BYGNINGSDELE



Figur R05.7: CO<sub>2</sub>-regnskab over byggeriets bygningsdele

Den horisontale akse viser bygningens mest centrale bygningsdele, herunder fundamenter, terrændæk, ydervægge, indervægge, dæk, trapper og ramper, søjler og bjælker, altaner og altangange, tage, vinduer, døre og glasfacader, el- og mekaniske anlæg samt tekniske installationer (standard værdier).

# R05: Skråningen I

## DE BIOGENE MATERIALERS ANDEL: MASSE VS. KLIMAKLIMAPÅVIRKNING

**Figur R05.8:**

Søjlediagrammet viser det pågældende boligbyggeri opdelt i tre materialegrupper: biogene materialer, hybrider og andre materialer.

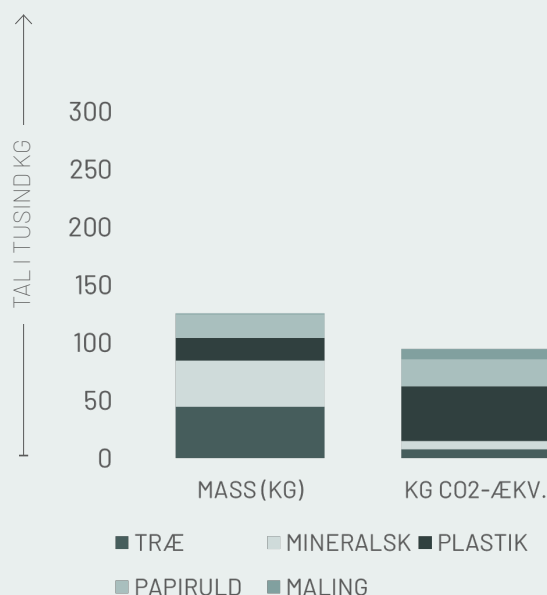
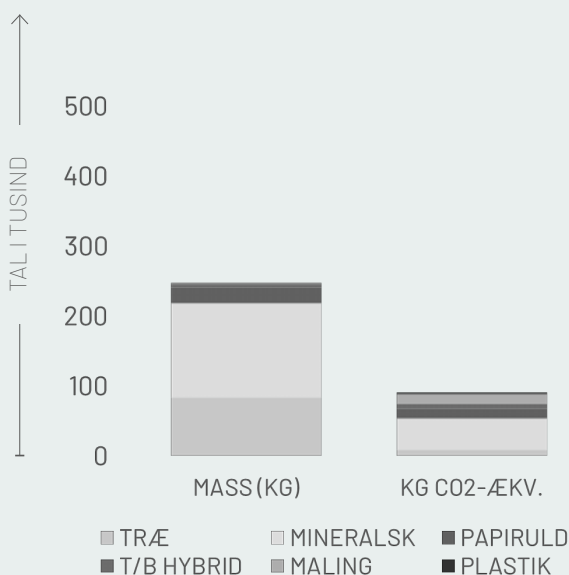
Den lodrette akse viser tal for kilogram i tusinde, dvs. at spændet er 0 - 2000.000 kg.

Søjlen til venstre viser bygningens masse i kg, opdelt i materialegrupperne.

Søjlen til højre viser bygningens totale udledning af CO<sub>2</sub>-ækv. opdelt efter samme princip.



## MATERIALERNES MASSE I FORHOLD TIL MATERIALERNES TOTALE UDLEDNING AF KG CO<sub>2</sub>-ÆKV.



### A. YDERVÆGGENS OPBYGNING (FARVE)

- Bræddebeklædning, træ
- Trælister
- Cementbundet spånplade
- Fibercement
- Træskelet
- Papiruldsisolering
- Dampspærre
- Trælister
- Mineraluldsisolering
- Gipskartonplade

### B. TAGETS OPBYGNING

- Beklædning, tagpap
- Underlag, tagpap
- Krydsfiner
- Trælister
- Vindspærre
- Træskelet
- Papiruldsisolering
- Dampspærre
- Krydsfiner
- Gipskartonplade

# R06: Skråningen II



FOTO: VANDKUNSTEN

**Bygherre:** Eco Village + Casa  
**Akitekt:** Vandkunsten  
**Ingeniør:** Scandi Byg  
**Entreprenør:** Scandi Byg

**Opførelseår:** 2019  
**Etageareal:** 4788 m<sup>2</sup>  
**Referenceareal:** 4788 m<sup>2</sup>  
**Andvendelse:** Helårsbolig  
**Beboere:** 216 stk.  
**År for ibrugtagning:** 2022  
**Opvarmning:** Varmepumpe  
**Solceller:** Ja

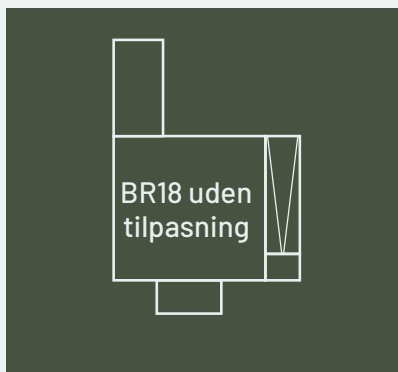


FOTO: VANDKUNSTEN

## BESKRIVELSE

Skråningen er et bofællesskab der er bygget med en vision om at det byggede skal respektere miljøet. Der er derfor arbejdet særligt for at konstruktionsprincipper og materialevalg samt udformning og sammensætning af boliger skal være lavet i overensstemmelse med den vision. Den anden etape i bebyggelsen er Skråningen II som blev opført i 2021.

Siden de konstruktive principper i høj grad minder om dem i etape I (se Skråningen I) vil der i denne beskrivelse fokuseres på de særlige tiltag som ikke illustreres bedst ved at vise resultater for byggeriets udledning af kg CO<sub>2</sub> / m<sup>2</sup> / år. Mange af de anvendte greb i bebyggelsen vil f.eks. have udslag i resultater for byggeriets udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / person / år.

I bofællesskabet er 12% af det byggede areal fælles hvilket holder boligarealet / person lavt i Skråningen I og II. Boligerne består af et basismodul og varierende ekstramoduler der kan tilgodese forskellige og foranderlige behov for plads i boligen, samtidigt med at mange af de pladskrævende arealer er tilgængelige udenfor den private bolig. Der er blandt andet et større fælleshus og flere mindre fælles faciliteter, som er placeret i tilknytning til boligerne. De mindre fælles faciliteter kan huse fx musikrum, teenageværelser, gæsteværelser eller værksteder og redskabsrum i forbindelse med større uderum.

Boligernes begrænsede dybde på 7,5 m gør også at der er meget naturligt lys, selvom boligerne ikke har en høj ratio af vinduesareal til gulvareal i forhold til mange andre byggerier i casesamlingen.

Skråningen II er 5071 m<sup>2</sup> og har plads til 222 beboere hvilket giver ca. 23 m<sup>2</sup>/ person. Det er i den lave ende af case samlingen.



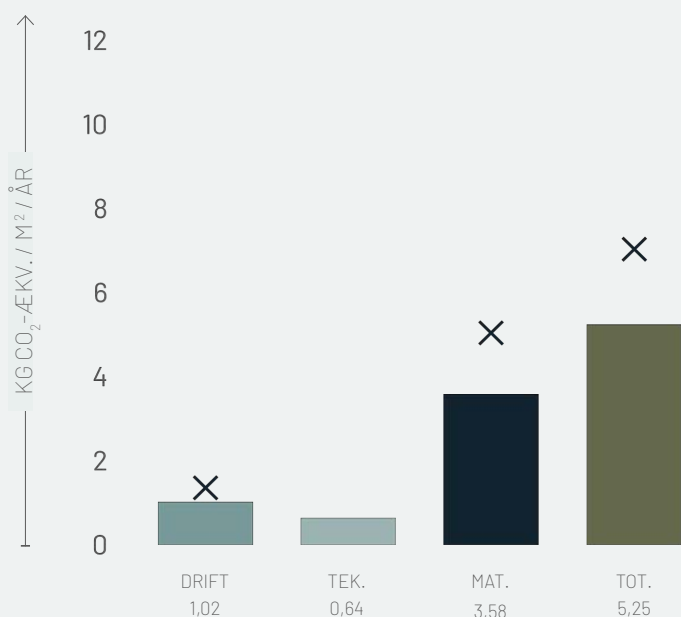
Boks



2 etager

# R06: Skråningen II

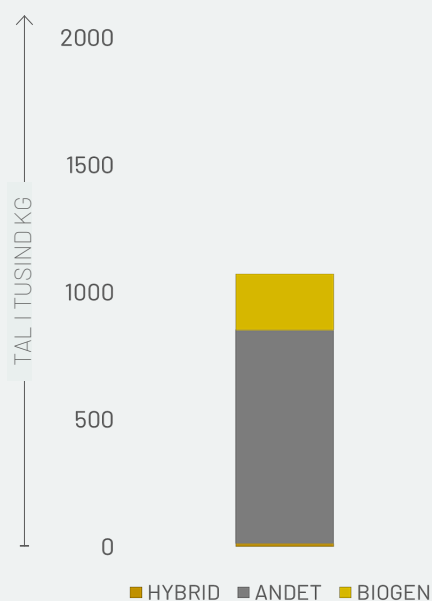
5,25 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år



Figur R06.1: Udledningen af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år

Søjlerne viser bygningens klimapåvirkning. Krydsene indikerer det højeste resultat for drift, materialer og samlet udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år i casesamlingens rækkehuse.

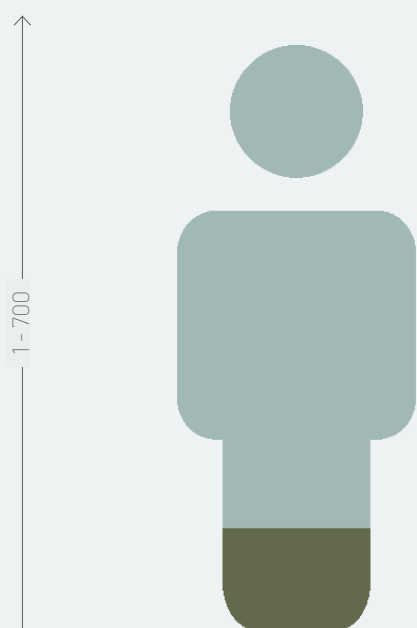
1.071.358 kg CO<sub>2</sub>-ækv.



Figur R06.2: Den samlede udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv.

Den stablede søjle viser casens samlede udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. fordelt på de tre materialegrupper; andre, hybrider og biogene.

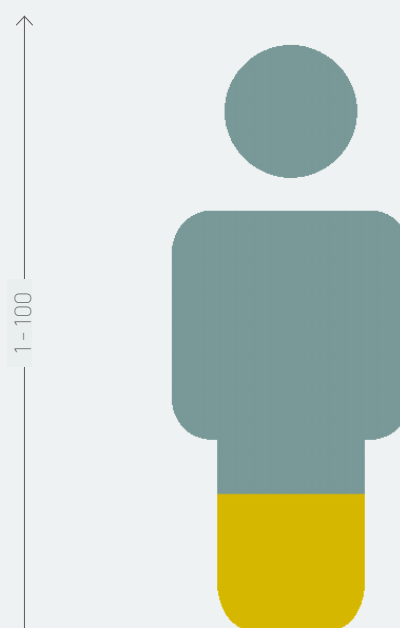
120 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / person / år



Figur R06.3: Udledningen af CO<sub>2</sub> / person / år

Den lodrette akse har et spænd på 1 til 700 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / person / år.

23 m<sup>2</sup> / person



Figur R06.4: m<sup>2</sup> / person

Den lodrette akse har et spænd på 1 til 100 m<sup>2</sup> / person

# R06: Skråningen II

## KLIMAPÅVIRKNINGEN I RELATION TIL ANDRE BEST PRACTICE CASES

Den pågældende case er fremhævet i diagrammet som viser best practice byggeriernes udledning sorteret fra den højeste til laveste udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år.



Figur R06.5: Boligcases

Den vertikale akse viser udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv./m<sup>2</sup>/år. Den horisontale akse viser de 25 best practice cases.

# R06: Skråningen II

## BYGNINGENS UDLEDNING I REDUCTION ROADMAP

Klimapåvirkningen vises her i udledning af  $\text{kg CO}_2\text{-ækv. / m}^2\text{ / år}$ . Livscyklusvurderingen er lavet med år 2022 som året for ibrugtagning og caseresultatet er repræsenteret af et hvidt plus tegn. Diagrammet viser hvor den pågældende case befinder sig i relation til Reduction Roadmap, hvor den er vel indenfor den hurtigste reduktions-takt, i sandsynlighedsscenarioet på 83 %.

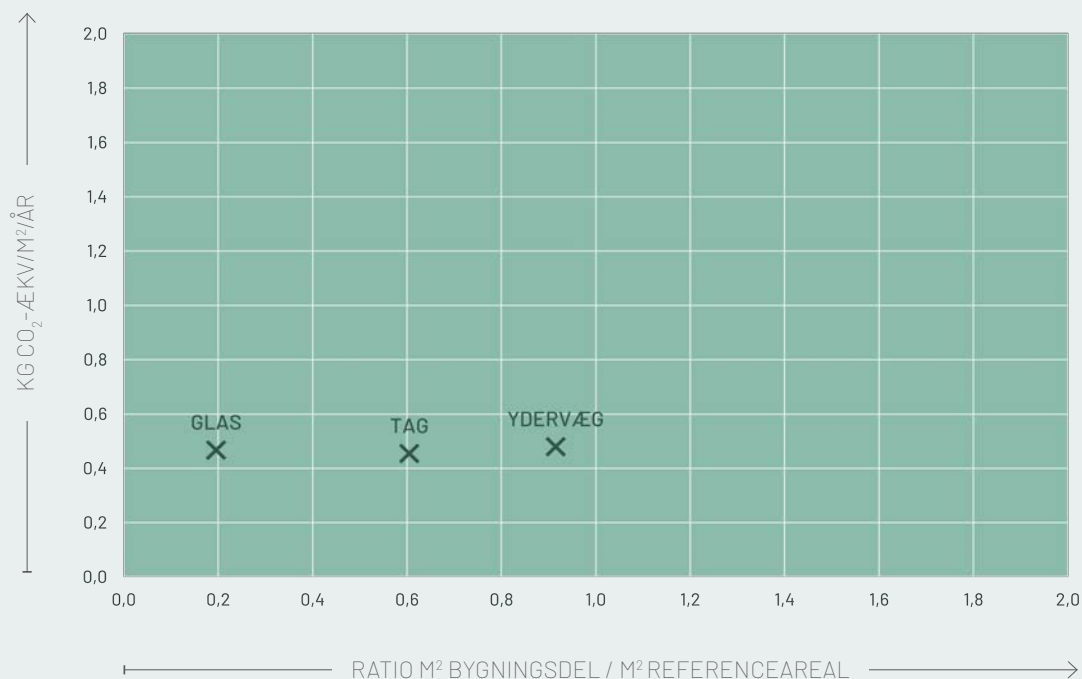


Figur R06.6: Reduction Roadmap

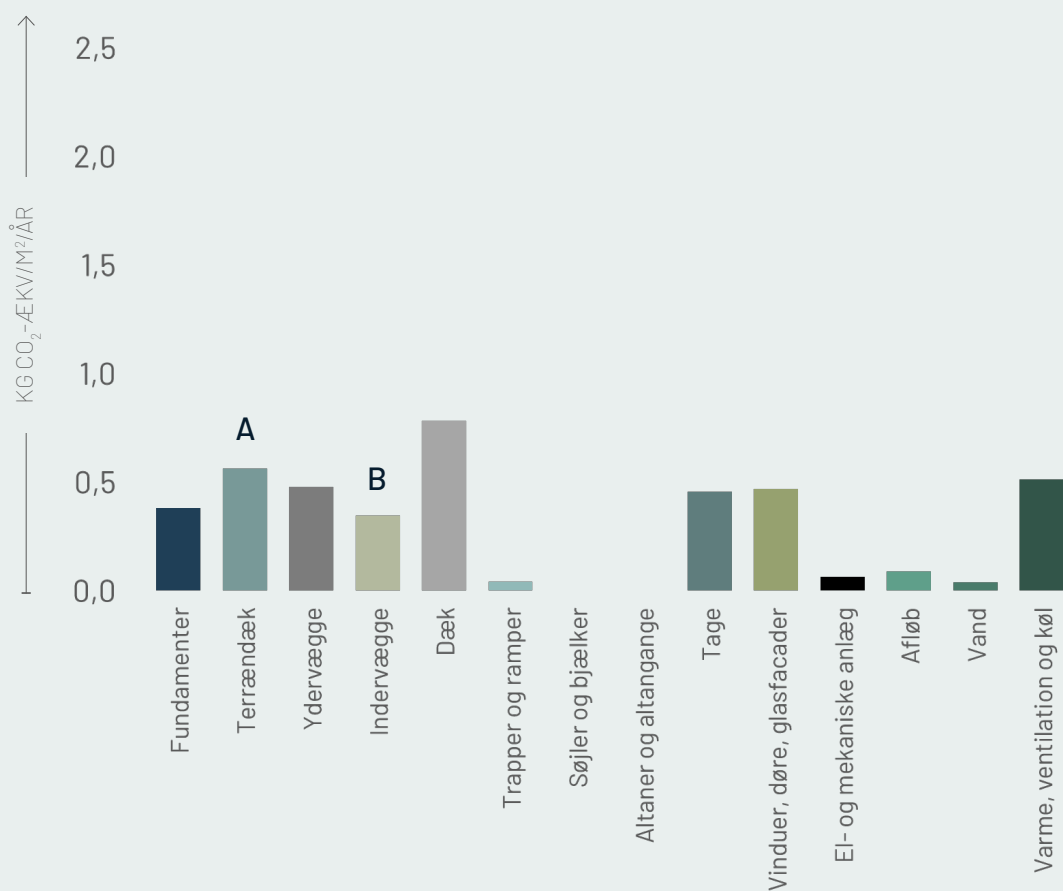
Den aktuelle case i relation til Reduction Roadmap, grænseværdierne, 4 til 1 planets målsætning på  $2.5 \text{ kg CO}_2\text{-ækv./m}^2\text{ / år}$  og 'safe operating space'.

# R06: Skråningen II

## BYGNINGSDELSRATIO OG PÅVIRKNING



## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER BYGNINGSDELE



Figur R06.7: CO<sub>2</sub>-regnskab over byggeriets bygningsdele

Den horisontale akse viser bygningens mest centrale bygningsdele, herunder fundamenter, terrændæk, ydervægge, indervægge, dæk, trapper og ramper, søjler og bjælker, altaner og altangange, tage, vinduer, døre og glasfacader, el- og mekaniske anlæg samt tekniske installationer (standard værdier).



# R06: Skråningen II

## DE BIOGENE MATERIALERS ANDEL: MASSE VS. KLIMAKLIMAPÅVIRKNING

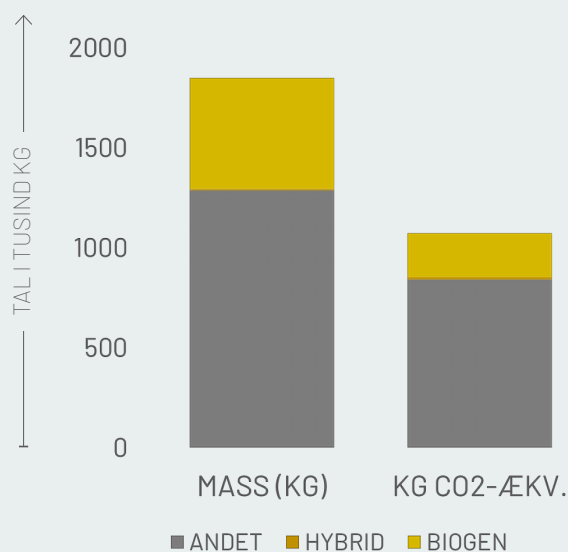
**Figur R06.8:**

Søjlediagrammet viser det pågældende boligbyggeri opdelt i tre materialegrupper: biogene materialer, hybrider og andre materialer.

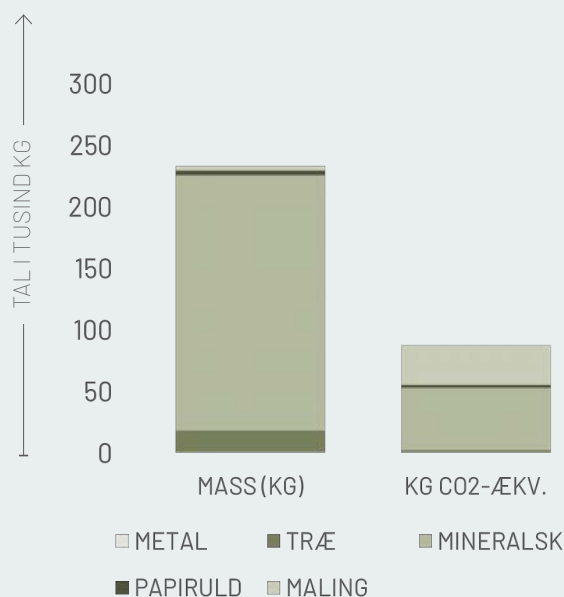
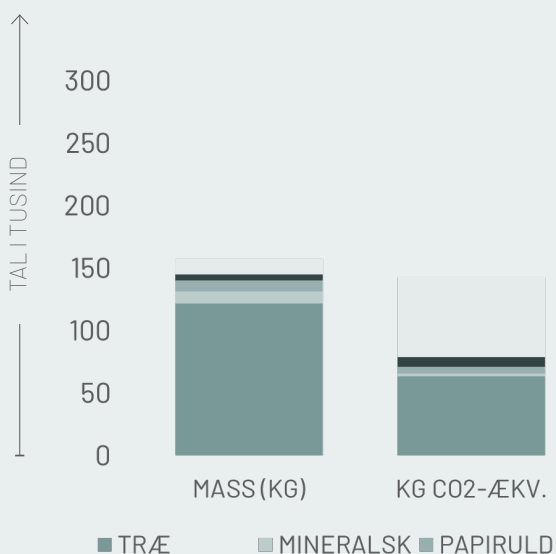
Den lodrette akse viser tal for kilogram i tusinde, dvs. at spændet er 0 - 2000.000 kg.

Søjlen til venstre viser bygningens masse i kg, opdelt i materialegrupperne.

Søjlen til højre viser bygningens totale udledning af CO<sub>2</sub>-ækv. opdelt efter samme princip.



## MATERIALERNES MASSE I FORHOLD TIL MATERIALERNES TOTALE UDLEDNING AF KG CO<sub>2</sub>-ÆKV.



### A. TERRÆNDÆKKETS OPBYGNING

- Spånplade (genbrug)
- Cementbundet spånplade
- Dampspærre
- Træskelet
- Papiruldsisolering, løsfyld
- EPS-isolering

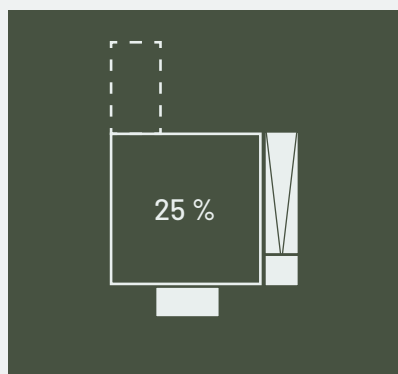
### B. INDERVÆGGENES OPBYGNING

- Konstruktionstræ
- Papiruldsisolering, løsfyld og / eller
- Mineraluld
- Gipskartonplade
- Maling

# E01: MiniCO2 Etagehus TRÆ



<b>Bygherre:</b>	Realdania By & Byg
<b>Akitekt:</b>	JAJA Architects + ONV Arkitekter
<b>Ingeniør:</b>	Artelia
<b>Entreprenør:</b>	Egil Rasmussen + Bluhmer Lehmann
<b>Opførelseår:</b>	2023
<b>Etageareal:</b>	565 m <sup>2</sup>
<b>Referenceareal:</b>	579 m <sup>2</sup>
<b>Andvendelse:</b>	Helårsbolig
<b>Beboere:</b>	18 stk.
<b>År for ibrugtagning:</b>	2022
<b>Opvarmning:</b>	Varmepumpe
<b>Solceller:</b>	Ja



## BESKRIVELSE

MiniCO2 Etagehus TRÆ er et forsøgsprojekt af Realdania By og Byg som rummer flere byggerier i hvert sit primære materiale. Formålet med MiniCO2 har været at opføre byggeriet primært i træ for at efterfølgende sammenligne med tilsvarende byggerier i andre materialer som bet-on og tegl. Der bliver i projektet stillet krav til forsøgsbyggerierne, der muliggør at de vil kunne sammenlignes i forhold til CO<sub>2</sub>-aftryk og styrke. Forsøgsbyggeriet skal fungere som boligbyggeri og er udformet med én bolig pr. etage. Projektet er under opførelse hvilket kan medføre ændringer som påvirker resultatet i rapporten.

Bygningen i fem etager står på en pælefundering og en fundamentplade af armeret beton. Terrændækket er udført i beton, med EPS som isolerende materiale.

Husets bærende konstruktioner består af CLT, limtræ og stål. De isolerende materialer er mineraluld og træfiber. De lette ydervægge er opført som træskelet, primært isoleret med træfiberisolering. Facaderne er beklædt med cedertræ og de indvendige overflader er beklædt med fibergips. De lette indervægge er træskeletkonstruktioner med fibergips og mineraluldisolering.

Etagedæk er udført som ribbedæk med CLT og limtræ og er isoleret med papiruld. Der er særligt arbejdet med at opfylde akustiske krav imellem etager, som kan være en udfordring uden brug af beton.

Taget er en bjælke- og spærkonstruktion i træ, med mineraluldisolering, OSB-plader og fibergips. Tagbeklædningen er udført med stålplader. Vinduerne har 3-lagsruder med ramme og karm i træ, ovenlysvinduerne er med ramme og karm i træ og aluminium.

Etageboligbebyggelsen er 565 m<sup>2</sup> og har plads til 18 beboere hvilket giver ca. 31 m<sup>2</sup>/ person. Det er gennemsnitligt for case samlingen.



Hybrid



5 etager

# E01: MiniCO2 Etagehus TRÆ

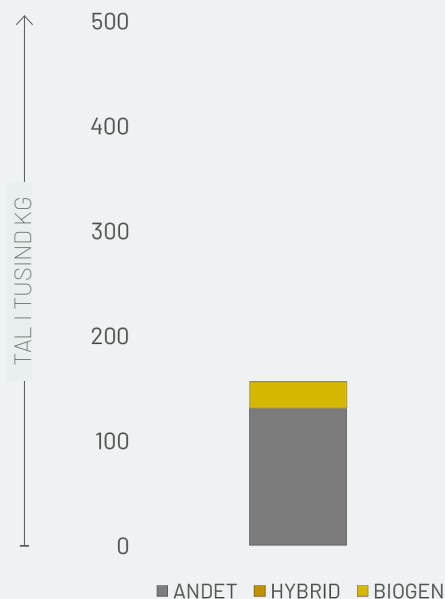
8,01 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år



**Figur E01.1: Udledningen af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år**

Søjlerne viser bygningens klimapåvirkning. Krydsene indikerer det højeste resultat for drift, materialer og samlet udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år i casesamlingens etageboliger.

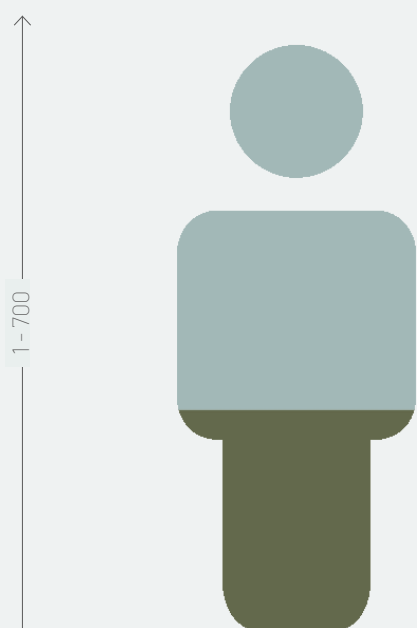
156.713 kg CO<sub>2</sub>-ækv.



**Figur E01.2: Den samlede udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv.**

Den stablede søjle viser casens samlede udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. fordelt på de tre materialegrupper; andre, hybrider og biogene.

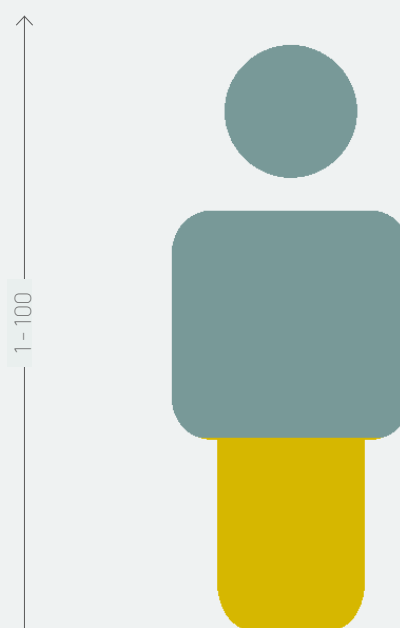
258 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / person / år



**Figur E01.3: Udledningen af CO<sub>2</sub> / person / år**

Den lodrette akse har et spænd på 1 til 700 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / person / år.

