

Klimapåvirkning fra nybyggeri

Analytisk grundlag til fastlæggelse af ny LCA baseret grænseværdi for bygningers klimapåvirkning fra 2025

Tozan, Buket; Olsen, Christoffer Ole; Sørensen, Christian Grau; Kragh, Jesper; Rose, Jørgen; Aggerholm, Søren; Birgisdottir, Harpa

Creative Commons License
Ikke-specificeret

Publication date:
2023

Document Version
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

Citation for published version (APA):

Tozan, B., Olsen, C. O., Sørensen, C. G., Kragh, J., Rose, J., Aggerholm, S., & Birgisdottir, H. (2023). *Klimapåvirkning fra nybyggeri: Analytisk grundlag til fastlæggelse af ny LCA baseret grænseværdi for bygningers klimapåvirkning fra 2025*. (1 udg.) Institut for Byggeri, By og Miljø (BUILD), Aalborg Universitet. BUILD Rapport Bind 2023 Nr. 21

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at vbn@aub.aau.dk providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

BUILD

RAPPORT

2023:21

Klimapåvirkning fra nybyggeri

Analytisk grundlag til fastlæggelse af ny LCA baseret grænseværdi
for bygningers klimapåvirkning fra 2025

Buket Tozan, Christoffer Ole Olsen, Christian Grau Sørensen, Jesper Kragh, Jørgen Rose,
Søren Aggerholm og Harpa Birgisdóttir

Klimapåvirkning fra nybyggeri

Analytisk grundlag til fastlæggelse af ny LCA baseret grænseværdi for bygningers klimapåvirkning fra 2025

TITEL	Klimapåvirkning ved nybyggeri: Analytisk grundlag til fastlæggelse af ny LCA baseret grænseværdi for bygningers klimapåvirkning fra 2025
SERIES TITLE	BUILD Report 2023:21
FORMAT	Digital
EDITION	1
UDGIVELSEÅR	2023
UDGIVET DIGITALT	2023
FORFATTER	Buket Tozan, Christoffer Ole Olsen, Christian Grau Sørensen, Jesper Kragh, Jørgen Rose, Søren Aggerholm & Harpa Birgisdóttir
SPROG	Dansk
SIDEANTAL	72 (105 inkl. Bilag)
LITTERATURHENVISNINGER	Side 70
EMNEORD	Livscyklusvurdering, klimapåvirkning, grænseværdi, nybyggeri
ISBN	978-87-563-2125-9
ISSN	2597-3118
FORSIDE	Agnes Garnow
UDGIVER	Department of the Built Environment, Aalborg University A.C. Meyers Vænge 15, 2450 Copenhagen SV e-mail build@build.aau.dk www.build.aau.dk This publication is covered by the Danish Copyright Act.

Indhold

Summary	6
Sammenfatning	11
Forord	16
1 Introduktion	17
1.1 Formål	18
1.2 Læsevejledning	19
2 Metode for etablering af datagrundlag for bygningsdata	20
2.1 Grundlag for udvælgelse af bygningsdata	20
2.2 Udvalgelse af repræsentative case-bygninger	22
2.3 Det endelige datagrundlag på 163 case-bygninger	29
3 Metode for livscyklusvurderinger	33
3.1 Livscyklusvurdering for bygninger	33
3.2 Miljødatagrundlag	39
3.3 Sammenligningsgrundlag	42
4 Resultater for bygningers klimapåvirkning	43
4.1 Resultater fra samlet bygningsdatagrundlag	43
4.2 Resultater opdelt efter bygningernes anvendelse	46
4.3 Potentielle reduktioner af klimapåvirkninger ved ændrede grænseværdier	49
5 Betydende forhold for klimapåvirkningen	53
5.1 Bygningsdele og udformning	53
5.2 Livscyklusmoduler	60
6 Økonomiske konsekvenser	63
6.1 Nybyggeriet	63
6.2 Omkostning ved LCA-beregning	65
6.3 Omkostning ved overholdelse af krav til klimapåvirkning	65
6.4 Omkostningernes andel af de samlede byggeomkostninger	67
7 Perspektivering	69
8 Referencer	70
Bilag 1 Foreløbige standardværdier for installationer	73
Bilag 2 Energiramme og solceller	74
Bilag 3 Nye emissionsfaktorer	76

Bilag 4 Særlige forhold	77
Bilag 5 P-kældres betydning for klimapåvirkningen	79
Bilag 6 Bygningsstørrelsens betydning	81
Bilag 7 Bygningshøjdens betydning	83
Bilag 8 Klimapåvirkning fra bygningsdele	84
Bilag 9 Muligheder for at reducere klimapåvirkninger fra nybyggeriet	87
Bilag 10 Fordelingskurve med alle case-bygninger	93
Bilag 11 Benyttede miljødata	95
Bilag 12 Erhvervsøkonomiske analyser (2022)	97

Summary

Global and national focus on the climate agenda

The urgent and human-induced global climate crisis causes more frequent and more intense environmental consequences such as droughts, storms, heatwaves, rising sea levels, melting glaciers, and warming of the oceans. Together with nations around the world, Denmark has committed to meeting the Paris Agreement's objective of minimizing greenhouse gas emissions (GHG) so that the increase in global surface temperature can be kept below 1.5°C compared to the pre-industrial level (United Nations, 2015). In addition, Denmark has introduced the Climate Act, to reduce national greenhouse gas emissions by 70 percent in 2030 compared to the level in 1990, and that Denmark must also be a climate-neutral society in 2050 (Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet, 2021). The necessity of the Climate Act has only become clearer after the latest report from the IPCC, which shows that global emissions of greenhouse gases have increased by 54% in the period from 1990 to 2019 and that emissions must be reduced by 43% in 2030 compared to 2019, if the Paris Agreement's goal of keeping temperature increases below 1.5°C is to be achieved (IPCC, 2023).

Introduction of gradual greenhouse gas limit values for new construction

The Danish government has launched a strategy for sustainable construction, as the construction industry contributes significantly to global and national greenhouse gas emissions (Indenrigs- og Boligministeriet, 2021). The strategy presented the introduction of life cycle assessments (LCA), where greenhouse gas emissions of new construction must be documented (measured in kg CO₂ equivalents), and the gradual introduction of LCA-based limit values for greenhouse gas emissions in the building regulations. The first limit value was introduced on 1 January 2023, and updated limit values will be introduced in 2025, 2027, and 2029. The national strategy for sustainable construction simultaneously defines that the updated LCA-based limit value for GHG emissions for new construction, which must apply from 2025, must be determined so that 1/3 of new construction must perform better than currently. This means that the limit value must be determined based on two important points; 1) it must be based on data that reflects the typical new construction in Denmark, and 2) it must ensure that 1/3 of the typical new construction must perform better than currently by implementing greenhouse gas reducing measures.

BUILD - Department of the Built Environment has been tasked by the Danish Authority of Social Services and Housing (SBST) to prepare the analytical basis for the updated limit value, which is to be introduced in the building regulations in the period 2025-2027. The present report therefore first establishes a representative building database for typical new construction in Denmark, which consists of 163 typical case-buildings. These case-buildings are then used to calculate greenhouse gas emissions of the new construction in life cycle assessments and finally possible LCA-based limit values for GHG emissions for new construction are presented, ensuring that 1/3 of the new construction will have to perform better than currently.

A representative building database

The building database has been established through a selection process in BUILD's collection of case-buildings, which currently consists of 292 new buildings. To establish a representative building database, corresponding to typical new construction in Denmark, several of the case-buildings in BUILD's case collection have been discarded. Case-buildings that are studies where greenhouse gas reducing measures were planned from the start, or cases which differ from the standard building practice, are excluded. In addition, case-buildings with special conditions are also excluded. Case-buildings that have not yet been built or that are not registered in the Building and Housing Register (BBR) are also excluded. This selection process has resulted in the 292 case-buildings being reduced to 163 case-buildings. The final database consists of 35 single-family houses, 42 multi-storey dwellings, 22 terraced houses, 35 office buildings and in addition 7 buildings for day-care institutions, 6 for education, 8 for health centers, and 8 for other building types.

To establish the limit value based on the selected 163 case-buildings, an area-based weighting of the greenhouse gas emissions of the respective building categories is carried out, such that building types that are built the most have the greatest influence on the limit value. The area-based weighting factors are determined based on average values of the constructed heated floor area for the period 2015-2020, for each type of use included in the final database.

The representativeness of the building materials used in the external wall and roof covering materials of the 163 case-buildings have been investigated by comparing them with data registered in BBR for recent construction. The investigation showed that there is a reasonable agreement between the building database and BBR for external wall and roof cladding materials, and therefore it is concluded that the building database is sufficiently representative in this regard.

It has also been investigated how the size of the case-buildings (gross floor area) possibly differs from building sizes constructed in the period 2015-2020 according to BBR. Here, a good agreement was demonstrated for single-family houses with a deviation of only 3%. Larger deviations occur for the other building categories, which, e.g., is due to differences in methods for calculating the gross floor area in BBR and LCAs. A detailed analysis of the significance of the building size, however, shows that the area of the buildings does not significantly affect greenhouse gas emissions (see e.g., Bilag 6).

Based on the overall analyses, it is therefore deemed that the 163 selected case-buildings are representative and can be used to determine a limit value for GHG emissions of new construction in Denmark.

Greenhouse gas emissions from new construction

Based on the final building database with 163 case-buildings, the greenhouse gas emissions are determined by life cycle assessments. The life cycle assessments include modules A1-3 in the product stage, B4 and B6 in the use stage, and C3 and C4 in the end-of-life stage according to EN15978:2012 and BR18 §§ 297-298 (Bilag- og Planstyrelsen, 2022). The greenhouse gas emissions are normalized with the reference area and over a 50-year reference study period (RSP). In addition, the greenhouse gas emissions are calculated with new generic data; Danish generic data developed in parallel with the present project, which reflects environmental data prepared according to EN15804:2012+A1:2013 and EN15804:2012+A2:2019, and Ökobaudat 2023 I, prepared following EN15804:2012+A2:2019. In addition, the greenhouse gas emissions from energy consumption to building operations have been updated with new emission factors for electricity and heating grid.

Figure 1 shows results for unweighted greenhouse gas emissions from the 163 case-buildings. The figure shows that the greenhouse gas emissions from new construction ranges from 5.89 to 14.41 kg CO₂-eq/m²/year over a 50-year reference study period. The contribution from embodied greenhouse gas and operational greenhouse gas emissions on average is 91% and 9% respectively, where the contribution from building elements varies from 4.85 to 13.15 kg CO₂-eq/m²/year, and operation varies from 0.47 to 1.26 kg CO₂-eq/m²/year. Furthermore, 9 out of the 163 case-buildings are above the current limit value in BR18 of 12 kg CO₂-eq/m²/year, and 42 case-buildings are below the limit value for the voluntary low-emission class of 8 kg CO₂-eq/m²/year.

Non-weighted median values in kg CO₂-eq/m² per year (RSP=50 years) for the respective building use categories are 8.89 for Single-family house, 8.47 for Multi-storey dwelling, 8.19 for Terraced house, 9.46 for Office, 9.31 for Daycare, 11.55 for Education, 10.55 for Health center and 10.28 for Other.

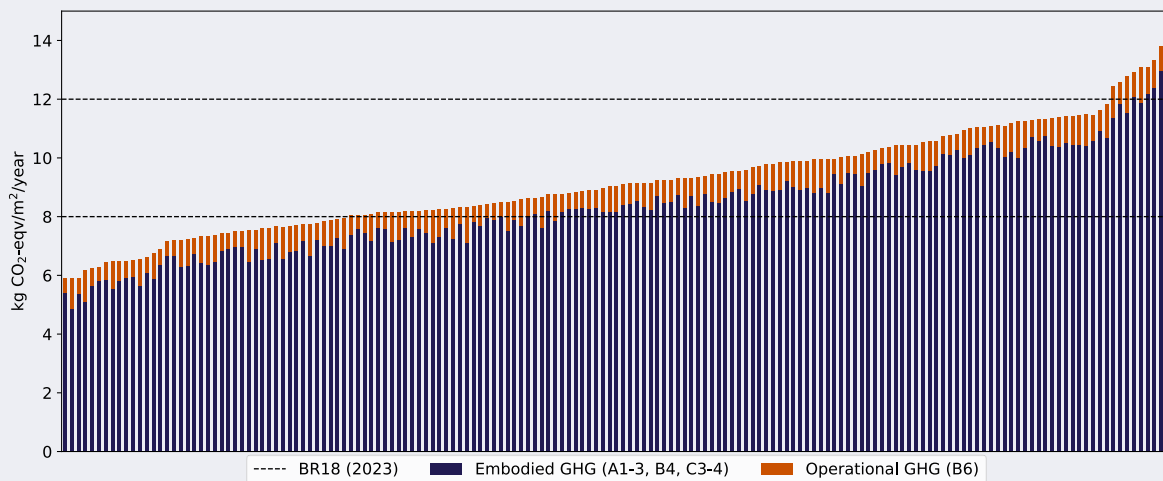


Figure 1. The greenhouse gas emissions for 163 case-buildings differentiated between embodied GHG (A1-3, B4, C3-4) and operational GHG (B6). The two dashed lines show respectively the limit value and the low-emission class in BR18 (2023). The results are reported in kg CO₂-eq/m²/year over a reference study period of 50 years.

