



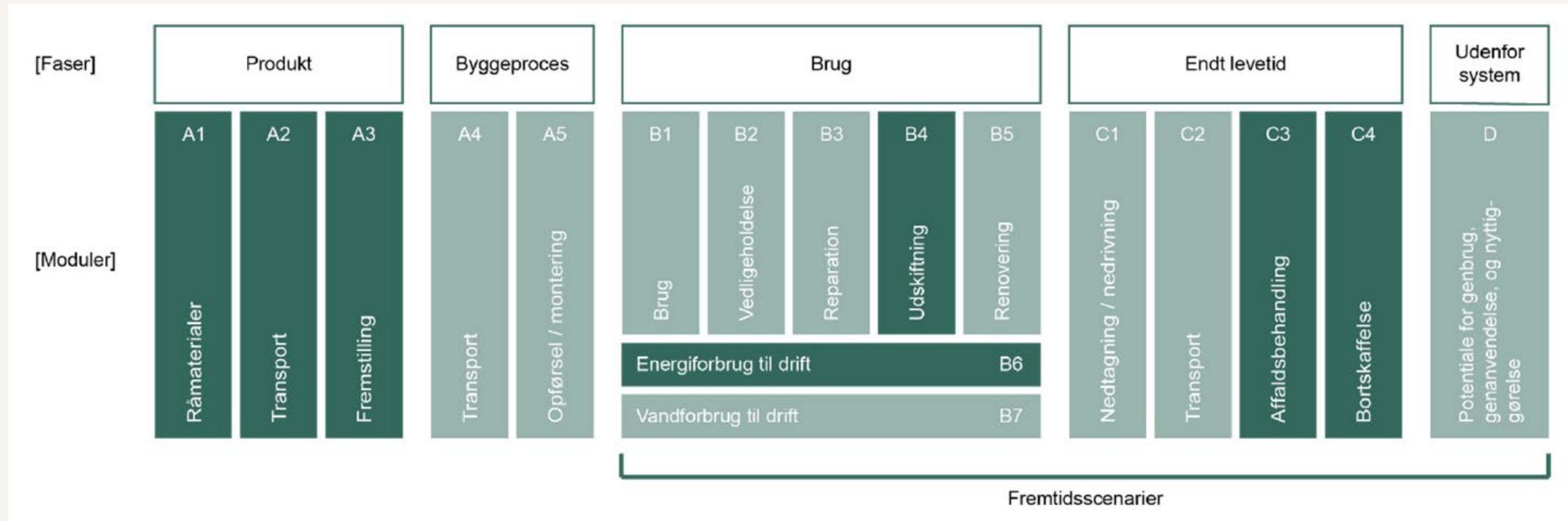
Videncenter om
Bygningers
Klimapåvirkninger

CO₂-krav i BR 2023 - beregning, dokumentation, kvalitet

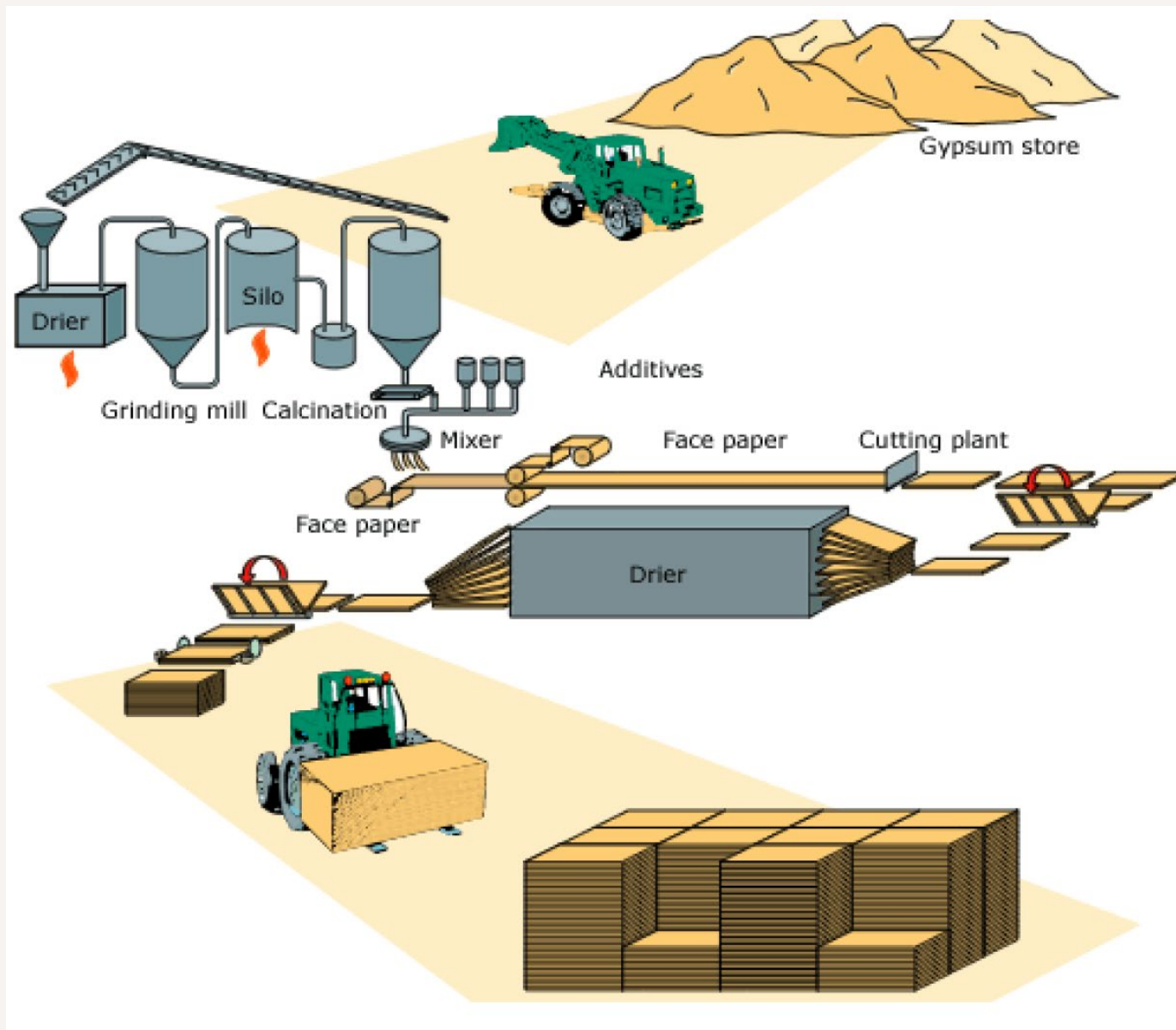
VCBK netværksmøde Nordjylland den 22/9-2022

Kai Kanafani, teknisk ekspert i VCBK
kak@build.aau.dk

Bygningers livscyklus

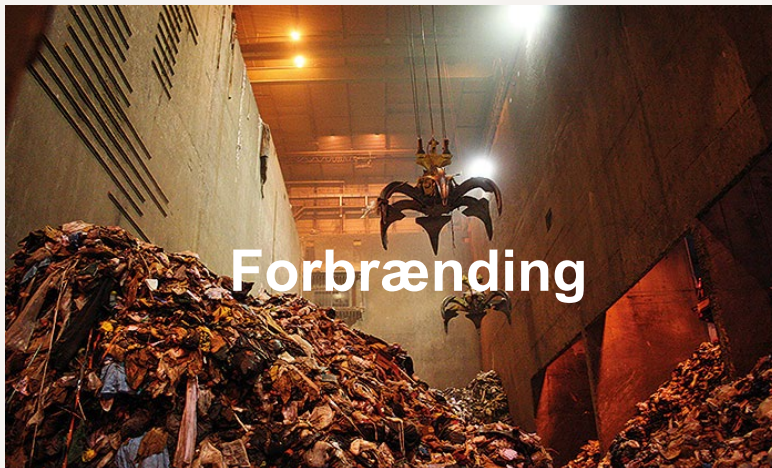


Eksempel: Gipsplade



Produkt		
A1	A2	A3
Råmaterialer	Transport	Fremstilling

C3-4 - Endt levetid



Endt levetid			
C1	C2	C3	C4
Nedtagning / nedrivning	Transport	Affaldsbehandling	Bortskaffelse



B4 - Udskiftninger

- Hver byggevare tildeles en levetid
- Levetider efter BUILD levetidstabel (BUILD-rapport 2021:32)
- Leverandører kan påvise afvigende levetid
- Bygningens betragtningsperiode 50 år
- Antal udskiftninger = antal påbegyndte livscyklus af en byggevare indenfor 50 år

Brug				
B1	B2	B3	B4	B5
Brug	Vedligeholdelse	Reparation	Udskiftning	Renovering
Energiforbrug til drift				B6
Vandforbrug til drift				B7

B6 – energiforbrug til bygningsdrift

Beregning efter

- BR energikrav
- SBI 213
- Be18

(1)

(2)

(3)

SBI anvisning 213: Bygningers energibehov, Be18

Nøgletal, kWh/m² år

Renoveringsklasse 2		
Uden tillæg	Tillæg for særlige betingelser	Samlet energiramme
71,2	0,0	71,2
Samlet energibehov		70,3

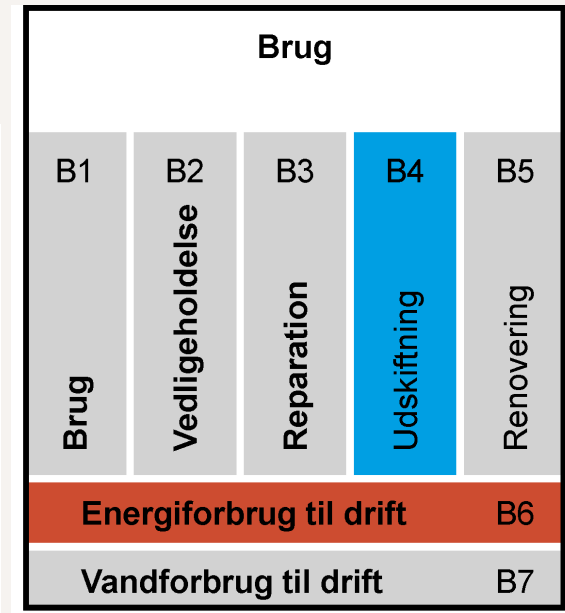
Renoveringsklasse 1		
Uden tillæg	Tillæg for særlige betingelser	Samlet energiramme
53,4	0,0	53,4
Samlet energibehov		70,3