31 m<sup>2</sup> / person



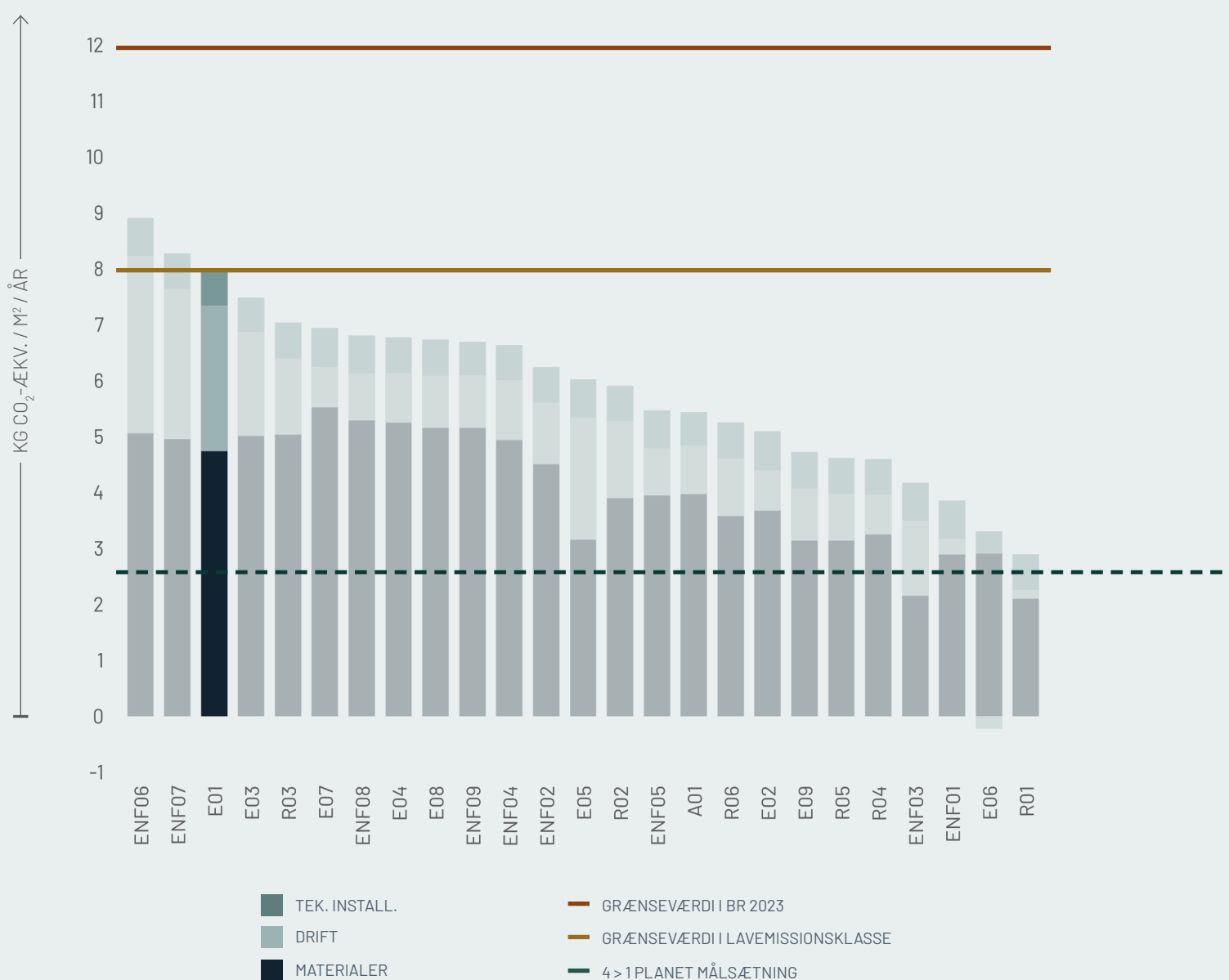
**Figur E01.4: m<sup>2</sup> / person**

Den lodrette akse har et spænd på 1 til 100 m<sup>2</sup> / person

# E01: MiniCO2 Etagehus TRÆ

## KLIMAPÅVIRKNINGEN I RELATION TIL ANDRE BEST PRACTICE CASES

Den pågældende case er fremhævet i diagrammet som viser best practice byggeriernes udledning sorteret fra den højeste til laveste udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år.



Figur E01.5: Boligcases

Den vertikale akse viser udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv./m<sup>2</sup>/år. Den horisontale akse viser de 25 best practice cases.

# E01: MiniCO2 Etagehus TRÆ

## BYGNINGENS UDLEDNING I REDUCTION ROADMAP

Klimapåvirkningen vises her i udledning af  $\text{kg CO}_2\text{-ækv. / m}^2\text{ / år}$ . Livscyklusvurderingen er lavet med år 2022 som året for ibrugtagning og caseresultatet er repræsenteret af et hvidt plustegn. Diagrammet viser hvor den pågældende case befinder sig i relation til Reduction Roadmap, hvor den er indenfor den næst hurtigste reduktions-takt, i sandsynlighedsscenarioet på 67 %.

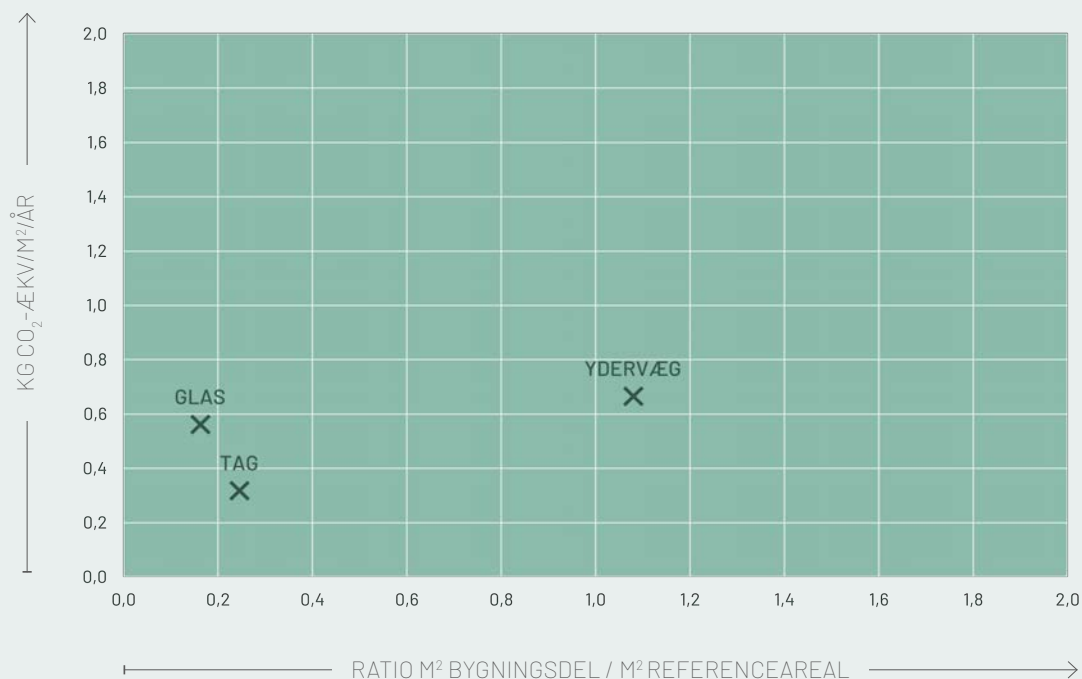


Figur E01.6: Reduction Roadmap

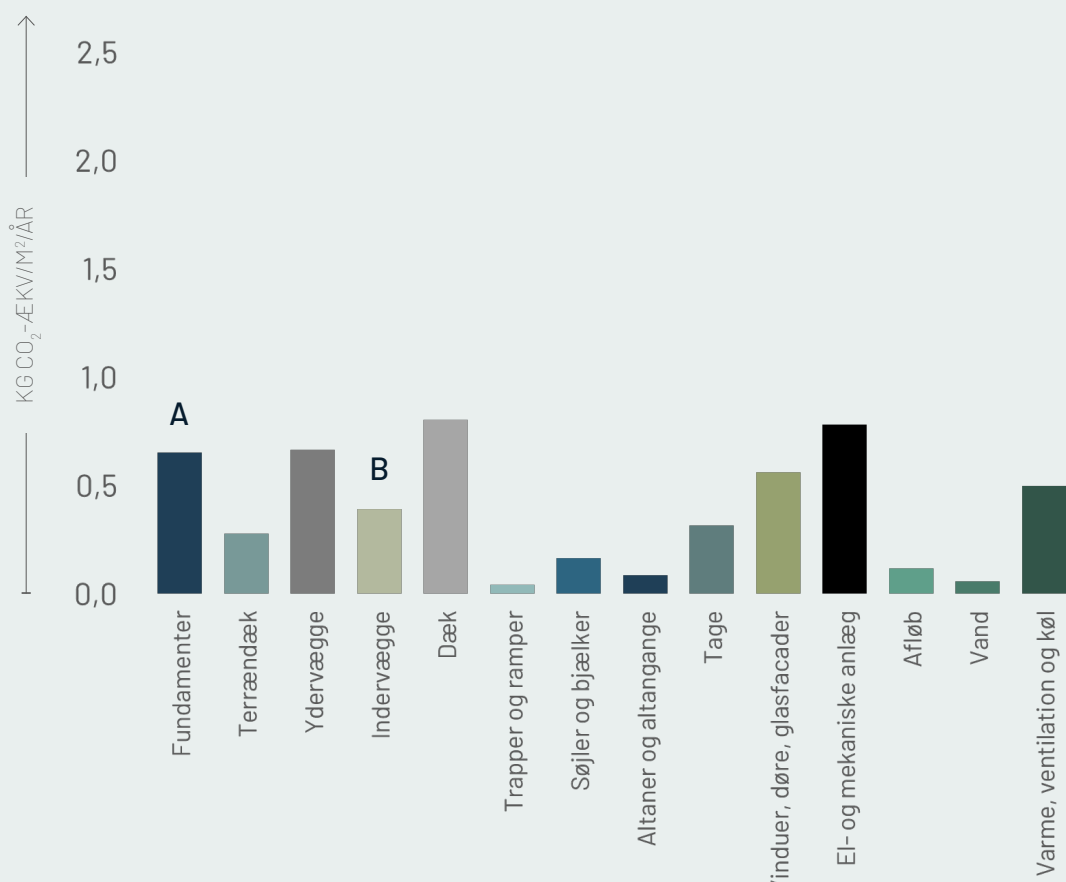
Den aktuelle case i relation til Reduction Roadmap, grænseværdierne, 4 til 1 planets målsætning på  $2.5 \text{ kg CO}_2\text{-ækv. / m}^2\text{ / år}$  og 'safe operating space'.

# E01: MiniCO2 Etagehus TRÆ

## BYGNINGSDELSRATIO OG PÅVIRKNING



## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER BYGNINGSDELE



Figur E01.7: CO<sub>2</sub>-regnskab over byggeriets bygningsdele

Den horisontale akse viser bygningens mest centrale bygningsdele, herunder fundamenter, terrændæk, ydervægge, indervægge, dæk, trapper og ramper, søjler og bjælker, altaner og altangange, tage, vinduer, døre og glasfacader, el- og mekaniske anlæg samt tekniske installationer (standard værdier).

# E01: MiniCO2 Etagehus TRÆ

## DE BIOGENE MATERIALERS ANDEL: MASSE VS. KLIMAKLIMAPÅVIRKNING

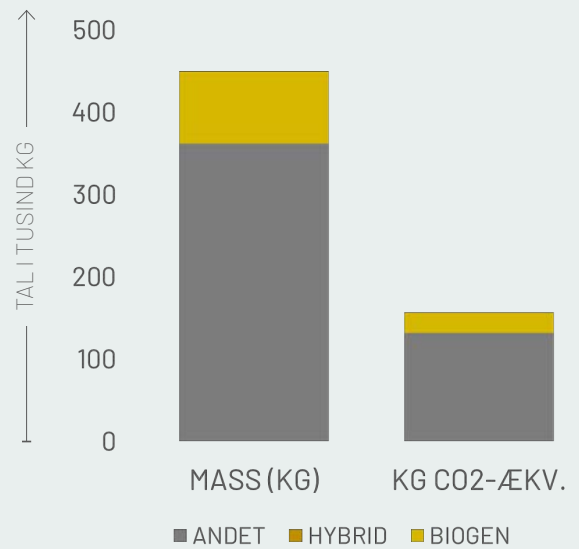
**Figur E01.8:**

Søjlediagrammet viser det pågældende boligbyggeri opdelt i tre materialegrupper: biogene materialer, hybrider og andre materialer.

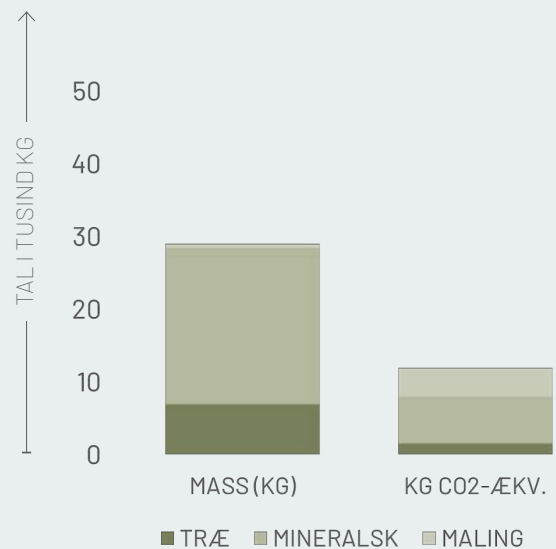
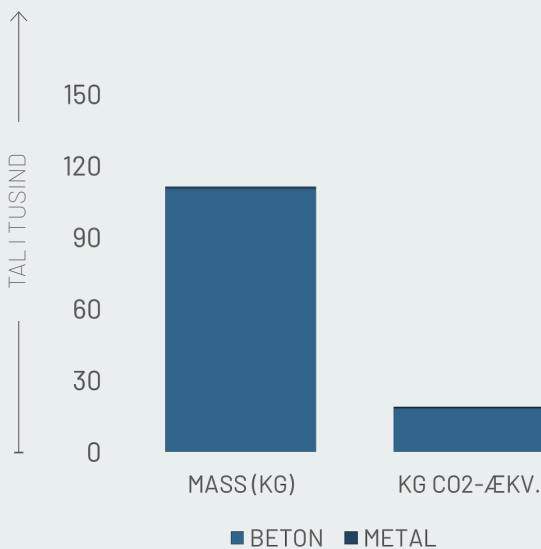
Den lodrette akse viser tal for kilogram i tusinde, dvs. at spændet er 0 - 500.000 kg.

Søjlen til venstre viser bygningens masse i kg, opdelt i materialegrupperne.

Søjlen til højre viser bygningens totale udledning af CO<sub>2</sub>-ækv. opdelt efter samme princip.



## MATERIALERNES MASSE I FORHOLD TIL MATERIALERNES TOTALE UDLEDNING AF KG CO<sub>2</sub>-ÆKV.



### A. FUNDAMENTETS OPBYGNING

Armeret betonpæl  
Linjefundament, beton

### B. INDERVÆGGENES OPBYGNING

Indervægstyper:  
CLT indervæg  
Træskelet med glasuldsisolering

Overflader:

Fibergips  
Maling

# E02: Tankefuld II



<b>Bygherre:</b>	FAB - Fyns Almennyttige Boligselskab
<b>Aktekt:</b>	C & W Arkitekter
<b>Ingeniør:</b>	Rambøll
<b>Entreprenør:</b>	G.K. Kaysen
<b>Opførelseår:</b>	2020
<b>Etageareal:</b>	2853 m <sup>2</sup>
<b>Referenceareal:</b>	2853 m <sup>2</sup>
<b>Andvendelse:</b>	Helårsbolig
<b>Beboere:</b>	189 stk.
<b>År for ibrugtagning:</b>	2022
<b>Opvarmning:</b>	Varmepumpe
<b>Solceller:</b>	Nej



## BESKRIVELSE

Tankefuld II er anden etape af et almennyttigt boligområde med 44 boliger. Boligtyperne varierer og er fleksible, med udgangspunkt i fem forskellige boligtyper på 41-97 m<sup>2</sup>. Der er særligt arbejdet med byudvikling af en ny bydel med fokus på bæredygtighed.

Bebyggelsen står på et fundament af beton, letklinkerblokke og EPS. Terrændækket er lavet i beton og isoleret med EPS.

Ydervægge består af en bærende konstruktion i træ, isoleret med mineraluld med et ventileret hulrum. De er udvendigt beklædt med fibercementplader eller træbeklædning. De indvendige overflader er beklædt med gips og malet. Der isoleres lodret og vandret med mineraluld i boligadskillelsen, til brandstop og lydisolering. Vægge og lofter har indvendig beklædning af brandgips.

Tagkonstruktion er udført som en gitterspærskonstruktion i træ med tagudhæng. Udhænget er beklædt med fibercementplader og tagfladen er lavet som et sedumtag (grønt tag) med tagpap og tagrydsfinner ovenpå trækonstruktionen.

Etageboligbebyggelsen er 2853 m<sup>2</sup> og har plads til 128 beboere hvilket giver ca. 22 m<sup>2</sup>/ person. Det er i den lave ende af case samlingen.



Hybrid



2 etager



# E02: Tankefuld II

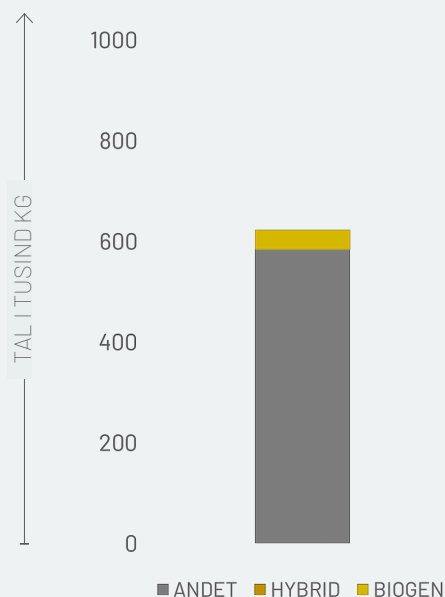
5,09 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år



**Figur E02.1: Udledningen af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år**

Søjlerne viser bygningens klimapåvirkning. Krydsene indikerer det højeste resultat for drift, materialer og samlet udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år i casesamlingens etageboliger.

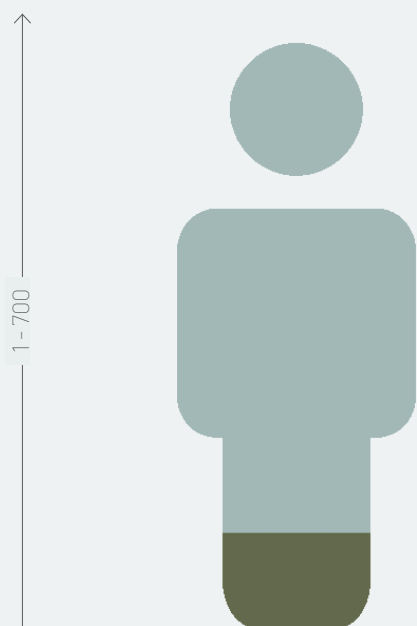
622.575 kg CO<sub>2</sub>-ækv.



**Figur E02.2: Den samlede udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv.**

Den stablede søjle viser casens samlede udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. fordelt på de tre materialegrupper; andre, hybrider og biogene.

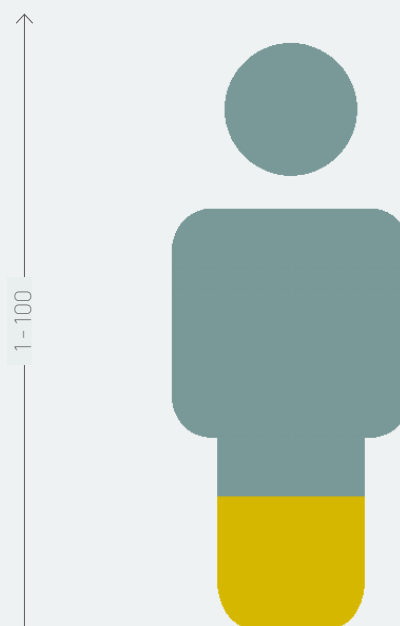
113 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / person / år



**Figur E02.3: Udledningen af CO<sub>2</sub> / person / år**

Den lodrette akse har et spænd på 1 til 700 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / person / år.

22 m<sup>2</sup> / person



**Figur E02.4: m<sup>2</sup> / person**

Den lodrette akse har et spænd på 1 til 100 m<sup>2</sup> / person

# E02: Tankefuld II

## KLIMAPÅVIRKNINGEN I RELATION TIL ANDRE BEST PRACTICE CASES

Den pågældende case er fremhævet i diagrammet som viser best practice byggeriernes udledning sorteret fra den højeste til laveste udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år.



Figur E02.5: Boligcases

Den vertikale akse viser udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv./m<sup>2</sup>/år. Den horisontale akse viser de 25 best practice cases.

# E02: Tankefuld II

## BYGNINGENS UDLEDNING I REDUCTION ROADMAP

Klimapåvirkningen vises her i udledning af  $\text{kg CO}_2\text{-ækv. / m}^2 / \text{år}$ . Livscyklusvurderingen er lavet med år 2022 som året for ibrugtagning og caseresultatet er repræsenteret af et hvidt plus tegn. Diagrammet viser hvor den pågældende case befinder sig i relation til Reduction Roadmap, hvor den er vel indenfor den hurtigste reduktions-takt, i sandsynlighedsscenarioet på 83 %.

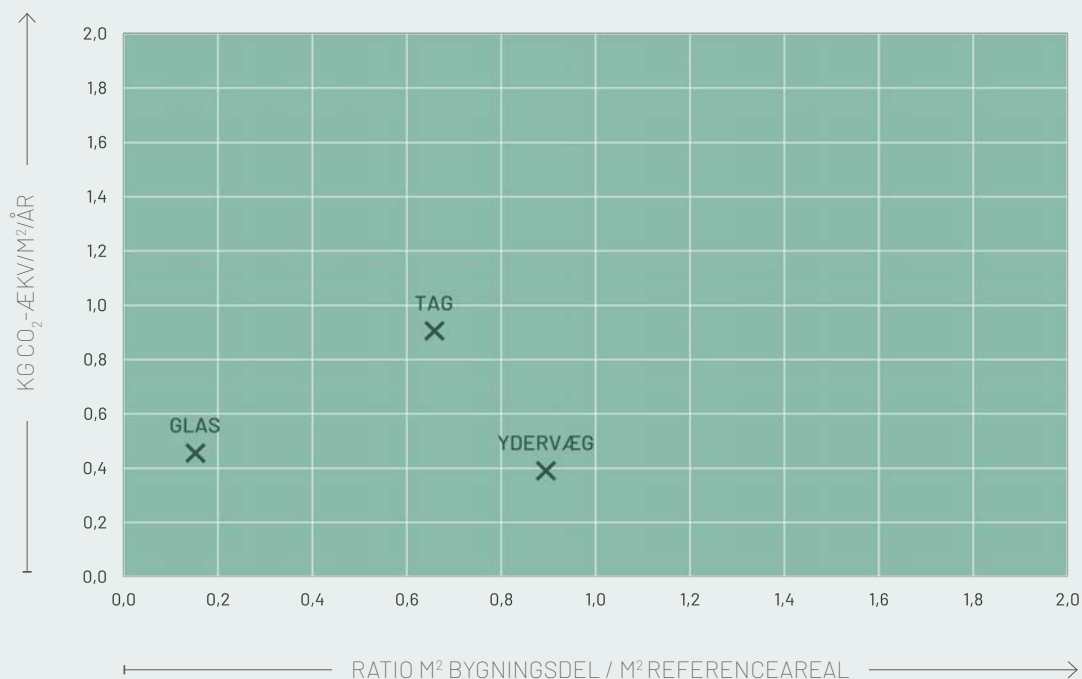


Figur E02.6: Reduction Roadmap

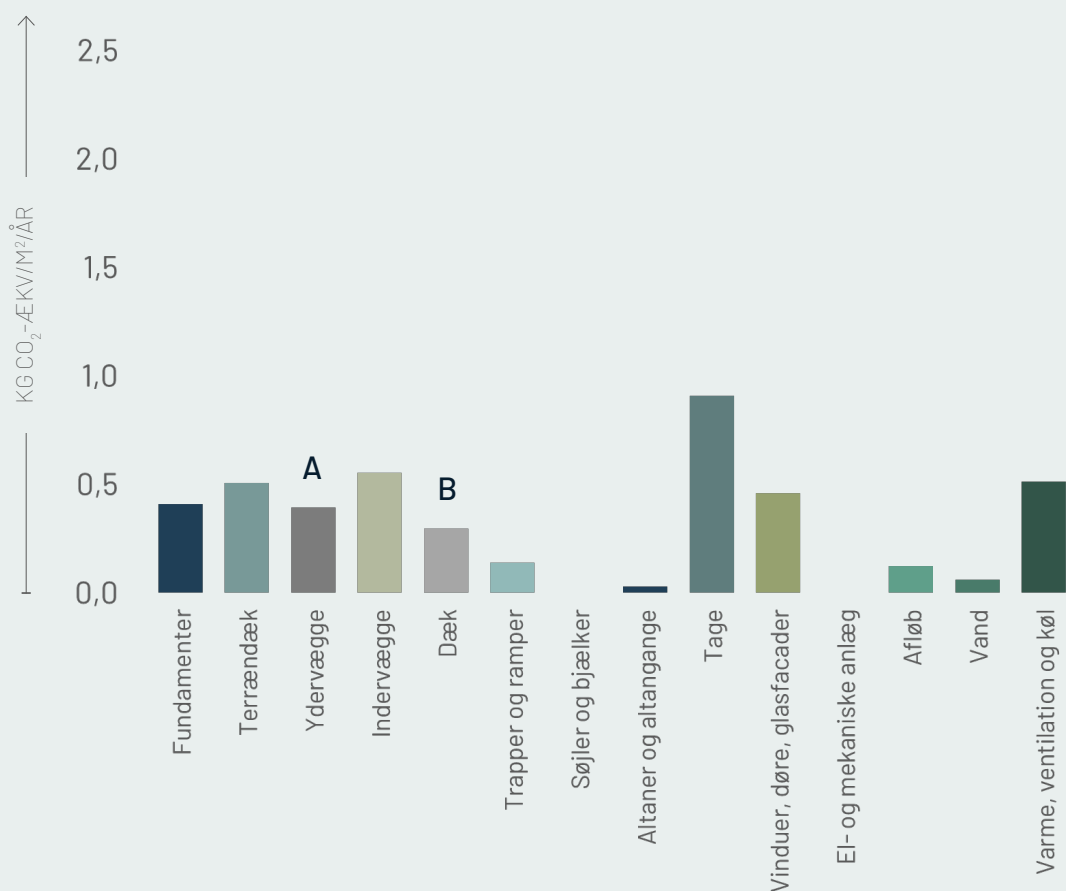
Den aktuelle case i relation til Reduction Roadmap, grænseværdierne, 4 til 1 planets målsætning på  $2.5 \text{ kg CO}_2\text{-ækv./m}^2 / \text{år}$  og 'safe operating space'.

# E02: Tankefuld II

## BYGNINGSDELSRATIO OG PÅVIRKNING



## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER BYGNINGSDELE



Figur E02.7: CO<sub>2</sub>-regnskab over byggeriets bygningsdele

Den horisontale akse viser bygningens mest centrale bygningsdele, herunder fundamenter, terrændæk, ydervægge, indervægge, dæk, trapper og ramper, søjler og bjælker, altaner og altangange, tage, vinduer, døre og glasfacader, el- og mekaniske anlæg samt tekniske installationer (standard værdier).

# E02: Tankefuld II

## DE BIOGENE MATERIALERS ANDEL: MASSE VS. KLIMAKLIMAPÅVIRKNING

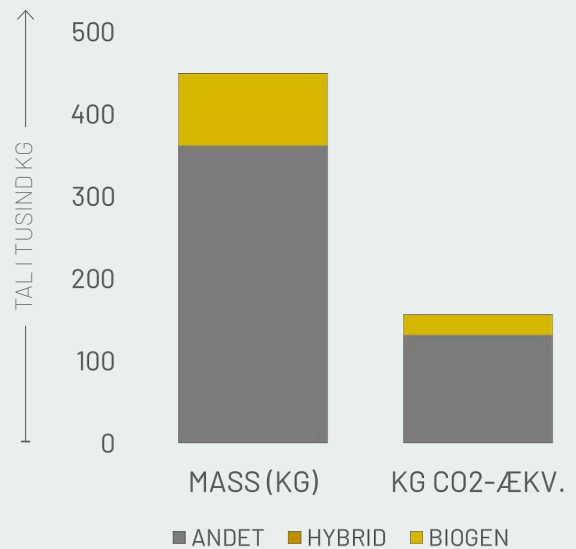
Figur E02.8:

Søjlediagrammet viser det pågældende boligbyggeri opdelt i tre materialegrupper: biogene materialer, hybrider og andre materialer.

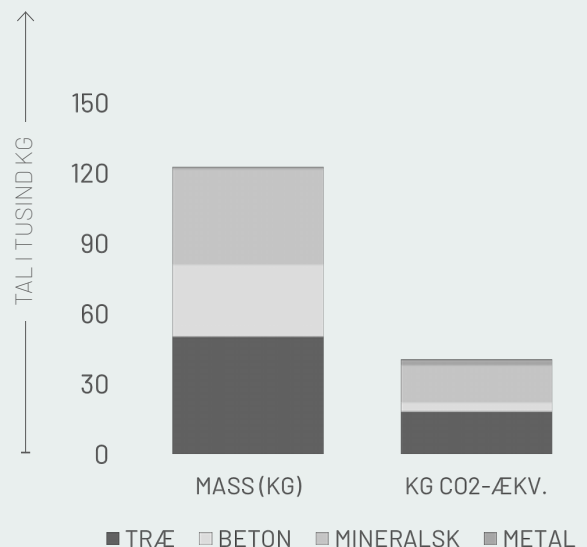
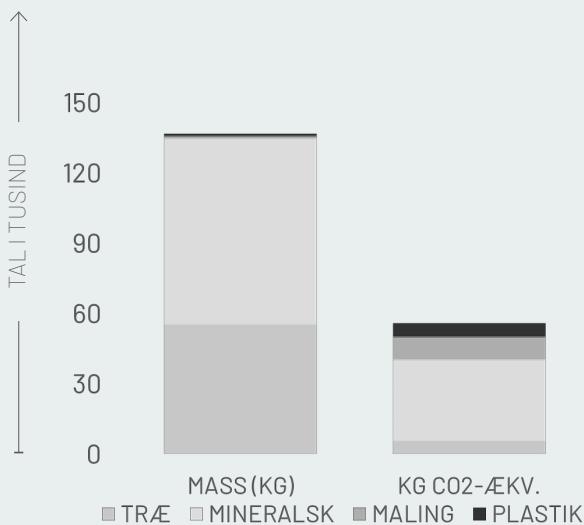
Den lodrette akse viser tal for kilogram i tusinde, dvs. at spændet er 0 - 500.000 kg.

Søjlen til venstre viser bygningens masse i kg, opdelt i materialegrupperne.

Søjlen til højre viser bygningens totale udledning af CO<sub>2</sub>-ækv. opdelt efter samme princip.