Possible limit values for greenhouse gas emissions for new construction

Based on an area-based weighting across all building use categories, Figure 2 shows an overall distribution curve of the greenhouse gas emissions over the entire life cycle (A1-3, B4, B6, C3-4) for a 50-year reference study period. Since the limit value for the period 2025-2027 must result in 1/3 of new construction having to perform better, this will correspond to 66% of new construction having to be able to live up to the limit value, while 33% should not. The figure shows the 66%-percentile, corresponding to the limit where 1/3 of new construction will have to implement greenhouse gas reducing measures to perform better than currently. According to the results for the weighted greenhouse gas emissions across all 163 case-buildings, the limit value must therefore be 9.90 kg CO₂-eq/m²/year (over a reference study period of 50 years) corresponding to the 1/3 ambition level.

In addition to an overall potential limit value across all building types, the possibility of differentiated limit values for the building categories is investigated by determining the 66%-percentile for each of them. Here it was found that differentiated limit values corresponding to the 1/3 ambition level in kg CO₂-eq/m²/year for the respective building categories are: 9.43 for Single-family house, 9.14 for Multi-storey dwelling, 8.53 for Terraced house, 9.83 for Office, 9.45 for Daycare, 11.64 for Education, 10.85 for Health center and 11.29 for Other.

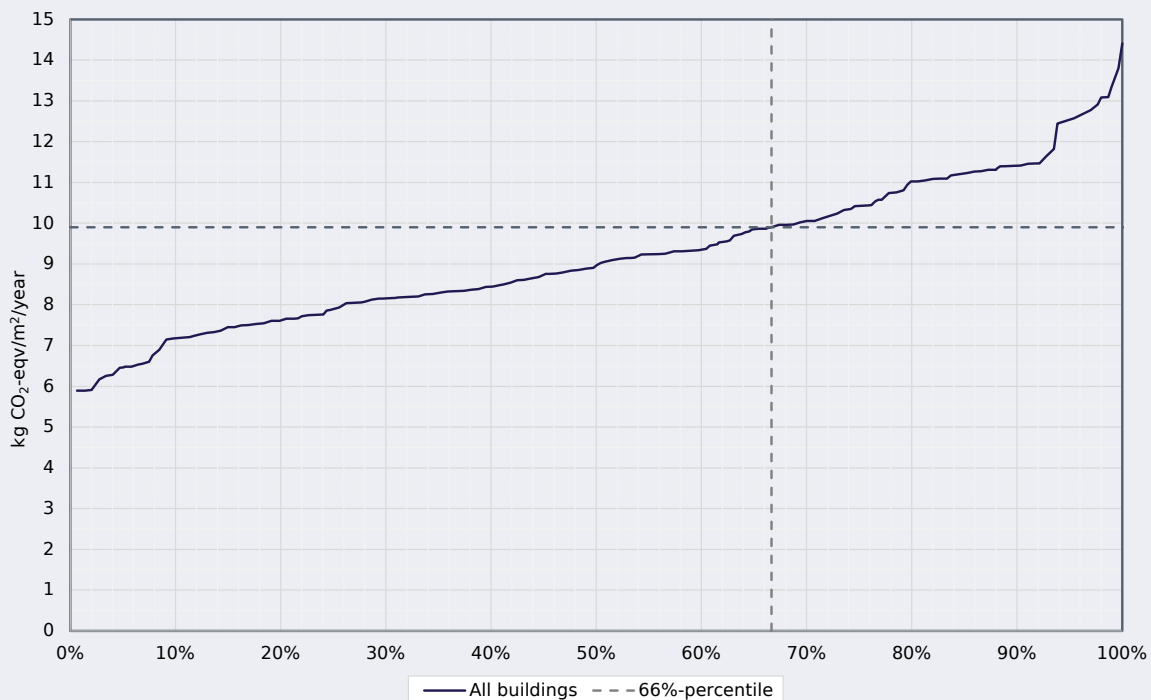


Figure 2. Distribution curve for the greenhouse gas emissions (A1-3, B4, B6, C3-4) from 163 case-buildings and an indication of the 66%-percentile, corresponding to the limit where 1/3 of new construction must implement GHG-reducing measures to perform better than currently. The results are reported in kg CO₂-eq/m²/year over a reference study period of 50 years.

Potential reduction of greenhouse gas emissions with new limit values

The potential for reducing greenhouse gas emissions from new construction by tightening the limit value requirement is calculated both for an average annual saving over 50 years and an upfront greenhouse gas saving for modules A1-3. The calculated greenhouse gas emissions for the new building's modules A1-3 are calculated to approx. 1 million tons of CO₂-eq. per year and thus corresponds to approx. 1.9% of the total projected climate burden in 2025 of 53 million tons of CO₂-eq. (the total Danish consumption-based global climate impact). The reduction achieved by the tightened limit value requirements in relation to the 2023 requirement is calculated to be 0.06 million tons of CO₂-eq. per year, which corresponds to 3.2% of the new construction's greenhouse gas emissions and approx. 0.06% of the total national global climate burden. The reduction potential of greenhouse gas emissions of new construction is illustrated in Figure 3 with respect to the 163 case-buildings.

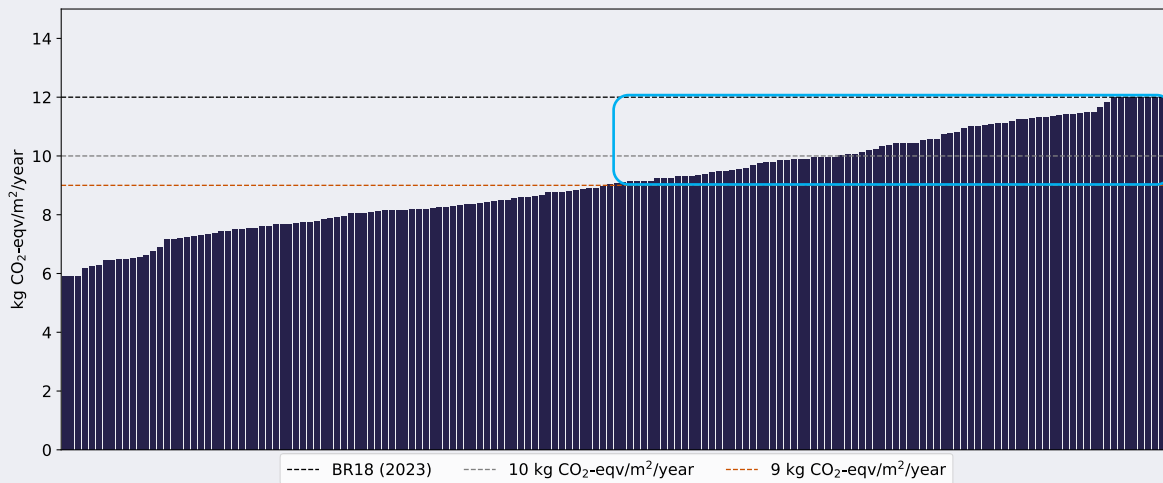


Figure 3. Illustration of the potential for reduction (blue box) of greenhouse gas emissions by tightening the limit value. The results are reported in kg CO₂-eqv/m²/year over a reference study period of 50 years.

Economy

If the political goal that 1/3 of the buildings must be optimized is to be met, the expected business-economic costs associated with this will amount to approx. 50 million DKK per year on average over the next 5 years. The cost covers the change in requirements in the Building Regulations, which entails partly a tightening of the limit value for new construction over 1,000 m² covered by the energy framework and partly the introduction of a limit value for new construction under 1,000 m² covered by the energy framework. The estimated costs only include costs that are a direct consequence of changes to the requirements, which must come into force in 2025. Any voluntary measures that the requirements may motivate, or which are included in the requirements that are planned introduced later than 2025, are not part of the estimated costs.

The share of the costs as a percentage of the total construction costs will on average be in the order of 0.14%.

Sammenfatning

Globalt og nationalt fokus på klimadagsordenen

Den presserende og menneskeskabte globale klimakrise medfører hyppigere og mere intensive miljømæssige konsekvenser som tørke, storme, hedebølger, stigende havniveauer, smeltende gletsjere og opvarmning af havene. Danmark har sammen med nationer verden over forpligtet sig til at leve op til Paris-aftalens målsætning om at minimere drivhusgasudledninger således, at stigningen i den globale overfladetemperatur kan holdes under 1,5°C sammenlignet med det præindustrielle niveau (United Nations, 2015). Derudover har Danmark indført Klimaloven, som har til formål at reducere nationale drivhusgasudledninger med 70% i 2030 sammenlignet med niveauet i 1990, og ikke mindst skal Danmark være et klimaneutralt samfund i 2050 (Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet, 2021). Klimalovens nødvendighed er kun blevet tydeligere, efter den seneste rapport fra IPCC, som viser, at den globale udledning af drivhusgasser er steget med 54% i perioden fra 1990 til 2019. Udledningerne skal reduceres med 43% i 2030 i forhold til 2019, hvis Paris-aftalens mål om at holde temperaturstigninger under 1,5°C skal kunne nås (IPCC, 2023).

Indførelse af gradvise grænseværdier for nybyggeriets klimapåvirkning

Den danske regering har iværksat en strategi for bæredygtigt byggeri, da byggebranchen bidrager væsentligt til globale og nationale drivhusgasudledninger (Indenrigs- og Boligministeriet, 2021). Strategien præsenterede gradvis indførelse af livscyklusvurderinger (LCA), hvor klimapåvirkning fra nybyggeriet skal dokumenteres (opgøres i kg CO₂ ækvivalenter) og LCA-baseret grænseværdi for nye bygningers klimapåvirkning i Bygningsreglementet. Den første grænseværdi blev indført den 1. januar 2023, og opdaterede grænseværdier skal indføres i henholdsvis 2025, 2027 og 2029. Den nationale strategi for bæredygtigt byggeri definerer samtidig, at den opdaterede LCA-baserede grænseværdi for klimapåvirkningen, som skal gælde fra 2025, skal fastlægges således, at 1/3 af nybyggeriet, skal præstere bedre end aktuelt. Dette medfører, at grænseværdien skal fastlægges ud fra to væsentlige punkter; 1) den skal baseres på data, som afspejler det typiske nybyggeri i Danmark, og 2) den skal sikre, at 1/3 af det typiske nybyggeri skal præstere bedre end aktuelt ved at foretage klimapåvirknings-reducerende tiltag.

BUILD – Institut for Byggeri, By og Miljø har af Social- og Boligstyrelsen (SBST) fået til opgave at udarbejde det analytiske grundlag for den opdaterede LCA-baserede grænseværdi for klimapåvirkningen, som skal indføres i Bygningsreglementet i perioden 2025–2027. Nærværende rapport fastlægger dermed først et repræsentativt bygningsdatagrundlag for det typiske nybyggeri i Danmark, som består af 163 typiske case-bygninger. Disse case-bygninger benyttes herefter til at udregne klimapåvirkninger fra nybyggeriet ved livscyklusvurderinger, og til sidst præsenteres mulige LCA-baserede grænseværdier for klimapåvirkningen, som medfører, at 1/3 af nybyggeriet vil præstere bedre end aktuelt.