Energiramme BR 2018		
Uden tillæg	Tillæg for særlige betingelser	Samlet energiramme
30,6	0,0	30,6
Samlet energibehov		70,3

Energiramme lavenergi		
Uden tillæg	Tillæg for særlige betingelser	Samlet energiramme
27,0	0,0	27,0
Samlet energibehov		70,3

Bidrag til energibehovet		Netto behov	
Varme	73,5	Rumopvarmning	18,8
El til bygningsdrift	2,0	Varmt brugsvand	35,2
Overtemp. i rum	4,1	Køling	0,0

Udvalgte elbehov		Varmetab fra installationer	
Belysning	0,0	Rumopvarmning	19,3
Opvarmning af rum	0,0	Varmt brugsvand	20,9
Opvarmning af vbv	0,1		
Varmepumpe	0,0	Ydelse fra særlige kilder	
Ventilatorer	5,1	Solvarme	0,0
Pumper	0,3	Varmepumpe	0,0
Køling	0,0	Solceller	3,4
Totalt elforbrug	36,1	Vindmøller	0,0



D - Potentiale

- Muligt genbrug, som formindsker behov for udvinding af råstoffer i ny produktion
- Gevinster ved energiproduktion ved affaldsforbrænding i forhold til gennemsnitlig energiproduktion
- Vedvarende energiproduktion udover hvad der er nødvendigt til bygningsdrift (solceller)



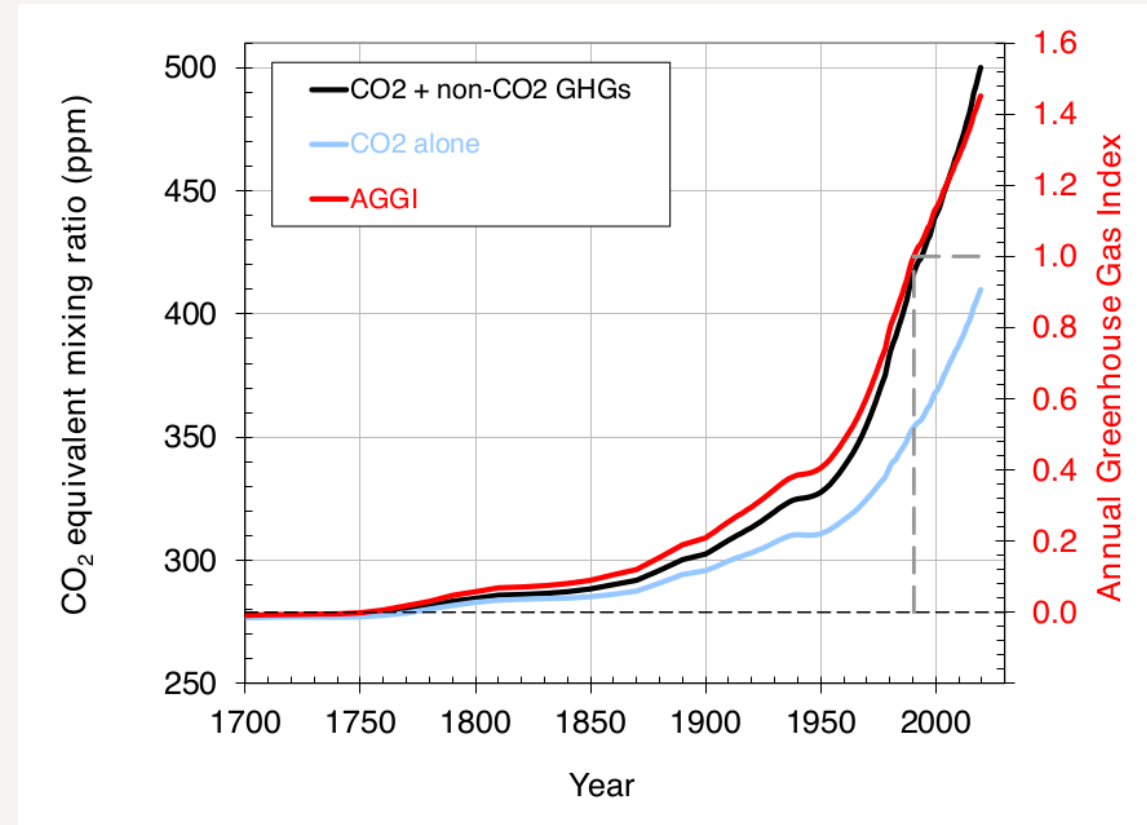
Udenfor
system

Potentiale for genbrug,
genanvendelse, og nyttig-
gørelse

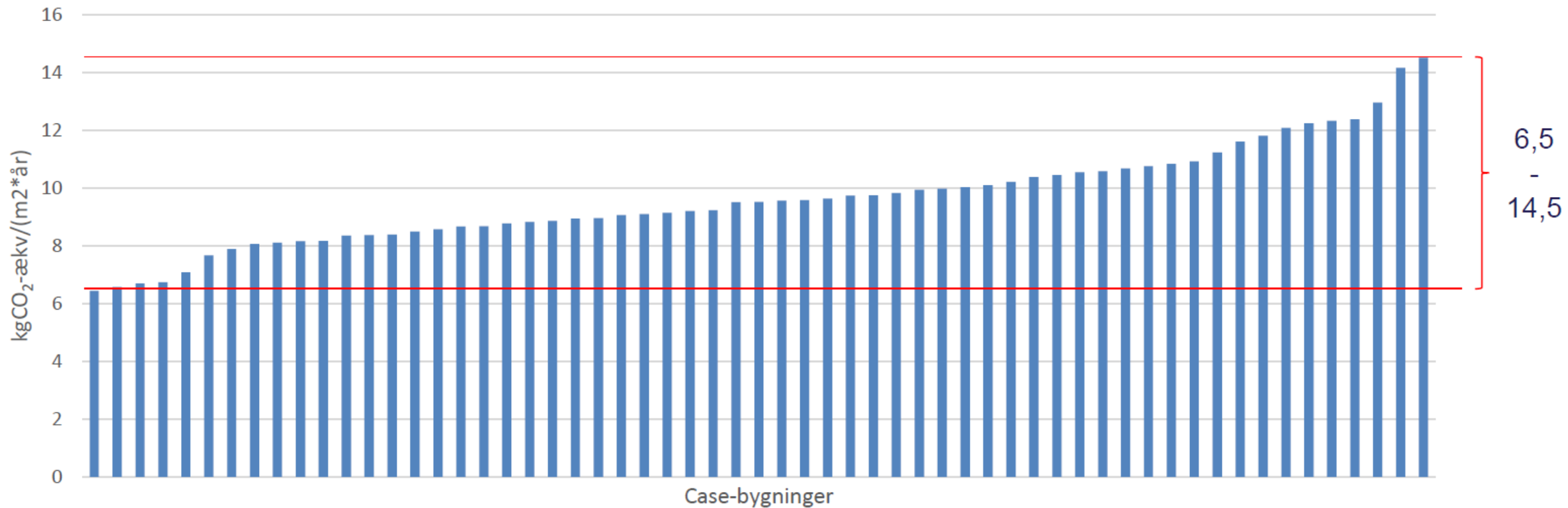
Klimapåvirkning / GWP

Baseret på udslip af CO₂ og drivhusgasser

- Vi bruger begreberne synonymt i daglig tale
- Én ud af mange indikatorer for det globale miljøpåvirkninger
- Angiver potentialet til at bidrage til den globale opvarmning
- Måles i **kgCO₂-ækvivalenter**

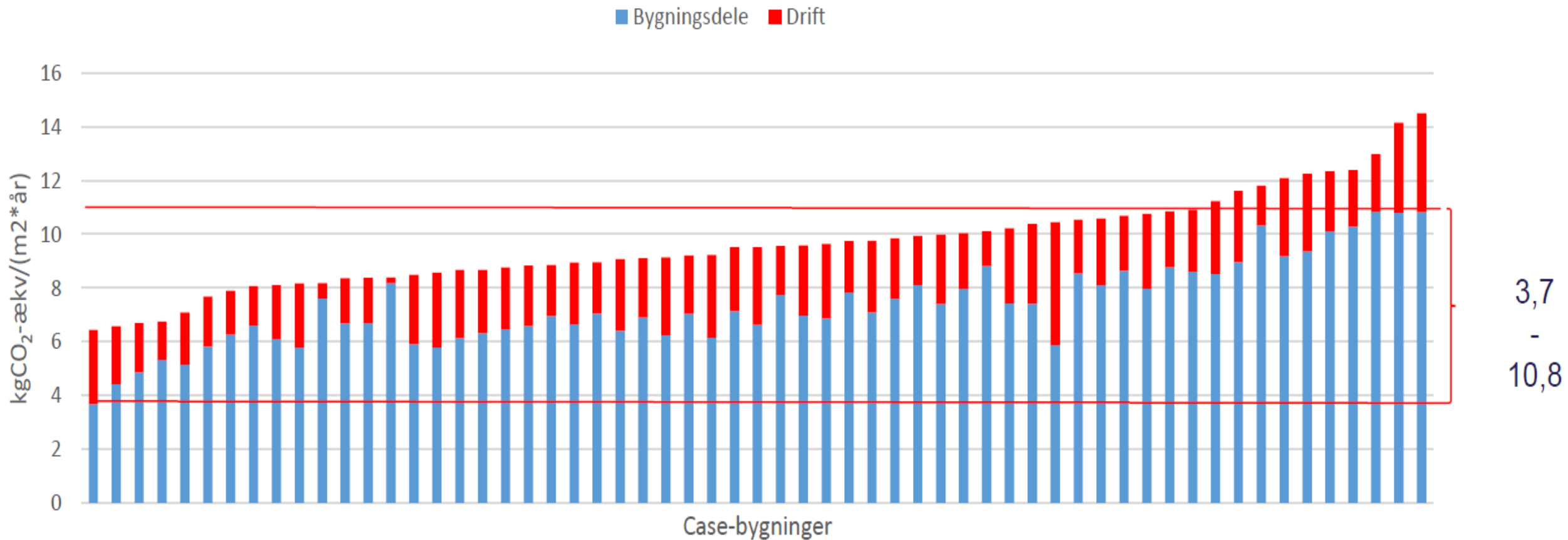


Klimapåvirkninger: A1-3, B4, B6, C3-4



Kilde:
Klimapåvirkning fra 60 bygninger (BUILD 2020)