## MATERIALERNES MASSE I FORHOLD TIL MATERIALERNES TOTALE UDLEDNING AF KG CO<sub>2</sub>-ÆKV.



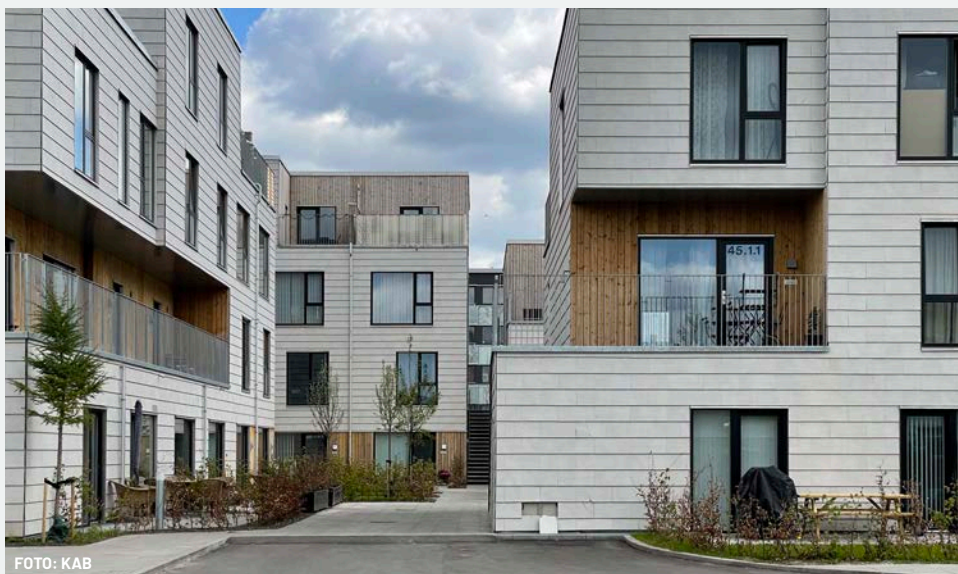
### A. YDERVÆGGENS OPBYGNING (FARVE)

- Fibercementplade
- Træliste
- Fibercementplade
- Træskelet
- Glasuldsisolering
- Dampspærre
- Træskelet
- Glasuldsisolering
- Gipskartonplade x 2

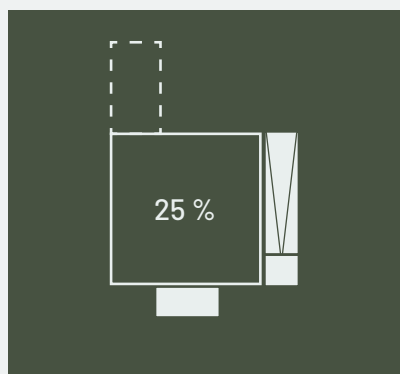
### B. DÆKKETS OPBYGNING

- Parketgulv, træ
- Spånplade (genbrug)
- Gipskartonplade
- Træliste
- Glasuldsisolering
- Krydsfiner

# E03: Store Solvænget



<b>Bygherre:</b>	Boligforeningen 3B c/o KAB
<b>Akitekt:</b>	ONV arkitekter JAJA Architects
<b>Ingeniør:</b>	Scandi Byg
<b>Entreprenør:</b>	Bascon
<b>Opførelseår:</b>	2020
<b>Etagereal:</b>	5919 m <sup>2</sup>
<b>Referenceareal:</b>	6647 m <sup>2</sup>
<b>Andvendelse:</b>	Helårsbolig
<b>Beboere:</b>	189 stk.
<b>År for ibrugtagning:</b>	2022
<b>Opvarmning:</b>	Fjernvarme
<b>Solceller:</b>	Ja



## BESKRIVELSE

Store Solvænget er et almennyttigt boligområde og er det første af sin slags til at blive Svanemærket i Danmark. Kravene til Svanemærket indebærer bl.a. at brugen af certificeret træ og ambitionen om at undgå miljø- og sundhedsskadelige stoffer har været fokusområder i forbindelse med byggeriet. Produktionsfasen foregår primært på fabrik, hvilket kan være med til at holde anvendelse af byggematerialer og ressourceforbrug på byggepladsen nede.

Bygningen i tre til fire etager står på et betonfundament, et randfundament under bærende ydervægge hhv. et sribefundament under bærende indervægge. Der isoleres med EPS og etableres en stenseng for at opnå niveaufri adgang. Terrændækket udføres som en trækonstruktion med en underliggende fibercementplade og isoleres med mineraluld og EPS.

Huset er opført med bærende konstruktioner i træ, med mineraluld som isoleringsmateriale. Etageskillelser og adskillelser imellem lejemål er udført som rammekonstruktioner i træ med cementspånplader, mineraluldisolering og brandgips. Indvendige overflader er beklædt med gips, skillevægge med brandgips. Overfladerne er fuldspartlet og malet.

Taget er udført med en bærende limtræskonstruktion og ventileret hulrum samt isoleret med trykfast mineraluld. De indvendige overflader er beklædt med brandgips og taget er beklædt med tagpap.

Etageboligbebyggelsen er 5919 m<sup>2</sup> og har plads til 189 beboere hvilket giver ca. 31 m<sup>2</sup>/ person. Det er gennemsnitligt for case samlingen.



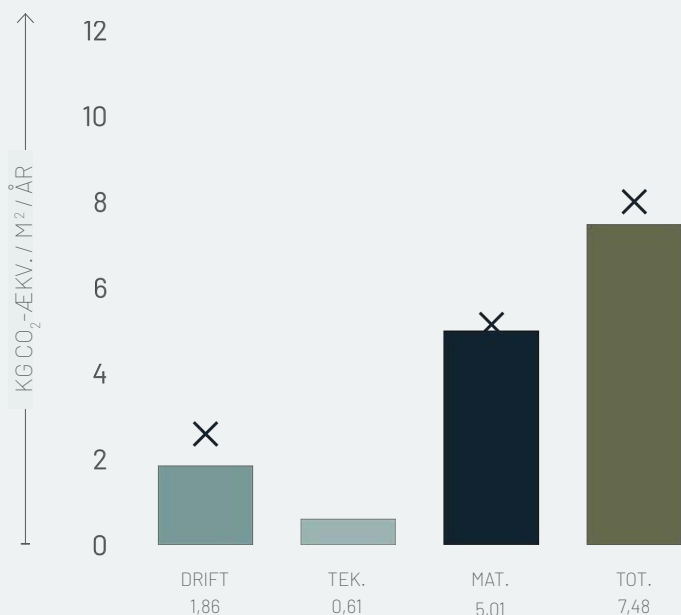
Hybrid



3 - 4 etager

# E03: Store Solvænget

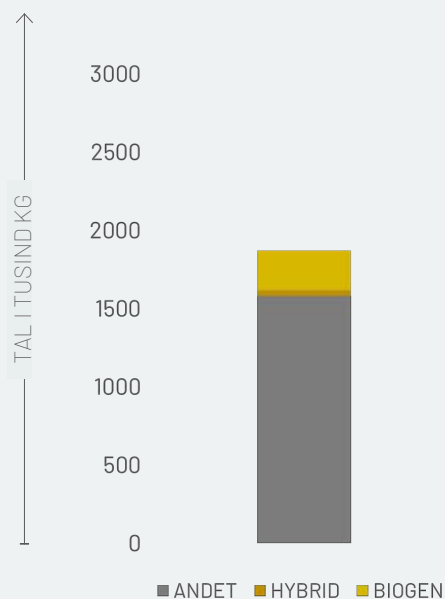
7,48 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år



Figur E03.1: Udledningen af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år

Søjlerne viser bygningens klimapåvirkning. Krydsene indikerer det højeste resultat for drift, materialer og samlet udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år i casesamlingens etageboliger.

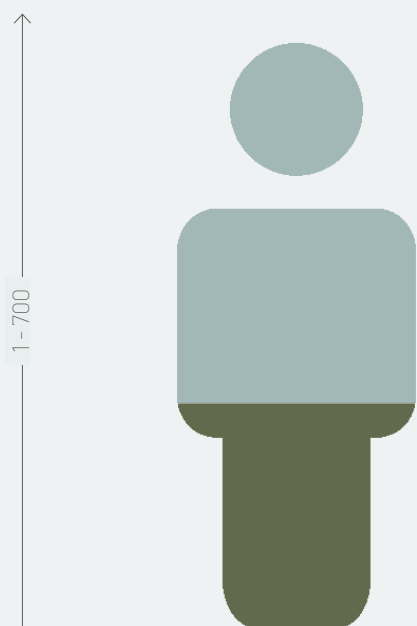
1.868.212 kg CO<sub>2</sub>-ækv.



Figur E03.2: Den samlede udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv.

Den stablede søjle viser casens samlede udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. fordelt på de tre materialegrupper; andre, hybrider og biogene.

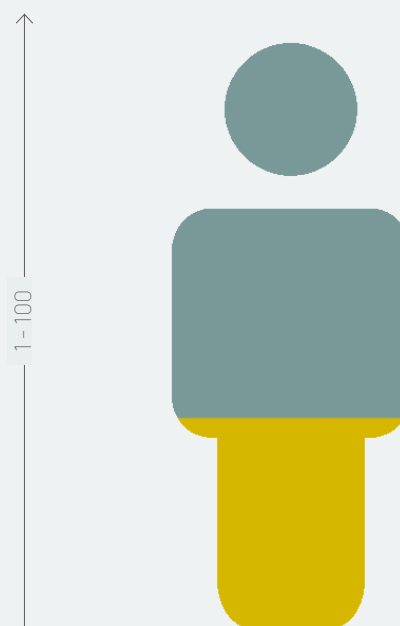
263 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / person / år



Figur E03.3: Udledningen af CO<sub>2</sub> / person / år

Den lodrette akse har et spænd på 1 til 700 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / person / år.

31 m<sup>2</sup> / person



Figur E03.4: m<sup>2</sup> / person

Den lodrette akse har et spænd på 1 til 100 m<sup>2</sup> / person

# E03: Store Solvænget

## KLIMAPÅVIRKNINGEN I RELATION TIL ANDRE BEST PRACTICE CASES

Den pågældende case er fremhævet i diagrammet som viser best practice byggeriernes udledning sorteret fra den højeste til laveste udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år.



Figur E03.5: Boligcases

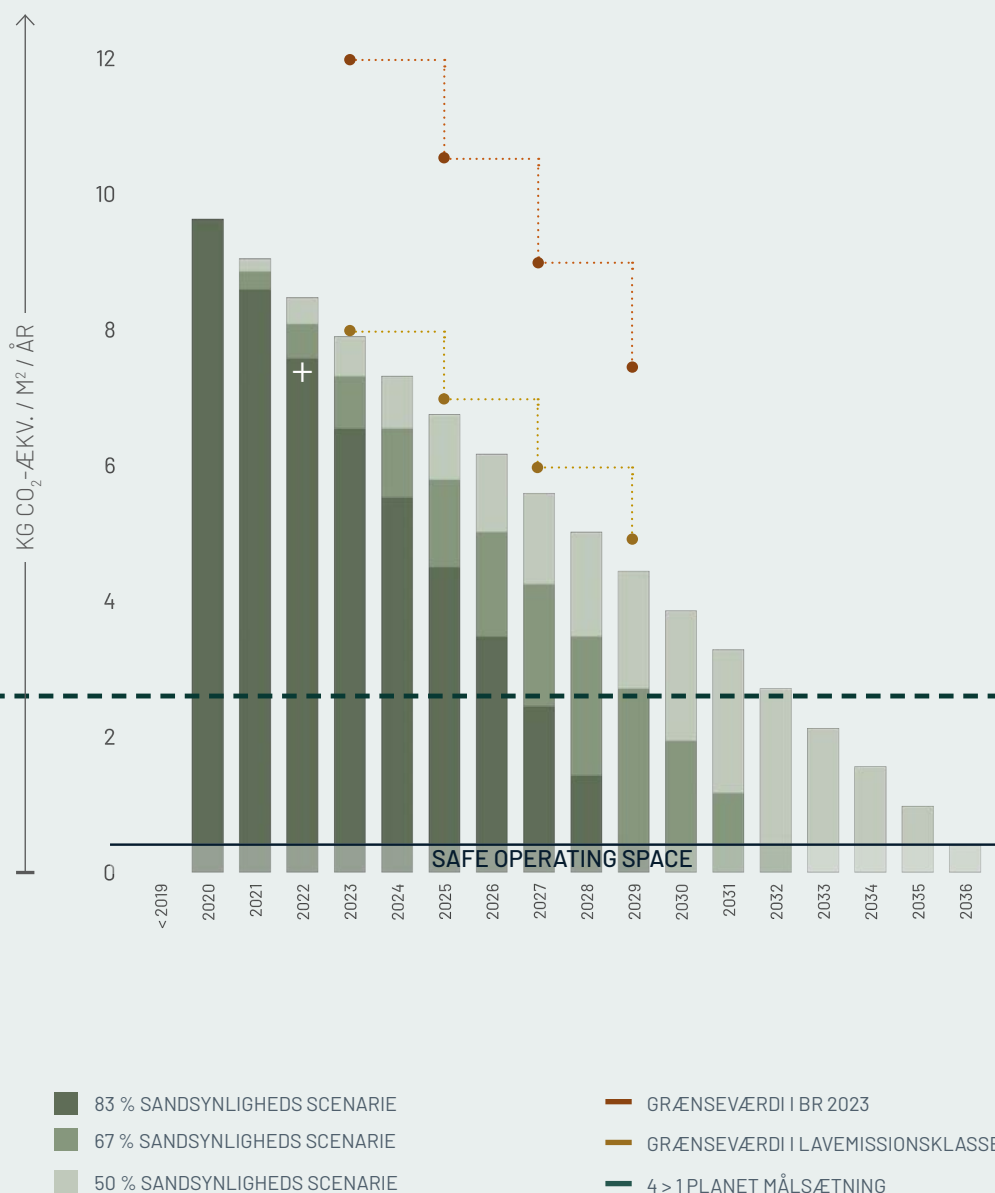
Den vertikale akse viser udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv./m<sup>2</sup>/år. Den horisontale akse viser de 25 best practice cases.



# E03: Store Solvænget

## BYGNINGENS UDLEDNING I REDUCTION ROADMAP

Klimapåvirkningen vises her i udledning af  $\text{kg CO}_2\text{-ækv. / m}^2\text{ / år}$ . Livscyklusvurderingen er lavet med år 2022 som året for ibrugtagning og caseresultatet er repræsenteret af et hvidt plus tegn. Diagrammet viser hvor den pågældende case befinder sig i relation til Reduction Roadmap, hvor den er lige indenfor den hurtigste reduktions-takt, i sandsynlighedsscenarioet på 83 %.

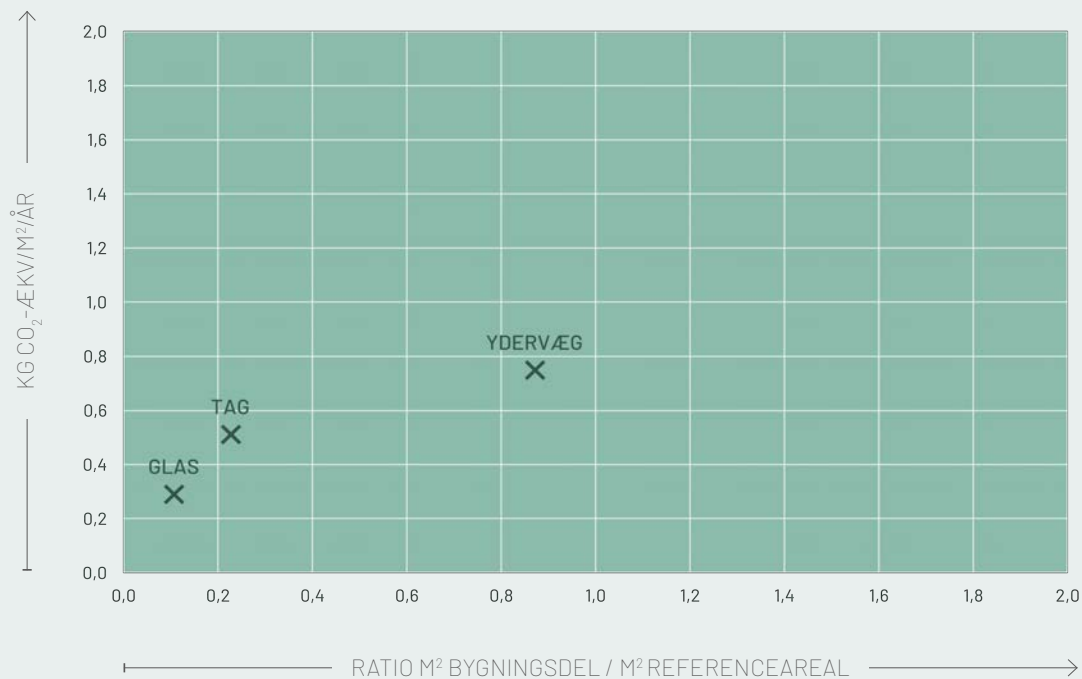


**Figur E03.6: Reduction Roadmap**

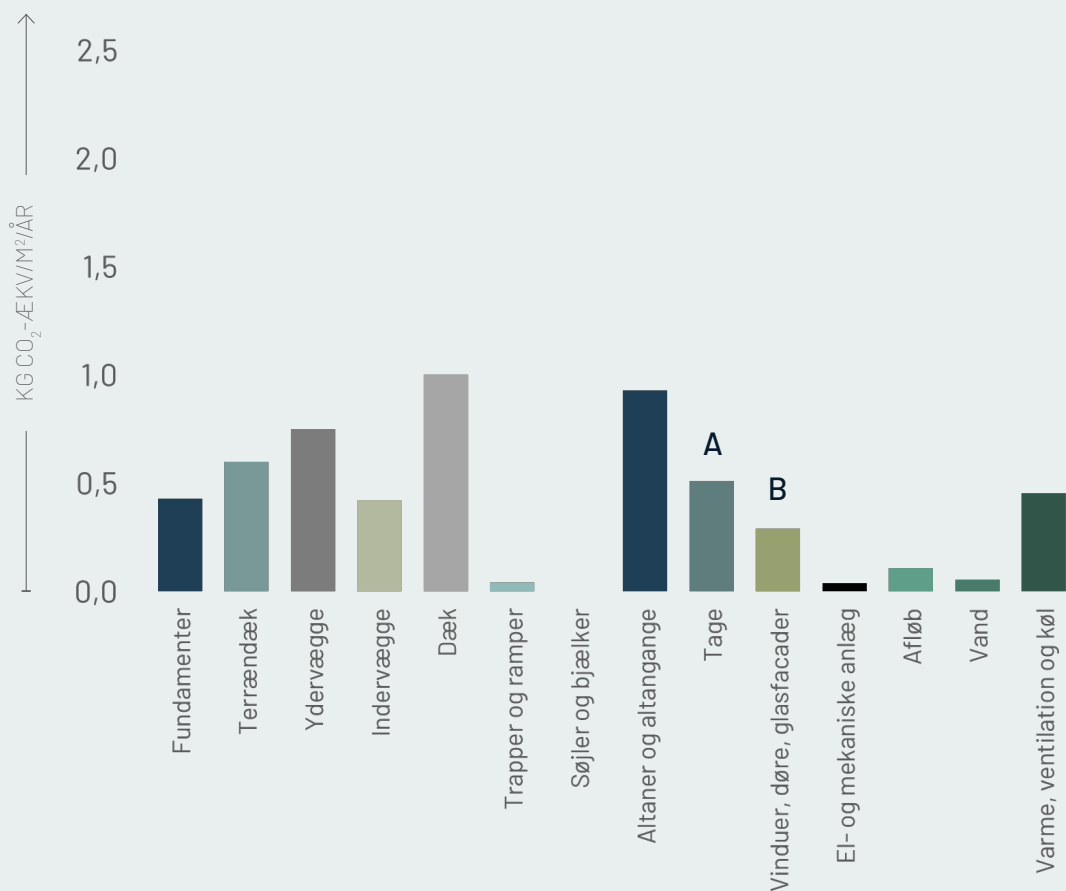
Den aktuelle case i relation til Reduction Roadmap, grænseværdierne, 4 til 1 planets målsætning på  $2.5 \text{ kg CO}_2\text{-ækv./m}^2\text{ / år}$  og 'safe operating space'.

# E03: Store Solvænget

## BYGNINGSDELSRATIO OG PÅVIRKNING



## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER BYGNINGSDELE



Figur E03.7: CO<sub>2</sub>-regnskab over byggeriets bygningsdele

Den horisontale akse viser bygningens mest centrale bygningsdele, herunder fundamenter, terrændæk, ydervægge, indervægge, dæk, trapper og ramper, søjler og bjælker, altaner og altangange, tage, vinduer, døre og glasfacader, el- og mekaniske anlæg samt tekniske installationer (standard værdier).

# E03: Store Solvænget

## DE BIOGENE MATERIALERS ANDEL: MASSE VS. KLIMAKLIMAPÅVIRKNING

**Figur E03.8:**

Søjlediagrammet viser det pågældende boligbyggeri opdelt i tre materialegrupper: biogene materialer, hybrider og andre materialer.

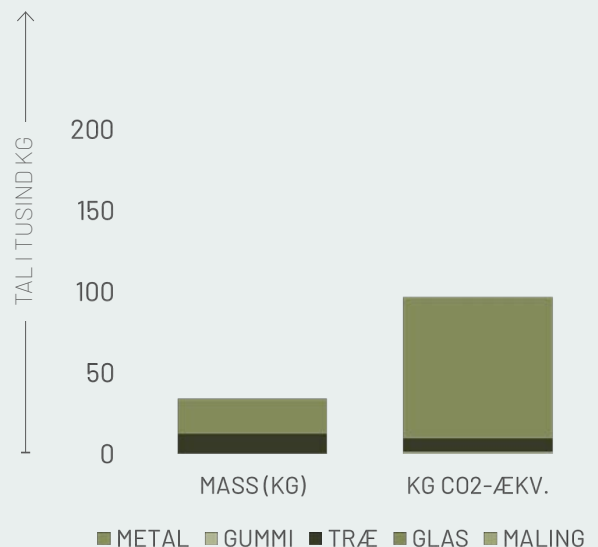
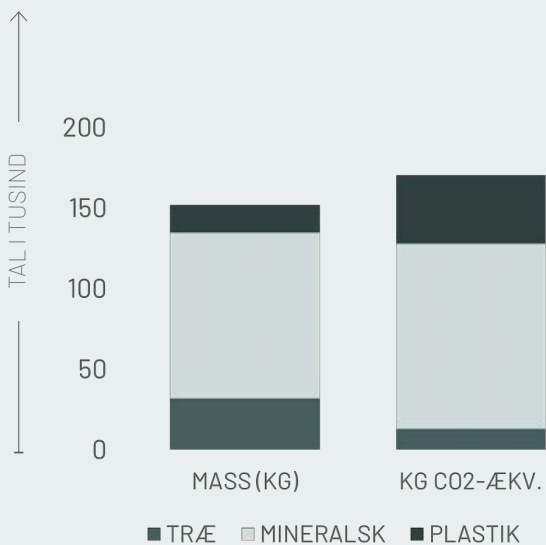
Den lodrette akse viser tal for kilogram i tusinde, dvs. at spændet er 0 - 3000.000 kg.

Søjlen til venstre viser bygningens masse i kg, opdelt i materialegrupperne.

Søjlen til højre viser bygningens totale udledning af CO<sub>2</sub>-ækv. opdelt efter samme princip.



## MATERIALERNES MASSE I FORHOLD TIL MATERIALERNES TOTALE UDLEDNING AF KG CO<sub>2</sub>-ÆKV.



### A. TAGETS OPBYGNING

- Beklædning, tagpap
- Underlag, tagpap
- Krydsfiner
- Trælister
- Vindspærre
- Træskelet
- Mineraluldsisolering
- Dampspærre
- Forskalling, træ
- Gipskartonplade

### B. VINDUE, DØR OG GLASFACADE

#### OPBYGNING:

- Vindue i trækarm, 3-lags
- Trædør med glas, udvendig, 3-lags
- Trædør, indvendig
- Ubehandlet trædør, udvendig

#### RATIO:

0,11 m<sup>2</sup> / m<sup>2</sup> referenceareal  
(lavest ratio i casesamlingen)

# E04: Ibihaven



FOTO: Tetris, Agorahaverne

<b>Bygherre:</b>	Tetris A/S
<b>Aktekt:</b>	Sangberg
<b>Ingeniør:</b>	Artelia Sweco
<b>Entreprenør:</b>	Rasmus Friis A/S
<b>Opførelseår:</b>	2020
<b>Etageareal:</b>	5398 m <sup>2</sup>
<b>Referenceareal:</b>	5813 m <sup>2</sup>
<b>Andvendelse:</b>	Helårsbolig
<b>Beboere:</b>	204 stk.
<b>År for ibrugtagning:</b>	2022
<b>Opvarmning:</b>	Varmepumpe
<b>Solceller:</b>	Ja

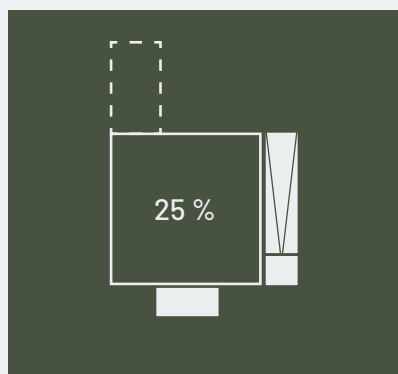


FOTO: Tetris, Agorahaverne

## BESKRIVELSE

Ibihaven er et bofællesskab for voksne og seniorer der er opført med en vision om frihed, fællesskab og natur. Materialevalg er truffet efter vurdering af udledning af CO<sub>2</sub> og genanvendelsespotential. Der er særligt arbejdet med at finde metoder, der på sigt kan realisere bygherres mål om at nye bofællesskaber skal ned på en udledning på 5 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år. Der er også fokuseret på at træet der anvendes til byggeriet, kommer fra ansvarligt skovbrug og er FSC eller PEFC certificeret. Produktionsfasen foregår primært på fabrik, hvilket kan være med til at holde anvendelse af byggematerialer og ressourceforbrug på byggepladsen nede.

Bygningen i to etager står på et pladsstøbt linjefundament i beton. På fundamentet monteres boksmoduler hvori vægge og dæk udføres med bærende konstruktioner i træ og mineraluld som isolerende materiale.

De private boliger ligger ud mod en atriumhave som er beplantet og udgør store fællesarealer for Ibihavens beboere. Facaderne ind mod atriumhaven står i ubehandlet træ, og facaderne mod omgivelserne er træbeklædte og sortmalet. Atriumhavens bærende konstruktion er i limtræ med trapper og svalegange i stål, der båres af en langsgående tømmerkonstruktion. Atriummets tag er beklædt med klar polycarbonat og boksmodulernes tag er beklædt med tagpap.

I den pågældende LCA er analysen lavet på både boliger og 25 % af arealet i atriumhaven iht. BR18 (se afsnit om Areal).

Etageboligbebyggelsen er 5398 m<sup>2</sup> og har plads til 204 beboere hvilket giver ca. 26 m<sup>2</sup>/ person. Det er i den lave ende for casesamlingen.



Hybrid



3 etager

# E04: Ibihaven

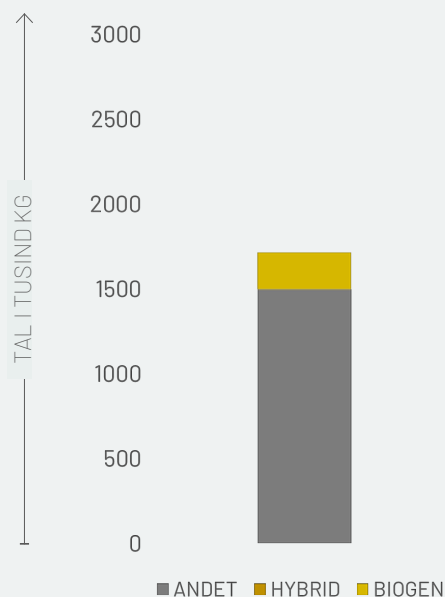
6,77 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år



Figur E04.1: Udledningen af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år

Søjlerne viser bygningens klimapåvirkning. Krydsene indikerer det højeste resultat for drift, materialer og samlet udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år i casesamlingens etageboliger.

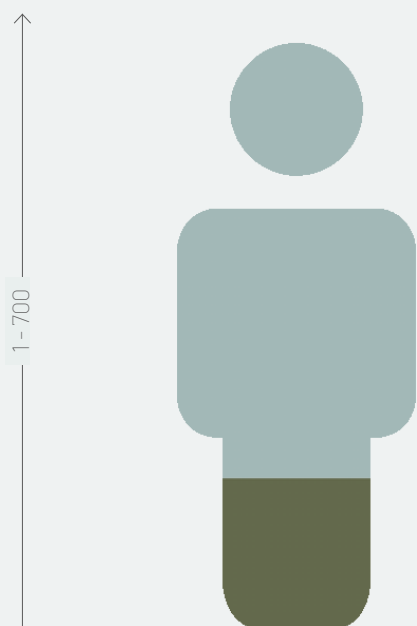
1.713.283 kg CO<sub>2</sub>-ækv.



Figur E04.2: Den samlede udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv.

Den stablede søjle viser casens samlede udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. fordelt på de tre materialegrupper; andre, hybrider og biogene.

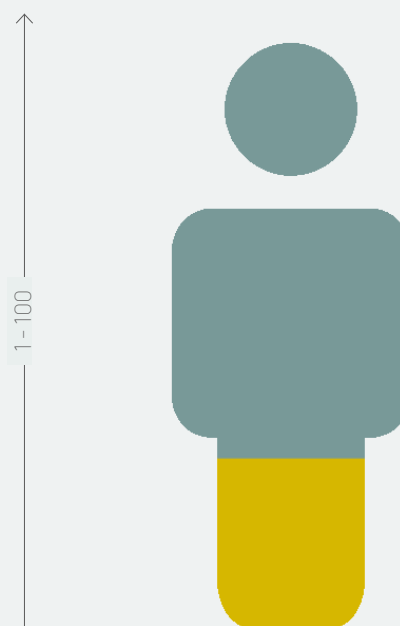
177 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / person / år



Figur E04.3: Udledningen af CO<sub>2</sub> / person / år

Den lodrette akse har et spænd på 1 til 700 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / person / år.

26 m<sup>2</sup> / person



Figur E04.4: m<sup>2</sup> / person

Den lodrette akse har et spænd på 1 til 100 m<sup>2</sup> / person

# E04: Ibihaven

## KLIMAPÅVIRKNINGEN I RELATION TIL ANDRE BEST PRACTICE CASES

Den pågældende case er fremhævet i diagrammet som viser best practice byggeriernes udledning sorteret fra den højeste til laveste udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år.



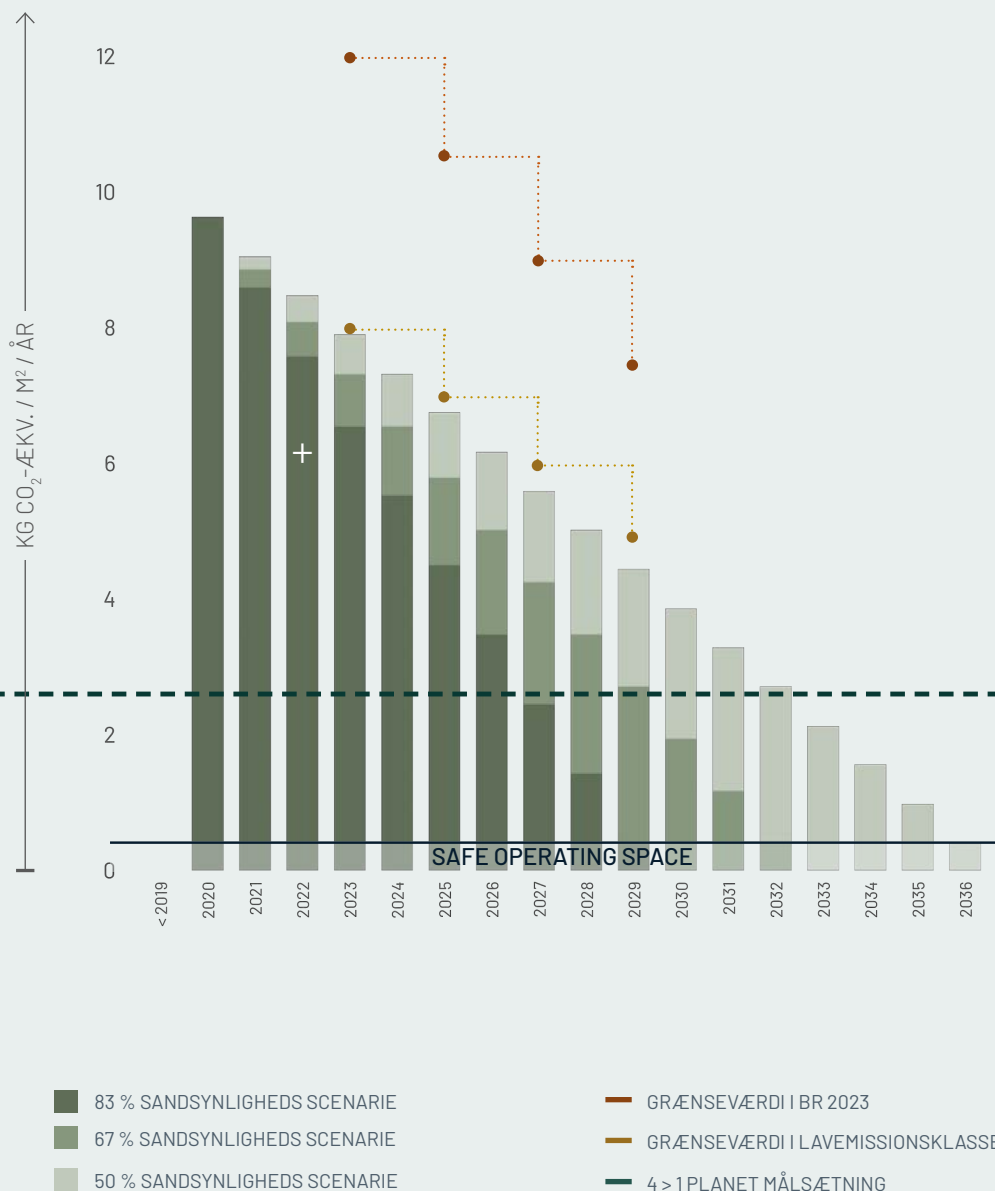
Figur E04.5: Boligcases

Den vertikale akse viser udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv./m<sup>2</sup>/år. Den horisontale akse viser de 25 best practice cases.