Et repræsentativt bygningsdatagrundlag

Bygningsdatagrundlaget er etableret på baggrund af en udvælgelsesproces i BUILDs case-bank, som i øjeblikket består af 292 nybyggerier. Med henblik på at etablere et repræsentativt bygningsdatagrundlag, svarende til det typiske nybyggeri i Danmark, er flere af case-bygningerne i BUILDs case-bank blevet frasorteret. Case-bygninger, som er studier, hvor der fra start er indtænkt klimapåvirkningsreducerende tiltag, eller cases som adskiller sig fra den gængse byggeskik er frasorteret. Derudover er case-bygninger med særlige forhold også frasorteret. Case-bygninger, som endnu ikke er opført, eller som ikke er registreret i BBR, er også frasorteret. Denne udvælgelsesproces har resulteret i, at de 292 case-bygninger er reduceret til 163 case-bygninger. Det endelige datagrundlag består dermed af 35 enfamiliehuse, 42 etageboliger, 22 rækkehuse, 35 kontorbygninger og derudover 7 bygninger til institutioner, 6 til undervisning, 8 til sundhedshuse og 8 til andre bygningsanvendelser.

For at fastlæggelsen af grænseværdien kan foretages på baggrund af de udvalgte 163 case-bygninger, udføres en arealbaseret vægtning af de respektive bygningsanvendelsers klimapåvirkning, så det der bygges mest af får størst indflydelse på grænseværdien. De arealbaserede vægtningsfaktorer er bestemt ud fra gennemsnittet af det faktisk opførte opvarmede etageareal for perioden 2015-2020, for hver enkelt af de anvendelsestyper, der indgår i det endelige datagrundlag.

For at vurdere repræsentativiteten af de byggematerialer, der benyttes i de 163 case-bygninger (ydervægs- og tagbeklædningsmaterialer), er disse sammenholdt med data registreret i BBR for nyere byggeri. Undersøgelsen viste, at der er en rimelig overensstemmelse mellem bygningsdatagrundlaget og BBR-opgørelser for ydervægs- og tagbeklædningsmaterialer, og det vurderes, at bygningsdatagrundlaget er tilstrækkeligt repræsentativt på dette område.

Det er også undersøgt, hvordan case-bygningernes størrelser (bruttoetagearealet) eventuelt afviger fra bygningsstørrelser opført i perioden 2015-2020 i henhold til BBR. Her blev der eftervist en god overensstemmelse for enfamiliehuse med en afvigelse på kun 3%. For de øvrige bygningsanvendelser er der større afvigelser, hvilket blandt andet skyldes forskelle i metoder for opgørelsen af bruttoetagearealet i BBR og LCA'er. En detaljeret analyse af bygningsstørrelsens betydning viser dog, at bygningernes areal ikke påvirker klimapåvirkningen nævneværdigt (se evt. Bilag 6).

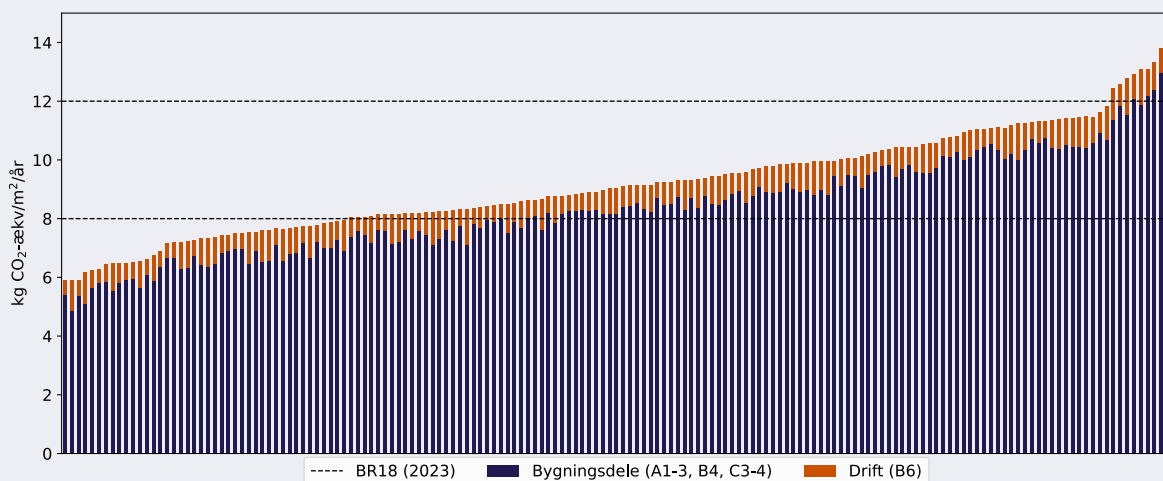
På baggrund af de samlede analyser, er det derfor vurderet, at de 163 udvalgte case-bygninger er repræsentative og kan anvendes til fastlæggelse af en grænseværdi for nybyggeriets klimapåvirkning i Danmark.

Klimapåvirkning fra nybyggeri

På baggrund af det endelige bygningsdatagrundlag med 163 case-bygninger bestemmes klimapåvirkningen ved livscyklusvurderinger. I livscyklusvurderingerne medregnes modulerne A1-3 i produktfasen, B4 og B6 i brugsfasen og C3 og C4 i fasen for endt levetid i henhold til EN15978:2012 og BR18 §§ 297-298 (Bolig- og Planstyrelsen, 2022). Klimapåvirkningen normaliseres med referencearealet og over en 50 års betragtningsperiode. Derudover beregnes klimapåvirkningen med ny generisk data; dansk generisk data udviklet sideløbende med nærværende projekt, som afspejler miljødata udarbejdet i henhold til EN15804:2012+A1:2013 og EN15804:2012+A2:2019, og Ökobaumat 2023 I, udarbejdet i henhold til EN15804:2012+A2:2019. Desuden, er klimapåvirkningen fra energiforbruget til bygningsdrift opdateret med nye emissionsfaktorer for el- og varmenettet (Sørensen et al., 2023).

Figur 1 viser resultater for ikke-arealvægtede klimapåvirkninger fra de 163 case-bygninger. Af figuren fremgår det, at klimapåvirkningen fra nybyggeri spænder fra 5,89 til 14,41 kg CO₂-ækv/m²/år over en 50 års betragtningsperiode. Klimapåvirkningen fra bygningsdele og drift bidrager i gennemsnit med henholdsvis 91% og 9%, hvor bidraget fra bygningsdele varierer fra 4,85 til 13,15 kg CO₂-ækv/m²/år, og driften varierer fra 0,47 til 1,26 kg CO₂-ækv/m²/år. Desuden ses, at 9 ud af de 163 case-bygninger ligger over den nuværende grænseværdi i BR18 på 12 kg CO₂-ækv/m²/år, og at 42 ligger under grænseværdien for den frivillige lavemissionsklasse på 8 kg CO₂-ækv/m²/år.

Ikke-vægtede medianværdier i kg CO₂-ækv/m² pr. år for de respektive bygningsanvendelseskategorier er 8,89 for Enfamiliehus, 8,47 for Etagebolig, 8,19 for Rækkehus, 9,46 for Kontor, 9,31 for Daginstitution, 11,55 for Undervisning, 10,55 for Sundhedshus og 10,28 for Andet.

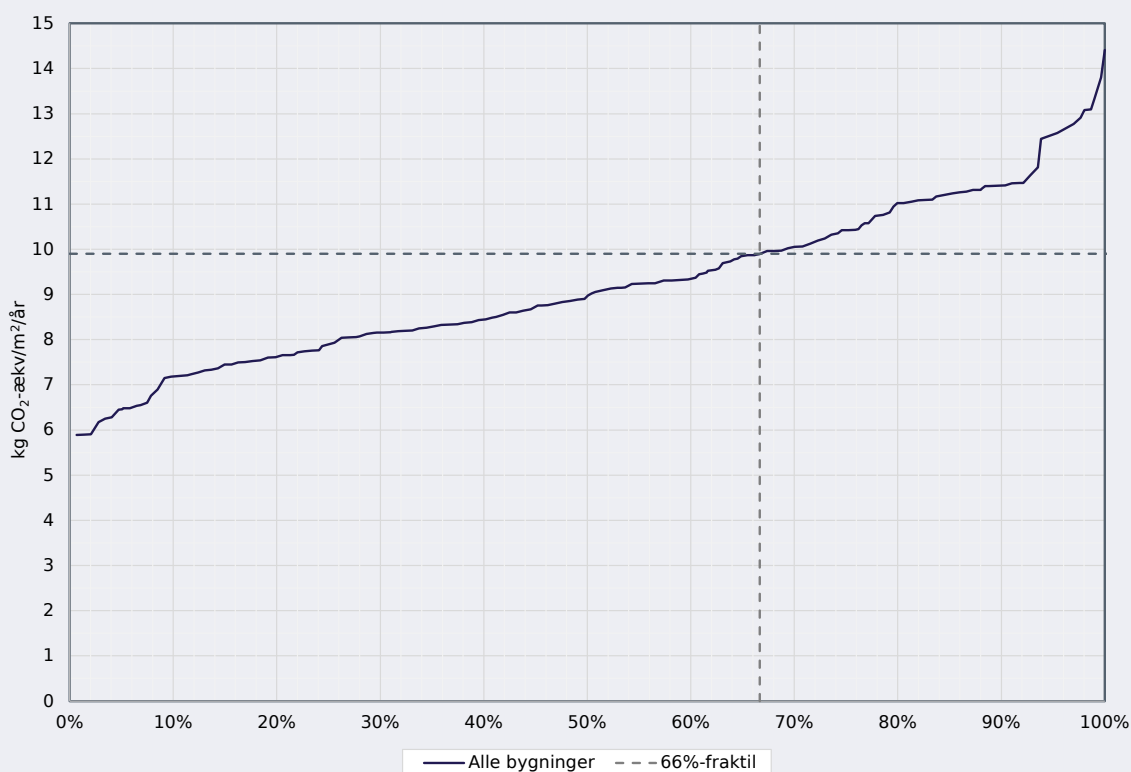


Figur 1. Klimapåvirkningen for 163 case-bygninger vist for henholdsvis bygningsdele (A1-3, B4, C3-4) og drift (B6). De to stiplede linjer viser henholdsvis grænseværdien og lavemissionsklassen i BR18 (2023). Resultater er opgjort i kg CO₂-ækv/m²/år over en betragtningsperioden på 50 år.

Mulige grænseværdier for nybyggeriets klimapåvirkning

Med udgangspunkt i en arealbaseret vægtning på tværs af alle bygningsanvendelseskategorier, er der i Figur 2 vist en samlet fordelingskurve af klimapåvirkningen over hele livscyklussen (A1-3, B4, B6, C3-4) for en 50 års betragtningsperiode. Eftersom, grænseværdien for perioden 2025-2027 skal medføre, at 1/3 af nybyggeriet skal præstere bedre, vil dette svare til, at 66% af nybyggeriet skal kunne leve op til grænseværdien, hvorimod 33% ikke skal. I figuren aflæses 66%-fraktilen, svarende til den grænse, hvor 1/3 af nybyggeriet vil skulle foretage klimapåvirkningsreducerende tiltag for at præstere bedre end aktuelt. Ifølge resultaterne for den vægtede klimapåvirkning på tværs af alle 163 case-bygninger, skal grænseværdien dermed være 9,90 kg CO₂-ækv/m²/år svarende til 1/3-ambitionsniveauet.

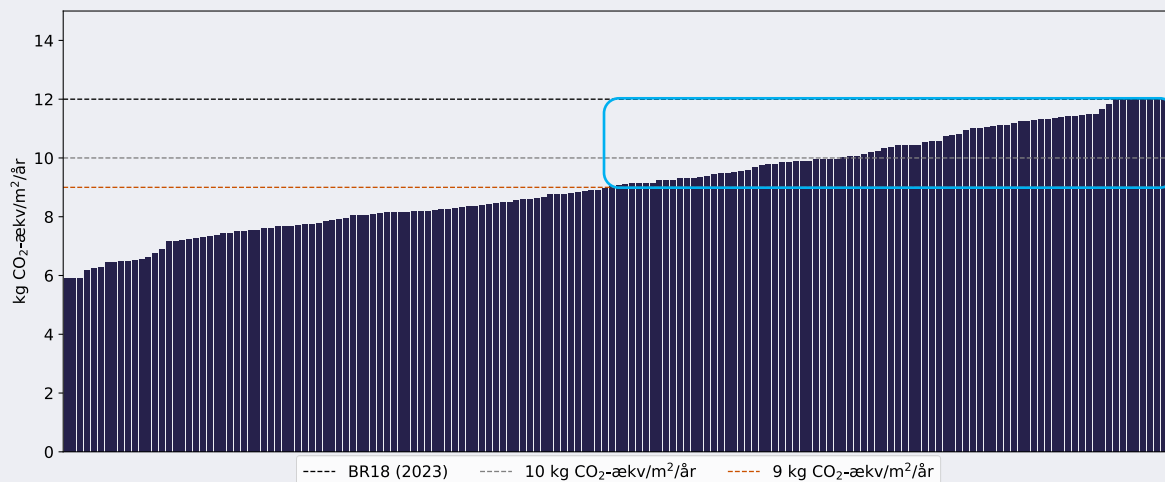
Udover en samlet potentiel grænseværdi på tværs af alle bygningsanvendelser, er muligheden for differentierede grænseværdier for bygningsanvendelserne undersøgt ved at bestemme 66%-fraktilen for hver enkelt af dem. Her blev det fundet, at differentierede grænseværdier svarende til 1/3-ambitionsniveauet i kg CO₂-ækv/m²/år for de respektive bygningsanvendelser er: 9,43 for Enfamiliehus, 9,14 for Etagebolig, 8,53 for Rækkehus, 9,83 for Kontor, 9,45 for Daginstitution, 11,64 for Undervisning, 10,85 for Sundhedshus og 11,29 for Andet.