Materialer (A1-3, B4, C3-4) vs energi (B6)

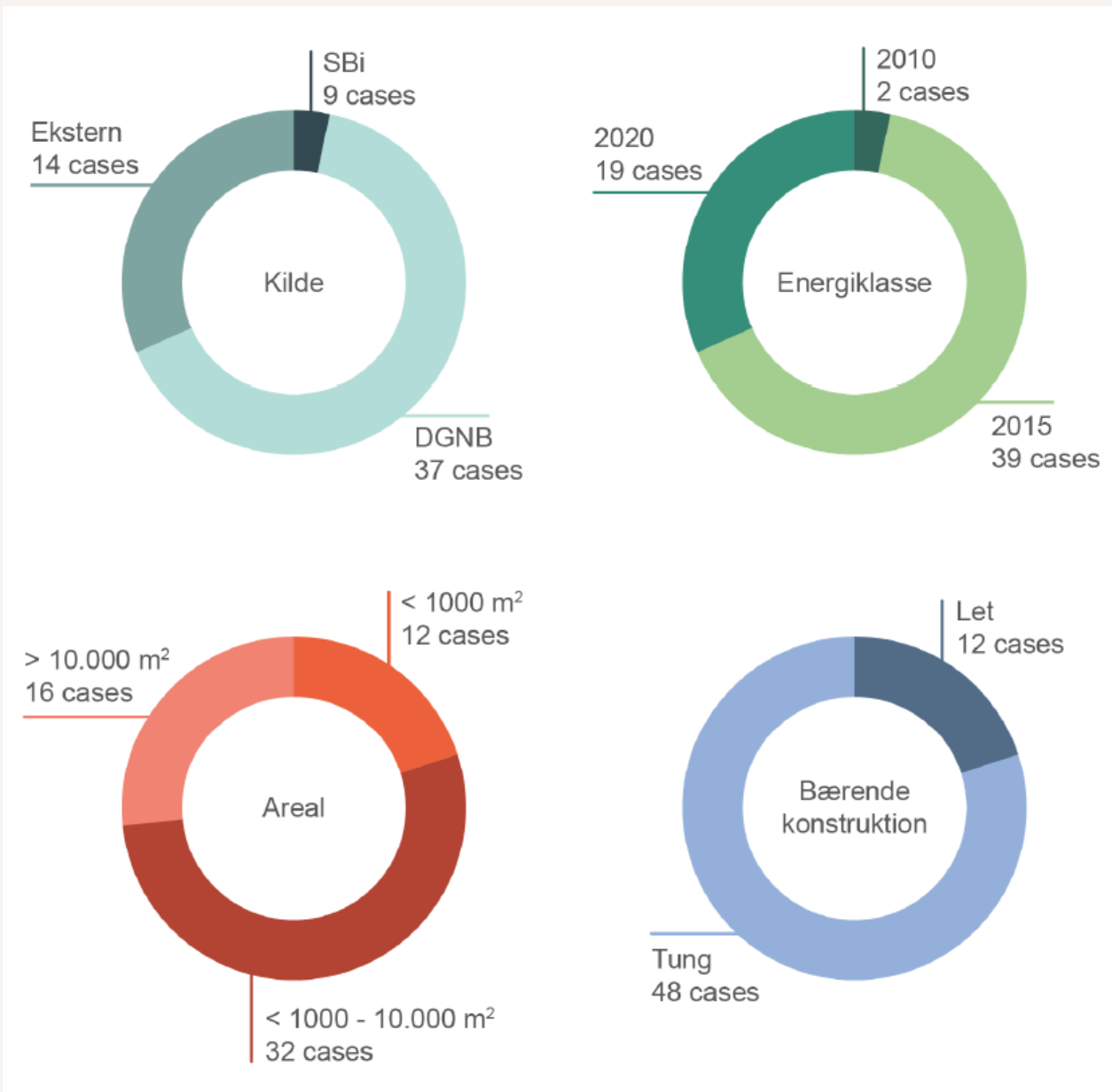


Kilde:
Klimapåvirkning fra 60 bygninger (BUILD 2020)

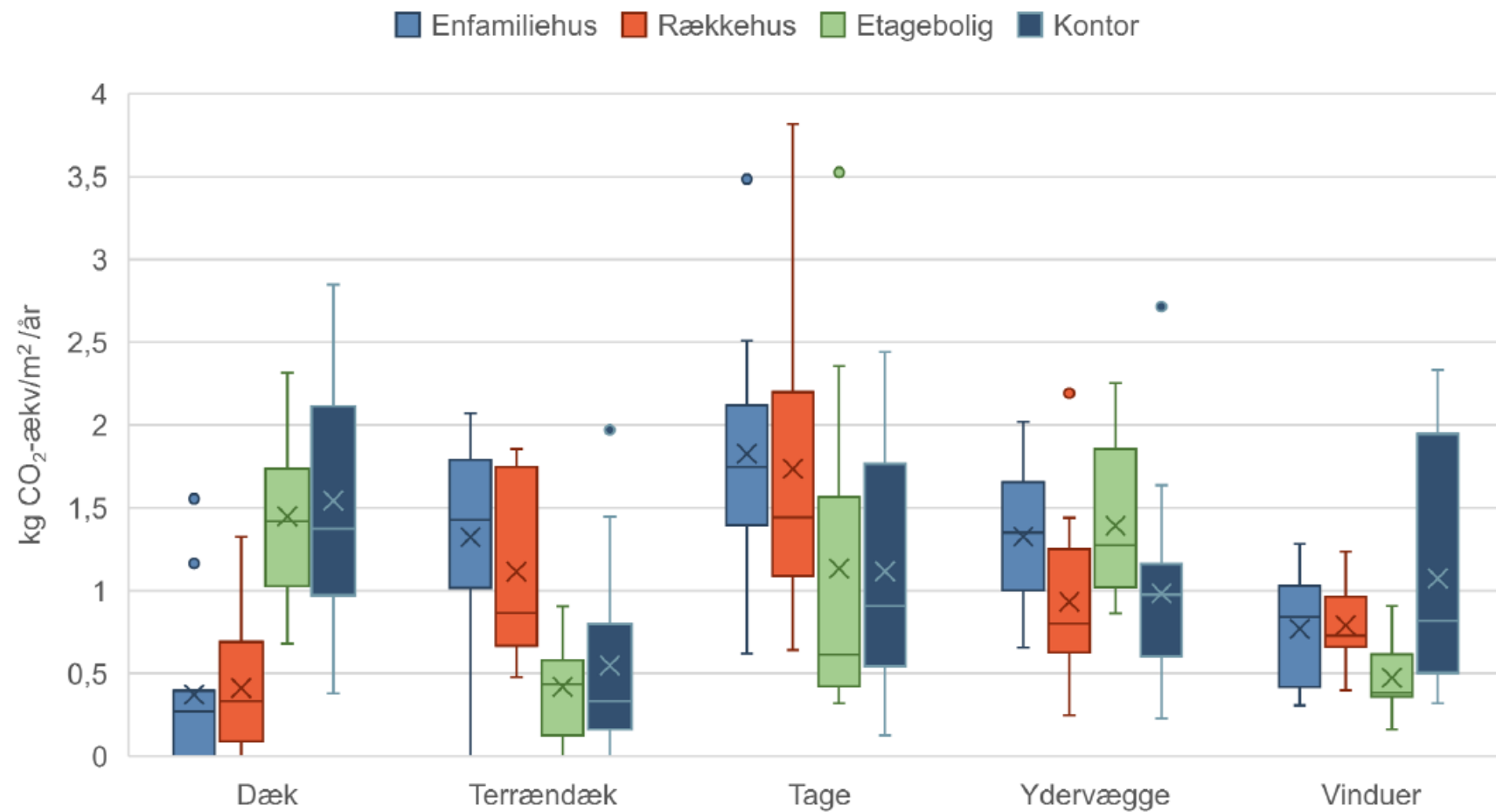
Referenceværdig for klimapåvirkning

Referenceværdier [kg CO ₂ -ækv/m ² /år]				
Datakilde	Drift B6	Materialer A1-3, B4, C3-4	Alle faser A1-3, B4, B6, C3-4	
50 år	Nedre kvartil	1,9	6,3	8,5
	Median	2,3	7,1	9,5
	Øvre kvartil	2,7	8,5	10,6