# E04: Ibihaven

## BYGNINGENS UDLEDNING I REDUCTION ROADMAP

Klimapåvirkningen vises her i udledning af  $\text{kg CO}_2\text{-ækv. / m}^2\text{ / år}$ . Livscyklusvurderingen er lavet med år 2022 som året for ibrugtagning og caseresultatet er repræsenteret af et hvidt plus tegn. Diagrammet viser hvor den pågældende case befinder sig i relation til Reduction Roadmap, hvor den er vel indenfor den hurtigste reduktions-takt, i sandsynlighedsscenarioet på 83 %.

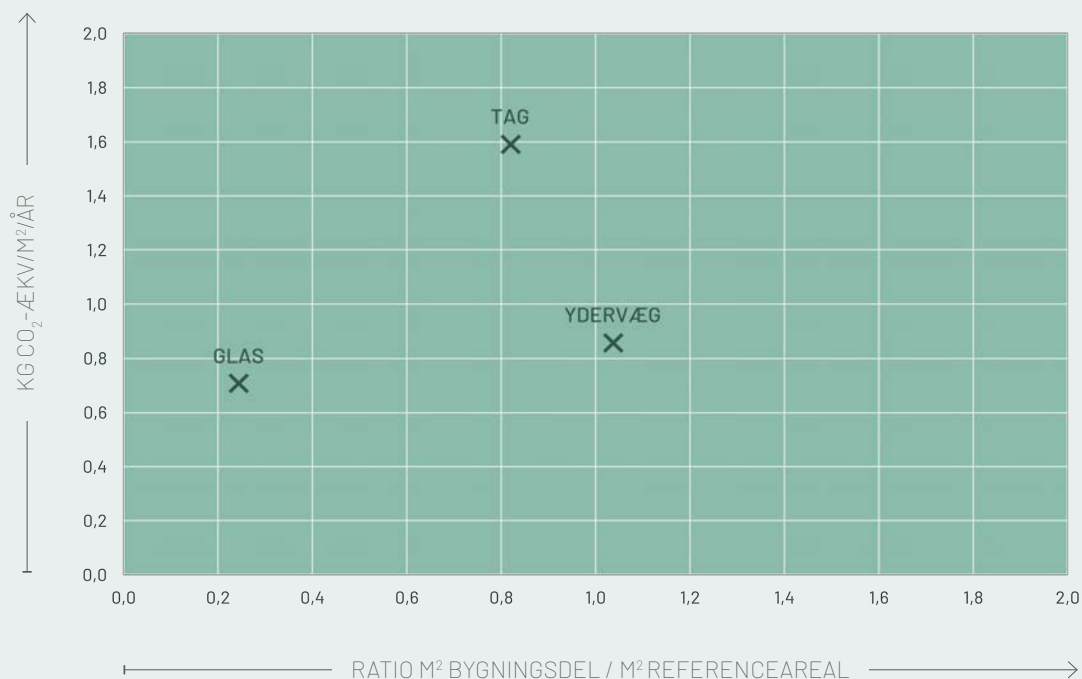


**Figur E04.6: Reduction Roadmap**

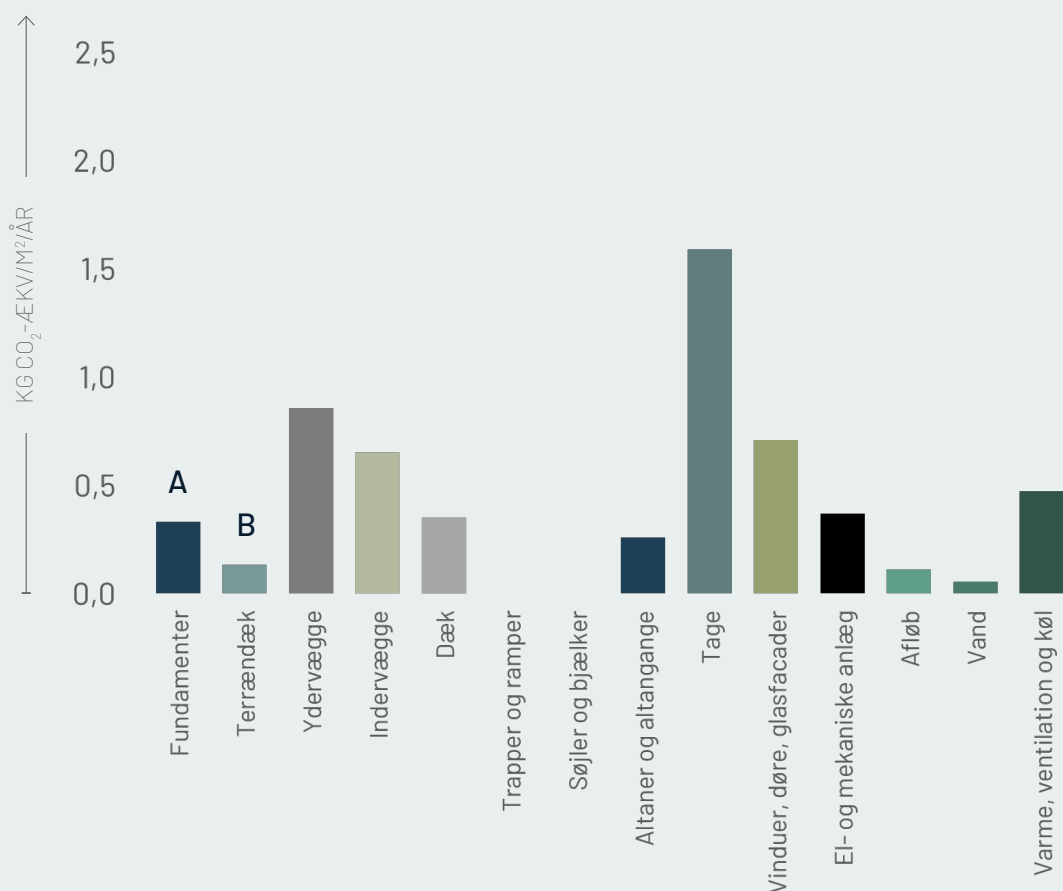
Den aktuelle case i relation til Reduction Roadmap, grænseværdierne, 4 til 1 planets målsætning på  $2.5 \text{ kg CO}_2\text{-ækv./m}^2\text{ / år}$  og 'safe operating space'.

# E04: Ibihaven

## BYGNINGSDELSRATIO OG PÅVIRKNING



## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER BYGNINGSDELE



Figur E04.7: CO<sub>2</sub>-regnskab over byggeriets bygningsdele

Den horisontale akse viser bygningens mest centrale bygningsdele, herunder fundamenter, terrændæk, ydervægge, indervægge, dæk, trapper og ramper, søjler og bjælker, altaner og altangange, tage, vinduer, døre og glasfacader, el- og mekaniske anlæg samt tekniske installationer (standard værdier).



# E04: Ibihaven

## DE BIOGENE MATERIALERS ANDEL: MASSE VS. KLIMAKLIMAPÅVIRKNING

**Figur E04.8:**

Søjlediagrammet viser det pågældende boligbyggeri opdelt i tre materialegrupper: biogene materialer, hybrider og andre materialer.

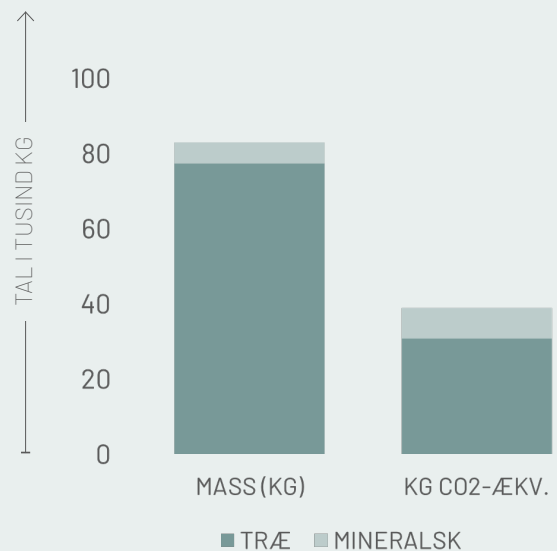
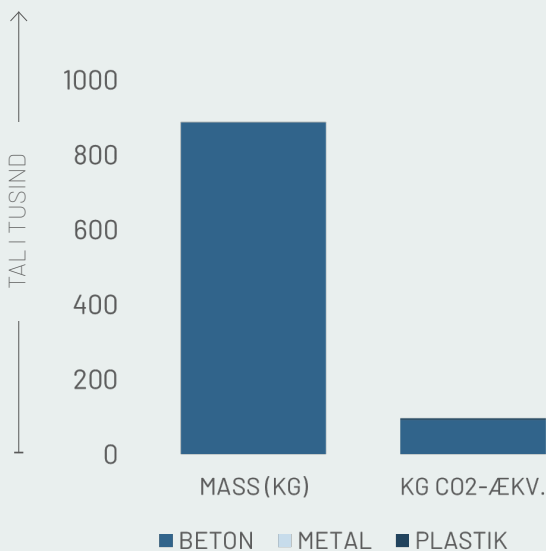
Den lodrette akse viser tal for kilogram i tusinde, dvs. at spændet er 0 - 3000.000 kg.

Søjlen til venstre viser bygningens masse i kg, opdelt i materialegrupperne.

Søjlen til højre viser bygningens totale udledning af CO<sub>2</sub>-ækv. opdelt efter samme princip.



## MATERIALERNES MASSE I FORHOLD TIL MATERIALERNES TOTALE UDLEDNING AF KG CO<sub>2</sub>-ÆKV.



### A. FUNDAMENTETS OPBYGNING

Randfundament, beton

152kg material / m<sup>2</sup> ref. area

### B. TERRÆNDÆKKETS OPBYGNING

Parketgulv, træ  
 Spånplade (genbrug)  
 Glulam  
 Træskelet  
 Mineraluldisolering  
 Fibercementplade

# E05: Studio [Home] Lyngby



**Bygherre:** Pension Danmark  
**Akitekt:** Vandkunsten  
**Ingeniør:** Scandi Byg + COWI  
**Entreprenør:** Scandi Byg

**Opførelseår:** 2021  
**Etageareal:** 17530 m<sup>2</sup>  
**Referenceareal:** 17530 m<sup>2</sup>  
**Andvendelse:** Studieboli  
**Beboere:** 520 stk.  
**År for ibrugtagning:** 2022  
**Opvarmning:** Fjernvarme  
**Solceller:** Ja



## BESKRIVELSE

Studio [Home] Lundtofte er et studieboligkoncept for bæredygtige og betalbare boliger. Produktionsfasen foregår primært på fabrik, hvilket kan være med til at holde anvendelse af byggematerialer og ressourceforbrug på byggepladsen nede. Der er blevet arbejdet særligt med skalérbarhed og et helhedsorienteret design som sammenfletter konceptet fra bygningsskala til møbelskala. Bebyggelsen har varierende boligformer, for at tiltrække studerende med forskellige behov og ønsker, både hvad angår faciliteter i den egne bolig, men også ønsket om at bo sammen med venner. Beboerne behøver ikke anskaffe nye møbler ved indflytning, da studieboligerne er forsynet med fast inventar der hovedsagligt er lavet i træ og er udformet til at gøre de kompakte boliger funktionelle. Projektet er det første byggeri i Danmark, der er bæredygtighedscertificeret med både Svanemærket og DGNB Guld.

Bygningerne i to til fire etager står på et betonfundament, isoleret med PIR og et selvbærende dæk i beton, isoleret med EPS. Boksmodulerne monteres ovenpå betondækket, adskilt af et lag PIR-isolering.

Bebyggelsen er opført med præfabrikerede boksmoduler med bærende konstruktioner i træ, med mineraluld som isolerende materiale. Der isoleres lodret og vandret med stenuld i boksadskillelsen, til brandstop og boksmodulerne har en indvendig beklædning af brandgips. Gulvbelægning er i linoleum.

Facaden er beklædt med skifer og flere adgangsveje er lagt udenpå bygningen, i form af trappekakte i stål. Dele af taget er udført som tagterrasse.

Studio [Home] Lundtofte er 17530 m<sup>2</sup> og har plads til 520 beboere hvilket giver ca. 34 m<sup>2</sup>/ person. Det er gennemsnitligt for case samlingen.



Boks



2 - 4 etager

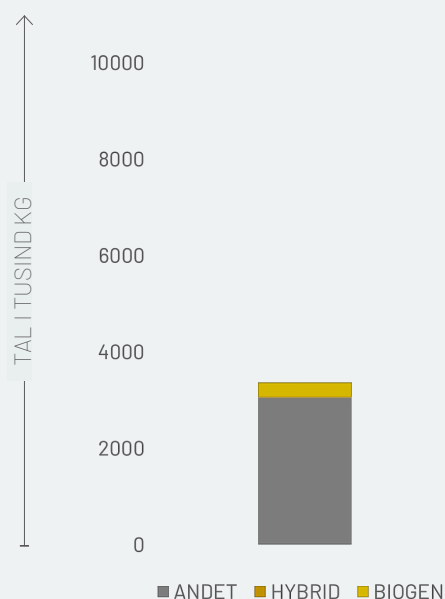
# E05: Studio [Home] Lyngby

6,02 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år



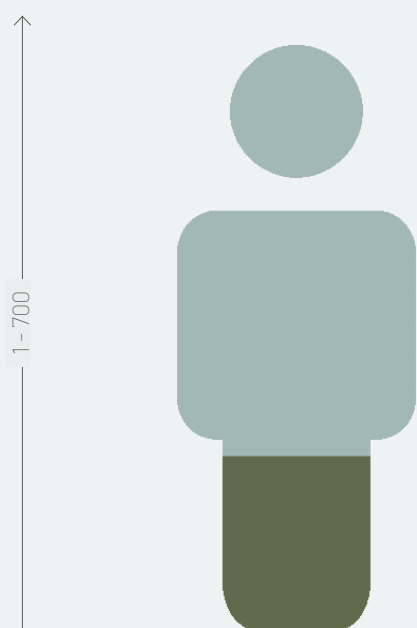
**Figur E05.1: Udledningen af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år**  
Søjlerne viser bygningens klimapåvirkning. Krydsene indikerer det højeste resultat for drift, materialer og samlet udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år i casesamlingens etageboliger.

3.368.417 kg CO<sub>2</sub>-ækv.



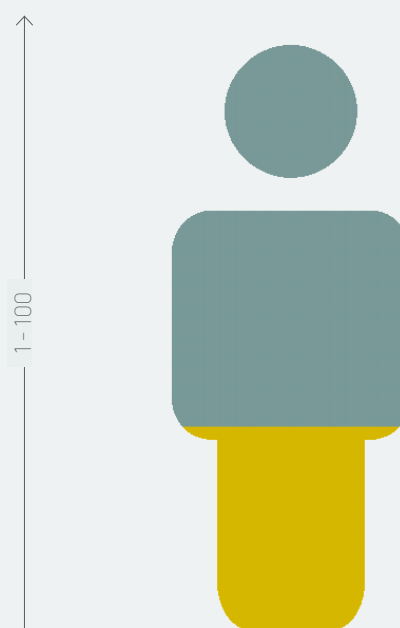
**Figur E05.2: Den samlede udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv.**  
Den stablede søjle viser casens samlede udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. fordelt på de tre materialegrupper; andre, hybrider og biogene.

203 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / person / år



**Figur E05.3: Udledningen af CO<sub>2</sub> / person / år**  
Den lodrette akse har et spænd på 1 til 700 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / person / år.

34 m<sup>2</sup> / person



**Figur E05.4: m<sup>2</sup> / person**  
Den lodrette akse har et spænd på 1 til 100 m<sup>2</sup> / person

# E05: Studio [Home] Lyngby

## KLIMAPÅVIRKNINGEN I RELATION TIL ANDRE BEST PRACTICE CASES

Den pågældende case er fremhævet i diagrammet som viser best practice byggeriernes udledning sorteret fra den højeste til laveste udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år.



Figur E05.5: Boligcases

Den vertikale akse viser udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv./m<sup>2</sup>/år. Den horisontale akse viser de 25 best practice cases.

# E05: Studio [Home] Lyngby

## BYGNINGENS UDLEDNING I REDUCTION ROADMAP

Klimapåvirkningen vises her i udledning af  $\text{kg CO}_2\text{-ækv. / m}^2\text{ / år}$ . Livscyklusvurderingen er lavet med år 2022 som året for ibrugtagning og caseresultatet er repræsenteret af et hvidt plus tegn. Diagrammet viser hvor den pågældende case befinder sig i relation til Reduction Roadmap, hvor den er vel indenfor den hurtigste reduktions-takt, i sandsynlighedsscenarioet på 83 %.

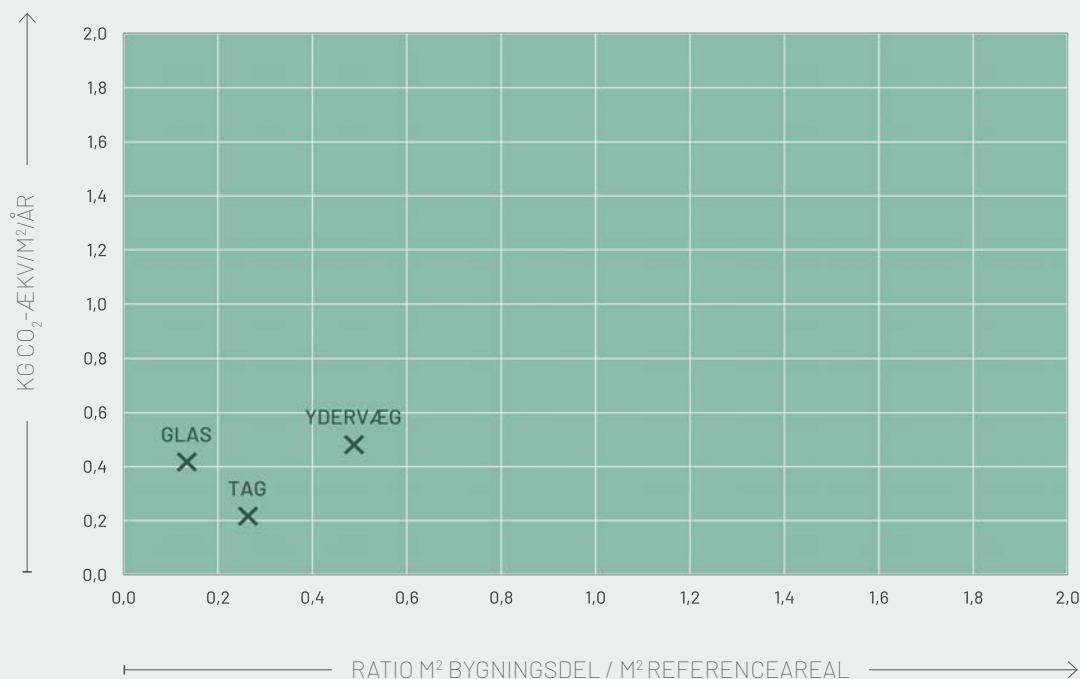


**Figur E05.6: Reduction Roadmap**

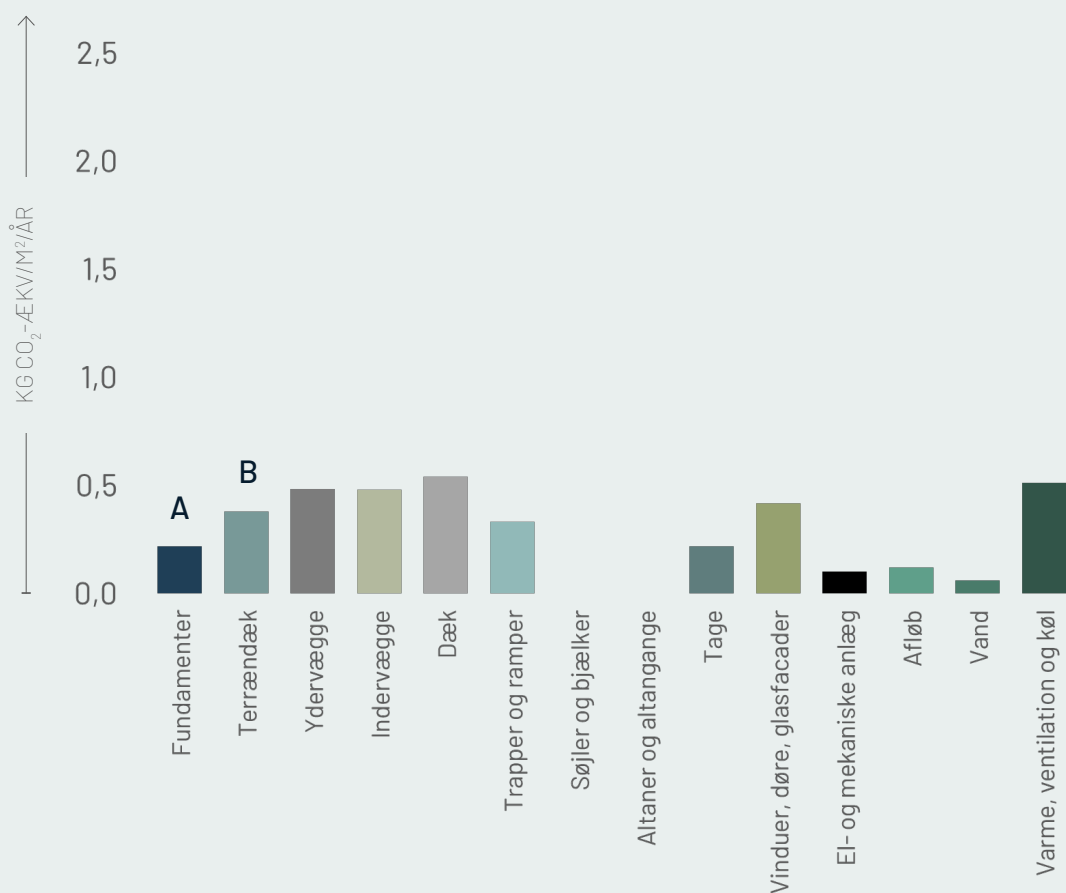
Den aktuelle case i relation til Reduction Roadmap, grænseværdierne, 4 til 1 planets målsætning på  $2.5 \text{ kg CO}_2\text{-ækv./m}^2\text{ / år}$  og 'safe operating space'.

# E05: Studio [Home] Lyngby

## BYGNINGSDELSRATIO OG PÅVIRKNING



## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER BYGNINGSDELE



Figur E05.7: CO<sub>2</sub>-regnskab over byggeriets bygningsdele

Den horisontale akse viser bygningens mest centrale bygningsdele, herunder fundamenter, terrændæk, ydervægge, indervægge, dæk, trapper og ramper, søjler og bjælker, altaner og altangange, tage, vinduer, døre og glasfacader, el- og mekaniske anlæg samt tekniske installationer (standard værdier).

# E05: Studio [Home] Lyngby

## DE BIOGENE MATERIALERS ANDEL: MASSE VS. KLIMAKLIMAPÅVIRKNING

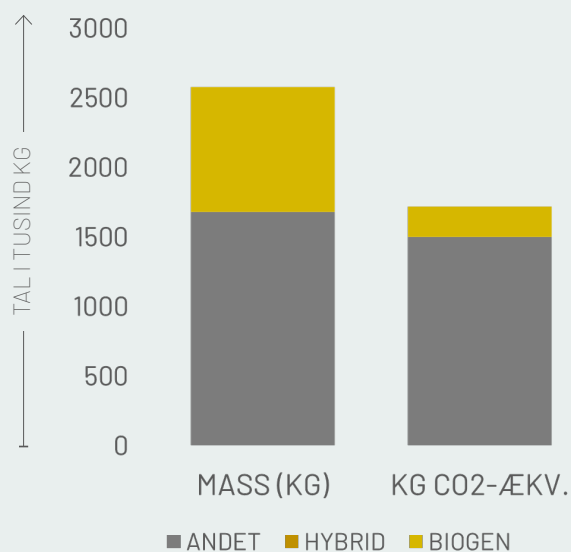
**Figur E05.8:**

Søjlediagrammet viser det pågældende boligbyggeri opdelt i tre materialegrupper: biogene materialer, hybrider og andre materialer.

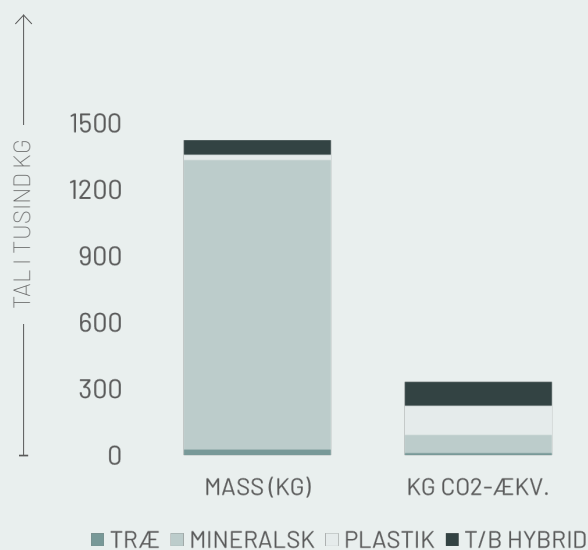
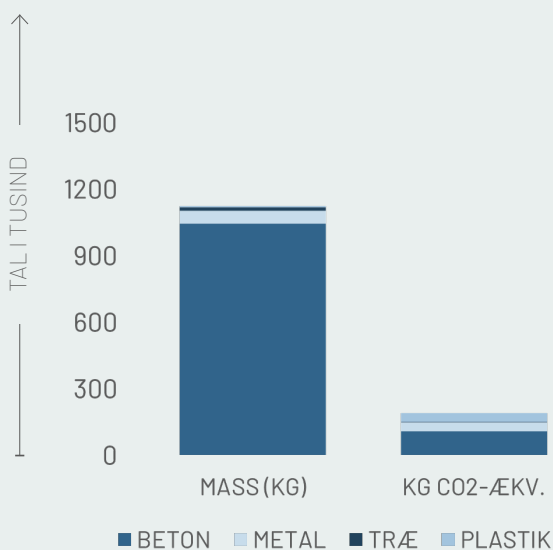
Den lodrette akse viser tal for kilogram i tusinde, dvs. at spændet er 0 - 3000.000 kg.

Søjlen til venstre viser bygningens masse i kg, opdelt i materialegrupperne.

Søjlen til højre viser bygningens totale udledning af CO<sub>2</sub>-ækv. opdelt efter samme princip.



## MATERIALERNES MASSE I FORHOLD TIL MATERIALERNES TOTALE UDLEDNING AF KG CO<sub>2</sub>-ÆKV.



### A. FUNDAMENTETS OPBYGNING

- Betonbjælke, armeret
- Betondæk, armeret (dobbelt)
- Sokkelisolering, PIR-skum

64kg material / m2 ref. area

### B. TERRÆNDÆKKETS OPBYGNING

- OSB-plade
- Træskelet
- Mineraluldisolering
- Dampspærre
- EPS-isolering
- Cementbundet spånplade
- Grus

# E06: Fjordudsigten



**Bygherre:** Ringkøbing - Skjern  
Bolidforening  
**Arkitekt:** BJERG Arkitektur

**Opførelseår:** 2021  
**Etageareal:** 335 m<sup>2</sup>  
**Referenceareal:** 335 m<sup>2</sup>  
**Andvendelse:** Studieboli  
**Beboere:** 42 stk.  
**År for ibrugtagning:** 2022  
**Opvarmning:** Compact anlæg  
**Solceller:** Ja



## BESKRIVELSE

Fjordudsigten er en bebyggelse med 80 almene boliger i Ringkøbing K, en ny naturbydel i Ringkøbing. Produktionsfasen foregår primært på fabrik, hvilket kan være med til at holde anvendelse af byggematerialer og ressourceforbrug på byggepladsen nede. Der er særligt arbejdet med at reducere behovet for energi i boligerne. Der er særligt arbejdet med at reducere driften ved at reducere varmebehovet. Boligerne følger Passivhus-plus standard og er udformet som meget velisolerede og kompakte enheder, med en lille overflade for at mindske varmetabet. Der er også arbejdet med orienteringen af vinduer for optimal udnyttelse af varme fra solindfald og dagslys. Udledningen reduceres yderligere ved at der bruges et såkaldt compact anlæg.

Bygningerne i to til tre etager står på et fundament af lecablokke med EPS-isolering, med et terrændæk der er en hybridkonstruktion i beton og træ med EPS-isolering.

Bebyggelsen er opført med præfabrikerede elementer med bærende konstruktioner i træ, med glasuld som isolerende materiale. Facaderne er beklædt med skifer og træ.

Den analyserede boligblok er 335 m<sup>2</sup> og har plads til 8 beboere hvilket giver ca. 42 m<sup>2</sup>/ person. Det er i den høje ende for casesamlingen.