Figur 2. Fordelingskurve for klimapåvirkningen (A1-3, B4, B6, C3-4) og angivelse af 66%-fraktilen, svarende til den grænse, hvor 1/3 af nybyggeriet skal foretage klimapåvirkningsreducerende tiltag for at præstere bedre end aktuelt. Resultater er opgjort i kg CO₂-ækv/m²/år over en betragtningsperioden på 50 år.

Potentiel reduktion af klimapåvirkning ved nye grænseværdier

Potentialet for reduktion af klimapåvirkninger fra nybyggeriet ved skærpelse af grænseværdien, som beskrevet ovenfor, er beregnet både for en samlet besparelse over 50 år og en upfront besparelse for modulerne A1-3. Den beregnede klimapåvirkning for nybyggeriets moduler A1-3 omfattet af grænseværdien er opgjort til ca. 1 mio. tons CO₂-ækv. pr. år og udgør dermed ca. 1,9% af den samlede fremskrevne klimapåvirkning i 2025 på 53 mio. tons CO₂-ækv (den samlede danske forbrugsbaserede globale klimapåvirkning). Reduktionen der opnås ved de beregnede skærpede grænseværdier i forhold til 2023 kravet, er fundet til ca. 0,06 mio. tons CO₂-ækv. pr. år, hvilket svarer til 3,2% af nybyggeriets klimapåvirkning og ca. 0,06% af den samlede danske globale klimapåvirkning. Reduktionspotentiale af klimapåvirkninger fra nybyggeriet er illustreret af Figur 3 med henblik på de 163 case-bygninger.



Figur 3. Illustration af potentialet for reduktion (blå firkant) af klimapåvirkninger ved en skærpelse af grænseværdien for bygningers klimapåvirkning. Resultater er opgjort i kg CO₂-ækv/m²/år over en betragtningsperioden på 50 år.

Økonomi

Hvis det politiske mål om, at der skal ske optimering i 1/3 af bygningerne, skal opfyldes, vil de forventede erhvervsøkonomiske omkostninger forbundet hermed, beløbe sig til ca. 50. mio. kr. pr. år i gennemsnit over de kommende 5 år. Omkostningen dækker over ændringen af krav i Bygningsreglementet, der medfører dels en skærpelse af grænseværdien for nye bygninger over 1.000 m² omfattet af energirammen og dels indførelse af grænseværdi for nye bygninger under 1.000 m² omfattet af energirammen. De estimerede omkostninger omfatter alene omkostninger, der er en direkte følge af ændringer af kravene, som skal træde i kraft i 2025. Eventuelle frivillige tiltag, som kravene måtte motivere til, eller som er med i de krav, der er planlagt indført senere end 2025, er ikke en del af de estimerede omkostninger.

Omkostningernes andel i procent af de samlede byggeomkostninger vil i gennemsnit være af størrelsesordenen 0,14%.

Forord

Der er stigende fokus på byggebranchens klimapåvirkning og ressourceforbrug, hvilket i Danmark har resulteret i en politisk aftale af 5. marts 2021 om en national strategi for bæredygtigt byggeri. Strategien skal understøtte den bæredygtige omstilling af bygge- og anlægssektoren, og omfatter 21 konkrete initiativer herunder *initiativ 2*, der omhandler en trinvis indfasning og stramning af CO₂-krav til nybyggeri frem mod 2030.

Som et led i den myndighedsbetjening BUILD udfører for Social- og Boligstyrelsen har BUILD et femårigt projekt, der udmøntes i forlængelse af den nationale strategi for bæredygtigt byggeri *Initiativ 2: Indfasning af grænseværdi for klimaaftryk fra bygninger*. Det er et af flere initiativer, som foregår over flere år.

"Initiativet omhandler bl.a. at sikre, at hele branchen kan følge med når der indføres krav om LCA inkl. en grænseværdi. Ultimo 2023, 2025 og 2027 mødes aftaleparterne for at fastsætte kommende grænseværdier for 2025, 2027 og 2029, som baseres ud fra den nyeste viden og data. Sideløbende skal det analyseres hvordan der kan skabes en målestok eller grundlag for grænseværdier for ombygninger og renoveringer."

Nærværende rapport publicerer resultaterne af den analyse, der er udført for at forberede den politiske beslutningsproces omkring fastlæggelse af grænseværdier for bygningers klimapåvirkning fra 2025.

Rapporten er udarbejdet af BUILD i perioden april til oktober 2023 af Buket Tozan, Christoffer Ole Olsen, Christian Grau Sørensen, Jesper Kragh, Jørgen Rose, Søren Aggerholm og Harpa Birgisdóttir med bidrag fra Agnes Garnow, Emilie Brisson Stapel og Kin Sun Tsang.

BUILD – Institut for Byggeri, By og Miljø, Aalborg Universitet
Sektionen for Energi og Bæredygtighed i Byggeriet

Tine Steen Larsen
Sektionsleder

1 Introduktion

Den planetære grænse for udledning af drivhusgasser er overskredet (Stockholm University, 2023), og der er ikke længere nogen tvivl om, at det går for langsomt med at nedbringe de globale udledninger af drivhusgasser. Den nyeste rapport fra IPCC viser, at den globale udledning af drivhusgasser er steget med 54% i perioden fra 1990 til 2019, og at udledningerne skal reduceres med 43% i 2030 i forhold til 2019, hvis Paris-aftalens mål om at holde temperaturstigninger under 1,5°C skal kunne nås (IPCC, 2023). Klimalovens nødvendige ambitionsniveau understreges, eftersom klimakrisens konsekvenser mærkes mere og mere, for hvert år der går med nye rekorder for tørke, nedbør og hedebølger med tegn på, at nogle systemer tipper mod en ny tilstand (Berwyn, 2023). Med forventningen om, at det globale vejr bevæger sig ind i en periode, med det naturlige vejrfænomen El Niño, kan forøgelsen i den globale overfladetemperatur overstige 1,5°C (DMI, 2023). En ny modelanalyse viser, at med nuværende internationale politikker og handlinger, vil Paris-aftalens klimamål på 1,5 til 2,0°C sandsynligvis blive overskredet, i bedste fald kun midlertidigt, og at det øger risici for vippepunkter (tipping points) betydeligt (Nature, 2022).

Ved klimalovens indtræden forpligtede Danmark sig til at reducere de nationale/territoriale drivhusgasudledninger med 70% i 2030 sammenlignet med niveauet i 1990, og til at være et klimaneutralt samfund i 2050 (Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet, 2021). Danmarks territoriale udledninger i 2021 er af Energistyrelsen blevet opgjort til 46 mio. tons CO₂-ækv svarende til, at udledningerne er reduceret med ca. 41% (Energistyrelsen, 2023), og der er således et behov for en resterende reduktion af drivhusgasudledningen med ca. 23 mio. tons CO₂-ækv inden 2030, hvis målsætningen skal opfyldes. Målsætningen om 70% reduktion medtager dog ikke udviklingen af den udledning fra forbruget, der sker uden for Danmarks grænser, men som importeres og forbruges i Danmark.

I Energistytrelsens globale afrapportering af den samlede drivhusgasudledning i 2021 knyttet til dansk forbrug (inkl. udledning fra importerede varer) er opgjort til 63 mio. tons CO₂-ækv, hvoraf nybyggeri udgjorde 3,2 mio. tons CO₂-ækv svarende til ca. 5% (Energistyrelsen, 2023). Energistytrelsens opgørelse viser også, at fordelingen mellem danske og udenlandske udledninger for nybyggeriet er ca. ligeligt fordelt. Samlet er der således forsat et stort potentiale for at reducere drivhusgasudledninger, altså klimapåvirkninger fra nybyggeriet.

Den 5. marts 2021 indgik en bred kreds af politiske partier aftale om en national strategi for bæredygtigt byggeri, som skal understøtte en langsigtet og helhedsorienteret bæredygtig omstilling af byggeriet ved at indføre krav, som vil indebære begrænsning af klimapåvirkninger og ressourceforbrug (Indenrigs- og Boligministeriet, 2021). For at opnå dette blev der 1. januar 2023 indført krav til dokumentation af bygningernes klimapåvirkninger ved livscyklusvurdering (LCA) i bygningsreglementet for nye bygninger omfattet af energirammen. Samtidig skal bygninger, der har over 1.000 m² opvarmet etageareal leve op til en grænseværdi på maksimalt 12 kg CO₂-ækv/m²/år i perioden 2023-2025 (Bolig- og Planstyrelsen, 2022). Den nationale strategi for bæredygtigt byggeri

fremlagde desuden, at der fra 2025 vil blive indført en skærpet grænseværdi, som samtidig skal gælde for alle bygningsanvendelser uanset størrelse, og at grænseværdien i øvrigt vil skærpes i årene 2027 og 2029.

Den kommende grænseværdi i 2025, som skal være gældende indtil 2027, hvor det er planen at skærpe grænseværdien yderligere, skal i udgangspunktet fastlægges således, at 1/3 af nybyggeriet skal præstere bedre klimamæssigt end aktuelt. Dette blev, ud fra det datagrundlag, der blev etableret forud for aftalen for den nationale strategi for bæredygtigt byggeri i BUILD Rapport 2021:13 *Klimapåvirkning fra 60 bygninger* (Tozan et al., 2021) estimeret til at være 10,5 kg CO₂-ækv/m²/år. Dette tal vil naturligvis påvirkes af ændrede forudsætninger og opdateret datagrundlag, der belyses i nærværende rapport. Grænseværdien fastsættes politisk med udgangspunkt i analyserne i nærværende afrapportering af projektet *Udvikling af grænseværdier samt opsamling af data fra byggerier og analyser af de klimamæssige og økonomiske effekter*, som udføres af BUILD – Institut for Byggeri, By og Miljø på Aalborg Universitet for Social- og Boligstyrelsen. Projektet skal underbygge kommende krav til nye bygningers klimapåvirkning i bygningsreglementet. En vigtig del af projektet har været at opbygge og etablere et velfunderet bygningsdatagrundlag i Danmark, som kan anvendes til at udføre forskellige analyser, der understøtter den politiske fastlæggelse af grænseværdier. Arbejdet med opbygning af bygningsdatagrundlaget har stået på frem til foråret 2023 og beregninger og analyser frem til udgangen af august 2023. Ved udarbejdelsen af analyserne i nærværende rapport har kravet til bygningers klimapåvirkning dermed været gældende i ca. 8 måneder og antal færdigmeldte og dokumenterede bygninger er ukendt. De respektive cases, hvor der er fremsendt dokumentation for færdigmelding af byggeriet til den kommunale byggesagsbehandling, har ikke været tilgængelig for projektet, og det har derfor ikke været muligt at medtage dem i bygningsdatagrundlaget og analyserne.

Parallelt med opbygning af bygningsdatagrundlag og nærværende analyse af typisk opført byggeri i Danmark, har BUILD i andre forskningsprojekter indhentet erfaringer fra byggerier, som formodes at have lavere klimapåvirkning eller har haft særligt fokus på at reducere klimapåvirkningen over livscyklussen. Disse cases er dokumenteret i henholdsvis *BUILD-rapport 2023:10 Klimapåvirkning fra: 45 Træbyggerier* (Andersen et al., 2023) og *BUILD-rapport 2023:12 Boligbyggeri fra 4 til 1 planet: 25 Best Practice Cases* (Garnow et al., 2023). Disse erfaringer indgår ikke direkte i analyserne i nærværende rapport, idet disse bygninger ikke vurderes at være en del af det typiske nybyggeri i Danmark.