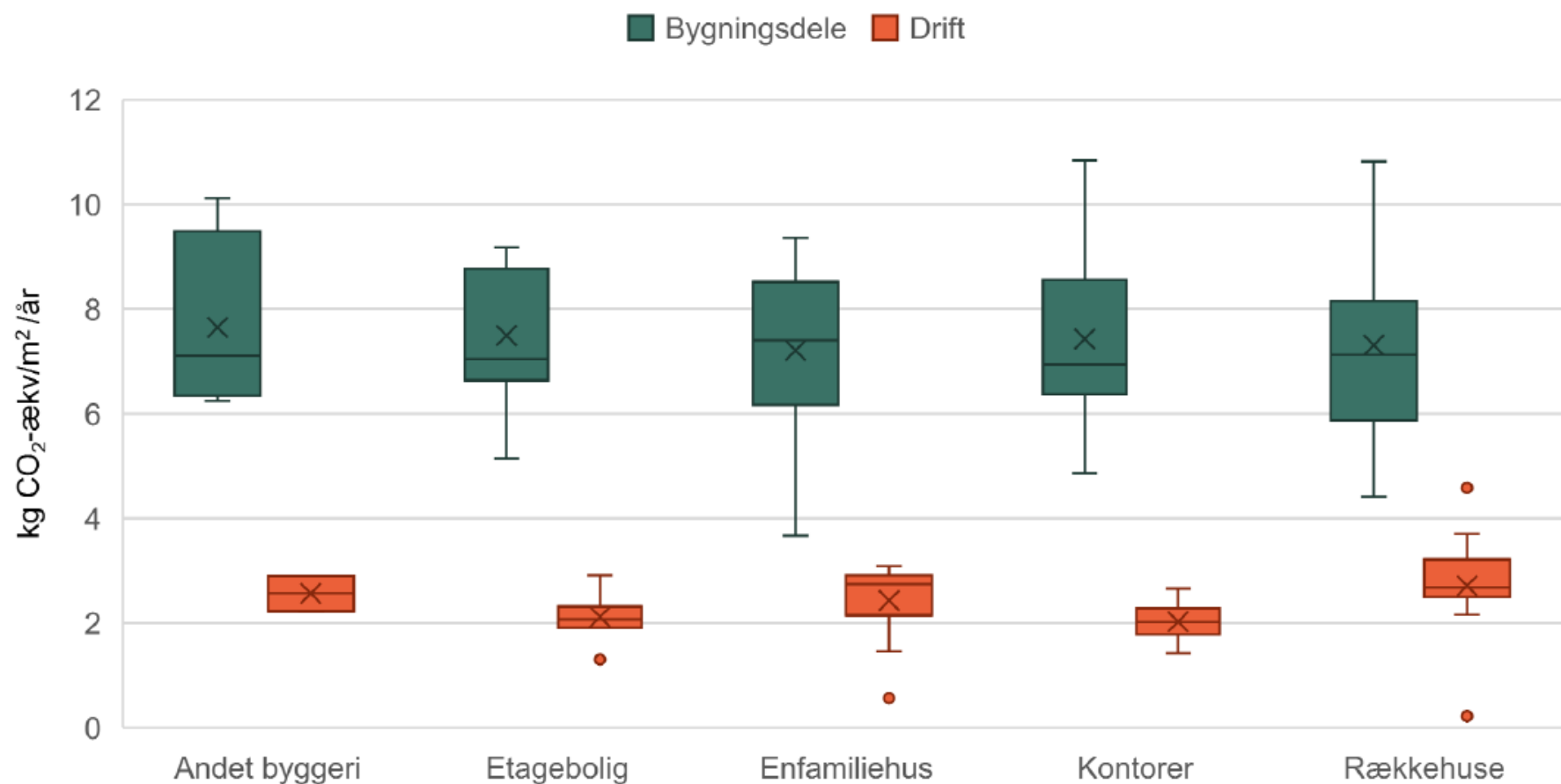
Kilde:
Klimapåvirkning fra 60 bygninger (BUILD 2020)



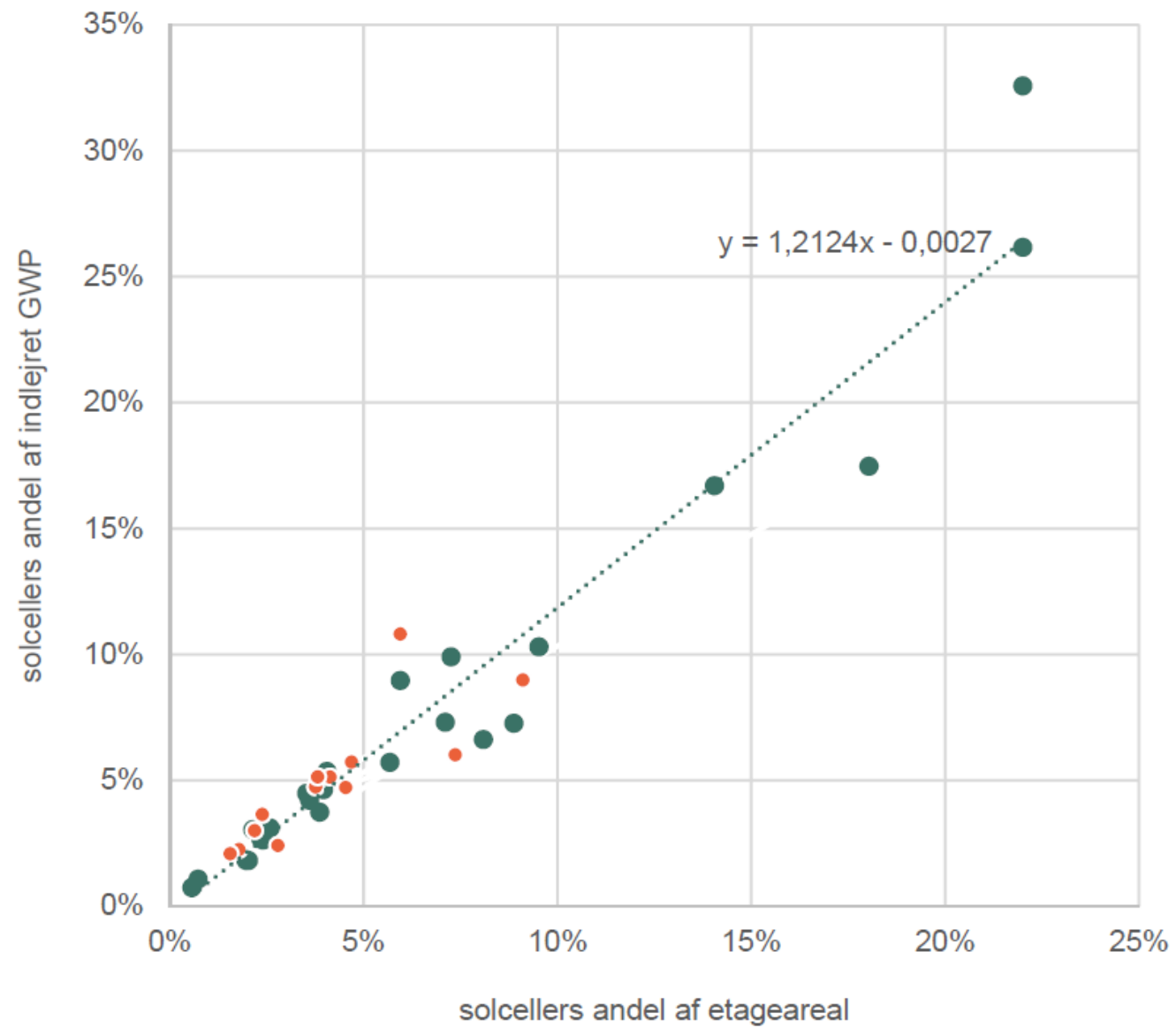
Kilde: Klimapåvirkning fra 60 bygninger (BUILD 2020)



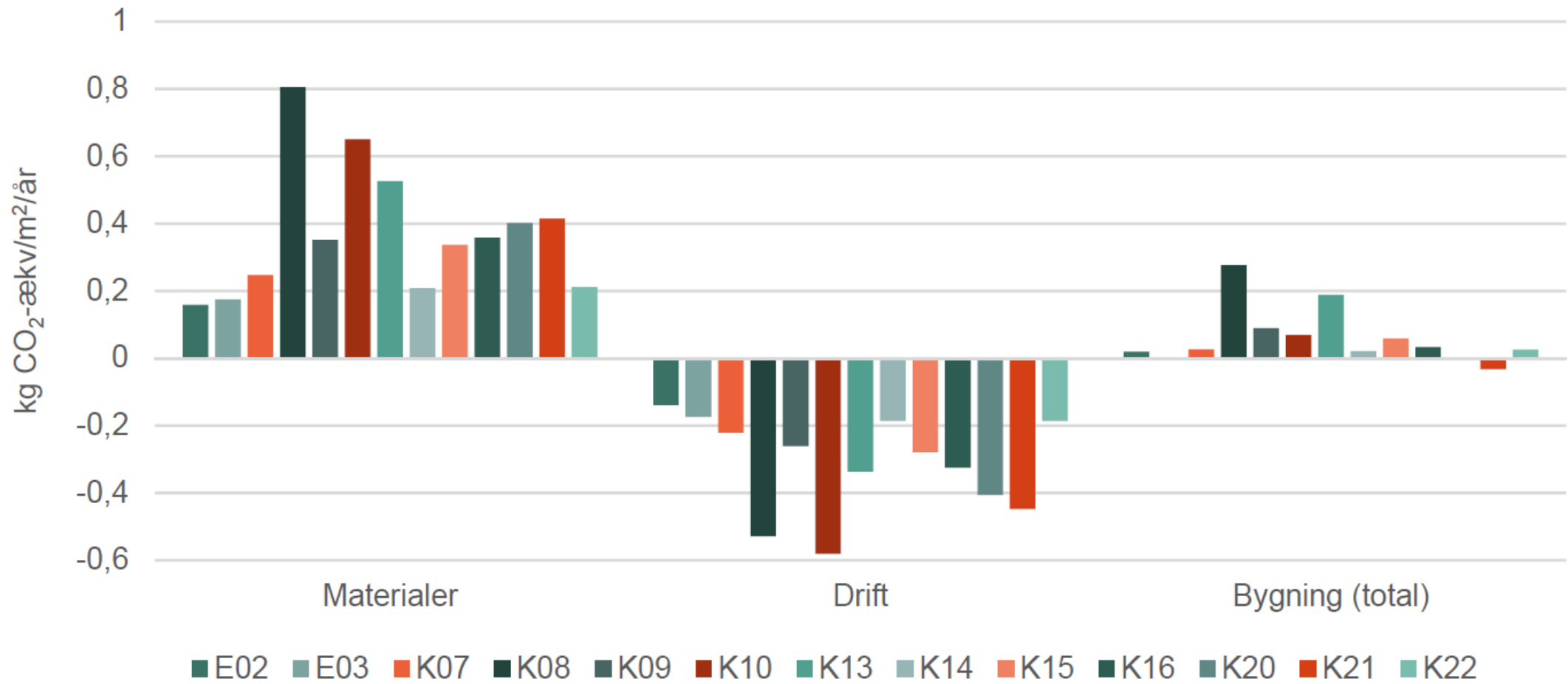
FIGUR 19. Udvalg af bygningsdelsgrupperes påvirkninger fordelt på bygningstyper ved 50-års betragtningsperiode. Bygningstypen Andet byggeri er ikke medtaget, da der ikke er nok case-bygninger i denne kategori. Diagrammet viser 1., 2., og 3., kvartil som de vandrette streger i boksen, krydset i boksen viser middelværdien og halerne uden for boksen viser variansen. Prikkerne udgør observation for klimapåvirkninger, der ligger uden for variansen.