Boks

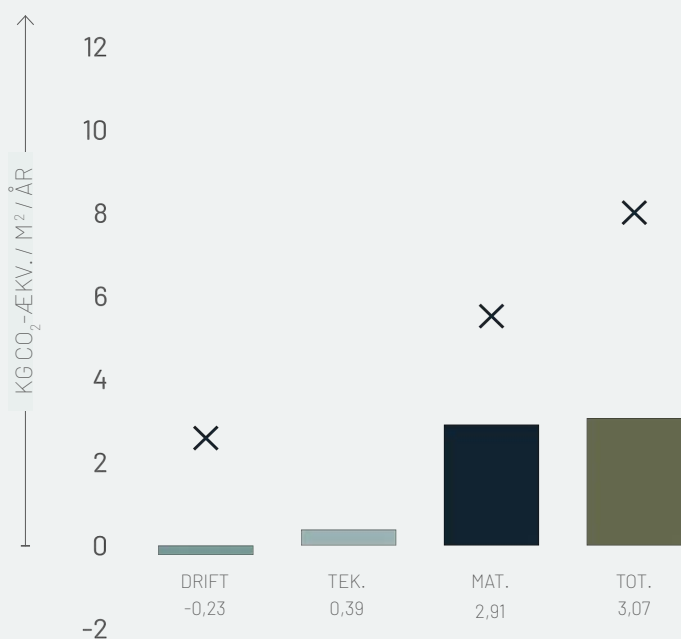


2 etager



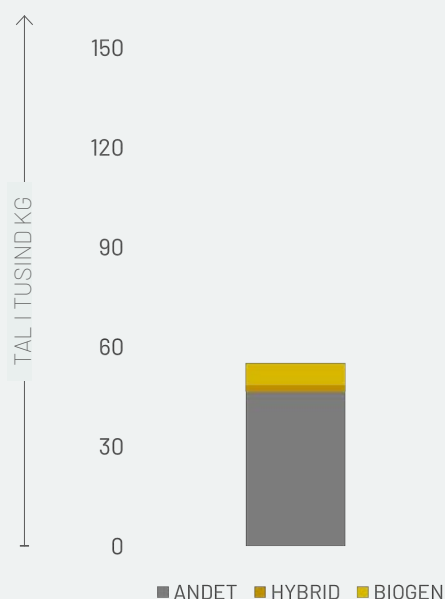
# E06: Fjordudsigten

3,07 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år



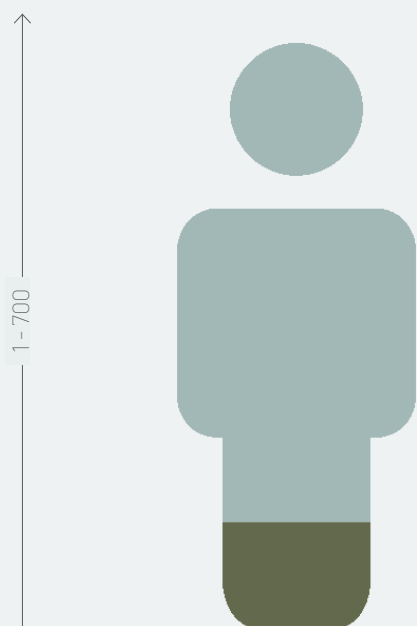
**Figur E06.1: Udledningen af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år**  
Søjlerne viser bygningens klimapåvirkning. Krydsene indikerer det højeste resultat for drift, materialer og samlet udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år i casesamlingens etageboliger.

55.128 kg CO<sub>2</sub>-ækv.



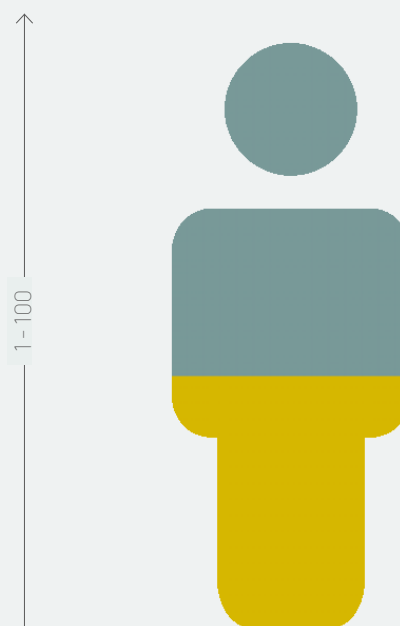
**Figur E06.2: Den samlede udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv.**  
Den stablede søjle viser casens samlede udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. fordelt på de tre materialegrupper; andre, hybrider og biogene.

128 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / person / år



**Figur E06.3: Udledningen af CO<sub>2</sub> / person / år**  
Den lodrette akse har et spænd på 1 til 700 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / person / år.

42 m<sup>2</sup> / person



**Figur E06.4: m<sup>2</sup> / person**  
Den lodrette akse har et spænd på 1 til 100 m<sup>2</sup> / person

# E06: Fjordudsigten

## KLIMAPÅVIRKNINGEN I RELATION TIL ANDRE BEST PRACTICE CASES

Den pågældende case er fremhævet i diagrammet som viser best practice byggeriernes udledning sorteret fra den højeste til laveste udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år.



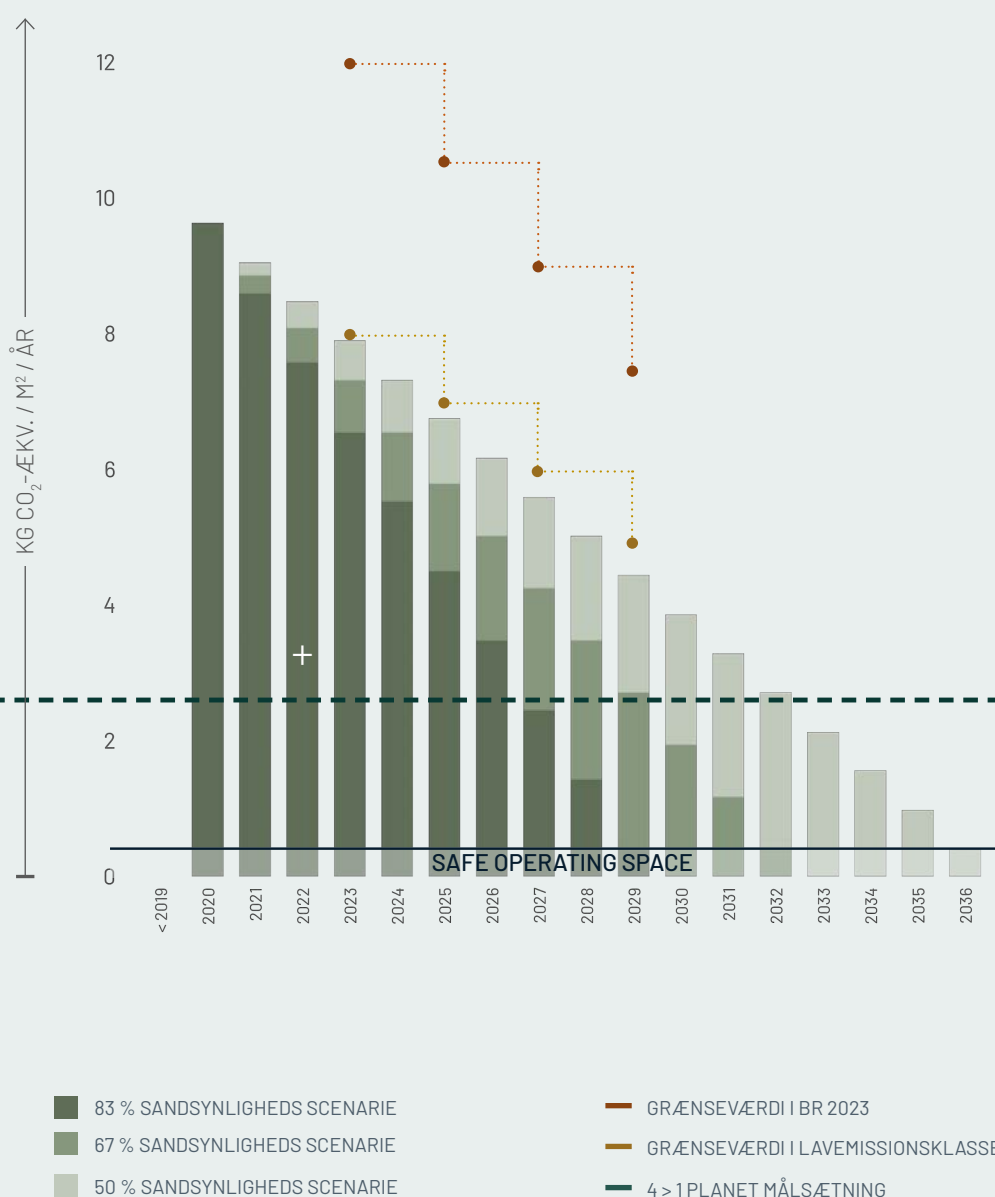
Figur E06.5: Boligcases

Den vertikale akse viser udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv./m<sup>2</sup>/år. Den horisontale akse viser de 25 best practice cases.

# E06: Fjordudsigten

## BYGNINGENS UDLEDNING I REDUCTION ROADMAP

Klimapåvirkningen vises her i udledning af  $\text{kg CO}_2\text{-ækv. / m}^2\text{ / år}$ . Livscyklusvurderingen er lavet med år 2022 som året for ibrugtagning og caseresultatet er repræsenteret af et hvidt plus tegn. Diagrammet viser hvor den pågældende case befinder sig i relation til Reduction Roadmap, hvor den er vel indenfor den hurtigste reduktions-takt, i sandsynlighedsscenarioet på 83 %.

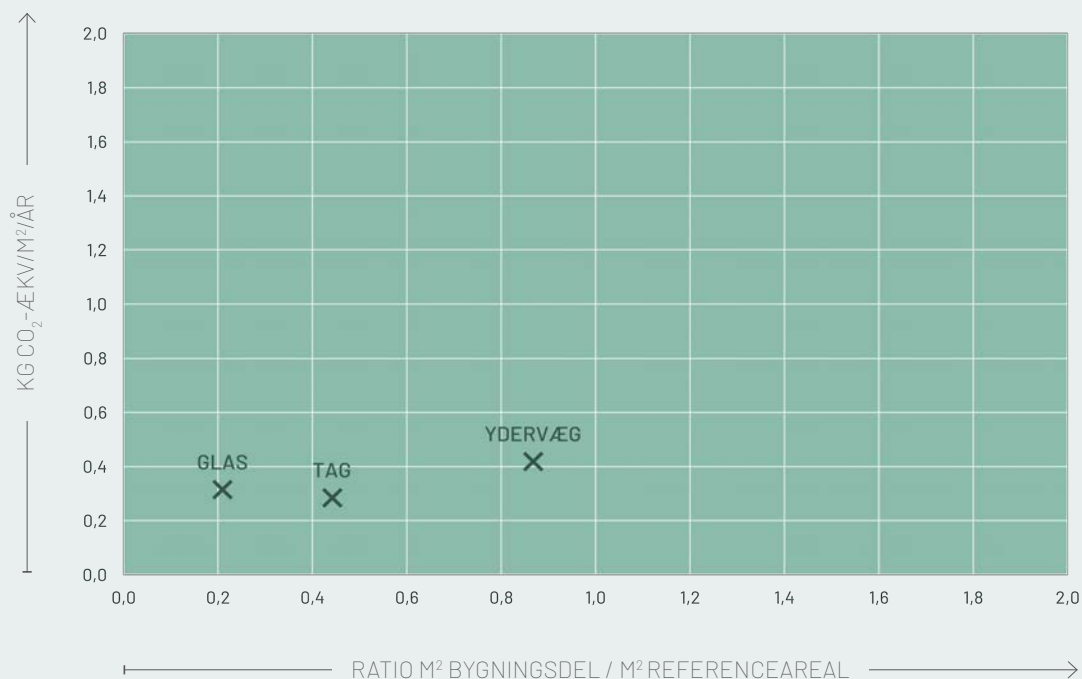


**Figur E06.6: Reduction Roadmap**

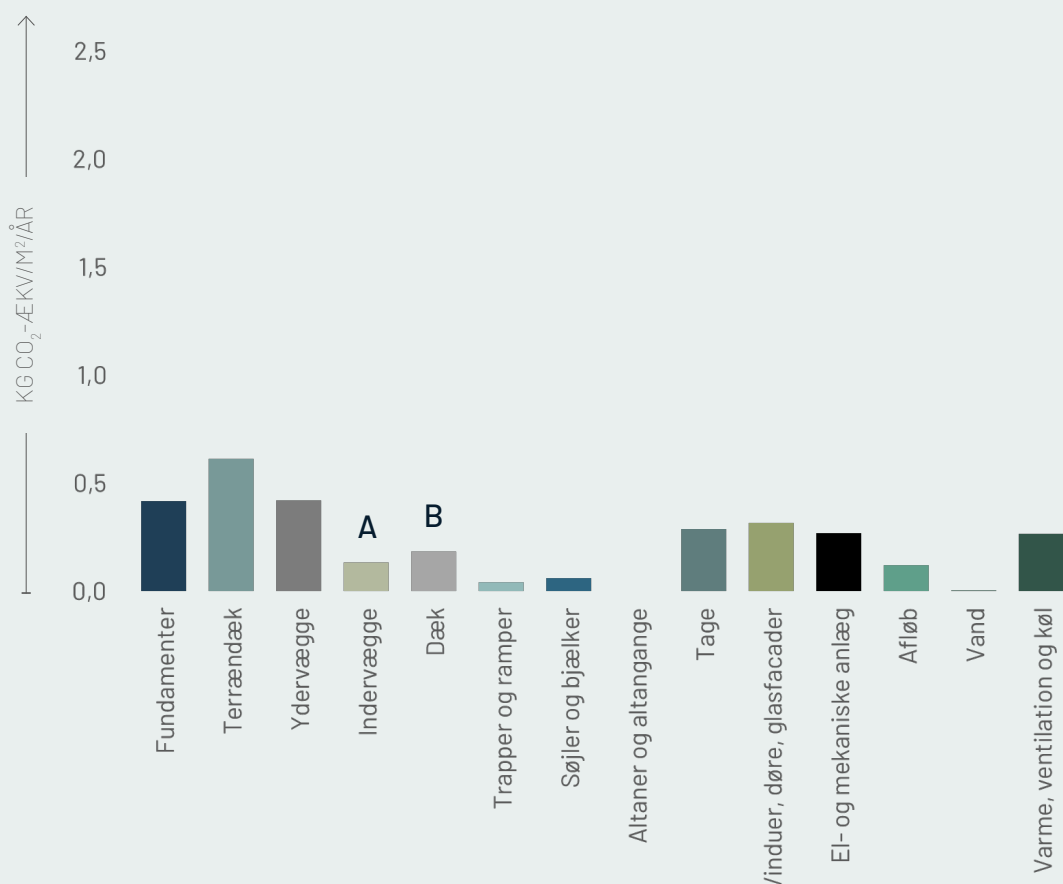
Den aktuelle case i relation til Reduction Roadmap, grænseværdierne, 4 til 1 planets målsætning på  $2.5 \text{ kg CO}_2\text{-ækv./m}^2\text{ / år}$  og 'safe operating space'.

# E06: Fjordudsigten

## BYGNINGSDELSRATIO OG PÅVIRKNING



## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER BYGNINGSDELE



Figur E06.7: CO<sub>2</sub>-regnskab over byggeriets bygningsdele

Den horisontale akse viser bygningens mest centrale bygningsdele, herunder fundamenter, terrændæk, ydervægge, indervægge, dæk, trapper og ramper, søjler og bjælker, altaner og altangange, tage, vinduer, døre og glasfacader, el- og mekaniske anlæg samt tekniske installationer (standard værdier).

# E06: Fjordudsigten

## DE BIOGENE MATERIALERS ANDEL: MASSE VS. KLIMAKLIMAPÅVIRKNING

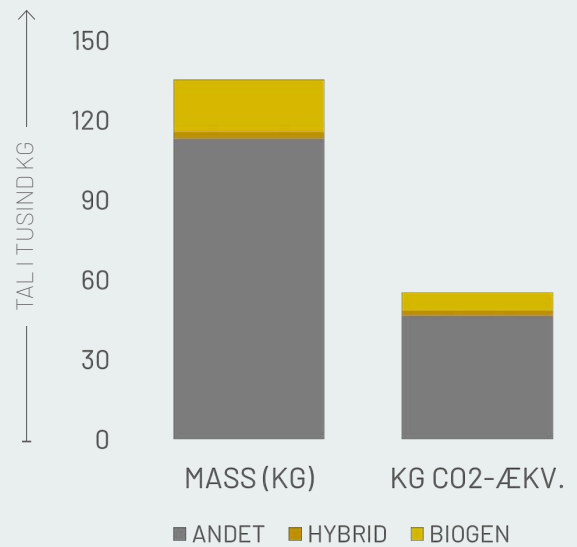
**Figur E06.8:**

Søjlediagrammet viser det pågældende boligbyggeri opdelt i tre materialegrupper: biogene materialer, hybrider og andre materialer.

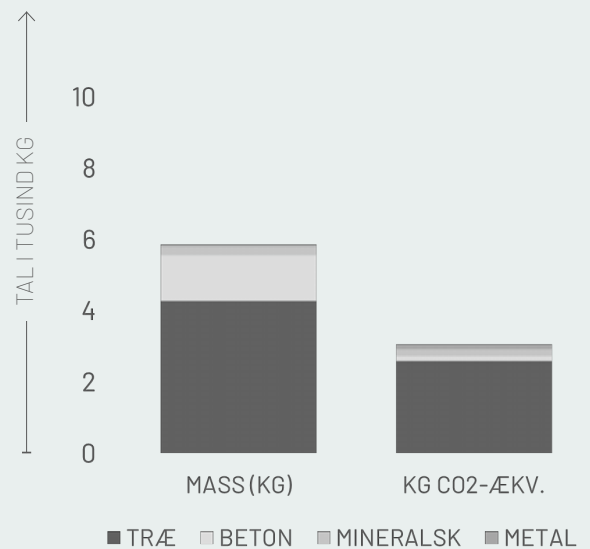
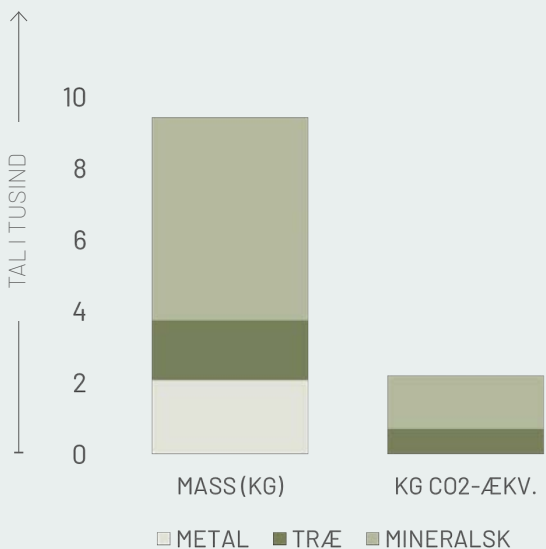
Den lodrette akse viser tal for kilogram i tusinde, dvs. at spændet er 0 - 150.000 kg.

Søjlen til venstre viser bygningens masse i kg, opdelt i materialegrupperne.

Søjlen til højre viser bygningens totale udledning af CO<sub>2</sub>-ækv. opdelt efter samme princip.



## MATERIALERNES MASSE I FORHOLD TIL MATERIALERNES TOTALE UDLEDNING AF KG CO<sub>2</sub>-ÆKV.



### A. INDERVÆGGENES OPBYGNING (FARVE)

- Fibergips x 2
- Træskelet
- Glasuldsisolering
- Fibergips x 2

### B. DÆKKETS OPBYGNING (FARVE)

- Træskelet
- Glasuldsisolering
- MDF-plade

# E07: N11 SolarHouse



**Aktør:** KU Leuven  
**Arkitekt:** N11 architects  
**Ingeniør:** N11 engineers

**Opførelseår:** 2014  
**Etageareal:** 536 m<sup>2</sup>  
**Referenceareal:** 536 m<sup>2</sup>  
**Andvendelse:** Kontor / Helårsbolig  
**Beboere:** 5,5 - 12 stk.  
**År for ibrugtagning:** 2022  
**Opvarmning:** Fjernvarme  
**Solceller:** Ja



## BESKRIVELSE

N11 Solar Direktgewinnhaus oversættes til "solar direct-gain house" på engelsk og betegnes derfor i den pågældende publikation som N11 SolarHouse. Huset har blandet anvendelse, med de tre første etager som kontor og de to øverste til beboelse.

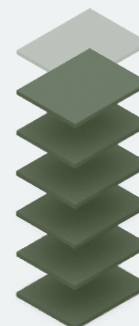
Bygningen i fem etager står på et pladefundament af armeret beton med en overflade af stampet ler. Huset er opført med bærende konstruktioner af limtræssøjler og CLT. Etageadskillelserne består af kompositmateriale af beton og træ, hørisolering og overflade i anhydrit. Skråtaget og ydervægge er udvendigt isolerede med hørfiber, og lodrette overflader er stampet med ler. Tagets overflade er dækket af solceller.

Bygningens materialevalg, orientering og kompakthed er udarbejdet således at bygningen kan optage varmen fra beboere og apparater og ved at udnytte solvarme. På denne måde er det forsøgt at undgå aggregater til mekanisk opvarmning. For at sikre at bygningen kan opvarmes, er der installeret en brændeovn i lejligheden.

Etageboligbebyggelsen er 536 m<sup>2</sup> og har plads til 10 medarbejdere og 2 beboere. Resultaterne for person vil derfor vise udledning per person for 12 beboere samt for 5,5 beboere, som er en ratio af beboere / areal som udregnes med hjælp af arealet per person i boligdelen af bebyggelsen. Det giver ca. 45 m<sup>2</sup>/ person hhv. 98 m<sup>2</sup>/ person. Begge arealer er i den høje ende for case samlingen. Den blandede anvendelse gør det dog vanskeligt at fastlægge et retvisende beboerantal.



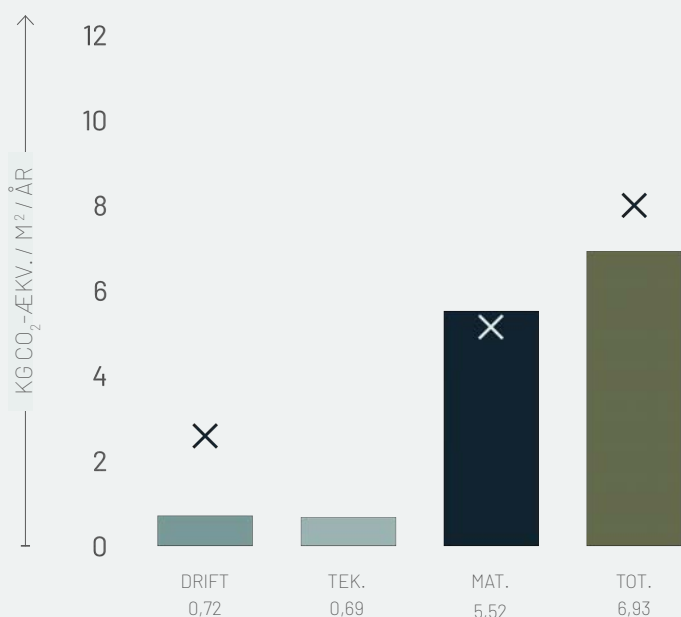
Hybrid



5 etager

# E07: N11 SolarHouse

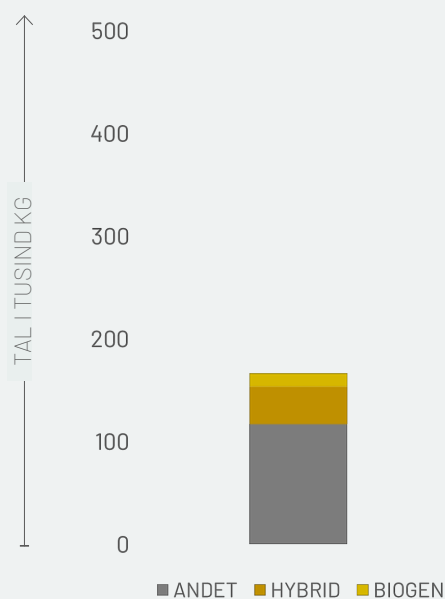
6,93 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år



**Figur E07.1: Udledningen af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år**

Søjlerne viser bygningens klimapåvirkning. Krydsene indikerer det højeste resultat for drift, materialer og samlet udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år i casesamlingens etageboliger. Den pågældende case har reelt casesamlingens højeste udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år fra materialer, men da det er en international case, angives den ikke som referencetal (X).

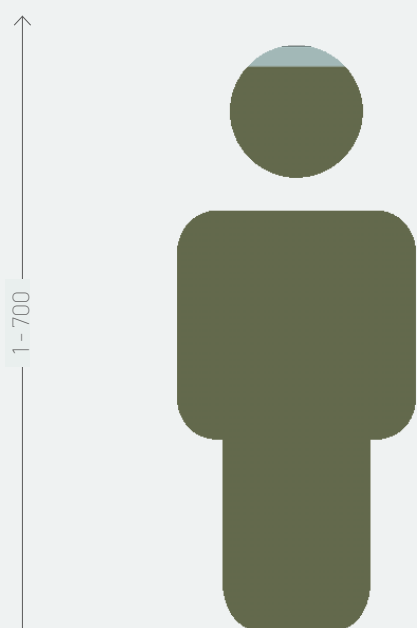
166.481 kg CO<sub>2</sub>-ækv.



**Figur E07.2: Den samlede udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv.**

Den stablede søjle viser casens samlede udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. fordelt på de tre materialegrupper; andre, hybrider og biogene.

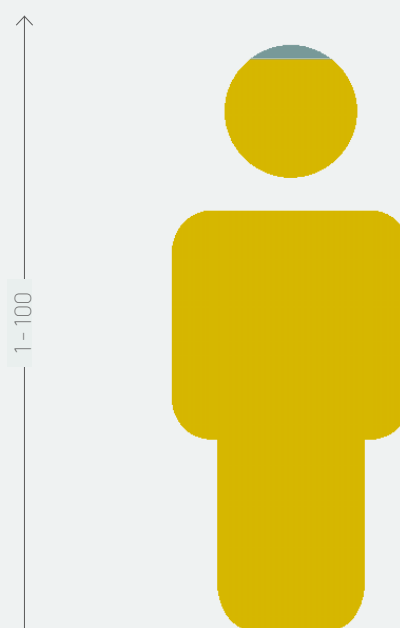
676 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / person / år



**Figur E07.3: Udledningen af CO<sub>2</sub> / person / år**

Den lodrette akse har et spænd på 1 til 700 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / person / år.

45 - 98 m<sup>2</sup> / person



**Figur E07.4: m<sup>2</sup> / person**

Den lodrette akse har et spænd på 1 til 100 m<sup>2</sup> / person

# E07: N11 SolarHouse

## KLIMAPÅVIRKNINGEN I RELATION TIL ANDRE BEST PRACTICE CASES

Den pågældende case er fremhævet i diagrammet som viser best practice byggeriernes udledning sorteret fra den højeste til laveste udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år.



**Figur E07.5: Boligcases**

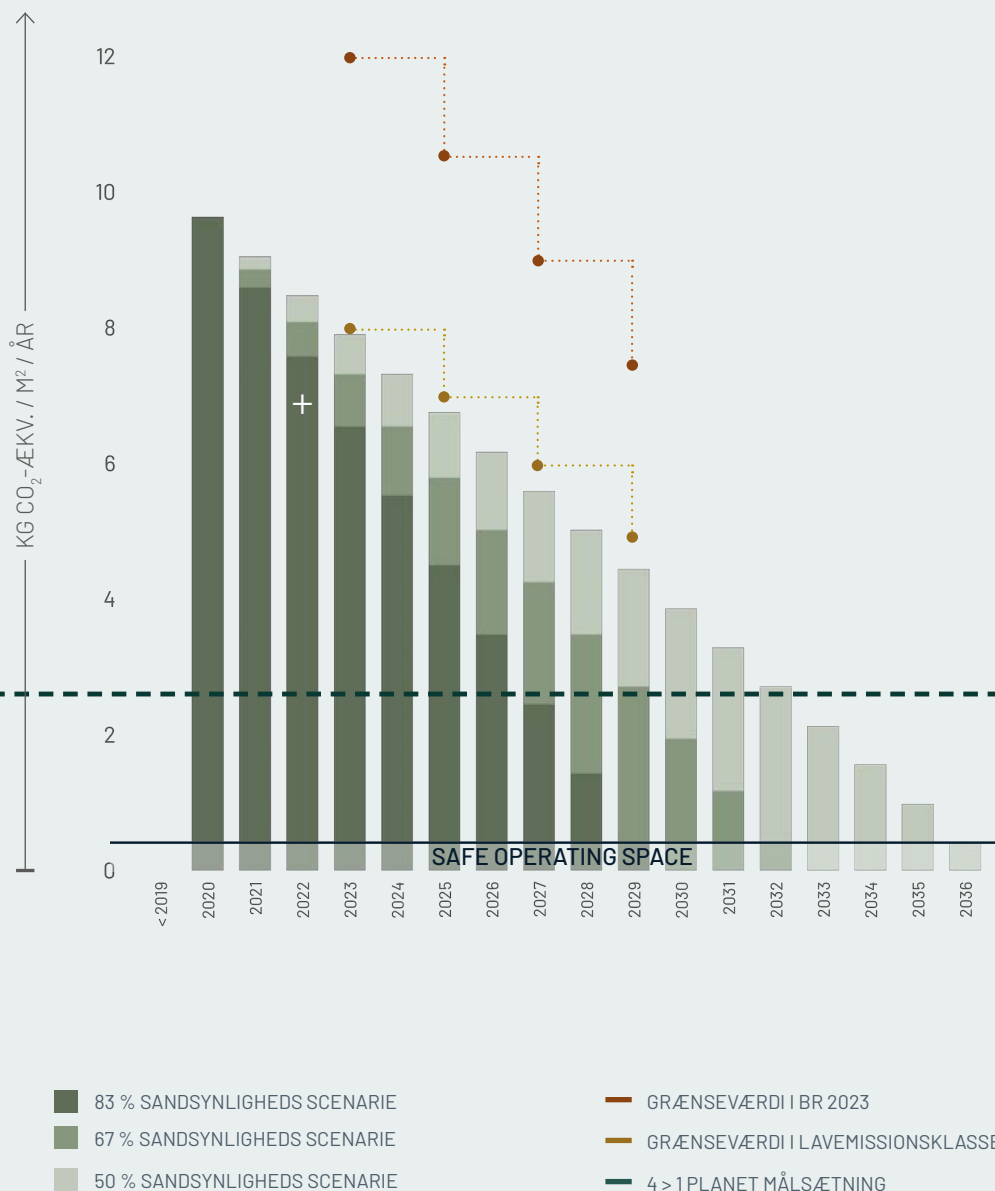
Den vertikale akse viser udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv./m<sup>2</sup>/år. Den horisontale akse viser de 25 best practice cases.



# E07: N11 SolarHouse

## BYGNINGENS UDLEDNING I REDUCTION ROADMAP

Klimapåvirkningen vises her i udledning af  $\text{kg CO}_2\text{-ækv. / m}^2 \text{ / år}$ . Livscyklusvurderingen er lavet med år 2022 som året for ibrugtagning og caseresultatet er repræsenteret af et hvidt plus tegn. Diagrammet viser hvor den pågældende case befinder sig i relation til Reduction Roadmap, hvor den er vel indenfor den hurtigste reduktions-takt, i sandsynlighedsscenarioet på 83 %.