1.1 Formål

Det primære formål med nærværende rapport er at beregne klimapåvirkningen fra nybyggeri i Danmark udført på et repræsentativt datagrundlag og ud fra disse beregninger at vise, hvor grænseværdien for bygningers klimapåvirkning fra 2025 kan ligge. Udgangspunktet for dette er den politiske aftale, som siger, at 1/3 af nybyggeriet skal gøre det bedre end aktuelt.

Rapporten skal beskrive de forudsætninger, der ligger til grund for etablering af et repræsentativt bygningsdatagrundlag udviklet i forbindelse med projektet *Udvikling af grænseværdier samt opsamling af data fra byggerier og analyser af de klimamæssige og økonomiske effekter*. Desuden skal rapporten beskrive de analyser, der er udført, hvoraf der er opnået ny viden om nybyggeriets klimapåvirkning i Danmark over hele dets livscyklus.

På baggrund af bygningsdatagrundlaget gennemføres en række analyser, som skal danne grundlag for fastlæggelsen af grænseværdien for nybyggeriets klimapåvirkning, som skal gælde fra 2025. Endelig er formålet med rapporten at belyse både det klimamæssige besparelspotentiale og de økonomiske konsekvenser ved ændring af grænseværdien.

Potentialet ved at anvende andre byggematerialer end de normalt anvendte materialer baseret på generiske data og potentialet ved at bygge med anden byggeskik end den typiske ligger udenfor rapportens formål, og behandles derfor kun i bilag.

1.2 Læsevejledning

I kapitel 2 og 3 beskrives metoder bag det kvantitative beregnings- og analysegrundlag. Det repræsentative bygningsdatagrundlag introduceres i kapitel 2 samt metode for fastlæggelsen af grænseværdien, hvorefter livscyklusvurderingernes systemgrænser og bygningsmodeller beskrives i kapitel 3. Resultater fra livscyklusvurderinger af 163 repræsentative case-bygninger præsenteres i kapitel 4, svarende til grundlaget for fastlæggelsen af grænseværdien, henholdsvis som samlet værdi for alle bygningsanvendelser og differentierede værdier for bygningsanvendelseskategorier. I kapitel 5 præsenteres analyser af bygningsdelenes klimapåvirkning, samt påvirkning fordelt på faser- og moduler i bygningens livscyklus. Kapitel 6 beskriver de forventede erhvervsøkonomiske konsekvenser af skærpelsen af grænseværdien. I forbindelse med udarbejdelsen af rapporten er der foretaget forskellige delanalyser, som ligger i bilag og som ikke nødvendigvis er direkte refereret i selve rapporten.

2 Metode for etablering af datagrundlag for bygningsdata

2.1 Grundlag for udvælgelse af bygningsdata

Det er vigtigt at en kommende grænseværdi for bygningers klimapåvirkning bestemmes ud fra et repræsentativt bygningsdatagrundlag. Der er derfor gennemført en grundig analyse af, hvilke case-bygninger, af de case-bygninger som BUILD over en årrække har indsamlet, der skal indgå i analyserne. Udvalgelsen af repræsentative case-bygninger har bl.a. bestået i at undersøge, hvilke bygningsanvendelseskategorier der bygges flest af i Danmark, og hvilke materialer bygningernes ydervægs- og tagbeklædning består af.

2.1.1 Opførte kvadratmeter af nybyggeri i Danmark

I perioden 2015-2020 var fordelingen af nybyggeriet for de forskellige bygningsanvendelser, opgjort efter det samlede opvarmede etageareal, som vist i Tabel 1. Hvis man kigger på hvilke anvendelsestyper, der bygges flest opvarmede kvadratmeter af, er det vigtigt, at bygningsdatagrundlaget dækker henholdsvis enfamiliehuse, rækkehuse, etageboliger, kontorbygninger og til dels andre bygninger, som fx bygninger til institutioner eller undervisning, når der skal fastlægges en grænseværdi. For at fastlæggelsen af grænseværdien kan foretages på baggrund af de case-bygninger, som vil udvælges og dermed indgå i det endelige bygningsdatagrundlag, udføres en arealbaseret vægtning af de respektive bygningsanvendelsers klimapåvirkning, så det der bygges mest af, får størst indflydelse på grænseværdien. De arealbaserede vægtningsfaktorer er bestemt ud fra gennemsnittet af det faktisk opførte opvarmede etageareal for perioden 2015-2020, for hver enkelt af de anvendelsestyper der indgår i det endelige bygningsdatagrundlag.

Tabel 1. Fordelingen af opført opvarmet areal for nybyggeri for perioden 2015-2020 (Danmarks Statistik, 2023).

Anvendelse	BBR-anvendelseskode	Underkoder	Opført opvarmet etageareal
Stuehuse	110	110	50.000 m ²
Parcelhuse	120	120	855.000 m ²
Rækkehuse	130	130-132	484.000 m ²
Etageboliger	140	140	853.000 m ²
Kollegier	150	150	32.000 m ²
Døgninstitutioner	160	160	55.000 m ²
Andre helårsboliger	190	190	3.000 m ²
Produktionsbygninger	220	220-229	128.000 m ²
Kontor og handel	320	320-322, 324, 329	434.000 m ²
Lager	323	323	200.000 m ²
Hotel og service	330	330-339	28.000 m ²
Kultur	410	410-419	35.000 m ²
Undervisning	420	420-429	138.000 m ²
Sundhed	430	430-439	86.000 m ²
Daginstitutioner	440	440-442	25.000 m ²
Kaserne, asyl, fængsel	490	443-449, 490	13.000 m ²
Ferie	520	520-529	5.000 m ²
Idræt	530	530-533, 539, 590	60.000 m ²
Sum			3.484.000 m²

2.1.2 Ydervægs- og tagbeklædningsmaterialer

Udover at bygningsdatagrundlaget og dermed grænseværdien skal være repræsentativt i forhold til det opførte opvarmede areal af nye bygninger i Danmark, er det ligeledes vigtigt at de anvendte byggeteknikker, -materialer med videre i bygningsdatagrundlaget også er repræsentative. De væsentligste bygningsdele i forhold til bygningers samlede klimapåvirkning i en livscyklusvurdering er henholdsvis ydervægge samt dæk- og tagkonstruktioner. Bolig- og Bygningsregistreret (BBR) giver mulighed for at indhente oplysninger om hhv. ydervægs- og tagbeklædningsmateriale, men det er desværre ikke muligt at finde tilsvarende oplysninger for dækkonstruktionerne. I nærværende sammenhæng er datagrundlagets materialesammenstyknings derfor udelukkende sammenlignet med BBR-oplysninger for beklædningsmaterialet i henholdsvis ydervægge og tagkonstruktioner.

2.2 Udvælgelse af repræsentative case-bygninger

BUILD har over en årrække opbygget en case-bank der pr. januar 2023 havde i alt 292 livscyklusvurderinger for nye bygninger, som potentielt kan indgå i datagrundlaget for nærværende analyse. Eftersom bygningsdatagrundlaget skal dannes ud fra et repræsentativt grundlag, har de 292 case-bygninger gennemgået en udvælgelsesproces, på baggrund af en række fravælgelseskriterier. Bygninger der er vurderet til ikke at kunne indgå i bygningsdatagrundlaget, er fravalgt ud fra flere kriterier, der er opsat for at sikre at bygninger der indgår i analyserne fx ikke har haft fokus på at nedbringe klimapåvirkningen eller mulighed for særlige forhold der kan give en forhøjet klimapåvirkning for bygningen. Hvis en case-bygning opfylder én eller flere af nedenstående fravælgelseskriterier, er den fravalgt i bygningsdatagrundlaget:

1) Ikke opført eller ikke registreret i Bolig- og Bygningsregistreret

Eftersom opførelsen af fremtidige planlagte bygninger ikke nødvendigvis kan garanteres, er bygninger der ikke er registreret i BBR vurderet for usikre til, at de kan indgå i bygningsdatagrundlaget, som skal afspejle typiske opførte bygninger i Danmark.

Hvis bygningen er opført, men endnu ikke registreret i BBR, er det i de fleste tilfælde alligevel vurderet at bygningen er for usikker til, at den kan indgå i bygningsdatagrundlaget, eftersom den endelige anvendelsestype ikke er defineret og da der kan være ændringer i forhold til det faktisk opførte areal.

2) BBR-anvendelseskode ikke inkluderet i opgørelsen for 2015-2020

Nogle BBR-koder er ikke inkluderet i beregningerne, derfor er bygninger der ligger under disse kategorier, det vil sige de der ikke er nævnt i Tabel 3, fravalgt i beregningerne.

3) Særlige forhold

Bygninger med særlige forhold anses som specielle, hvorfor disse også er fravalgt i det endelige bygningsdatagrundlag. Dette omfatter fx produktionsbygninger til medicinalindustrien, vandværker og lignende, det vil sige bygninger som typisk vil være underlagt særlige forhold i henhold til. BR18 § 298, stk. 4., og dermed ikke kan siges at være repræsentative eller typiske bygninger der bygges i Danmark.

4) Ukendte og ingen oplysninger

For en del case-bygninger i BUILDs casesamling, har der udelukkende foreligget en anonymiseret livscyklusvurdering. Dermed har det ikke været muligt at fremsøge informationer som fx anvendelseskoder i henhold til Tabel 1. Disse case-bygninger er derfor fravalgt i bygningsdatagrundlaget.

5) Indgår i "Boligbyggeri fra 4 til 1 Planet"s Best practice case-samling

Hvis case-bygningen indgår som en del af "Boligbyggeri fra 4 til 1 Planet"s eksempler på Best practice bygninger i Danmark, er de ikke inkluderet i bygningsdatagrundlaget, da disse vurderes at være bygninger, hvor der er udført tiltag for at nedbringe klimapåvirkningen og netop er udvalgt til førømtalte projekt pga. disse tiltag. Det vises i *BUILD-rapport 2023:12 Boligbyggeri fra 4 til 1 planet: 25 Best Practice Cases* at bygningernes klimapåvirkning er væsentlig lavere end de typiske bygninger bygget i Danmark. Disse case-bygninger anses som atypiske og de betragtes dermed ikke som typiske bygninger. (Garnow et al., 2023)

6) Anvender atypiske konstruktionsprincipper

Hvis bygningen er opført i boksmoduler, præfabrikerede elementer i træ eller lignende, anses de som eksempler på byggeri, hvor nye konstruktionsprincipper og materialetyper anvendes som et forsøg på at minimere klimapåvirkningen fra nybyggeri. Dette er fx tilfældet i træbyggerier fra *BUILD-rapport 2023:10 Klimapåvirkning fra: 45 Træbyggerier* (Andersen et al., 2023). Case-bygninger som disse anses dermed som atypiske og fravælges i bygningsdatagrundlaget.

7) Opført i udlandet

I case-banken er enkelte bygninger opført i udlandet, og da disse ikke er underlagt det danske bygningsreglement, vurderes de som ikke repræsentative for bygninger bygget i Danmark.

8) Andet forsøgsbyggeri

Case-bygninger som er forsøgsbyggerier med fokus på optimering af klimapåvirkning er også fravalgt, eftersom de ikke anses som typiske byggerier.

I Bilag 12 er det ud for hver enkelt case-bygning angivet, hvorfor den er fravalgt i forbindelse etablering af bygningsdatagrundlaget. Bemærk, at det primære fravælgelseskriterie er angivet i bilaget.

Case-bygninger som ikke opfylder ovenstående fravælgelseskriterier 1) – 8) anses som typisk byggeri og indgår i bygningsdatagrundlaget. På Figur 4 er udvælgelsesprocessens resultater forsøgt vist, inklusive fordelingen af det endelige datagrundlag i bygningsanvendelseskategorier. De udvalgte typiske case-bygninger består i alt af 163 case-bygninger og er fordelt i otte anvendelseskategorier; Enfamiliehus (35 case-bygninger), Etagebolig (42 case-bygninger), Rækkehus (22 case-bygninger), Kontor (35 case-bygninger), Daginstitution (7 case-bygninger), Undervisning (8 case-bygninger), Sundhedshus (8 case-bygninger) og Andet byggeri (8 case-bygninger). Kategorien 'Enfamiliehus' dækker i princippet over Stuehus (110) og Parcelhus (120), men der forekommer dog ingen fra kategorien Stuehus i case-samlingen. Kategorien 'Etagebolig' indeholder Etagebolig (140), Kollegium (150), Døgninstitution (160) og Hotel (330–339), altså bygningsanvendelser med flere lejligheder pr. etage og hvor energirammen regnes efter samme beregningsforudsætninger. Kategorien 'Rækkehus' indeholder, udover Rækkehus mv (130), Række/kædehus (131) og Dobbeltthus (132), også Døgninstitution (160), i de tilfælde hvor bygningens udformning er tæt-lavt byggeri. I 'Kontor' medtages bygninger til Kontor, handel og lager (320) og Kontor (321). De resterende 4 kategorier har et begrænset antal case-bygninger. Kategorien 'Daginstitution' dækker dermed over (440–442), 'Undervisning' dækker over (420–429), og 'Sundhedshus' dækker over (430–439). Den sidste kategori ('Andet') indeholder bygningstypologier, som ikke passer ind i de øvrige kategorier.