FIGUR 17. Klimapåvirkning af bygningsdele og drift ved 50-års betragtningsperiode. Der er ikke stor forskel mellem bygningstyperne. Diagrammet viser 1., 2., og 3. kvartil som de vandrette streger i boksen, krydset i boksen viser middelværdien og halerne udenfor boksen viser variansen. Prikkerne udgør observation for klimapåvirkninger, der ligger udenfor variansen. Resultaterne for andet byggeri skal tages med forbehold idet der kun indgår 4 cases..



FIGUR 20. Mængden af solceller i forhold til solcellers andel af indlejret GWP over en 50-års betragtningsperiode. På-



FIGUR 21. Ændring i GWP når solceller implementeres i case-bygningerne.

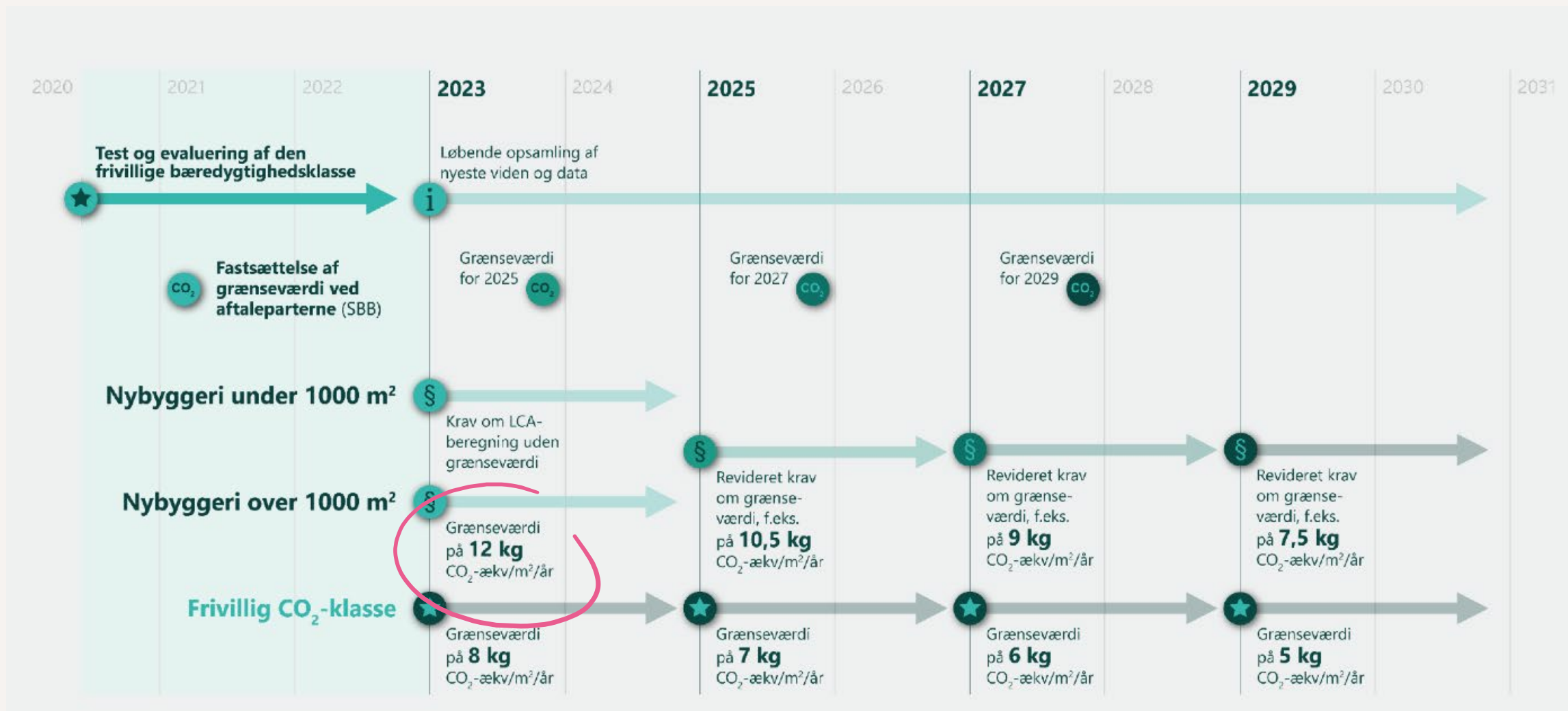
Grupper	Projekter med udfyldt gruppe	Medianværdi ved 50 år	Medianværdi ved 80 år
		[kg CO ₂ -ækv/m ² /år]	[kg CO ₂ -ækv/m ² /år]
Afløb	18%	0,02	0,02
Vand	23%	0,12	0,11
Varme	37%	0,23	0,24
Ventilation og køl	30%	0,08	0,08
Sum		0,46	0,45

Vær opmærksom på, at summen er beregnet på baggrund af de ikke-afrundede værdier for medianer. Derfor vil rækken "Sum" ikke nødvendigvis vise den præcise sum af tallene ovenfor.

Installationer fylder ca. 5%

CO₂-grænser

Regeringens Nationale strategi for bæredygtigt byggeri (marts 2021)



Kilde: Bolig- og Planstyrelsen (2021)

BR-klimakrav (høringsudgave)

Referenceareal jf. § 297, stk. 3

Etagearealet med modifikationer, fx medregnes alle kælderarealer 100 % men udv. trapper kun 25 %

Omfattede bygningsdele tabel 6 jf. § 297, Stk. 4

Hvilke bygningsdele indgå i beregningen og hvilke ikke

Datagrundlag tabel 7 jf. § 297, Stk. 5

Generiske data eller EPD'er (miljøvaredeklarationer) må anvendes. Det generiske datagrundlag stammer primært fra Ökobaudat 2020, suppleret med branche-EPD'er for beton og træ

Levetider jf. § 297, Stk. 7

Udskiftning af bygningsdele iht. levetider og principper efter BUILD levetidstabel 2021

Klimapåvirkning fra driftsenergi

Driftsenergi beregnes ud fra energibehov fra energirammen. Der anvendes emissionsfaktorer for el og fjernvarme fremskrevet i henhold til den forventede fremtidige energiforsyning

CO₂-grænseværdien jf. § 298, Stk. 1

- Modul D (Potentiale for genbrug, genanvendelse og nyttiggørelse) indgår ikke i grænseværdien
- Tillæg til energirammen indgår ikke i beregningen
- Særlige bygningsforhold med større materialeforbrug kan fratrækkes
- Særlige bygningsforhold beskrives i kommende BR vejledning

Omfattede komponenter tabel 6 jf. § 297, Stk. 4

Medtages

- Tag, ydervægge, indervægge, dæk og lignende, medregnes fra malingen på den indvendige side til beklædningen på den udvendige side.
- Tekniske anlæg og hovedføringsveje, dog kun de lige kanaler/rør
- Ventilationsaggregat, inklusiv varme- og køleflader samt kanalsystemet til ventilation

Medtages ikke

- Mindre fastgørelsesmidler, fx søm, skruer, hulplader murbindere eller lignende
- Fugemateriale, lokale membraner og fugtspærre i fundamenter, samt håndlister, fodpaneler og lignende lister
- installationer i jord
- Sanitet og diverse komponenter

Særlige forhold kan udløse tillæg § 298, Stk. 4

Forskellen mellem en bygningsdels typiske og faktiske klimapåvirkning kan fratrækkes

Ikke-særlige forhold

- Arkitektoniske valg
- Store rumvolumener
- Opførelse af kælder
- Mange rum- og brandadskillelser