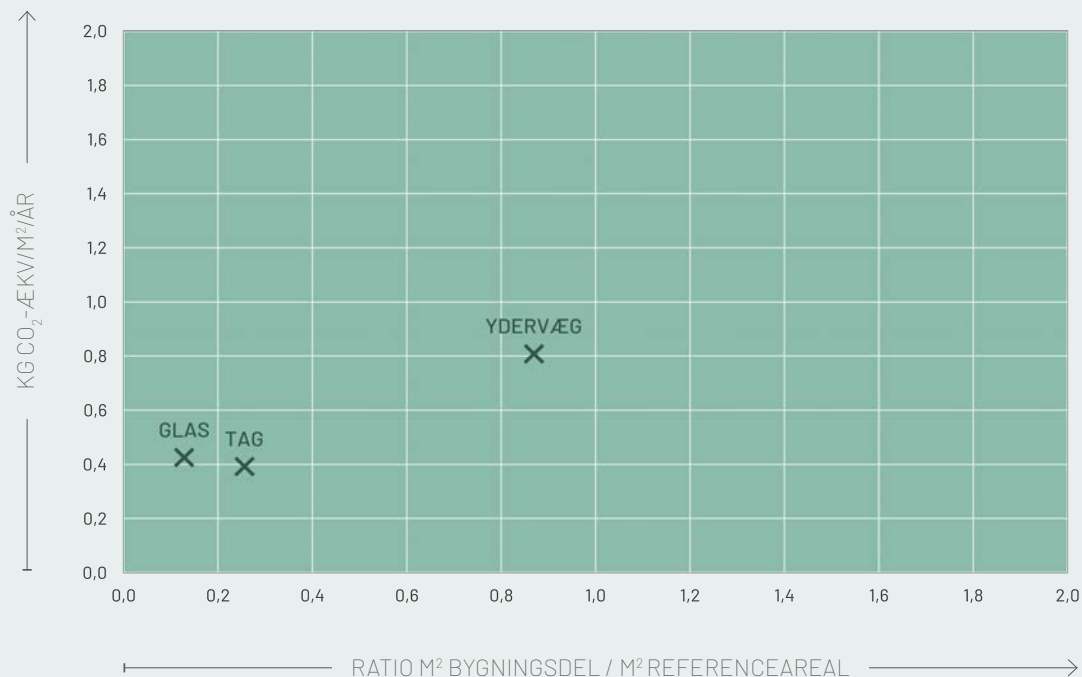


**Figur E07.6: Reduction Roadmap**

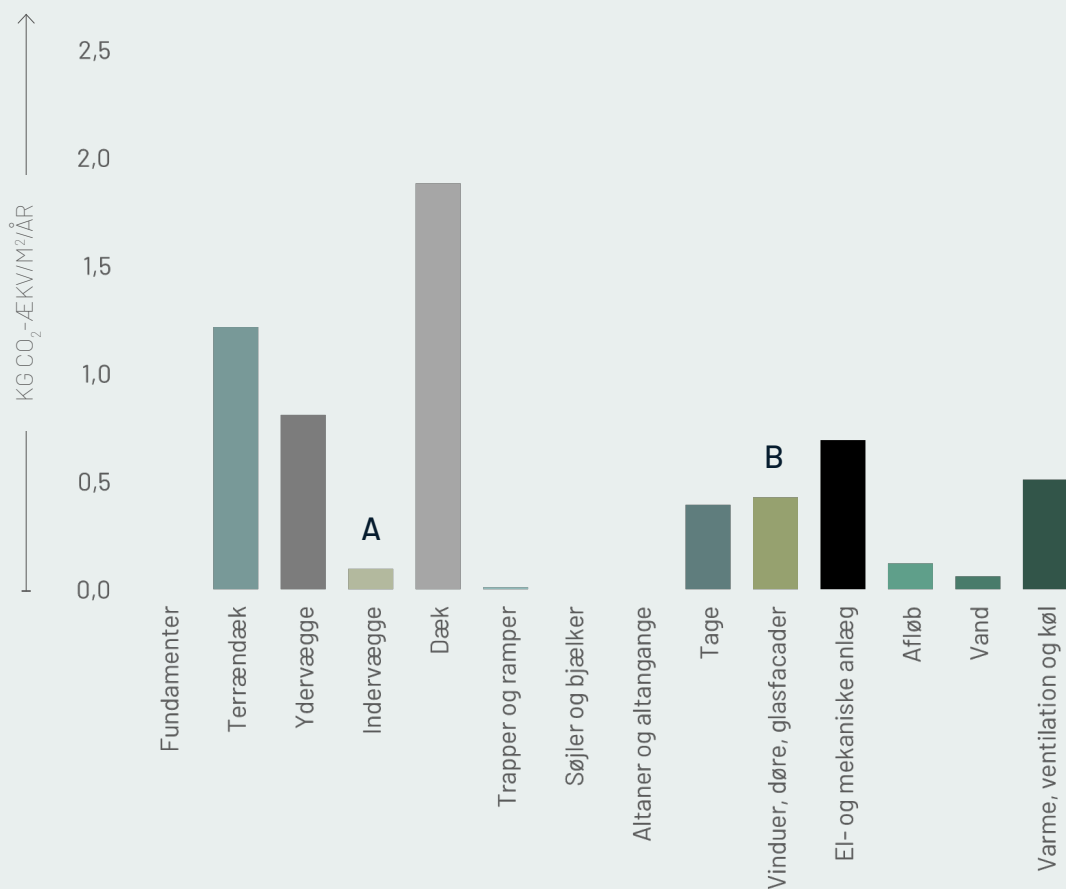
Den aktuelle case i relation til Reduction Roadmap, grænseværdierne, 4 til 1 planets målsætning på  $2.5 \text{ kg CO}_2\text{-ækv./m}^2 \text{ / år}$  og 'safe operating space'.

# E07: N11 SolarHouse

## BYGNINGSDELSRATIO OG PÅVIRKNING



## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER BYGNINGSDELE



Figur E07.7: CO<sub>2</sub>-regnskab over byggeriets bygningsdele

Den horisontale akse viser bygningens mest centrale bygningsdele, herunder fundamenter, terrændæk, ydervægge, indervægge, dæk, trapper og ramper, søjler og bjælker, altaner og altangange, tage, vinduer, døre og glasfacader, el- og mekaniske anlæg samt tekniske installationer (standard værdier).

# E07: N11 SolarHouse

## DE BIOGENE MATERIALERS ANDEL: MASSE VS. KLIMAKLIMAPÅVIRKNING

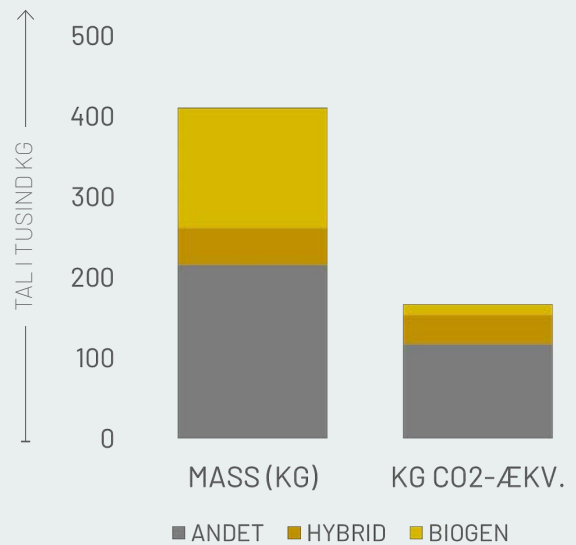
**Figur E07.8:**

Søjlediagrammet viser det pågældende boligbyggeri opdelt i tre materialegrupper: biogene materialer, hybrider og andre materialer.

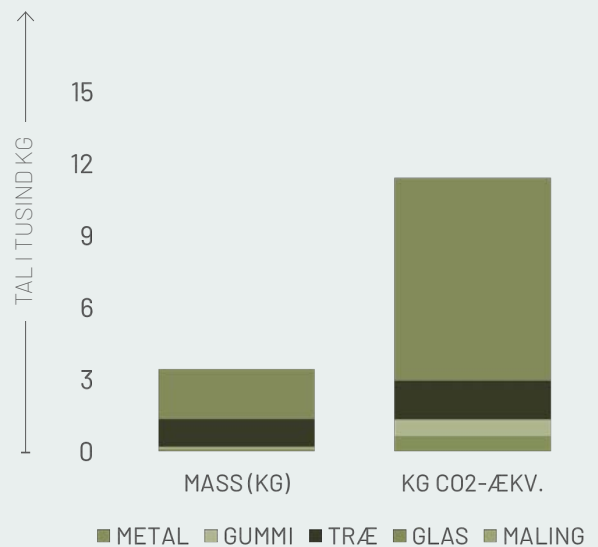
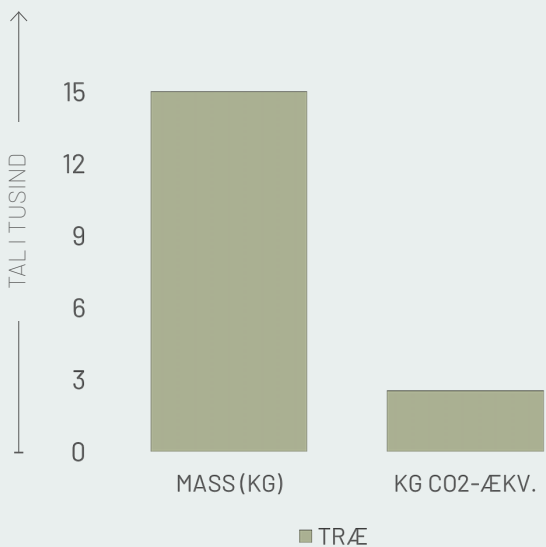
Den lodrette akse viser tal for kilogram i tusinde, dvs. at spændet er 0 - 500.000 kg.

Søjlen til venstre viser bygningens masse i kg, opdelt i materialegrupperne.

Søjlen til højre viser bygningens totale udledning af CO<sub>2</sub>-ækv. opdelt efter samme princip.



## MATERIALERNES MASSE I FORHOLD TIL MATERIALERNES TOTALE UDLEDNING AF KG CO<sub>2</sub>-ÆKV.



### A. INDERVÆGGENES OPBYGNING

- CLT, bærende
- CLT, ikke bærende

### B. VINDUERNES OPBYGNING OG RATIO

- OPBYGNING:
- Vindue i trækarm, 3-lags
  - Trædør, indvendig
  - Aluminium dør, udvendig

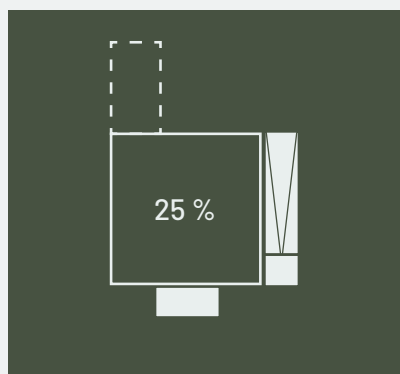
RATIO:  
0,13 m<sup>2</sup> vindue / m<sup>2</sup> referenceareal

# E08: CPH Village Vesterbro



**Bygherre:** CPH Village  
**Akitekt:** Arcgency  
**Ingeniør:** Ekolab  
**Entreprenør:** Scandi Byg

**Opførelseår:** 2020  
**Etageareal:** 146 m<sup>2</sup>  
**Referenceareal:** 154 m<sup>2</sup>  
**Andvendelse:** Studiebolig  
**Beboere:** 8 stk.  
**År for ibrugtagning:** 2022  
**Opvarmning:** Varmepumpe  
**Solceller:** Ja



## BESKRIVELSE

CPH Village Vesterbro er opført som modulære studieboliger. Der er ét ud af flere områder rundt omkring i København med dette koncept der bl.a. arbejder med at bygge begrænset antal m<sup>2</sup> per person. Produktionsfasen foregår primært på fabrik, hvilket kan være med til at holde anvendelse af byggematerialer og ressourcerforbrug på byggepladsen nede. Boligerne består af moduler som er designet for adskillelse. Modulerne kan derfor adskilles, kombineres med andre moduler og i fremtiden flyttes til andre områder. Denne fleksibilitet gør det muligt at ændre modulernes funktion efter fremtidige behov. Mulighederne for at ændre placering, størrelse og funktion af modulerne, udfordrer grænserne for almindelig fast ejendom.

Bebyggelsen i to etager står på et skruefundament og terrændækket er udført som en træ-kassette men spånpladebund og mineraluld som isolerende materiale. Linoleum er valgt som gulvbelægning.

Husets bærende konstruktioner er lavet i konstruktionstræ. Ydervæggene er isoleret med mineraluld og udvendigt beklædt med træ. De indvendige overflader har en beklædning af gips. Etagedækket er udført som trækassetter med mineraluldsisolering, linoleumsgulve og gipslofter.

Taget består af en konstruktion med I-bjælker, krydsfiner og er isoleret med mineraluld. Loftet er beklædt med gips og tagbeklædningen er i tagpap.

Etageboligbebyggelsen er 146 m<sup>2</sup> og har plads til 4 personer, hvis det regnes med én beboer per studiebolig. Det giver et gennemsnit på ca. 37 m<sup>2</sup>/ person hvilket er gennemsnitligt til højt i case samlingen. Hvis det regnes med 2 beboere per enhed (svarende til ét primært soveværelse) giver det 8 beboere og et gennemsnit på 18 m<sup>2</sup>/ person. Det er i den lave ende af case samlingen.



Boks



2 etager

# E08: CPH Village Vesterbro

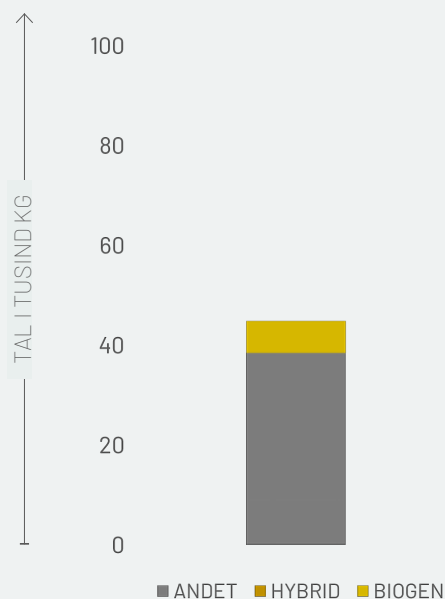
6,73 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år



**Figur E08.1: Udledningen af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år**

Søjlerne viser bygningens klimapåvirkning. Krydsene indikerer det højeste resultat for drift, materialer og samlet udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år i casesamlingens etageboliger.

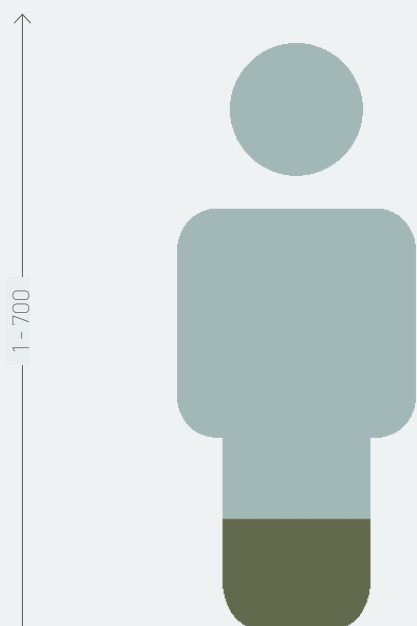
44.797 kg CO<sub>2</sub>-ækv.



**Figur E08.2: Den samlede udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv.**

Den stablede søjle viser casens samlede udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. fordelt på de tre materialegrupper; andre, hybrider og biogene.

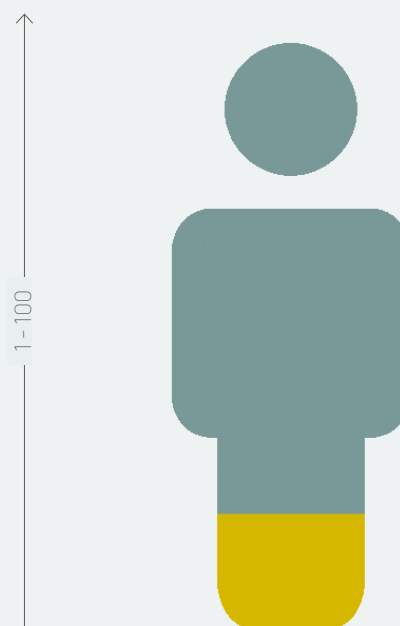
130 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / person / år



**Figur E08.3: Udledningen af CO<sub>2</sub> / person / år**

Den lodrette akse har et spænd på 1 til 700 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / person / år.

18 - 37 m<sup>2</sup> / person



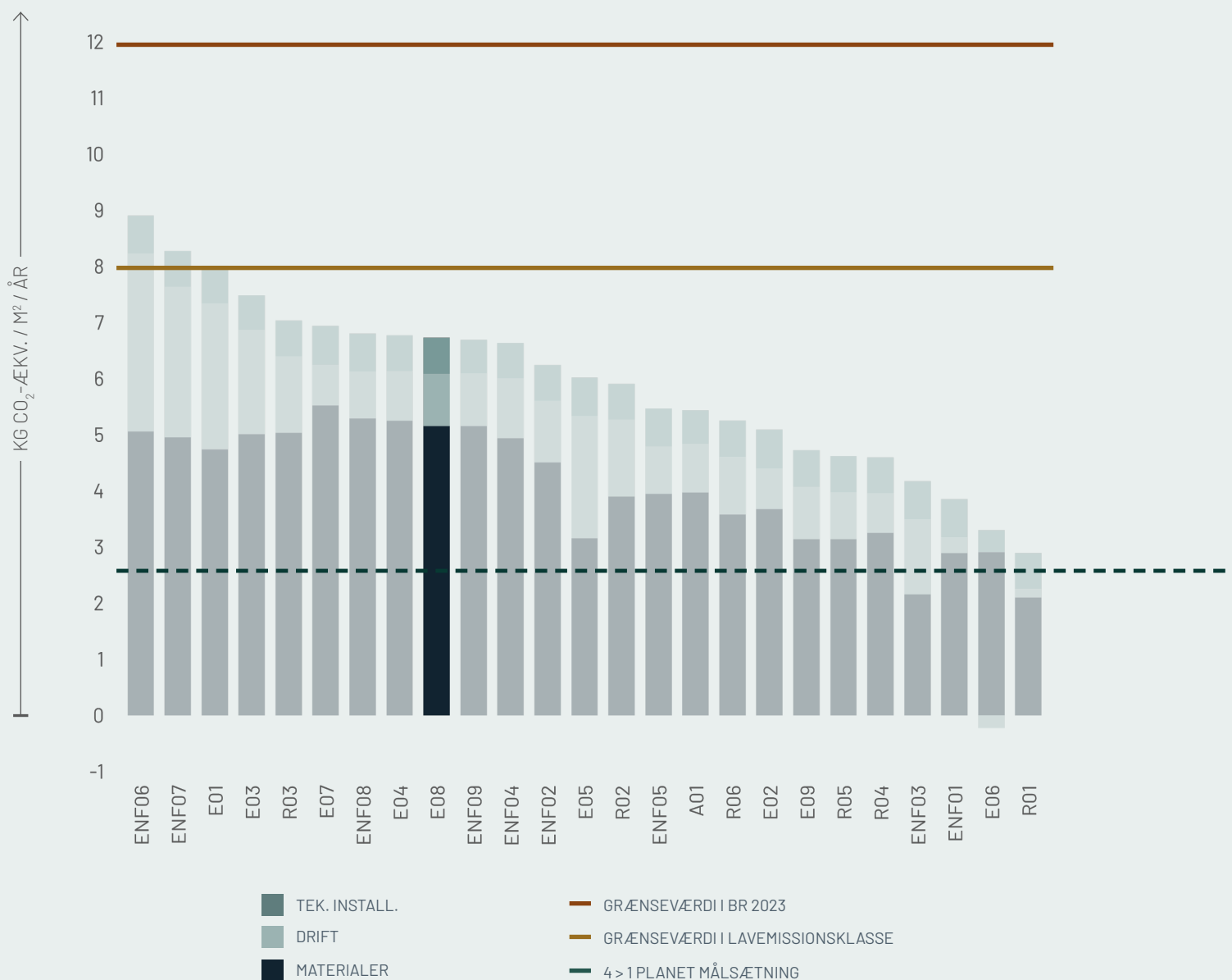
**Figur E08.4: m<sup>2</sup> / person**

Den lodrette akse har et spænd på 1 til 100 m<sup>2</sup> / person

# E08: CPH Village Vesterbro

## KLIMAPÅVIRKNINGEN I RELATION TIL ANDRE BEST PRACTICE CASES

Den pågældende case er fremhævet i diagrammet som viser best practice byggeriernes udledning sorteret fra den højeste til laveste udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år.



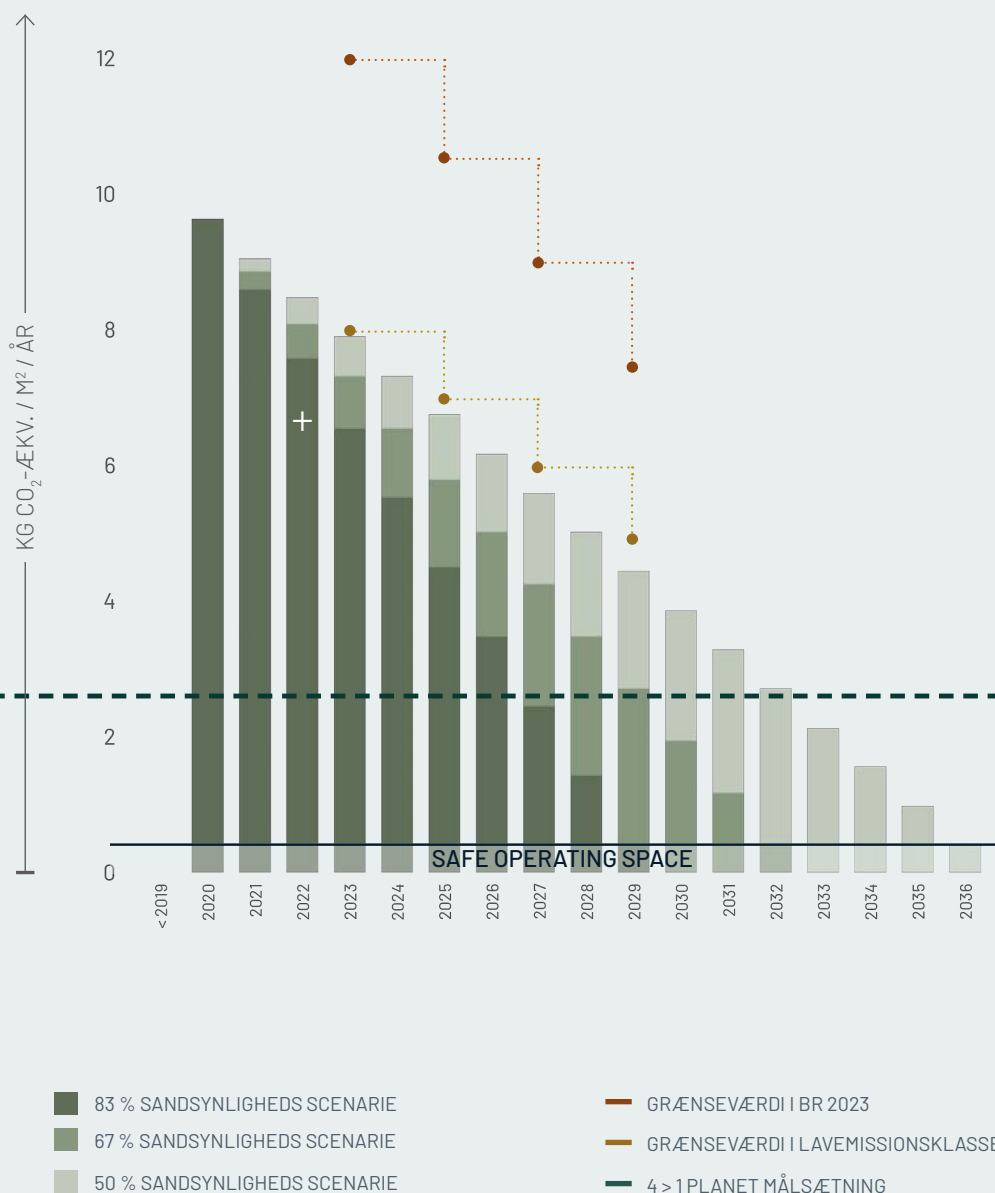
Figur E08.5: Boligcases

Den vertikale akse viser udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv./m<sup>2</sup>/år. Den horisontale akse viser de 25 best practice cases.

# E08: CPH Village Vesterbro

## BYGNINGENS UDLEDNING I REDUCTION ROADMAP

Klimapåvirkningen vises her i udledning af  $\text{kg CO}_2\text{-ækv. / m}^2\text{ / år}$ . Livscyklusvurderingen er lavet med år 2022 som året for ibrugtagning og caseresultatet er repræsenteret af et hvidt plus tegn. Diagrammet viser hvor den pågældende case befinder sig i relation til Reduction Roadmap, hvor den er vel indenfor den hurtigste reduktions-takt, i sandsynlighedsscenarioet på 83 %.

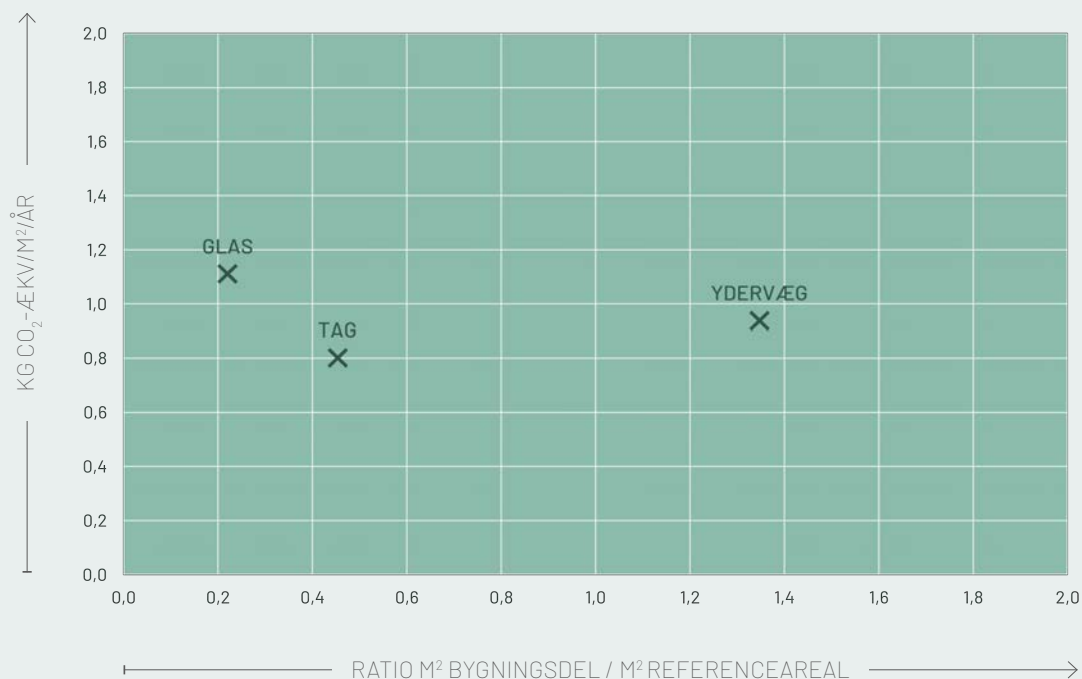


Figur E08.6: Reduction Roadmap

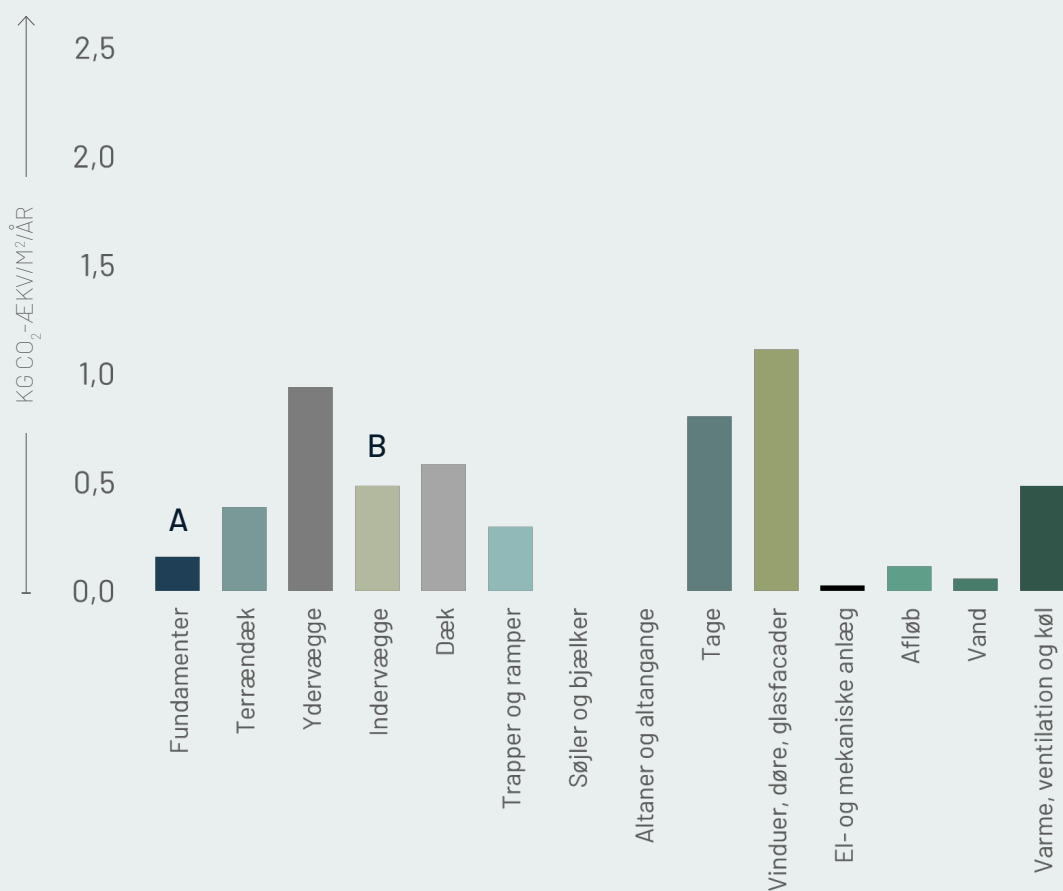
Den aktuelle case i relation til Reduction Roadmap, grænseværdierne, 4 til 1 planets målsætning på  $2.5 \text{ kg CO}_2\text{-ækv./m}^2\text{ / år}$  og 'safe operating space'.

# E08: CPH Village Vesterbro

## BYGNINGSDELSRATIO OG PÅVIRKNING



## KLIMAPÅVIRKNINGER FORDELT OVER BYGNINGSDELE



Figur E08.7: CO<sub>2</sub>-regnskab over byggeriets bygningsdele

Den horisontale akse viser bygningens mest centrale bygningsdele, herunder fundamenter, terrændæk, ydervægge, indervægge, dæk, trapper og ramper, søjler og bjælker, altaner og altangange, tage, vinduer, døre og glasfacader, el- og mekaniske anlæg samt tekniske installationer (standard værdier).



# E08: CPH Village Vesterbro

## DE BIOGENE MATERIALERS ANDEL: MASSE VS. KLIMAKLIMAPÅVIRKNING

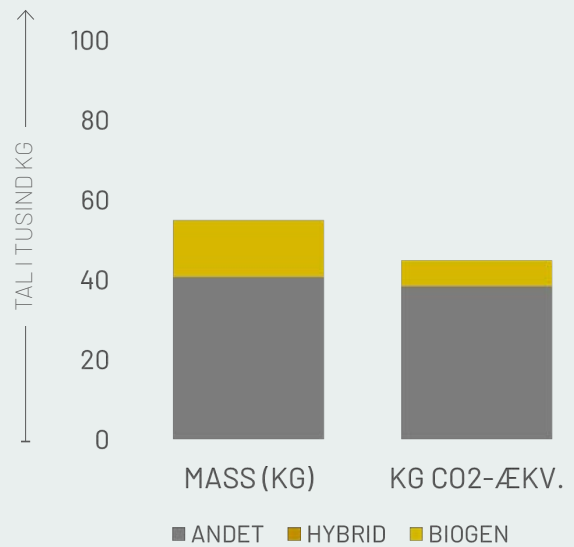
**Figur E08.8:**

Søjlediagrammet viser det pågældende boligbyggeri opdelt i tre materialegrupper: biogene materialer, hybrider og andre materialer.