Figur 4. BUILDs samlede database med livscyklusvurderinger indeholder totalt 287 bygninger, og det endelige datagrundlag til analyserne er afgrænset til 163 repræsentative bygninger.

Tabel 2 viser fordelingen af anvendelseskoder i bygningsanvendelsen 'Andet'. For bygningerne i denne gruppe er det vurderet, at der ikke er tilstrækkeligt datagrundlag til at afgøre hvorvidt de er repræsentative indenfor egen BBR-anvendelseskode, enkelte af BBR-anvendelseskoder er ikke repræsenteret i anvendelseskategorien, hvilket giver usikkerhed om repræsentativiteten af denne anvendelseskategori.

Tabel 2. Samlet antal endelige case-bygninger i kategorien Andet.

BBR-anvendelseskode	Anvendelsestype	Antal
411	Biograf, teater, koncertsted mv.	1
322	Detailhandel	3
221	Industri med integreret produktionsapparat	1
323	Lager	3
	Samlet	8

2.2.1 Bestemmelse af arealbaseret vægtningsfaktor til grænseværdi

Fastsættelse af 66%-fraktilen, og dermed grænseværdien for klimapåvirkningen, bestemmes på baggrund af arealbaserede vægtningsfaktorer. Arealvægtningsfaktorerne er fastlagt på baggrund af data fra Tabel 1, så de

respektive bygningsanvendelsers klimapåvirkning, kan vægtes ud fra hvor stort et opvarmet etageareal der i gennemsnit er opført inden for hver enkelt bygningsanvendelse i perioden 2015-2020. Arealvægtningstingsfaktorer for hver anvendelseskategori, $A_{\text{vægt, anvendelseskategori}}$, bestemmes som vist nedenfor.

$$A_{\text{vægt, anvendelseskategori}} = A_{\text{anvendelseskategori, opført, 2015-2020}} / A_{\text{samlet, opført, 2015-2020}} \quad [\%]$$

Hvor $A_{\text{anvendelseskategori, opført, 2015-2020}}$ er det gennemsnitligt opførte opvarmede etageareal inden for anvendelseskategorien i perioden 2015-2020, og A_{samlet} er det samlede opførte opvarmede etageareal i samme periode. Disse arealvægtningstingsfaktorer fordeles ud på hver enkelt case-bygning i bygningsdatagrundlaget i den pågældende anvendelseskategori. Dermed bestemmes den arealbaserede vægtningstingsfaktor pr. case-bygning som givet i formelen nedenfor og værdierne herom er givet i Tabel 3.

$$A_{\text{vægt, anvendelseskategori, pr case}} = A_{\text{vægt, anvendelseskategori}} / n_{\text{anvendelseskategori}} \quad [\%]$$

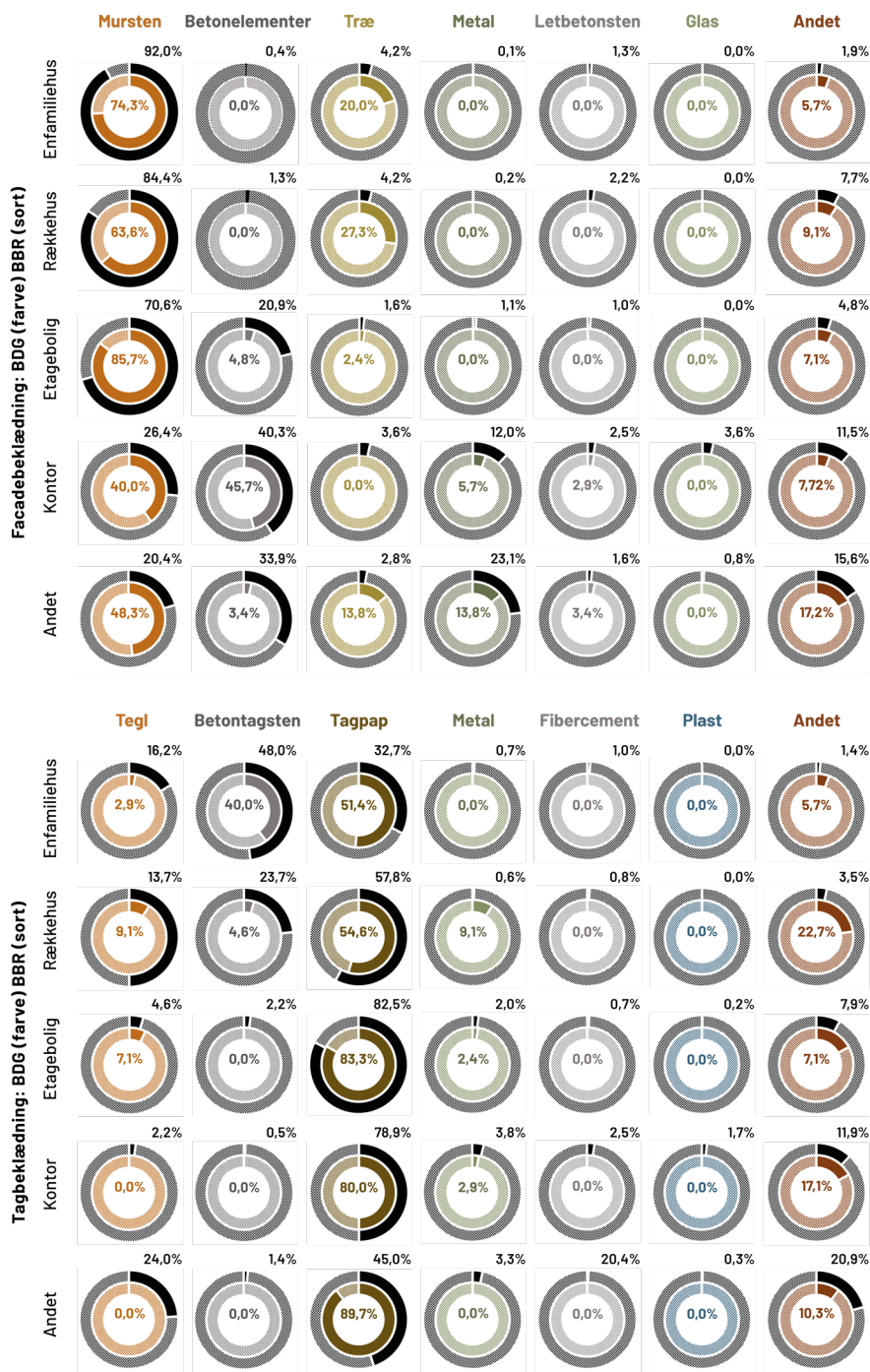
Hvor n er antallet af case-bygninger i den pågældende anvendelseskategori og $A_{\text{vægt, anvendelseskategori, pr case}}$ er anvendelseskategorien arealvægt fordelt ud på antal case-bygninger. Klimapåvirkninger fra 163 case-bygninger akkumuleres over denne vægtningstingsfaktor fra mindst til størst, hvorefter 66%-fraktilen kan beregnes ved lineær interpolation.

Tabel 3. Samlet antal case-bygninger og endeligt bygningsdatagrundlaget fordelt på BBR-anvendelseskoder samt udregnet arealbaserede vægtningstingsfaktorer for anvendelseskategorier og pr. case.

Anvendelses- kategori	Antal i bygnings- datagrundlag	BBR- anvendelseskoder	Nybyggeri, gennemsnitligt årligt opført opvarmet etageareal [m ²]	Arealbaseret vægtningstingsfaktor [%]	Arealbaseret vægtning, pr. case-bygning [%]
	$n_{\text{anvendelseskategori}}$	-	$A_{\text{anvendelseskategori, opført, 2015-2020}}$	$A_{\text{vægt, anvendelseskategori}}$	$A_{\text{vægt, anvendelseskategori, pr case}}$
Enfamiliehus	35	110, 120	905.000	26,0%	0,74%
Etagebolig	42	140, 150, 160, 330-339	968.000	27,8%	0,66%
Rækkehus	22	130-132, 190	487.000	14,0%	0,64%
Kontor	35	320-322, 324, 329	434.000	12,5%	0,36%
Daginstitution	7	440-442	25.000	0,7%	0,1%
Undervisning	6	420-429	138.000	4,0%	0,66%
Sundhedshuse	8	430-439	86.000	2,5%	0,31%
Andet	8	220-229, 323, 410-419, 443-449, 490, 520-529, 530-533, 539, 590	441.000	12,7%	1,58%
Hovedtal	163	$A_{\text{samlet, opført, 2015-2020}} =$	$\sum 3.484.000 \text{ m}^2$	100,0%	-

2.2.2 Ydervægs- og tagbeklædningsmateriale

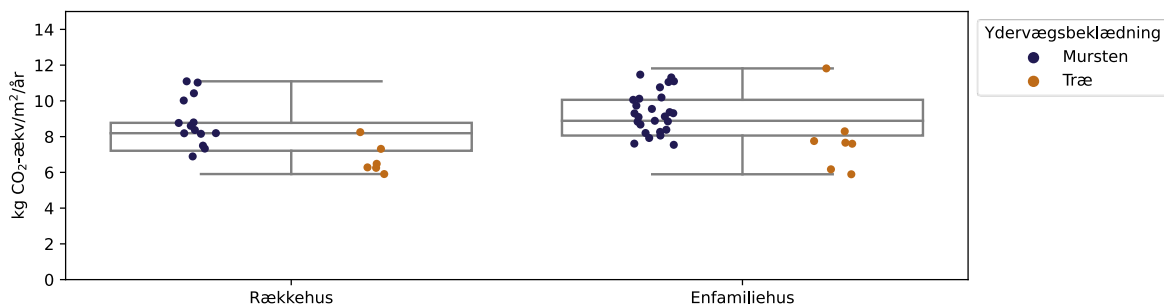
I Figur 5 ses anvendte ydervægsmateriale og tagbeklædningsmateriale i nybyggeriet for perioden 2015-2020 sammenlignet med bygningsdatagrundlagets BBR-oplysninger. For enkelte bygningers vedkommende, er materialerne trukket direkte fra livscyklusvurderingen i LCAbyg 2023. Undervisning, Daginstitution, Sundhedshus og Andet analyseres samlet i dette afsnit. Det fremgår af tabellen, at mursten som ydervægsmateriale/facadebeklædning er den primære materialetype for enfamiliehus, rækkehus og etagebolig, mens det er betonelementer for kategorierne kontor og andet. For tagbeklædningsmaterialer er det cementsten der dominerer for enfamiliehusene, mens alle øvrige kategorier primært benytter tagpap.



Figur 5. Materialer anvendt som ydervægs- og tagbeklædningsmaterialer i nybyggeriet for perioden 2016-2020 (BBR) sammenlignet med bygningsdatagrundlaget (BDG).

En iøjnefaldende forskel er, at bygningsdatagrundlaget har flere case-bygninger med enfamiliehus og rækkehus med træfacade sammenlignet med BBR. Dette kan medføre, at der medregnes for mange eksempler på træbygninger, selvom disse i udgangspunktet anses som typiske bygninger, hvor der ikke er indtænkt klimapåvirkningsreducerende tiltag.

Figur 6 viser klimapåvirkninger for Rækkehuse og Enfamiliehus med hhv. murstens- og træfacade. Det er tydeligt at bygninger med træ som facademateriale generelt ligger lavere end gennemsnittet, med en enkelt undtagelse. Samtidig er det dog også tydeligt at de bygninger med mursten i facaden som performer bedst, ligger på niveau med de bedste bygninger med træ i facaden. På denne baggrund vurderes det, at det ikke har en nævneværdig betydning for analyserne, at facadematerialerne i bygningsdatagrundlaget ikke afspejler BBR-opgørelsen fuldstændigt.



Figur 6. Total klimapåvirkning (A1-3, B4, B6, C3-4) opgjort i kg CO₂-ækv. pr. m² over en 50 års betragtningsperiode for kategorierne Rækkehus og Enfamiliehus med facade af hhv. mursten og træ.