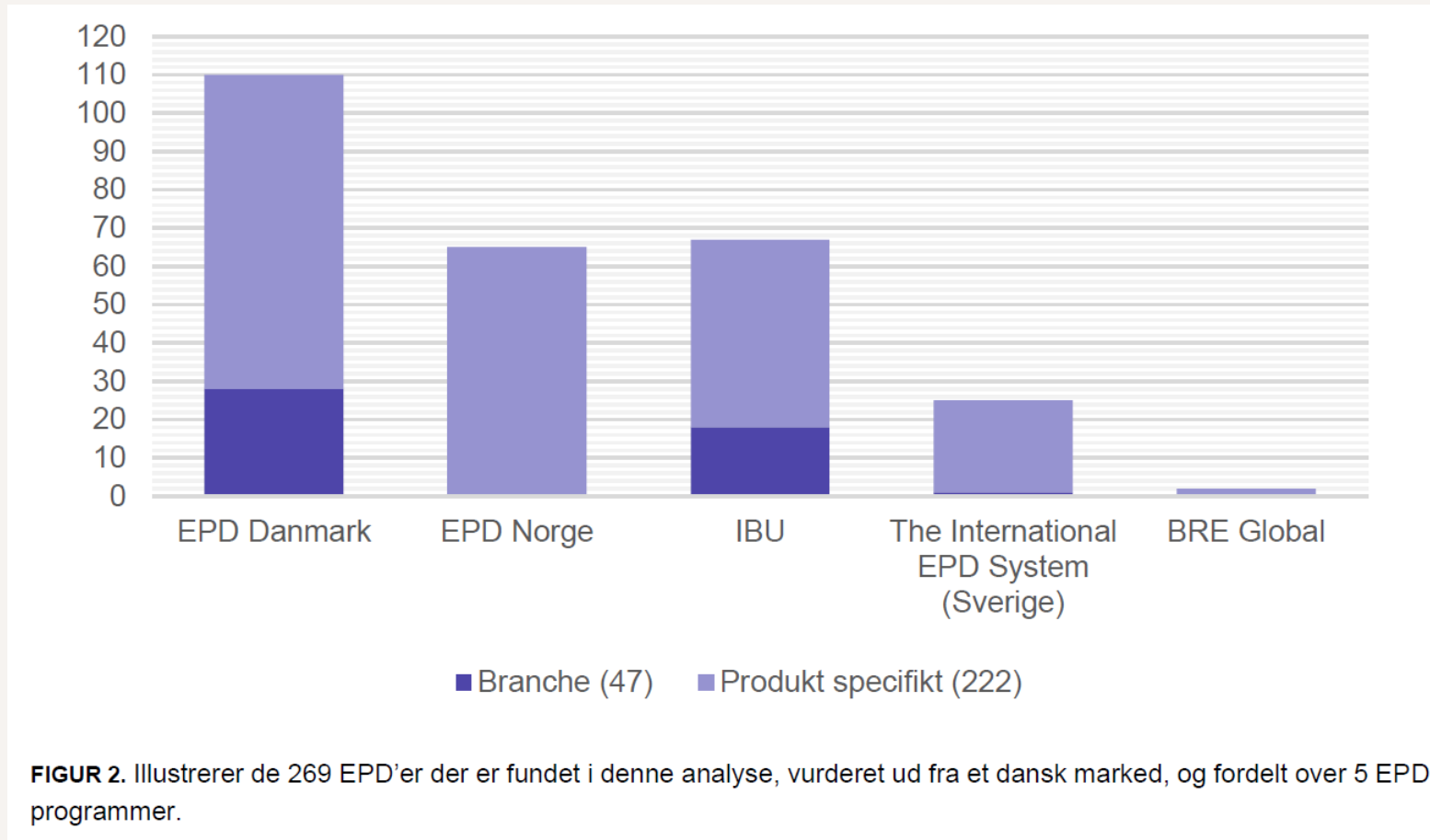
Særlige forhold

- Bygninger med hospitals- og laboratorieudstyr
- Bygninger med høj nyttelast på dæk
- Bygninger projekteret i konsekvensklasse CC3+
- Jordbundsforhold
- Bygninger med høje renhedskrav
- Bygninger med sikringskrav

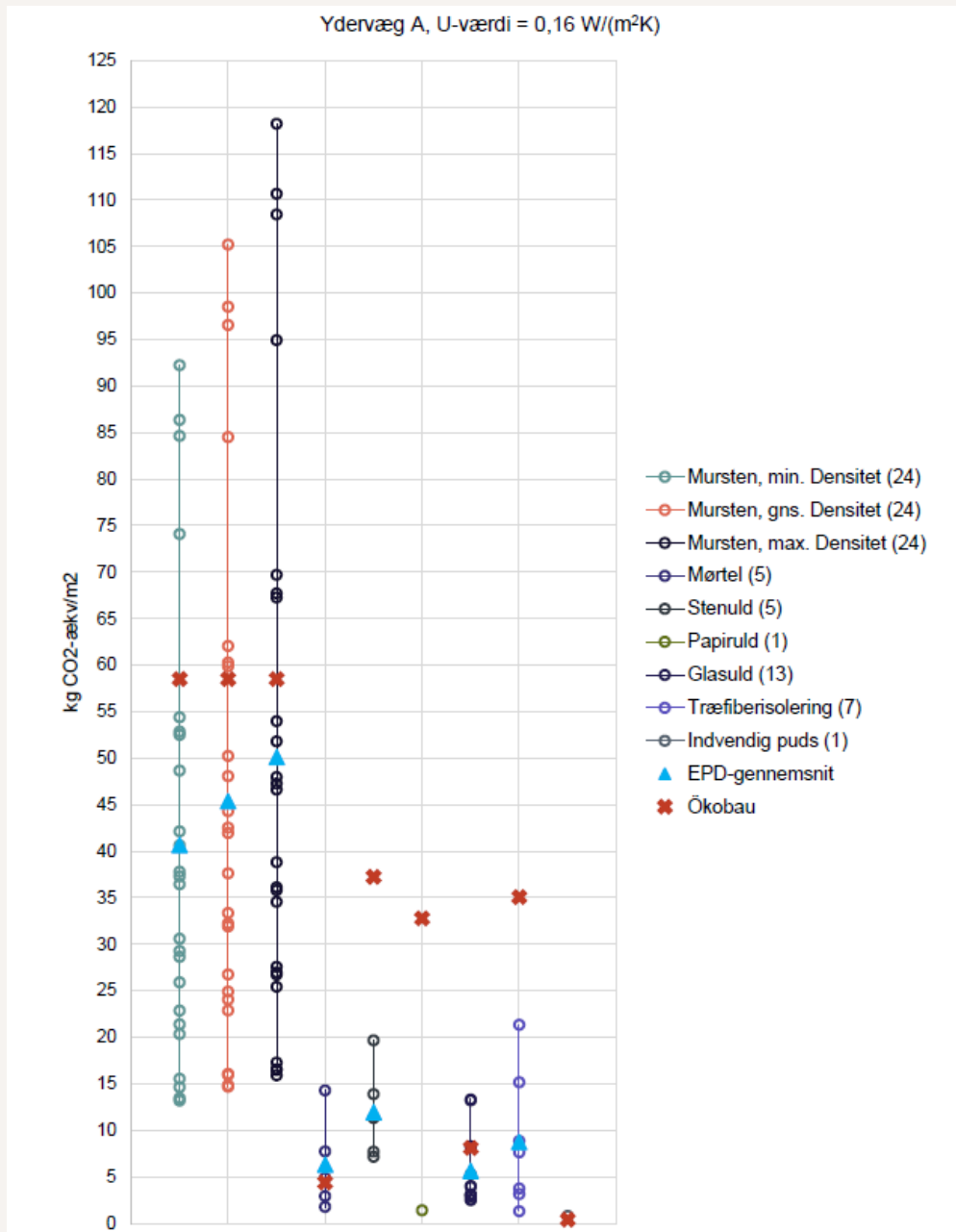
Særlige forhold – referencer

Konstruktion	Enhed	Mulig reference
Etage- og kælderdek	kg CO ₂ -ækv/m ² konstruktion/år	1,3
Gulv	kg CO ₂ -ækv/ m ² konstruktion/år	0,54
Loft	kg CO ₂ -ækv/ m ² konstruktion/år	0,45
Indervægg	kg CO ₂ -ækv/ m ² konstruktion/år	0,68
Tag	kg CO ₂ -ækv/ m ² konstruktion/år	2,14
Terrændæk/pladefundamenter	kg CO ₂ -ækv/ m ² konstruktion/år	2,27
Ydervæg og kælderydervæg	kg CO ₂ -ækv/ m ² konstruktion/år	2,52
Søjler og bjælker	kg CO ₂ -ækv/m søjle/bjælke/år	0,35
Fundament	kg CO ₂ -ækv/ m ² etageareal/år	0,47