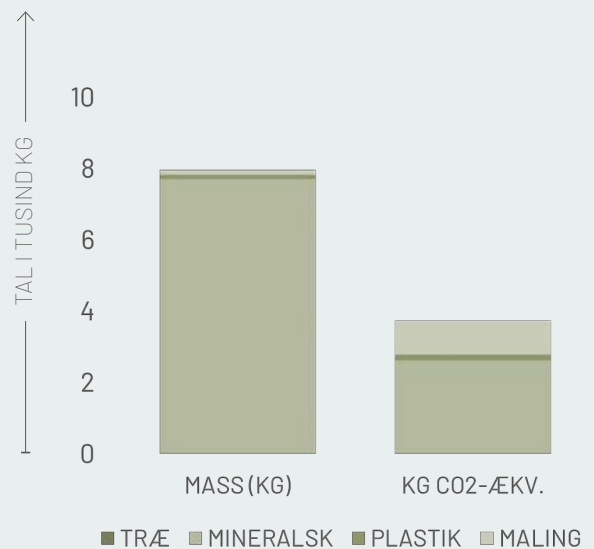
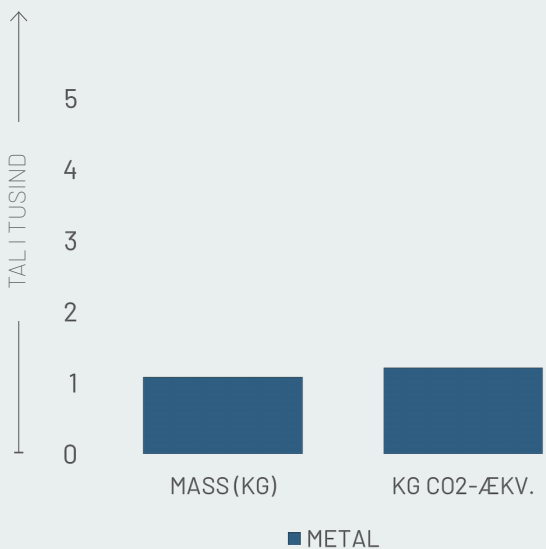
Den lodrette akse viser tal for kilogram i tusinde, dvs. at spændet er 0 - 100.000 kg.

Søjlen til venstre viser bygningens masse i kg, opdelt i materialegrupperne.

Søjlen til højre viser bygningens totale udledning af CO<sub>2</sub>-ækv. opdelt efter samme princip.



## MATERIALERNES MASSE I FORHOLD TIL MATERIALERNES TOTALE UDLEDNING AF KG CO<sub>2</sub>-ÆKV.



### A. FUNDAMENTETS OPBYGNING

Skruet stålspæ

### B. INDERVÆGGENES OPBYGNING (FARVE)

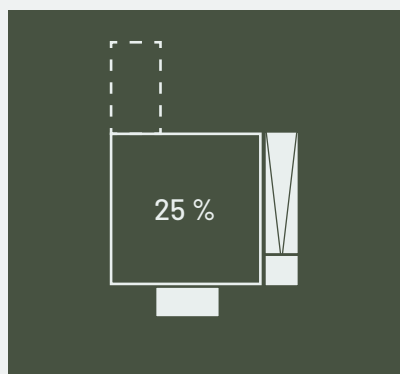
Træboks  
 Mineraluldsisolering  
 Gipskartonplade  
 Dampspærre  
 Maling



VISUALISERING: CPH Village

**Aktør:** CPH Village

**Opførelseår:** 2020  
**Etageareal:** 146 m<sup>2</sup>  
**Referenceareal:** 154 m<sup>2</sup>  
**Andvendelse:** Studiebolig  
**Beboere:** 8 stk.  
**År for ibrugtagning:** 2022  
**Opvarmning:** Varmepumpe  
**Solceller:** Ja



VISUALISERING: CPH Village

## BESKRIVELSE

CPH Village Tunnelfabrikken er taget med som en pixiecase hvor der arbejdes med mange af de samme konstruktionsprincipper som i CPH Village Vesterbro, men der ligger fokus på at udskifte mange af de mineralske materialer, f.eks. til isolering, til biobaserede materialer.

Der har i analysen regnets konservativt, hvilket resulterer i en reduktion på 30 % af den totale udledning af kg CO<sub>2</sub> - ækv. / m<sup>2</sup> / år i forhold til case nr E08 (CPH Village Vesterbro).

Etageboligbebyggelsen er 146 m<sup>2</sup> og har plads til 4 personer, hvis det regnes med én beboer per studiebolig. Det giver et gennemsnit på ca. 37 m<sup>2</sup>/ person hvilket er gennemsnitligt til højt i case samlingen. Hvis det regnes med 2 beboere per enhed (svarende til ét primært soveværelse) giver det 8 beboere og et gennemsnit på 18 m<sup>2</sup>/ person. Det er i den lave ende af case samlingen.



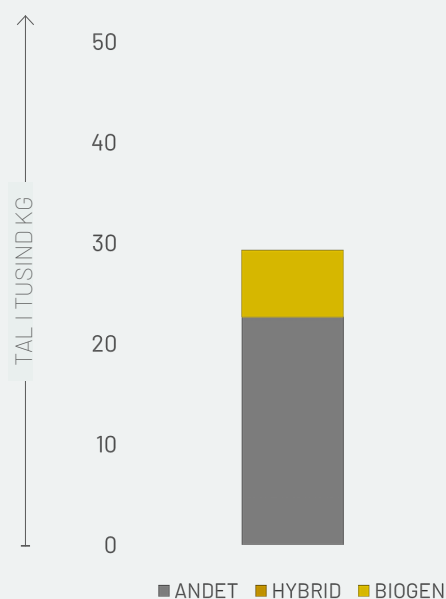
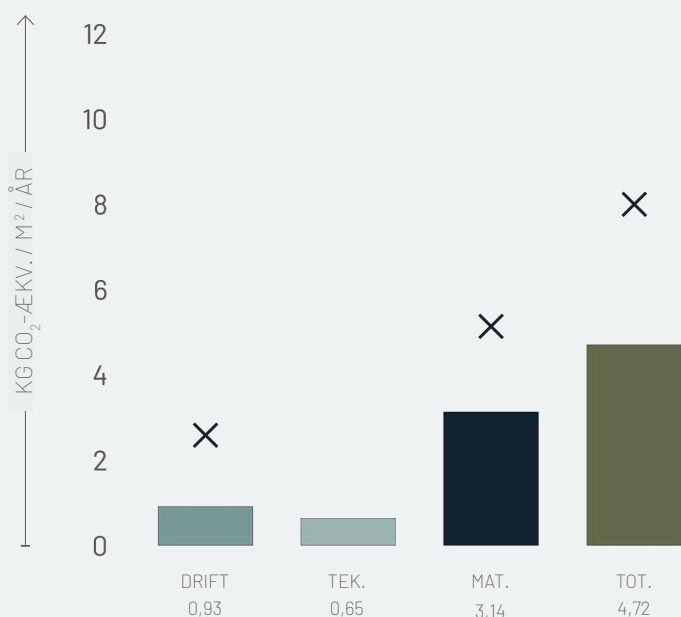
Boks



2 - 3 etager

4,72 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år

29.282 kg CO<sub>2</sub>-ækv.



**Figur E09.1: Udledningen af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år**

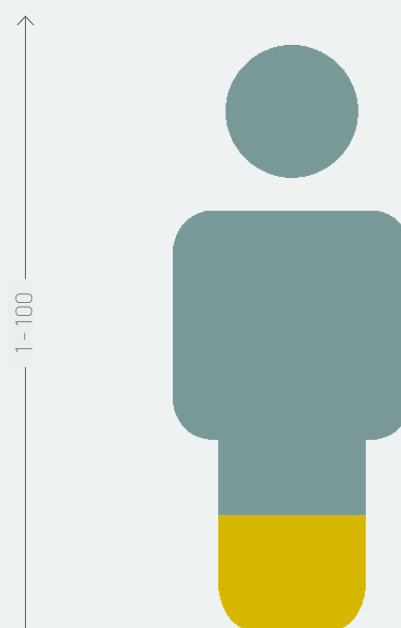
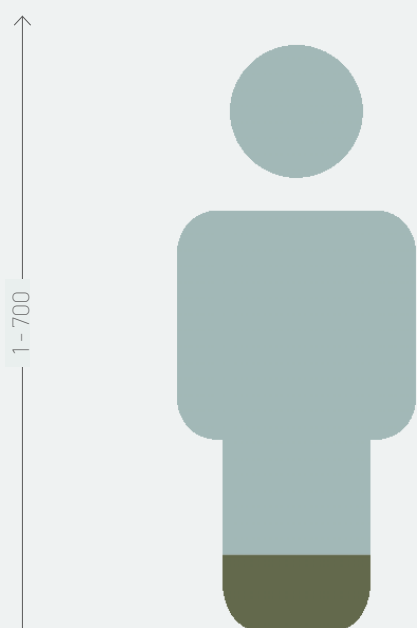
Søjlerne viser bygningens klimapåvirkning. Krydsene indikerer det højeste resultat for drift, materialer og samlet udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år i casesamlingens etageboliger.

**Figur E09.2: Den samlede udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv.**

Den stablede søjle viser casens samlede udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. fordelt på de tre materialegrupper; andre, hybrider og biogene.

91 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / person / år

18 - 37 m<sup>2</sup> / person



**Figur E09.3: Udledningen af CO<sub>2</sub> / person / år**

Den lodrette akse har et spænd på 1 til 700 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / person / år.

**Figur E09.4: m<sup>2</sup> / person**

Den lodrette akse har et spænd på 1 til 100 m<sup>2</sup> / person

## KLIMAPÅVIRKNINGEN I RELATION TIL ANDRE BEST PRACTICE CASES

Den pågældende case er fremhævet i diagrammet som viser best practice byggeriernes udledning sorteret fra den højeste til laveste udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år.



**Figur E09.5: Boligcases**

Den vertikale akse viser udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv./m<sup>2</sup>/år. Den horisontale akse viser de 25 best practice cases.

## BYGNINGENS UDLEDNING I REDUCTION ROADMAP

Klimapåvirkningen vises her i udledning af  $\text{kg CO}_2\text{-ækv. / m}^2\text{ / år}$ . Livscyklusvurderingen er lavet med år 2022 som året for ibrugtagning og caseresultatet er repræsenteret af et hvidt plus tegn. Diagrammet viser hvor den pågældende case befinder sig i relation til Reduction Roadmap, hvor den er vel indenfor den hurtigste reduktions-takt, i sandsynlighedsscenarioet på 83 %.



**Figur E09.6: Reduction Roadmap**

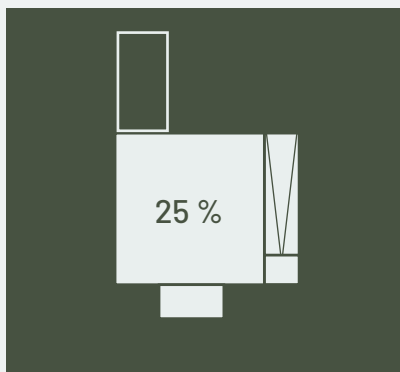
Den aktuelle case i relation til Reduction Roadmap, grænseværdierne, 4 til 1 planets målsætning på  $2.5 \text{ kg CO}_2\text{-ækv./m}^2\text{ / år}$  og 'safe operating space'.



VISUALISERING: Henning Larsen / Rambøll

**Bygherre:** AP Pension  
**Arkitekt:** Henning Larsen Architects  
**Ingeniør:** Rambøll  
**Partnere:** Teknologisk Institut  
 Dansk Beton  
 Unicon  
 Aalborg Portland  
 Realdania

**Kategori:** Andet  
**Byggeår:** 2023  
**Etageareal:** 143 m<sup>2</sup>  
**Referenceareal:** 162 m<sup>2</sup>  
**Beboere:** 4 stk.  
 (beregnet som enfamiliehus)



VISUALISERING: Henning Larsen / Rambøll

## BESKRIVELSE

Aktivitetshuset i Kanalbyen i Fredericia er et nyt fællesshus, hvor en målsætning har været at udvikle nye standarder for brugen af beton. Der er i projektet arbejdet med at reducere mængden af beton, samt at afprøve et materiale mix med mindre udledning af CO<sub>2</sub>. Et eksempel på et innovativt tiltag er, at de bærende betonsøjler 3D printes, således de fordelagtigt kan udformes hule fremfor massive.

Bygningen i én etage står på skruepæle og et linjefundament. Terrændækket er udført i et materiale mix af beton og isoleret med EPS.

De bærende konstruktioner består af 3D printede betonsøjler i kombination med stålsøjler. Det lette etagedæk er udført i konstruktionstræ med, også ydervæggene er lette træskeletvægge med træfiberisolering hvorpå glaspartierne er monteret. Karme og rammer er i træ og ruderne er 2-lags glas. Indervæggene er udført som stålskeletvægge og der er brugt ålegræs til akustikpaneler. Taget består af en pladsstøbt betonskal.

Siden bygningen endnu ikke er opført og den ikke er en bolig, er der foretaget en række antagelser for at resultatet skal være sammenligneligt med de andre boliger i casesamlingen. Driften for bygningen er et gennemsnit fra casesamlingen og de tekniske installationer er standardværdier for et enfamiliehus. Der er også brugt et beboerantal svarende til 4 personer til at udregne udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år.



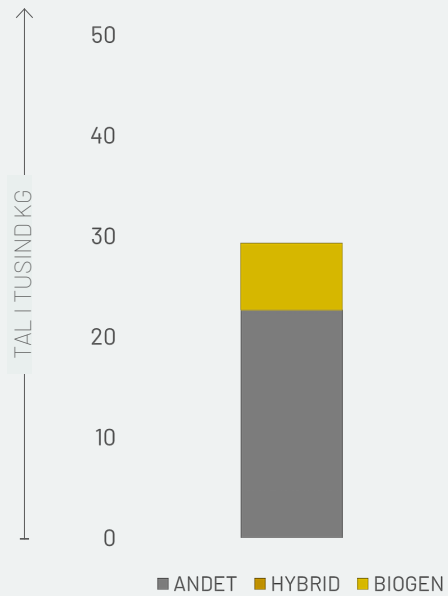
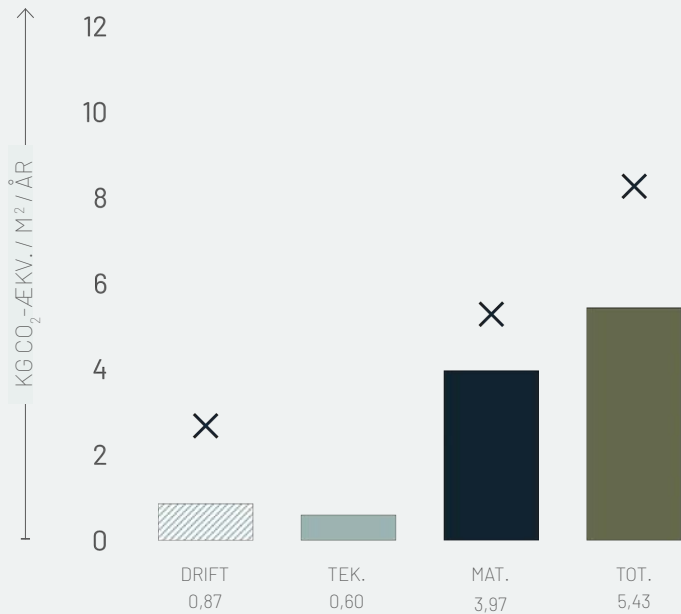
Hybrid



1 etage

5,43 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år

37.052 kg CO<sub>2</sub>-ækv.



**Figur A01.1: Udledningen af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år**

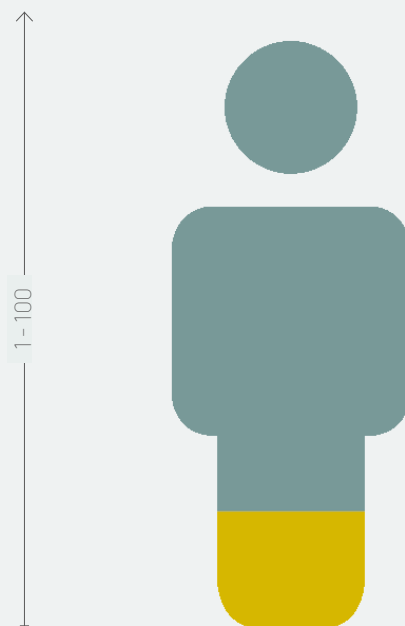
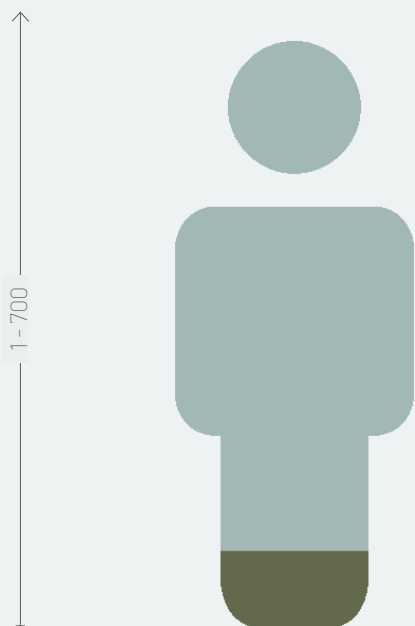
Søjlerne viser bygningens klimapåvirkning. Krydsene indikerer det højeste resultat for drift, materialer og samlet udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år i casesamlingens etageboliger. For den pågældende case er driften en gennemsnitsværdi fra casesamlingens enfamiliehuse og derfor ikke et endeligt resultat.

**Figur A01.2: Den samlede udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv.**

Den samlede søjle viser casens samlede udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. fordelt på de tre materialegrupper; andre, hybrider og biogene.

220 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / person / år

36 m<sup>2</sup> / person



**Figur A01.3: Udledningen af CO<sub>2</sub> / person / år**

Den lodrette akse har et spænd på 1 til 700 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / person / år.

**Figur A01.4: m<sup>2</sup> / person**

Den lodrette akse har et spænd på 1 til 100 m<sup>2</sup> / person

## KLIMAPÅVIRKNINGEN I RELATION TIL ANDRE BEST PRACTICE CASES

Den pågældende case er fremhævet i diagrammet som viser best practice byggeriernes udledning sorteret fra den højeste til laveste udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år.



**Figur A01.5: Boligcases**

Den vertikale akse viser udledning af kg CO<sub>2</sub>-ækv./m<sup>2</sup>/år. Den horisontale akse viser de 25 best practice cases.



## BYGNINGENS UDLEDNING I REDUCTION ROADMAP

Klimapåvirkningen vises her i udledning af  $\text{kg CO}_2\text{-ækv. / m}^2\text{ / år}$ . Livscyklusvurderingen er lavet med år 2022 som året for ibrugtagning og caseresultatet er repræsenteret af et hvidt plus tegn. Diagrammet viser hvor den pågældende case befinder sig i relation til Reduction Roadmap, hvor den er vel indenfor den hurtigste reduktions-takt, i sandsynlighedsscenarioet på 83 %.



**Figur A01.6: Reduction Roadmap**

Den aktuelle case i relation til Reduction Roadmap, grænseværdierne, 4 til 1 planets målsætning på  $2.5 \text{ kg CO}_2\text{-ækv./m}^2\text{ / år}$  og 'safe operating space'.

# KONKLUSION



# KONKLUSION

## KLIMAPÅVIRKNINGEN I RELATION TIL GRÆNSEVÆRDIER

Det pågældende studie præsenterer livscyklusvurderinger af 25 best practice cases. Heraf kan resultaterne for 20 cases betragtes som fuldstændige og resultaterne for de 5 pixiecases som foreløbige med høj grad af detaljering.

Ud af de 25 overholder 23 cases grænseværdien på 8 kg CO<sub>2</sub>-ækv. / m<sup>2</sup> / år i lavemissionsklassen. Halvdelen af boligbyggerierne, inklusiv casesamlingens ældste byggeri fra 2010, har en halveret klimapåvirkning i forhold til den gældende grænseværdi på 12 kg CO<sub>2</sub> - ækv. / m<sup>2</sup> / år i bygningsreglementet (Figur 25). En enkelt case er udenfor samtlige af de tre sandsynlighedsscenarioer i Reduction Roadmap (Figur 15).

## KLIMAPÅVIRKNINGEN FRA MATERIALER

Majoriteten af casesamlingens boligbyggerier er opført med en stor andel biogene materialer. Traditionelt tunge bygningsdele som fundament, terrændæk og dæk gentænkes i mange cases fra konventionelle løsninger i beton og stål, til materialebesparende konstruktioner, løsninger med biogene materialer eller andre CO<sub>2</sub> reducerede materialesammensætninger.

Udledningen af kg CO<sub>2</sub> - ækv. fra materialer udgør 78 % af den samlede klimapåvirkning for casesamlingens enfamiliehuse, 81 % for rækkehusene og 79 % for etageboligerne.

Overordnet udgør de biogene materialer 25% af bygningsmassen og hhv. 15 % af klimapåvirkningen i casesamlingens boligbyggerier (Figur 27 - 28). Andre materialer udgør ca. 75 % af bygningsmassen og står for 85% af klimapåvirkningen. Udledningen fra de andre materialer sker her og nu i forbindelse med produktfasen (A1-3), imens udledningen fra de biogene materialer i høj grad finder sted ved endt levetid. Dette indebærer at de biogene materials udledning har potentiale til at være mindre end hvad resultaterne i det pågældende studie viser, afhængigt af hvilken metode for affaldsbehandling der vælges (s. 20).

Der er i det pågældende studie en tydelig tendens til at andelen af biogene materialer mindskes i takt med at byggeriet bliver større (Figur 28). F.eks. ses en overvejende andel biogene isoleringsmaterialer i enfamiliehusene, som i de større rækkehuse og etageboligbebyggelser kompletteres eller erstattes med isoleringsmaterialer som kan genkendes fra det konventionelle byggeri.

Blandt de nyere række- og etageboliger findes eksempler på at bl.a. terrændæk og boligadskillelser (vertikale og horisontelle) udføres som trækonstruktioner og isoleres med biogene materialer, hvilket indikerer at udviklingen er på vej mod en omstilling i brugen af materialer for større bebyggelser.

## KLIMAPÅVIRKNINGEN FRA BYGNINGSDELE

Fundamenter, terrændæk, ydervægge, indervægge, dæk og tage er de bygningsdele med størst klimapåvirkning og beskrives kort i det følgende kapitel om konstruktioner. Vinduer udgør også en stor andel af boligernes klimapåvirkning, men vil ikke gennemgås på konstruktionsniveau.

For enfamiliehuse udgør fundamenter 5,8 %, terrændæk 14,3 %, ydervægge 18,2 %, indervægge 4,6 %, dæk 2,3 % og tage 18,9 % af klimapåvirkningen fra materialer. Vinduer udgør 18,8 %.

For rækkehuse udgør fundament 9,2 %, terrændæk 14,7 %, ydervægge 10,2 %, indervægge 10 %, dæk 11,9 % og tage 11,4 % af klimapåvirkningen fra materialer. Vinduer udgør 13 %.

For etageboliger udgør fundament 6,3 %, terrændæk 9,9 %, ydervægge 13,2 %, indervægge 8 %, dæk 14 % og tage 12,7 % af klimapåvirkningen fra materialer. Vinduer udgør 11,5 %.

## RESULTATER OG TENDENSER FOR DE TRE BOLIGTYPOLOGIER

I best practice casesamlingen ses samme tendens som for det konventionelle byggeri hvad angår klimapåvirkning indenfor de tre boligtypologier; enfamiliehuse, rækkehuse og etageboliger (Figur 17 – 24).

Enfamiliehusene i casesamlingen opføres i materialer med lav udledning af CO<sub>2</sub>, men der bruges stadig mange resurser til få kvadratmeter og som typologi har enfamiliehuse derfor den højeste klimapåvirkning, både når der regnes pr. m<sup>2</sup> og pr. person. Ligesom i det konventionelle byggeri er der også en tendens til at bygge flere m<sup>2</sup> per person end i de andre typologier (s. 40 – 41).

Rækkehusene har som typologi den laveste klimapåvirkning pr. m<sup>2</sup> og pr. person. Typologien viser desuden den mindste variation i de forskellige resultater, hvilket kan indikere at arbejdet med at definere en metode for at opføre mere klimamæssigt bæredygtige rækkehusbyggeser, er kommet længere end i de to andre typologier.

Ligesom i konventionelt byggeri, er medianen for etageboligerne i casesamlingen tættest på den overordnede median for boligers klimapåvirkning (Figur 17 – 24). Etageboligerne viser en større variation i de forskellige resultater end de andre typologier, hvilket kan indikere at det er vanskeligere at optimere på etageboliger i mange etager og at en metode for dette er i et tidligere udviklingsstadium.

Mængden af materiale pr. m<sup>2</sup> er større i enfamiliehuse og etageboliger end i rækkehuse (Figur 28). For enfamiliehuse kan studiet konkludere at dette bl.a. skyldes den store andel klimaskærm som inkluderer de mest klimabelastende bygningsdele.

For casesamlingens etageboligbyggeri er det mere vanskeligt at konkludere på tværs af de ni cases. I nogle af de mere klimabelastende cases tegner sig et billede af et stort forbrug af materialer, hvilket opfordrer til flere overvejelser omkring hvor mange etager der bygges i, hvilke materialer der arbejdes med og ikke mindst, i hvilke jordbundsforhold boliger i mange etager skal opføres.

# KONSTRUKTIONER



# FUNDAMENTER

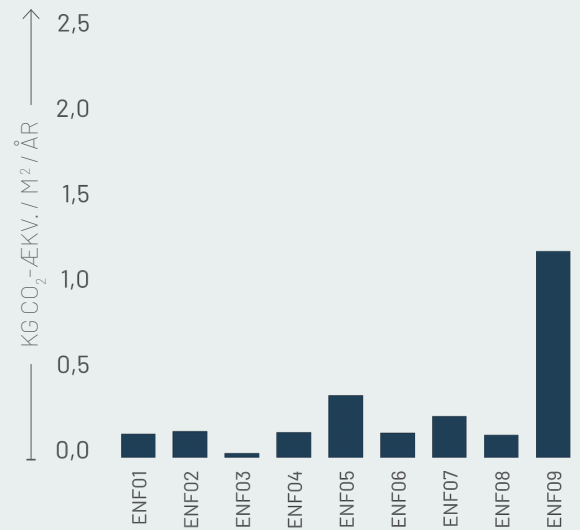
## ENFAMILIEHUSE

Skruefundament (ENF01)

Stribefundament under betonkælder (ENF02)

Skruefundament (ENF: 03, 04, 05, 06, 07, 08)

Linjefundament i beton og letklinkerblokke, isoleret med EPS (ENF09)



## RÆKKEHUSE

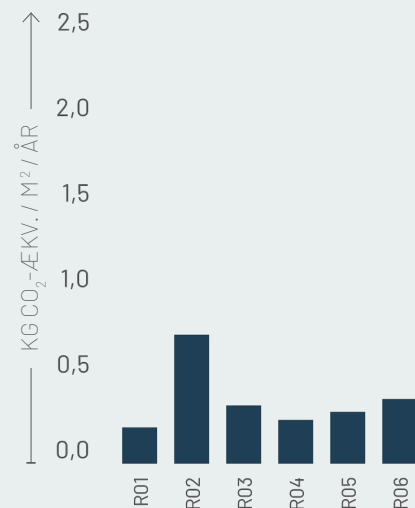
Stribefundament i beton og letklinkerblokke (R01)

Pæle- og stribefundament i armeret beton hhv. letklinkerblokke, isoleret med PIR-skum (R02)

Punktfundament af beton med bjælker i stål (R03)

Linje- og pælefundament i beton, isoleret med EPS og celleglasisolering (R04)

Stribefundament i beton og letklinkerblokke (R:05, 06)



## ETAGEBOLIGER

Pælefundering og fundamentplade af armeret beton (E01)

Beton, letklinkerblokke og EPS (E02)

Rand og stribefundament i beton, isoleret med EPS (E03)

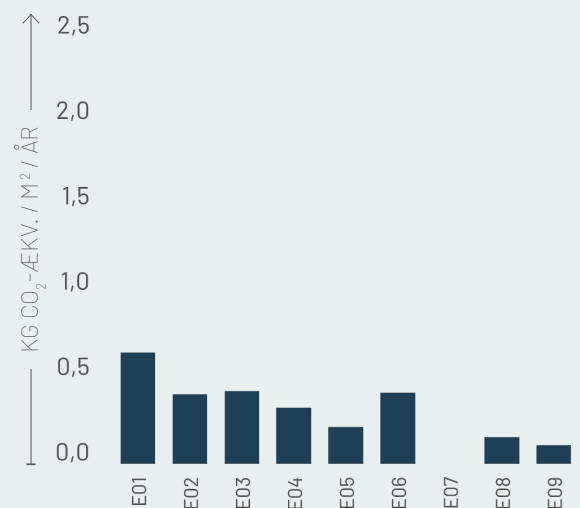
Linjefundament i beton (E04)

Beton med PIR-isolering (E05)

Letklinkerblokke med EPS (E06)

E07

Skruefundament (E:08, 09)





# TERRÆNDÆK

## ENFAMILIEHUSE

Lette trækassetter, isolerede med papiruld (ENF01)

Armeret betondæk, isoleret med EPS (ENF02)

Træskeletkonstruktion isoleret med træfiberisolering og ålegræs (ENF03)

Træelement med indblæst træfiberisolering (ENF04)

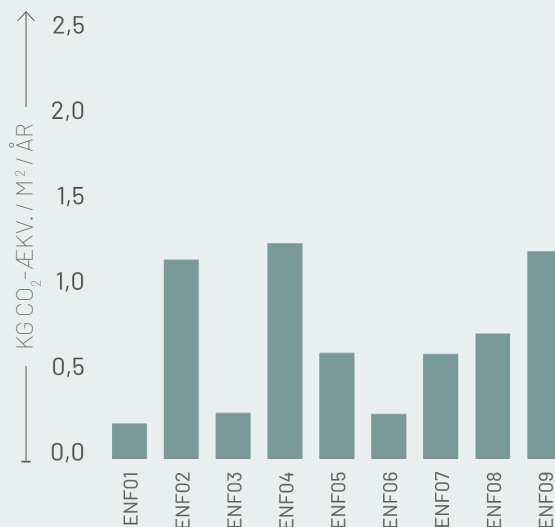
Trækassetter isoleret med træfiber (ENF05)

Stålkonstruktion med træfiber og papiruldisolering (ENF06)

Træskeletkonstruktion isoleret med genbrugsflamingo (ENF07)

Træskeletkonstruktion, isoleret med træfiber og halm (ENF08)