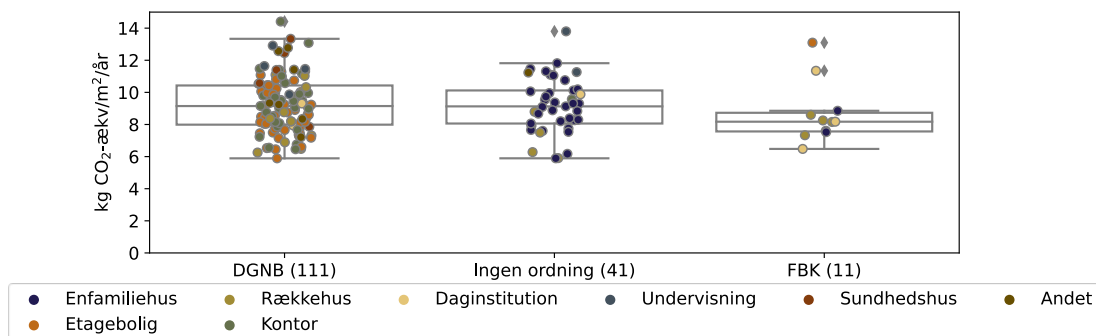
2.2.3 Bygningsstørrelser

For at vurdere om størrelsen af bygningerne i bygningsdatagrundlaget er repræsentative i forhold til det der bygges, er datagrundlaget sammenlignet med udtræk fra BBR (tidligere omtalte byggeperiode fra 2015-2020). Generelt viser sammenligningen, at bygningerne i bygningsdatagrundlaget er gennemsnitligt større end det der bygges, undtagen for enfamiliehus, hvor bygningsdatagrundlaget matcher registreringerne i BBR (3% afvigelse). For rækkehuse er der imidlertid forskel på hvordan arealerne er opgjort; i bygningsdatagrundlaget er de således registreret som samlede bebyggelser, mens de i BBR er opgjort pr. enhed, hvorfor sammenligning er umulig.

Betydningen af de afvigelser der er mellem bygningsstørrelser i bygningsdatagrundlaget og BBR, er analyseret i Bilag 6, hvor der for hver enkelt bygningsanvendelse i datagrundlaget er lavet et plot af sammenhængen mellem bygningsstørrelse og samlet klimapåvirkning. Analysen indikerer, at bygningernes areal har meget lille eller ingen betydning for klimapåvirkningen, men bygningsdatagrundlaget er relativt spinkelt, og derfor kan det overvejes om dette forhold bør analyseres mere i dybden på et senere tidspunkt, når der foreligger et større bygningsdatagrundlag.

2.2.4 Bæredygtighedsordninger

Flere case-bygninger i BUILDs case-bank, kommer fra certificeringsordningen DGNB og fra Den Frivillige Bæredygtighedsklasse (FBK). Dette kan give anledning til spørgsmål om, hvorvidt datagrundlaget der bruges i analyserne, indeholder bygninger hvor der allerede er gjort en indsats for at reducere klimapåvirkningen, udover de eksempler, som BUILD har på best practice cases. I Figur 7 vises fordelingen af udledningen i kg CO₂-ækv. pr. m² pr. år for de case-bygninger som kommer fra certificeringsordningen DGNB og FBK sammen med de øvrige case-bygninger.

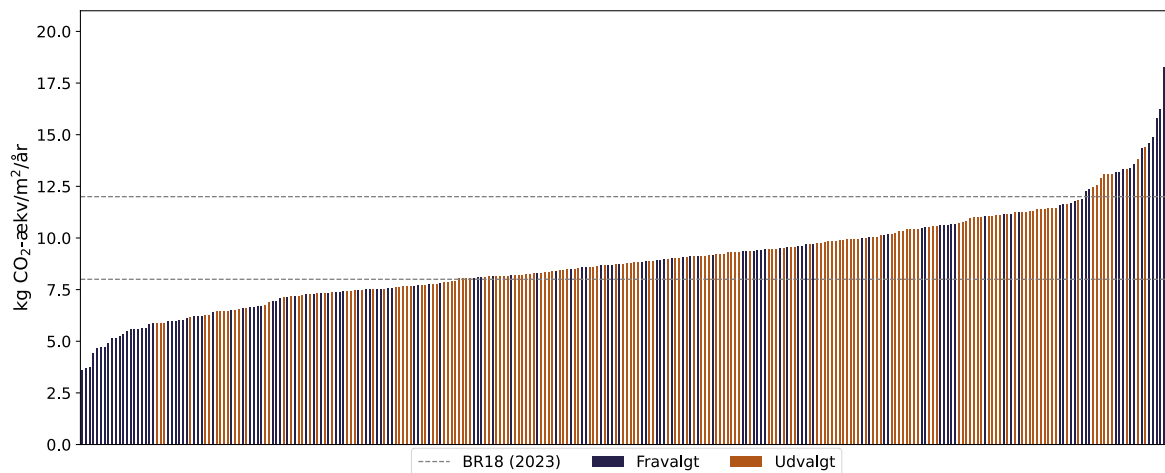


Figur 7. Total klimapåvirkning (A1-3, B4, B6, C3-4) pr. m² over en 50 års betragtningsperiode for case-bygninger fra hhv. DGNB og FBK sammenlignet med øvrige cases uden ordning og ikke oplyste cases.

Sammenlignes de tre sæt data, dvs. på den ene side DGNB og FBK og på den anden de øvrige case-bygninger og case-bygninger hvor det ikke er oplyst om den er tilknyttet en ordning, er det tydeligt at case-bygninger fra FBK generelt ligger en smule lavere end de øvrige case-bygninger. Det ses også at cases fra DGNB generelt ligger en smule højere end bygninger uden ordning. Det er dog vigtigt at pointere at DGNB case-bygninger repræsenterer bygninger bygget over det sidste årti, hvorimod FBK generelt er nyere case-bygninger og med relativt få datapunkter. Forskellen er dog ret beskeden, og i gennemsnit bygninger fra FBK ca. 8,67 kg CO₂-ækv. pr. m², DGNB ca. 9,24 kg CO₂-ækv. pr. m² mens de øvrige udleder 9,16 kg CO₂-ækv. pr. m². Det konkluderes derfor, at for case-bygninger fra certificerings- og mærkningsordninger, der indgår i datagrundlaget, kun i meget lille omfang er tale om bygninger hvor der er foretaget ekstraordinære ændringer i bygningernes udformning, materialer mv. for at reducere klimapåvirkningen, og der vurderes at dette ikke påvirker analysens resultater.

2.3 Det endelige datagrundlag på 163 case-bygninger

I dette afsnit opsummeres det udvalgte bygningsdatagrundlag, på baggrund af Afsnit 2.1 og 2.2, som endeligt består af 163 case-bygninger fordelt i 8 kategorier som vist i Tabel 3. Figur 8 giver en indikation af klimapåvirkningen for udvalgte og fravalgte case-bygninger. Figuren viser dermed hele BUILDs case-bank med 292 case-bygninger, hvor der både forekommer eksempler på det typiske byggeri, men også bygninger med særlige forhold, træbyggerier og best practice eksempler som har haft fokus på at nedbringe klimapåvirkningen over dets livscyklus.

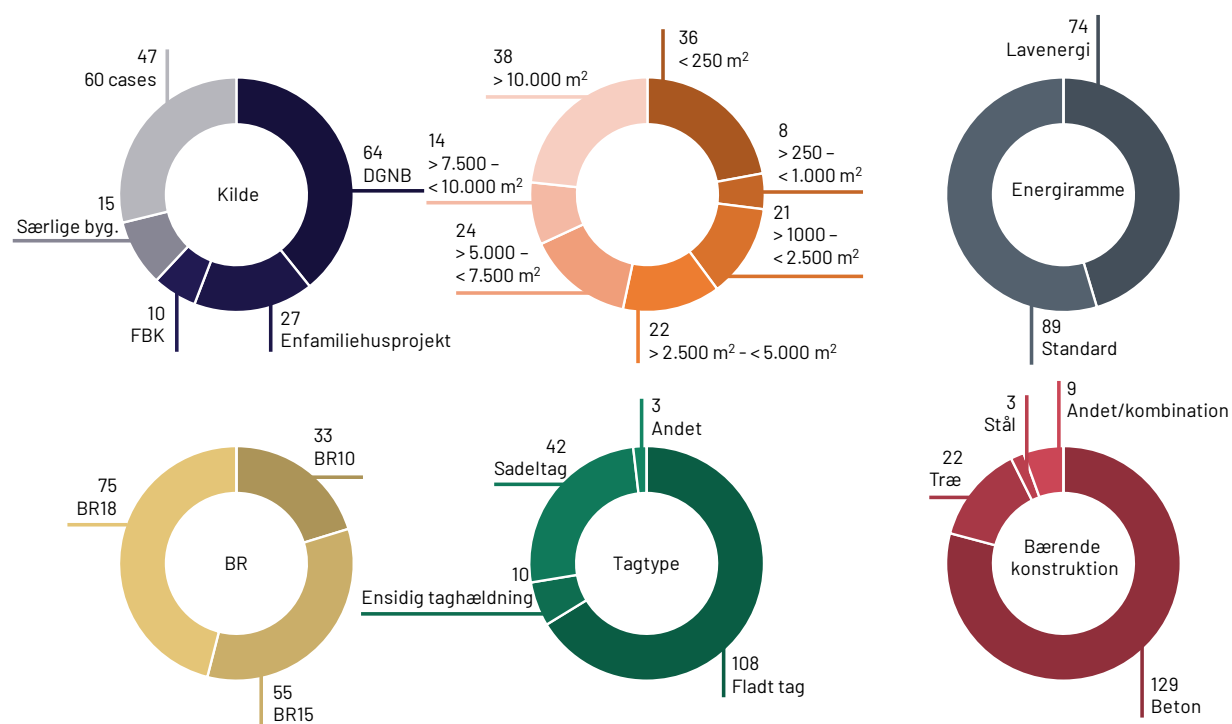


Figur 8. Total klimapåvirkning (A1-3, B4, B6, C3-4) af 292 bygninger over en 50 års betragtningsperiode. Hvorvidt case-bygninger indgår i bygningsdatagrundlaget, og dermed er medregnet i analyser i nærværende rapport, er illustreret med farverne blå og orange. Øverste stiplede linje svarer til kravet i BR18, mens den nederste svarer til kravet for lavemissionsklassen. Bemærk at disse cases er tilpasset og beregnet iht. metodebeskrivelsen i afsnit 3 bortset fra referencearealet.