Tilgængelige EPD



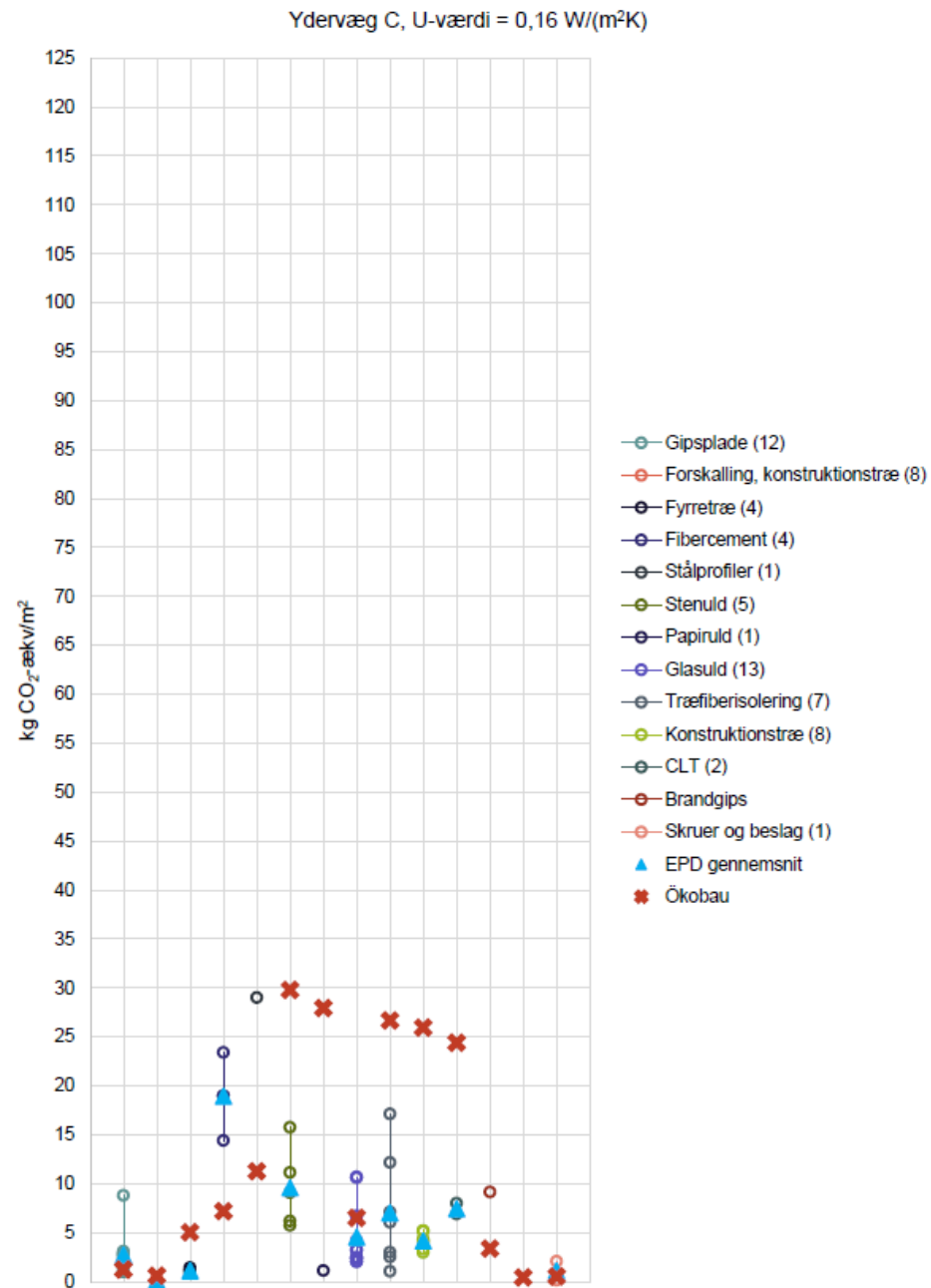
Datavariation



Kilde: BUILD-rapport 2021:25

FIGUR 11. LCA-resultater for Global warming potential (GWP) for de materialevarianter der kan indgå i Ydervæg A. Her vises resultater fra hhv. udvalgte EPD-data sammenholdt med Ökobau data. EPD-gennemsnittet er i øvrigt givet for materialeerne. Gennemsnittet for materialer, hvor det kun har været muligt at bruge én EPD, er ikke udregnet. Antallet af EPD-datasæt benyttet for hvert materiale er angivet i parentes () i legend til højre.

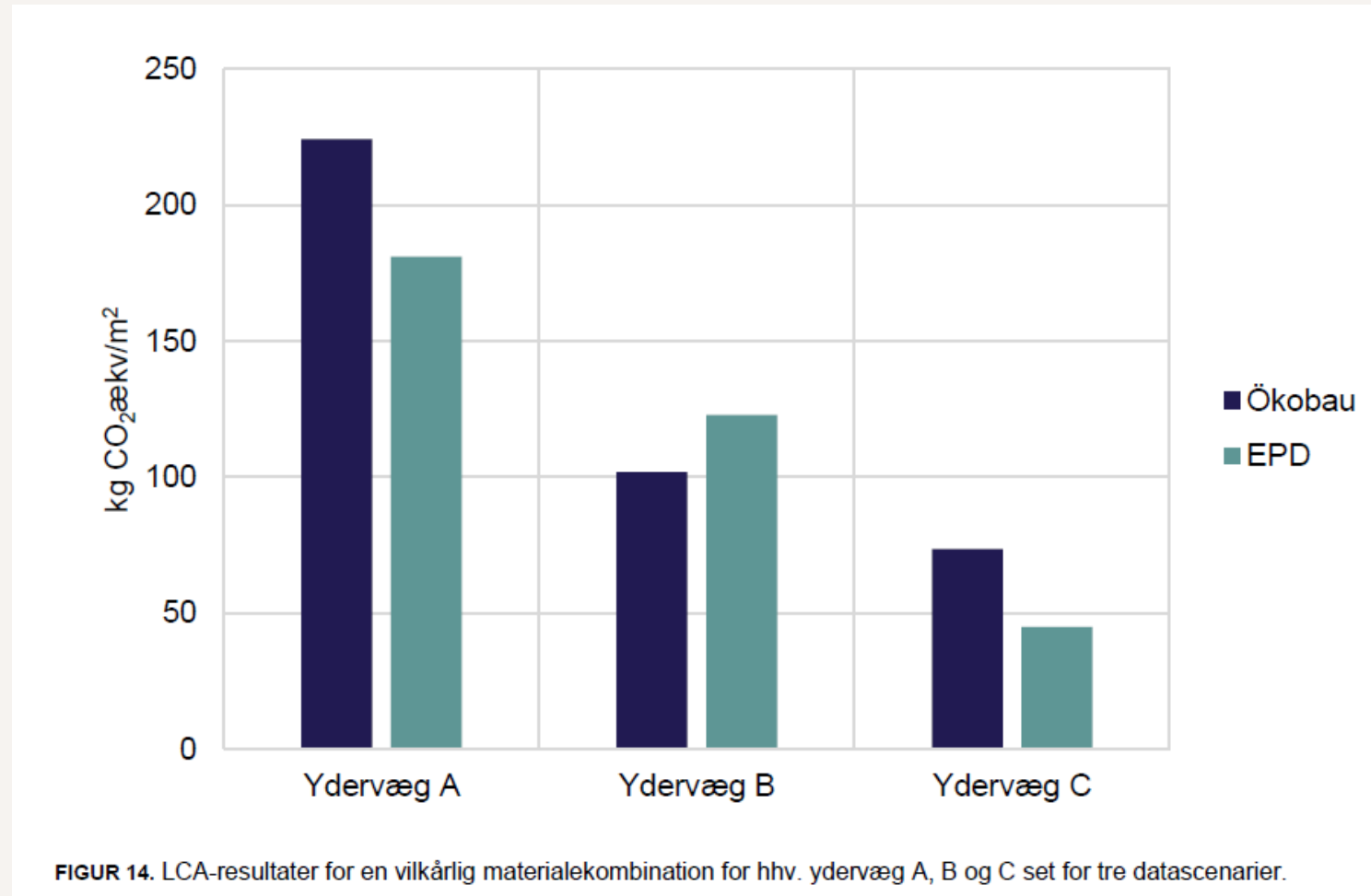
Datavariation



Kilde: BUILD-rapport 2021:25

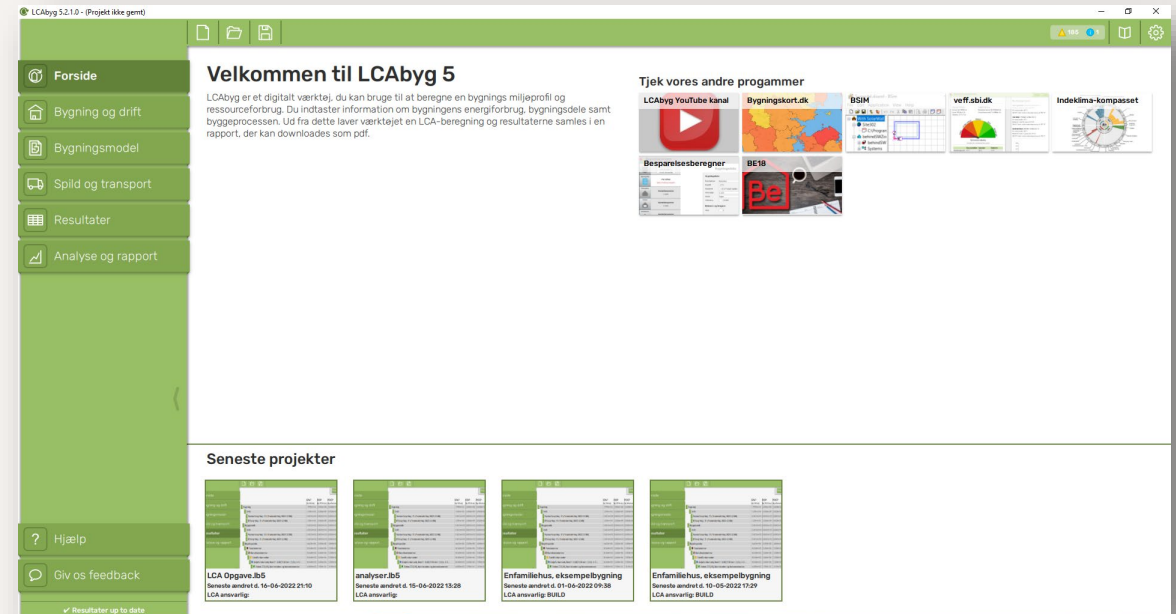
FIGUR 13. LCA-resultater for Global warming potential (GWP) for de materialevarianter der kan indgå i Ydervæg C. Her vises resultater fra hhv. udvalgte EPD-data sammenholdt med Ökobau data. EPD-gennemsnittet er i øvrigt givet for materialerne. Gennemsnittet for materialer, hvor det kun har været muligt at bruge én EPD, er ikke udregnet. Antallet af EPD-data benyttet for hvert materiale er angivet i parentes () i legend til højre.

Datavariation



LCAByg

- Gratis værktøj til livscyklusvurderinger (LCA) af bygninger
- Udviklet af BUILD (tidligere SBi) i samarbejde med Bolig- og Planstyrelsen
- Nuværende version 5 kan anvendes til LCA-krav i den frivillige bæredygtighedsklasse, DGNB og brugerdefinerede beregninger
- **LCAByg2023** til de kommende klimakrav i bygningsreglementet udgives den 3. oktober (testversion)



Elementer i en LCA

1. Bygningens arealer
2. Energibehov til modul B6 ved hjælp af Be18 nøgletal
3. Mængder af byggematerialer

The screenshot shows the 'LCAbyg 5.2.1.0' software interface. A sidebar on the left contains navigation buttons: Forside, Bygning og drift, Bygningsmodel, Spild og transport, Resultater, and Analyse og rapport. The main area is divided into several sections:

- Projektet:** Fields for Projekttitle, Adresse, Bygherre/vejen, Ansvarlig for livscyklusvurdering, and Version af bygningsreglementet.
- Bygning:** Fields for Etageareal over terræn, Etager over terræn, Etagehøjde, Kælderetage, Grundens areal, and Udsees areal.
- Beregningsforudsætninger:** Fields for Beregningsstype, Bygningsstype, År for indtagning, Betragtningsperiode, Opvarmet areal, and Etageareal.
- Andet:** A text field for 'Yderligere beskrivelse'.
- Scenarier:** A button to 'Klik for at aktivere scenarier for dette projekt'.
- Bygningdrift og energiforsyning:** Fields for Energitilslutning, Driftsforbrug varme, Driftsforbrug el, Elsporrelast, Elforsyning, and Varmeforsyning.
- Energiforbrug på byggepladsen:** Fields for Driftsforbrug varme, Driftsforbrug el, Elforsyning, and Varmeforsyning.
- Bygge- og anlægsmaskiner:** Fields for Diesel and Jord flyttet i gravemaskiner.
- LCAbyg log:** A list of warnings and errors, such as 'Fase Ventilationsaggregat m. varmegenvinding 1000 m3 / h (D) er udløbet'.