Armeret betondæk, isoleret med EPS (ENF09)



## RÆKKEHUSE

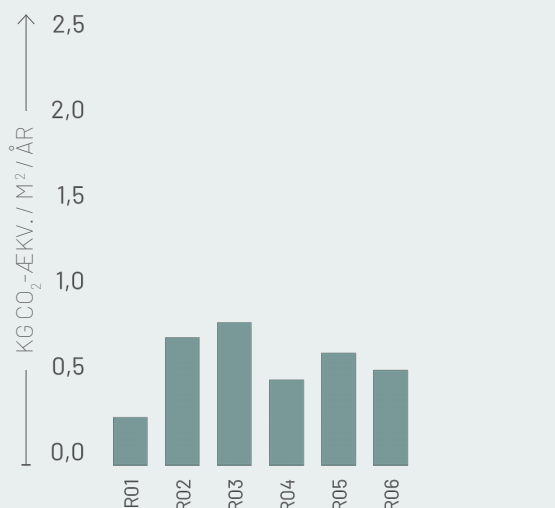
Armeret betondæk med CO<sub>2</sub>-reduceret cement, isoleret med stenuld (R01)

Betondæk med EPS (R02)

Elementer med limtræsbjælker og trykfast krydsfinér, isoleret med mineraluld (R03)

Træbokse, isolerede med mineraluld og EPS (R04)

Træramme, isoleret med papiruld og et underliggende lag EPS (R05, R06)



## ETAGEBOLIGER

Betondæk med EPS (E: 01, 02)

Trækonstruktion, isoleret med mineraluld og EPS, beklædt med fibercement (E03)

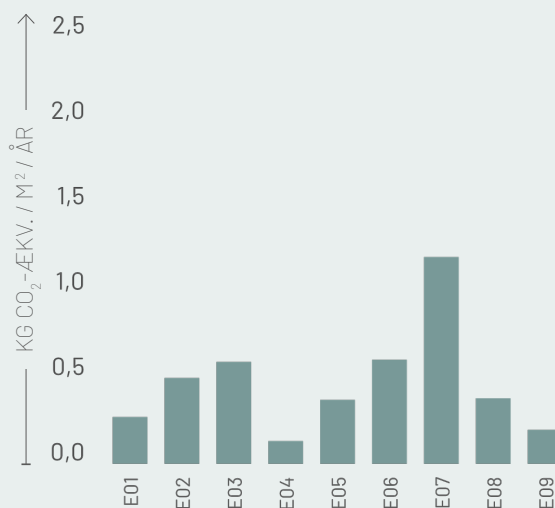
Træmoduler, isolerede med mineraluld (E04)

Betondæk med EPS (E05)

Beton- og trækonstruktion, isoleret med EPS (E06)

Pladefundament af armeret beton med overflade af stampet ler (E07)

Trækassetter, isolerede med mineraluld (E:08, 09)



# YDERVÆGGE

## ENFAMILIEHUSE

Facadekassetter og bærende konstruktioner i limtræ, isoleret med papir- og træfiberisolering (ENF01)

Konstruktionstræ og CLT og isoleret med papir- og træfiberisolering (ENF02)

Træskeletvægge med ålegræsisolering (ENF03)

Boksmøbler i træ med træfiberisolering (ENF04)

Træskeletvægge med træfiberisolering (ENF05)

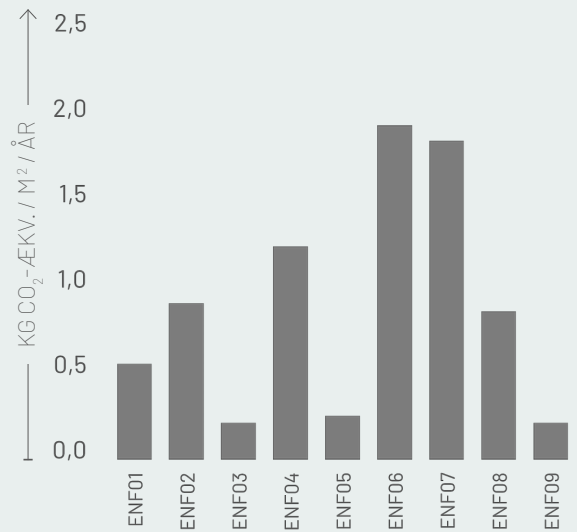
Træ- og stålkonstruktion med papir- og træfiberisolering, facadebeklædning i tegl, træ og kork (ENF06)

Skeletkonstruktioner i træ og genbrug fra stålcontainere, isoleret med papiruld (ENF07)

Træskeletkonstruktion, isoleret med træfiber og halm (ENF08)

Træskeletvægge med træfiberisolering (ENF09)

Facadebeklædning i træ (ENF:01, 02, 03, 04, 05)



## RÆKKEHUSE

Facadekassetter og bærende konstruktioner i limtræ, isoleret med papir- og mineraluldsisolering (R01)

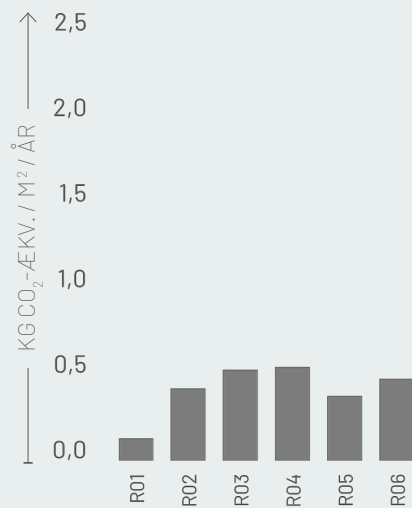
Træelementer i CLT, isoleret med glasuldsisolering (R02)

Træboks-elementer, isoleret med mineraluld (R03)

Træboks-elementer, isoleret med mineraluld og facadebeklædning i skifer og cedertræ (R04)

Træboks-elementer, isoleret med papir- og mineraluld (R: 05, 06)

Facadebeklædning i træ (R: 01, 02, 03, 05, 06)



## ETAGEBOLIGER

Bærende konstruktioner i CLT, limtræ og stål, lette træskeletvægge - isoleret med træfiber og mineraluld (E01)

Bærende og lette ydervægge som trækonstruktioner, isoleret med mineraluld og beklædt med fibergips og træ (E02)

Træboks-element isoleret med:

A) mineraluld - beklædt med skifer og træ (E03)

B) glasuld - beklædt med skifer og træ (E06)

C) mineraluld - beklædt med træ (E08)

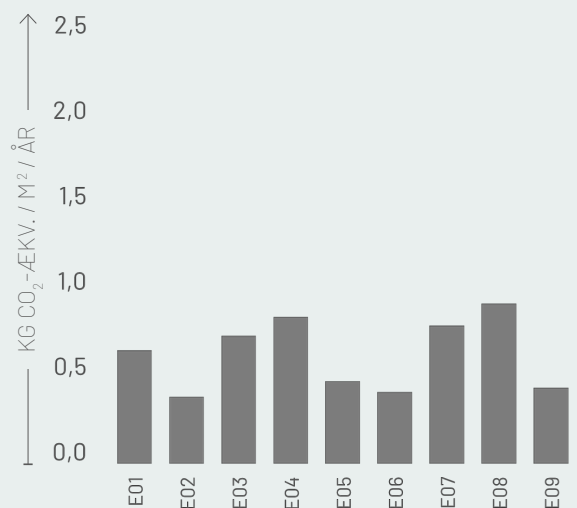
D) træfiber - beklædt med træ (E09)

Boksmøbler i træ, isoleret med mineraluld

A) beklædt med sortmalet træ (E04)

B) beklædt med skifer (E05)

Limtræssøjler og CLT - udvendigt isoleret med hørfiber og stampet med ler (E07)



# INDERVÆGGE

## ENFAMILIEHUSE

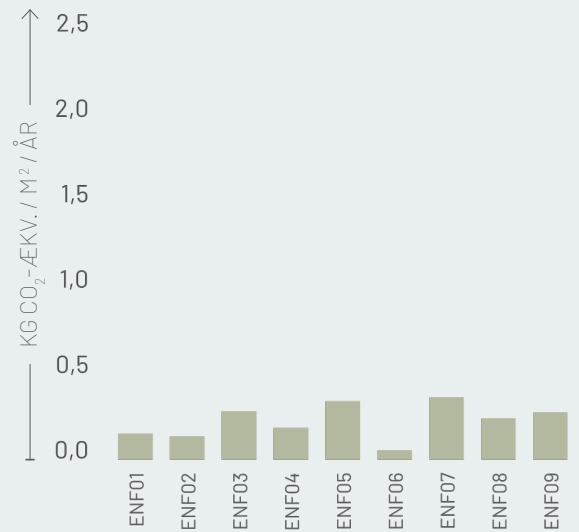
Træskeletvægge, isoleret med træfiber – beklædt med krydsfiner og fibergips (ENF:01, 09)

Træskeletvægge med papirisolering – beklædt med gips (ENF02)

Træskeletvægge med ålegræsisolering – beklædt med krydsfiner (ENF03)

Træskeletvægge med træfiberisolering – beklædt med gips (ENF: 04, 05, 06)

Skeletkonstruktioner i træ og genbrug fra stålcontainere, isoleret med papiruld (ENF07)



## RÆKKEHUSE

CLT hhv. træskeletvægge isoleret med mineraluld – beklædt med gips (R01)

CLT-vægge isoleret med mineraluld – beklædt med gips (R02)

Træboks-elementer isoleret med mineraluld (R:03, 04)

Træboks-elementer og træskeletvægge, isoleret med papir – og mineraluld – beklædt med gips (R: 05, 06)



## ETAGEBOLIGER

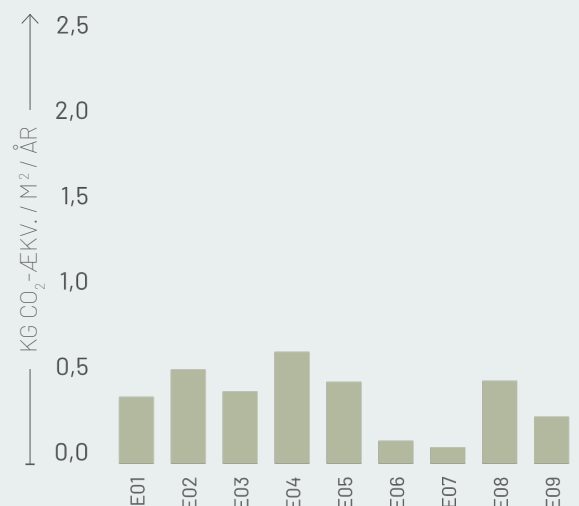
Bærende konstruktioner i CLT, limtræ og stål, lette træskeletvægge – isoleret med træfiber og mineraluld, beklædt med fibergips (E01)

Porebetonvægge hhv. træskeletvægge med mineraluldsisolering – beklædt med brandgips (E02)

Rammekonstruktioner i træ med cementspånplader og mineraluldsisolering – beklædt med brandgips (E03)

Bokselement med bærende konstruktioner i træ, isoleret med mineraluld og beklædt med: A) gips og træ (E04)  
B) gips (E: 05, 08, 09) (09 med træfiberisolering)

Træskeletvægge med OSB, isoleret med glasuld – beklædt med gips (E06)



# DÆK

## ENFAMILIEHUSE

Ribbedæk i konstruktionstræ, med trinlydsdug og krydsfinér (ENF01)

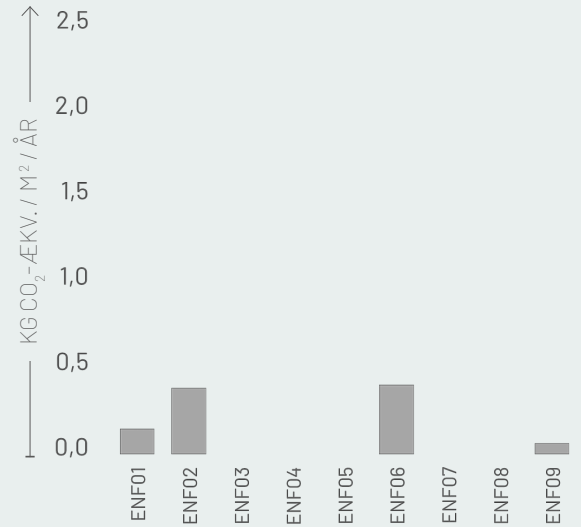
CLT-dæk med papir- og træfiberisolering (ENF02)

Terrændækket er dækket

A) gulv er inkluderet (ENF: 03, 04, 05, 07, 08)

B) trægulv og terrasse (ENF09)

Træ og stålkonstruktion med spånplader og træfiberisolering (ENF06)



## RÆKKEHUSE

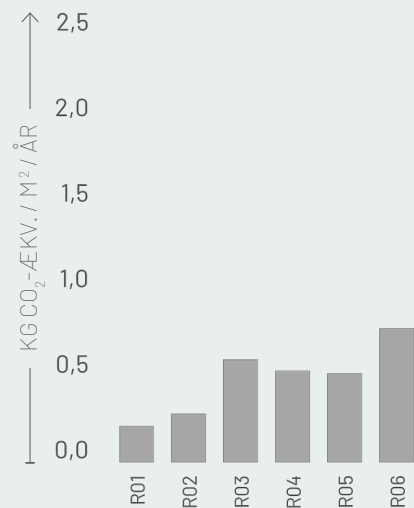
Ribbedæk i konstruktionstræ, med trinlydsdug og krydsfinér (R01)

CLT-dæk (R02)

Trækonstruktioner med mineraluldsisolering, med lydægte i tillæg til lydfilt (R03)

Træboks med mineraluldsisolering og brandgipsplader (R04)

Bærende trærammer med hulrum og cementspånplader - isolerede med papiruld (R:05, 06)



## ETAGEBOLIGER

Ribbedæk med CLT og limtræ - isolerede med papiruld (E01)

Trækonstruktion hhv. stål- og betonkonstruktion - isoleret med mineraluld, bekl. med brandgips (E02)

Rammekonstruktioner i træ med cementspånplader, mineraluldsisolering og brandgips (E03)

Boksmødel i træ, isoleret med:

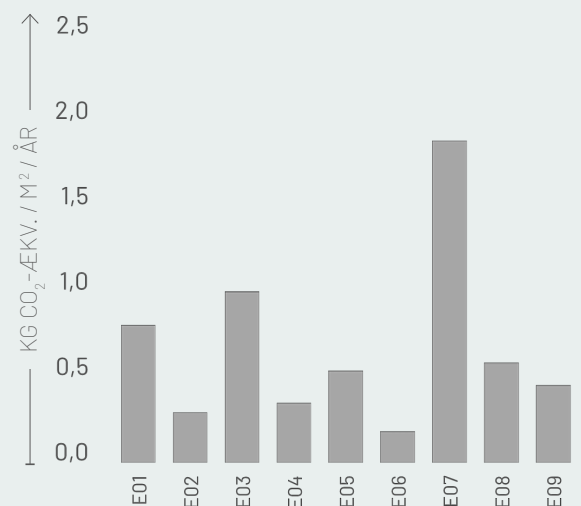
A) mineraluld (E:04, 05)

B) med lod- og vandret stenuld (brandstop) (E05)

C) glasuld (E06)

Konstruktion med træbetonplader og hørisolering (E07)

Trækasette med spånplade - isoleret med mineraluld (E08) hhv. træfiber (E09)



# TAGE

## ENFAMILIEHUSE

Kassettekonstruktion i træ, isoleret med papiruld - beklædt med zinkmagnesium hhv. tagpap (ENF01)

Trækonstruktion, isoleret med papiruld, beklædt med integrerede solceller (medregnes i "el - og mekaniske anlæg")(ENF02)

Træskeletkonstruktion, isoleret med ålegræs (ENF03)

Trækonstruktion med træfiberisolering (ENF: 04, 05, 09)

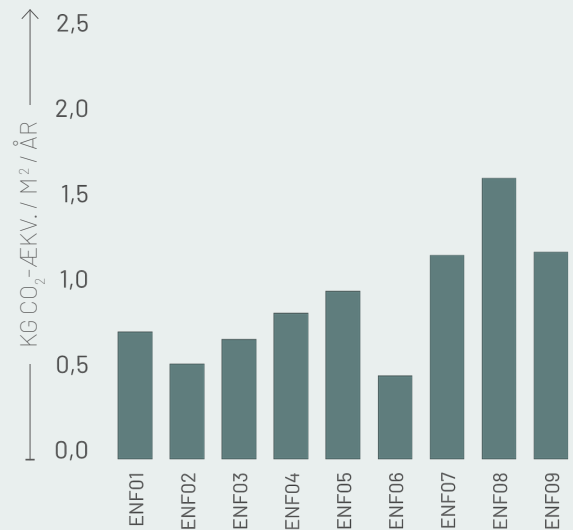
Træ og stålkonstruktion med spånplader og papiruldsisolering (ENF06)

Træskeletkonstruktion med genbrug fra stålcontainere - isoleret med papiruld (ENF07)

Tagpap (ENF: 03)

Sedumtag (ENF: 04, 09)

Stålblade (ENF: 05, 06 (genbrug))



## RÆKKEHUSE

Kassettekonstruktion i træ, isoleret med papiruld og beklædt med skifer hhv. tagpap (R01)

Træskeletkonstruktion med krydsfinér - isoleret med mineraluld og beklædt med tagpap (R02)

Limtræskonstruktion med mineraluldsisolering, med sedumtag hhv. tagpapsbeklædning (R03)

Træboks, isoleret med mineraluld, beklædt med tagpap og forsynet med tagudhæng (R04)

Bærende trærammer med hulrum - isolerede med Papiruld, beklædt med tagpap (R:05, 06)



## ETAGEBOLIGER

Bjælke- og spær konstruktion i træ med OSB-plader og fibergips - isoleret med mineraluld. Beklædt med stålblader (E01)

Gitterspærskonstruktion i træ med tagudhæng, mineraluldsisolering og sedumtag (E02)

Limtræskonstruktion med ventileret hulrum og brandgips - isoleret med trykfast mineraluld. Sedumtag hhv. tagpapsbeklædning (E03)

Limtræskonstruktion, beklædt med klar polycarbonat (E04)

Boksmodul i træ, isoleret med:

A) mineraluld, belædt med tagpap (E:04, 05)

B) dele af tag udført som tagterasse (E05)

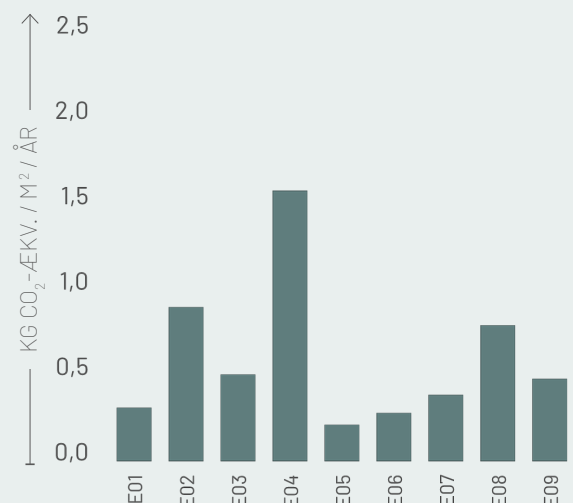
C) glasuld, beklædt med tagpap (E06)

CLT-konstruktion, udvendigt isoleret med hørfiber, stampet ler - beklædt med tegl (E07)

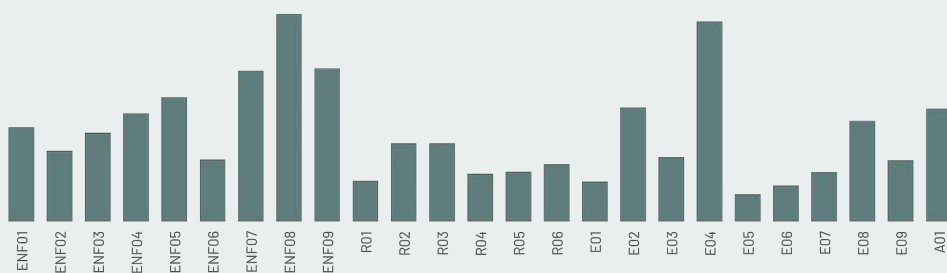
I-bjælker, krydsfinér og beklædt med tagpap - isoleret med:

A) mineraluld (E08)

B) træfiberisolering (E09)



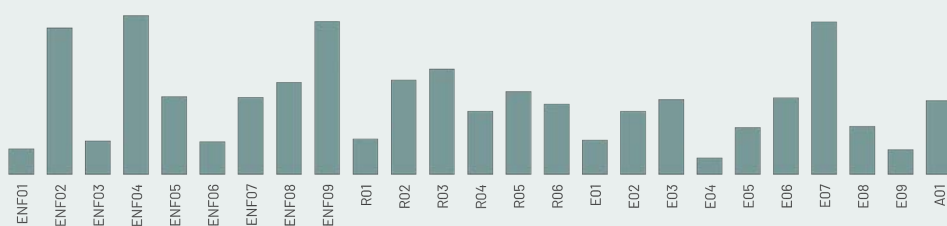
# OPSUMMERING



**FUNDAMENT:** Konstruktionstypen varierer på tværs af typologierne i casesamlingen. Skruefundamentet er vedtaget som fundament i enfamiliehuskategorien

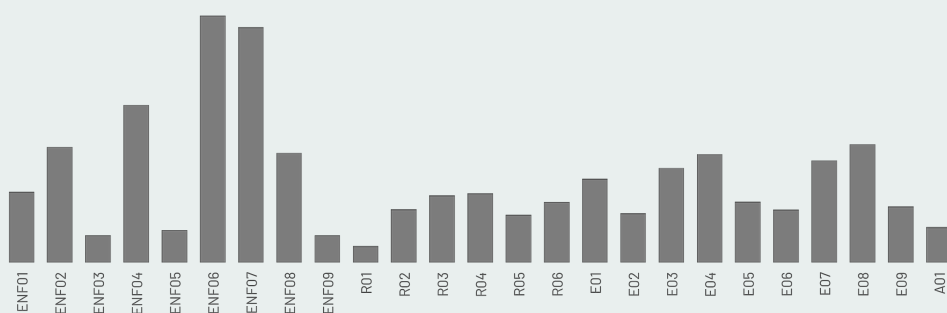
Huse der ikke er prototyper – tenderer at vælge andre typer fundament, dette kan indikere en barriere for eksempelvis bygherre

Betonfundament og letklinkerblokke er den oftest forekommende løsning blandt rækkehusene og etageboligerne



**TERRÆNDÆK:** Trækonstruktioner er hyppigt forekommende i casesamlingen – på tværs af typologierne

Isoleringsmaterialerne varierer fra ålegræs, træfiber, papiruld, mineraluld og EPS – med en tendens til at blive "mindre biogene" i det større byggeri – især enfamiliehuse i samlingen arbejder med biogene isoleringsmaterialer i terrændækket



**YDERVÆGGE:** Træskeletvægge forekommer hyppigt i casesamlingen, både som yder – og indervæg

Isoleringsmaterialet i skeletvæggene er ofte biobaseret, vi ser særligt hyppigt at der bliver brugt papir – og træfiberisolering

I de større byggerier ses meget præfabrikerede elementer og moduler, ofte i træ, med mineraluld som isolerende materiale

Træ og skifer er den foretrukne beklædning

# OPSUMMERING

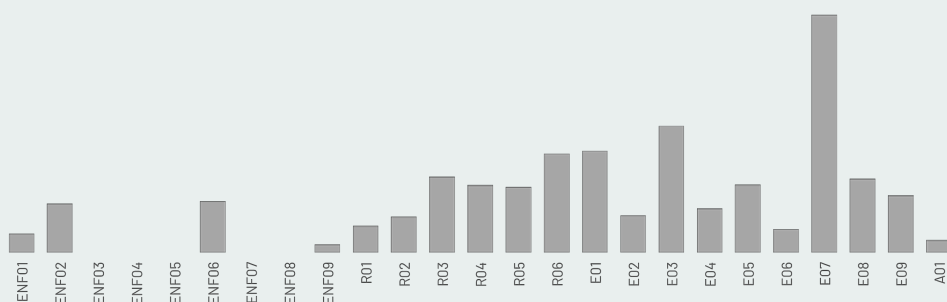


**INDERVÆGGE:** Træskeletvægge er den dominerende indervægskonstruktion i enfamiliehus, oftest med biobaserede isoleringsmaterialer

Træskeletvægge og CLT-vægge er den dominerende indervægskonstruktion i rækkehuse, blandet brug af biobaserede og mineralske isoleringsmaterialer

Mineraluld og gips bruges som oftest ved adskillelser (vand- og lodrette skel)

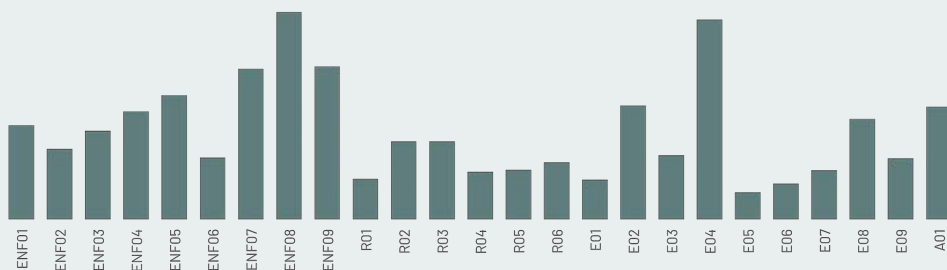
Få forekomster af beton, dog en væsentlig forekomst af cementbaserede spånplader



**DÆK:** Flertal af innovative løsninger omkring etageadskillelser i samlingen, trækonstruktioner med træfiber, lyddug, hulrum

En del hybridkonstruktioner men ingen rene betondæk

Mange boksmodulbyggerier i casesamlingen, disse adskilles ofte af lag med mineralske isoleringsmaterialer



**TAG:** Ofte samme konstruktionsprincipper som i det resterende hus, det arbejdes en del med diffusionsåbne konstruktioner

Casesamlingen foretrækker tagpap som beklædning men der forekommer også en del stål samt et par sedumtag

Mange cases har solceller på taget

### **United Nations Climate Change, 2015**

UNFCCC, The Paris Agreement, December 2015

### **Global Status Report 2022**

United Nations Environment Programme, 2022 Global Status Report for Buildings and Construction: Towards a Zero emission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector, 2022. Nairobi.

### **Global Footprint Network**

National Footprint and Biocapacity Accounts, 2022 Edition  
data.footprintnetwork.org

### **DS/EN ISO 14040:2008**

Dansk Standard, Miljøledelse – Livscyklusvurdering – Principper og struktur, september 2008, 4. udgave

### **Tozan, B., et al., 2021**

Tozan, B., Brisson Jørgensen, E., & Birgisdottir, H., Klimapåvirkning fra 60 bygninger: Opdaterede værdier baseret på nyere data og danske branche EPD'er, april 2021 Institut for Byggeri, By og Miljø (BUILD), Aalborg Universitet. BUILD Rapport Nr. 2021:13  
[https://sbi.dk/Pages/Klimapaavirkning-fra-60-bygninger\\_.aspx](https://sbi.dk/Pages/Klimapaavirkning-fra-60-bygninger_.aspx)

### **Reduction Roadmap, 2022**

Reduction Roadmap (2022) Reduction Roadmap: Pre-conditions and Methodologies. Version 2 – 27 September, 2022. [www.reductionroadmap.dk](http://www.reductionroadmap.dk)

### **Petersen, S., et al., 2022**

Petersen, S., Ryberg, M., & Birkved, M., The safe operating space for greenhouse gas emissions, 2022.10.48550/ arXiv.2209.00118.  
URL: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2209.00118>

### **Figur 01: 4 til 1 planet**

<https://www.4til1planet.dk/>

### **DS/EN15978:2012**

Dansk Standard, Bæredygtighed inden for byggeri og anlæg – Vurdering af bygningers miljømæssige kvalitet – Beregningsmetode, marts 2012, 1. udgave

### **DS/EN ISO 14040:2008**

Dansk Standard, Miljøledelse – Livscyklusvurdering – Principper og struktur, september 2008, 4. udgave

### **Figur 02: Byggeriets livscyklusfaser og tilhørende moduler**

Andersen, C. M. E., Garnow, A., Sørensen, C. G., Hoxha, E., Rasmussen, F. N. & Birgisdottir, H., Klimapåvirkning fra: 45 træbyggerier, maj 2023 Institut for Byggeri, By og Miljø (BUILD), Aalborg Universitet. BUILD Rapport Nr. 2023:10

### **United Nations Climate Change, 2015**

UNFCCC, The Paris Agreement, December 2015

### **IPCC, 2023**

IPCC, Synthesis report of the IPCC sixth assessment report (AR6), March 2023

### **de Klerk, L., et al., 2022**

de Klerk, L., Shmurak, A., Gassan-Zade, O., Shlapak, M., Korthis, A., Climate damage caused by Russia's war in Ukraine, 2022 Initiative on GHG accounting of war

### **Figur 03: Globale udledningstendenser**

Global Carbon Budget, 2022

URL: <https://doi.org/10.5194/essd-14-4811-2022>

### **Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet, 2020**

Klima- Energi- og Forsyningsministeriet, Lov om klima, juni 2020  
LOV nr 965 af 26/06/2020  
URL: <https://www.retsinformation.dk/eli/lta/2020/965>

### **Indenrigs- og Boligministeriet, 2021**

Indenrigs- og Boligministeriet, National strategi for bæredygtigt byggeri, april 2021  
URL: <https://im.dk/Media/637787884257325807/National%20strategi%20for%20b%C3%A6redygtigt%20byggeri-a.pdf>

### **Figur 04: CO2 grænseværdier**

Videncenter om bygningers klimapåvirkning, 2023

URL: <https://byggeriogklima.dk/klimakrav/tidsplan/15-05-2023>

### **Stockholm Resilience Center**

Rockström, J., W. Steffen, K. Noone, Å. Persson, F. S. Chapin, III, E. Lambin, T. M. Lenton, M. Scheffer, C. Folke, H. Schellnhuber, B. Nykvist, C. A. De Wit, T. Hughes, S. van der Leeuw, H. Rodhe, S. Sörlin, P. K. Snyder, R. Costanza, U. Svedin, M. Falkenmark, L. Karlberg, R. W. Corell, V. J. Fabry, J. Hansen, B. Walker, D. Liverman, K. Richardson, P. Crutzen, and J. Foley. 2009. Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. *Ecology and Society* 14(2): 32. [online]  
URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/>

### **Figur 05: De planetære grænser**

Azote for Stockholm Resilience Centre, based on analysis in Wang-Erlandsson et al 2022

### **MOE, 2022**

MOE, Oplæg til defaultværdier for installationer: etageboliger, kontorbyggerier, skole og daginstitutioner, 2022

### **Teknologisk Institut & Sweco, 2022**

Teknologisk Institut & Sweco, Oplæg til defaultværdier for installationer: enfamiliehuse, rækkehuse, 2022

### **Tozan, B., et al., 2022**

Tozan, B., Brisson Stapel, E., Sørensen, C. G., & Birgisdottir, H., The influence of EPD data on LCA results, 2022  
IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1078(1), [012105]  
URL: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1078/1/012105>

### **Andersen, C. M. E., et al. 2023**

Andersen, C. M. E., Garnow, A., Sørensen, C. G., Hoxha, E., Rasmussen, F. N. & Birgisdottir, H., Klimapåvirkning fra: 45 træbyggerier, maj 2023