Red dashed boxes highlight the 'Beregningsforudsætninger' and 'Bygningdrift og energiforsyning' sections. A large green number '2' is placed on the right side of the interface.

The screenshot shows the 'LCAbyg 5.2.1.0' software interface displaying material quantities. A sidebar on the left contains navigation buttons: Forside, Bygning og drift, Bygningsmodel, Spild og transport, Resultater, and Analyse og rapport. The main area is divided into several sections:

- Bygningsdele:** A list of building components like Afteb, Altaner og attergangs, Andet, Dæk, etc.
- Konstruktioner:** A list of construction elements like Vægside, malerbehandling, akrylmaling, etc.
- Byggevarer:** A list of building materials like Porebeton 380 kg/m3, Puds, kalk-gips, inde, etc.
- Faser:** A list of construction phases like Porebeton 380 kg/m3 (A1-A3), Porebeton 380 kg/m3 (C3), Porebeton 380 kg/m3 (D), etc.
- Porebeton 380 kg/m3:** A detailed view of a material, including fields for Mængde, Levelid, Forskudt start, Usikkerhedsfaktor, and a 'Beskrivelse' field.
- Opbygning:** A table showing the breakdown of materials into phases.
- GWP [kg CO₂-eq]:** A bar chart showing the Global Warming Potential (GWP) for the three phases.

Red dashed boxes highlight the 'Byggevarer' and 'Porebeton 380 kg/m3' sections. A large green number '3' is placed in the center of the interface.

Indtastning af materialer

LCAbyg 5.2.1.0 - (Projekt ikke gemt)

Bygningsdele

- Afløb
- Altaner og altangange
- Andet
- Dæk
- El- og mekaniske anlæg
- Fundamenter
 - Randfundamenter
- Indervægge
 - Indervægge
- Søjler og bjælker
- Tage
 - Tagkonstruktion
- Terrændæk
 - Terrændæk
- Trapper og ramper
- Udendørs areal
- Vand
 - Vand og afløb
- Varme
 - Gulvarmeanlæg
 - Varmeanlæg
- Ventilation og køl
 - Ventilationsanlæg
- Vinduer, døre, glasfacader
 - Indvendige døre
 - Vinduer og udvendige døre
- Ydervægge
 - Ydervægge

Konstruktioner

- Vægside, malerbehandling, akrylmaling, fuldspartling
- Midterdel, porebeton, 100 mm
- Vægside, malerbehandling, akrylmaling, fuldspartling

Byggevarer

- Porebeton 380 kg/m³
- Puds, kalk-gips, inde

Faser

- Porebeton 380 kg/m³ (A1-A3)
- Porebeton 380 kg/m³ (C3)
- Porebeton 380 kg/m³ (D)

LCAbyg biblioteket

Generisk datagrundlag BR tabel 7

EPD

Porebeton 380 kg/m³

Medtages i beregningen

Mængde: 57,5 kg/m³

Levetid: 100 år

Nedrivning

Forskudt start: 0 år

Usikkerhedsfaktor: 1

Beskrivelse:

Kilde: GenDK

Opbygning

	Navn	Underkategori
1	Porebeton 380 kg/m ³ (A1-A3)	Porebeton
2	Porebeton 380 kg/m ³ (C3)	Porebeton
3	Porebeton 380 kg/m ³ (D)	Porebeton

GWP [kg CO₂-eq.]


Navn	GWP [kg CO ₂ -eq.]
1	~3200
2	~100
3	~100

Resultater up to date

identcenter om bygningers klimapåvirkninger

Dokumentation: LCAbyg rapport til færdigmelding

- Dokumentationskrav vil fremgår vejledning til bygningsreglementet i efteråret
- LCAbyg2023 rapport vil kunne bruges til færdigmelding



2 Miljøprofil

Tabellen viser de vigtigste nøgletal fra projektet. Nøgletallene er fordelt på de 9 indikatorer som LCAbyg understøtter, samt fordelt for de enkelte livscyklusfaser der udgør bygningens miljøprofil. Miljøprofilen er givet for den totale udledning samt pr. kvadratmeter etageareal pr. år, hvilket gør resultaterne sammenlignelige med andre projekter, forudsat at disse er angivet med samme enhed.
Af nederstående tabel findes den mest anvendte indikator, GWP. De resterende 8 fra LCAbyg findes på næste side.

	GWP	GWP
	Pr. referenceenhed [kgCO ₂ -eq/m ² pr. år]	Total [kgCO ₂ -eq]
Sum projekt	9.25	85075.18
Sum materialer (A1-3, A4, A5, B4, C3-4)	7.75	71332.99
Produkt (A1-3)	3.79	34898.65
Transport til byggeplads (A4)	0.0	0.0
- Transport (byggevarer)	0.0	0.0
- Transport (jord, byggeaffald, oplagring mv.)	0.0	0.0
Opførelse / montering (A5)	0.0	0.0
- El i byggeproces	0.0	0.0
- Fjernvarme i byggeproces	0.0	0.0
- Brændstof i byggeproces	0.0	0.0
- Transport på byggepladsen	0.0	0.0
- Spild	0.0	0.0
Udskiftninger (B4)	0.71	6537.94
Energiforbrug til drift (B6)	1.49	13742.19
- El til drift	1.49	13742.19
- Varme til drift	0.0	0.0
Endt levetid (C3)	2.57	23631.51
Endt levetid (C4)	0.68	6264.88
Nedrivning (D)	-1.4	-12924.01

side 3 af 28

Hvad påvirker resultatet?

Arealer

- Er det opvarmede areal korrekt?
- Er referencearealet beregnet korrekt?

Energi

- Er der indtastet de korrekte nøgletal (uden PF)?

Materiemængder

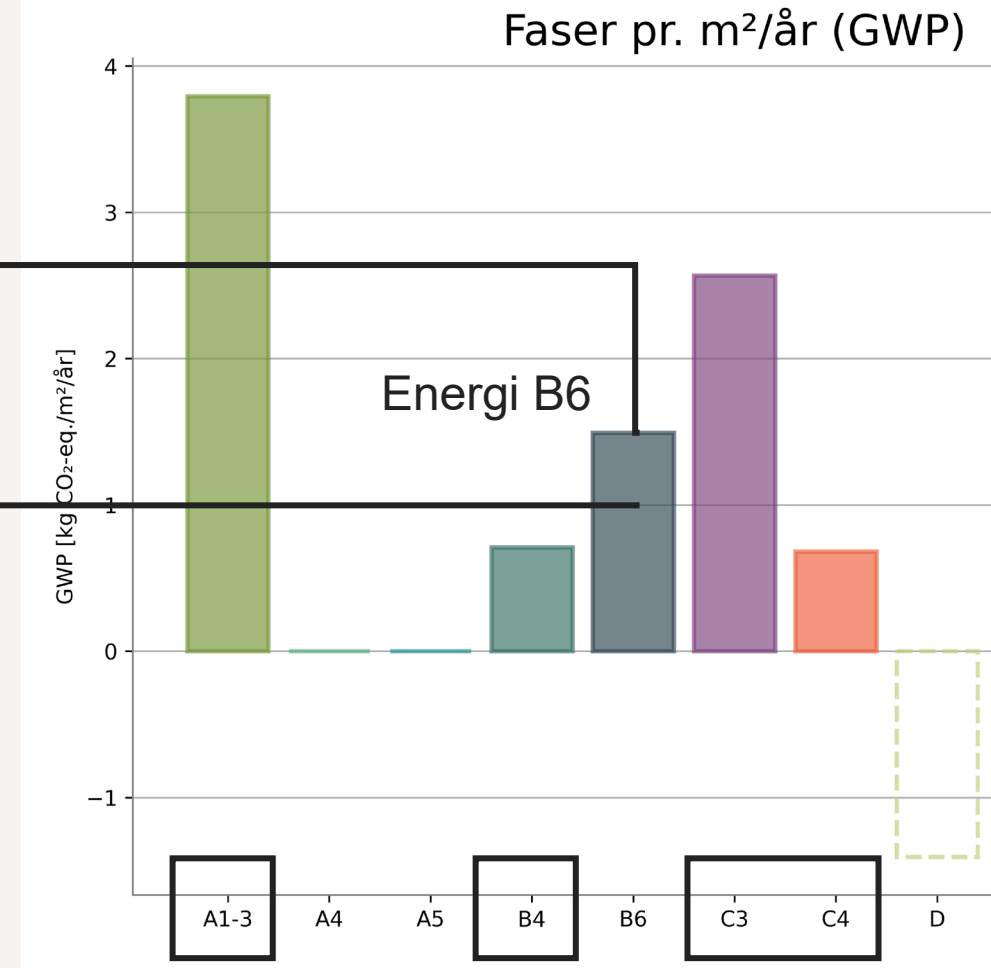
- Matcher materialevalg og –mængde det faktiske projekt?
- (tjek af væsentlige komponenter og enheder)

Datakilde

- Matcher materialevalget den valgte generiske byggevare?
- Matcher det valgte produkt EPD'en?
- Er generiske data hhv. EPD korrekt? (tjek Gen_dk vs Bruger)
- Manglende/dobbelte C3/4 scenarier: Valgt korrekt?

Udskiftninger

- Er levetiden valgt korrekt i henhold til BUILD 2021:32?



Materialer
A1-3, B4,
C3/4



Videncenter om
Bygningers
Klimapåvirkninger

Tak for ordet