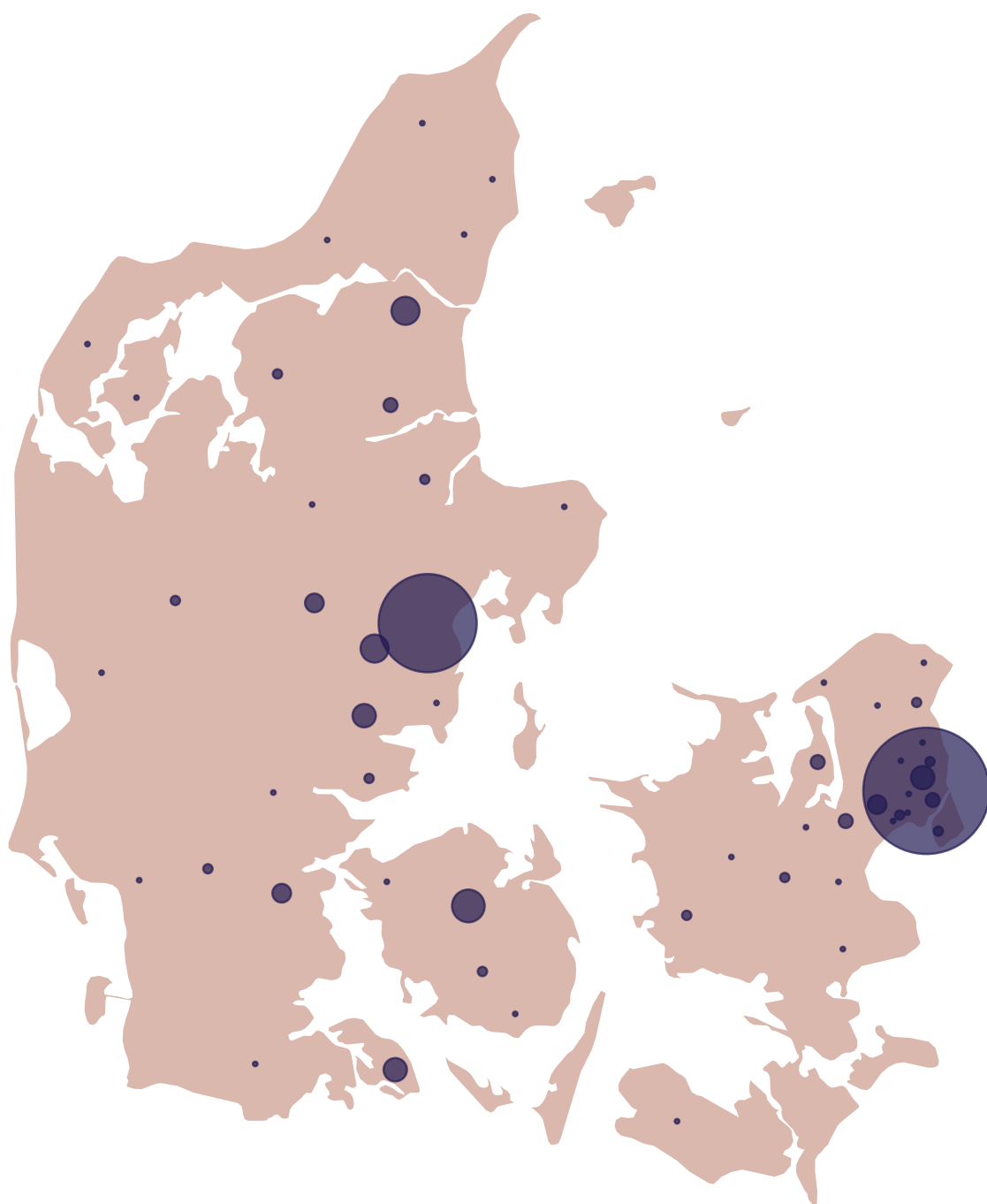
I Figur 9 er datagrundlaget gennemgået i henhold til hvilken kilde de enkelte projekter stammer fra, hvilket arealinterval bygningens referenceareal ligger i, hvorvidt bygningen opfylder lavenergirammen eller standardenergirammen, hvilket bygningsreglement bygningen er opført efter, hvilket materiale den bærende konstruktion primært består af, og sidst, hvordan taget på bygningen er udformet. Som det fremgår af figuren, er der udvalgt 47 ud af 60 case-bygninger (Zimmermann et al., 2020), hvoraf 36 af disse 47 case-bygninger, er DGNB-certificerede. Derudover, er der 11 case-bygninger som er indsamlet i forbindelse med udarbejdelsen af særlige forhold (Nielsen et al., 2022), som også er DGNB-certificerede. Derfor indgår derfor i alt 111 DGNB certificerede bygninger, som vist i Figur 7.

Figur 10 viser de Kommunale lokationer for de 163 case-bygninger. Cirklernes størrelser indikerer antallet af case-bygninger i den pågældende kommune, som er medtaget i det endelige bygningsdatagrundlag. Heraf fremgår at case-bygningerne generelt er rimeligt velfordelt over Danmark, dog er der flest case-bygninger beliggende i henholdsvis Århus og Københavns Kommuner.

BUILD har som nævnt flere case-bygninger til rådighed end de som udgør bygningsdatagrundlaget, men det vurderes at det endelige bygningsdatagrundlag er det mest repræsentative bygningsdatagrundlag, der kan etableres på baggrund af forhåndenværende data, og at dette i tilstrækkeligt omfang afspejler det opførte nybyggeri i Danmark i perioden 2015-2020. Det vurderes dog stadig at der i kategorierne Daginstitution, Undervisning, Sundhedshus og Andet er meget få cases, hvilket giver anledning til usikkerheder i forhold til repræsentativiteten og om alle typer i de enkelte kategorier dækkes tilstrækkeligt i bygningsdatagrundlaget. I forhold til facade- og tagbeklædningsmaterialer er der som nævnt i Afsnit 2.2.1 forskelle mellem bygningsdatagrundlaget og BBR hvilket kan give anledning til mindre usikkerheder. Denne usikkerhed er undersøgt i Figur 6 og senere i Figur 30, hvor det kan ses, at forskelle mellem BBR og bygningsdatagrundlag, ikke påvirker analysernes resultater væsentligt.



Figur 9. Oversigt over bygningers kilde, areal, energiramme, bygningsreglement, bærende konstruktion og tagtype. Med den bærende konstruktion refereres til det primære materiale.



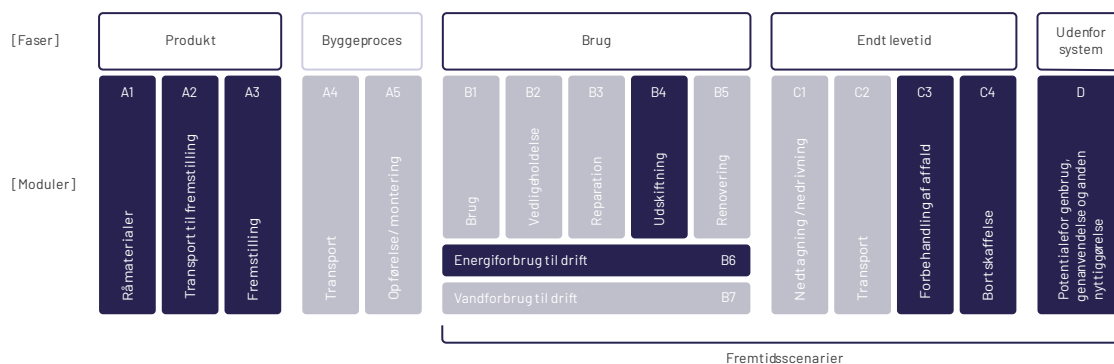
Figur 10. Kommunale lokationer for 163 case-bygninger. Cirkelns størrelse indikerer antallet af case-bygninger i den pågældende kommune, som er medtaget i det endelige bygningsdatagrundlag.

3 Metode for livscyklusvurderinger

3.1 Livscyklusvurdering for bygninger

3.1.1 Bygningens livscyklus

En bygnings livscyklus består af livscyklusfaser med tilhørende livscyklusmoduler som illustreret i Figur 11. Livscyklusvurderinger i nærværende rapport er udarbejdet efter BR18 §§ 297-298, hvorfor systemafgrænsningen af livscyklusvurderingerne betragter modulerne A1-3, B4, B6, C3, C4 og D (markeret med mørk blå farve i figuren). En bygnings livscyklus er defineret i EN 15978:2012 Bæredygtighed inden for byggeri og anlæg - Vurdering af bygningers miljømæssige kvalitet - Beregningsmetode (CEN/TC 350, 2012).



Figur 11. Livscyklusfaser og tilhørende livscyklusmoduler i henhold til EN 15978:2012 (CEN/TC 350, 2012) og BR18 (2023) (Bolig- og Planstyrelsen, 2022). Livscyklusmoduler medregnet i klimapåvirkningen fremgår af figuren med mørk markering.

I produktfasen (livscyklusmoduler A1-3) vurderes klimamæssige konsekvenser forbundet med udvinding af råmaterialer, transport til fabrikken samt processer for fremstilling af den færdige byggevare (benævnes som upfront udledninger). I brugsfasen betragtes klimamæssige konsekvenser for udskiftning af byggevarer (B4) og energiforbrug til drift (B6). I endt levetid vurderes klimamæssige konsekvenser for forbehandling af affald (C3) og bortskaffelse (C4).

I nærværende rapport er resultater for klimapåvirkningen fastlagt med LCAbyg 2023 version 5.3.1.0 (BUILD, AAU, 2023), som er tilpasset BR18 §§ 297-298. Der analyseres udelukkende på den samlede klimapåvirkning, også angivet som Global Warming Potential (GWP). GWP er en miljøpåvirkningsindikator for den potentielle globale stigning af jordens overfladetemperatur. Værdien regnes på baggrund af forøgelsen i koncentrationen af drivhusgasser, der påvirker drivhuseffekten. Forskellige gassers påvirkning bliver omregnet til kuldioxid og har enheden kg CO₂-ækvivalenter (Zimmermann et al., 2020). I nærværende rapport benævnes drivhusgasser der opgøres under miljøpåvirkningsindikator GWP som *klimapåvirkninger*. Resultater fra livscyklusvurderinger

vurderes i forhold til en betragtningsperiode på 50 år. I livscyklusvurderingerne (EN 15978) anvendes -1/+1 metoden, det vil sige CO₂-optag for biogene materialer medregnes i produktfasens moduler A1-3, hvorefter CO₂-udledningen som følge af endt levetid frigives i modul C3 (CEN/TC 350, 2012).

3.1.2 Inkluderede bygningsdele

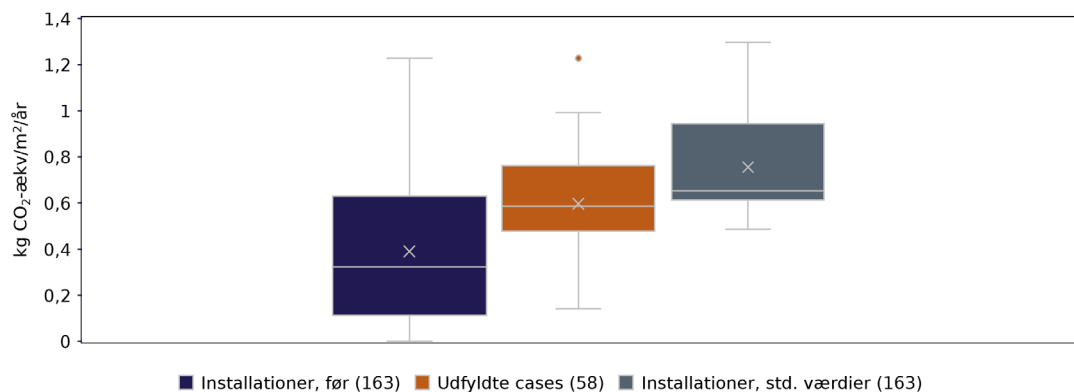
Bygningsdatagrundlaget er modelleret og tilpasset efter BR18 § 297 stk. 4, bilag 2 tabel 6. Denne tabel beskriver, hvilke bygningsdele der skal inkluderes i bygningens livscyklusvurdering. Følgende bygningsdele medtages i beregningerne, hvis de forekommer i bygningen:

- Punkt-, rand-, stribe-, og pladefundering
- Terræn-, etage- og kælderdek
- Ydervægge og kælderydervægge
- Søjler og bjælker inkl. beklædning
- Indervægge
- Tage
- Trapper og ramper
- Altaner og altangange
- Vinduer, døre og glasfacader
- Afløbsinstallationer (standardværdi)
- Vandinstallationer (standardværdi)
- Varme-, ventilations- og køleinstallationer (standardværdi)
- Solcelleanlæg, elevatorer og rulletrapper

3.1.3 Tekniske installationer

De oprindelige bygningsmodeller for livscyklusvurderingerne har væsentlige forskelle i detaljeringsgraden for tekniske installationer, hvilket kan påvirke sammenligningsgrundlaget. Generelt gælder det, at flere case-bygninger har lavere belastning end forventet fra de tekniske installationer, formentlig grundet mangelfuld opgørelse af de tekniske installationer. På grund af denne kendte problematik omkring mangelfuld indberetning af tekniske installationer, blev der udviklet standardværdier for tekniske installationer for henholdsvis afløbs-, vand-, og varme-, ventilations- og køleinstallationer (Teknologisk Institut & SWECO, 2022), (Buhl, 2022).

Der er derfor lavet en analyse af klimapåvirkningen af de tekniske installationer med og uden standardværdier (se Figur 12). Her fremgår det, at klimapåvirkningen for tekniske installationer, som de er opgjort i de samlede 163 case-bygninger, varierer meget (se Installationer, før (163)), hvilket grundet den varierende kvalitet af indberetningen. Det vurderes, at 58 af de 163 case-bygninger har udfyldt installationer fyldestgørende, hvilket også medfører højere klimapåvirkninger fra installationer (se middelværdi på 0,55 kg CO₂-ækv/m²/år for udfyldte case-bygninger i forhold til 0,35 kg CO₂-ækv/m²/år for installationer før). Figuren viser også klimapåvirkninger, hvis standardværdier anvendes i alle case-bygninger. Det ses, at værdierne generelt er højere med standardværdierne, men det vurderes dog stadig mere retvisende end at bruge indtastede installationer.

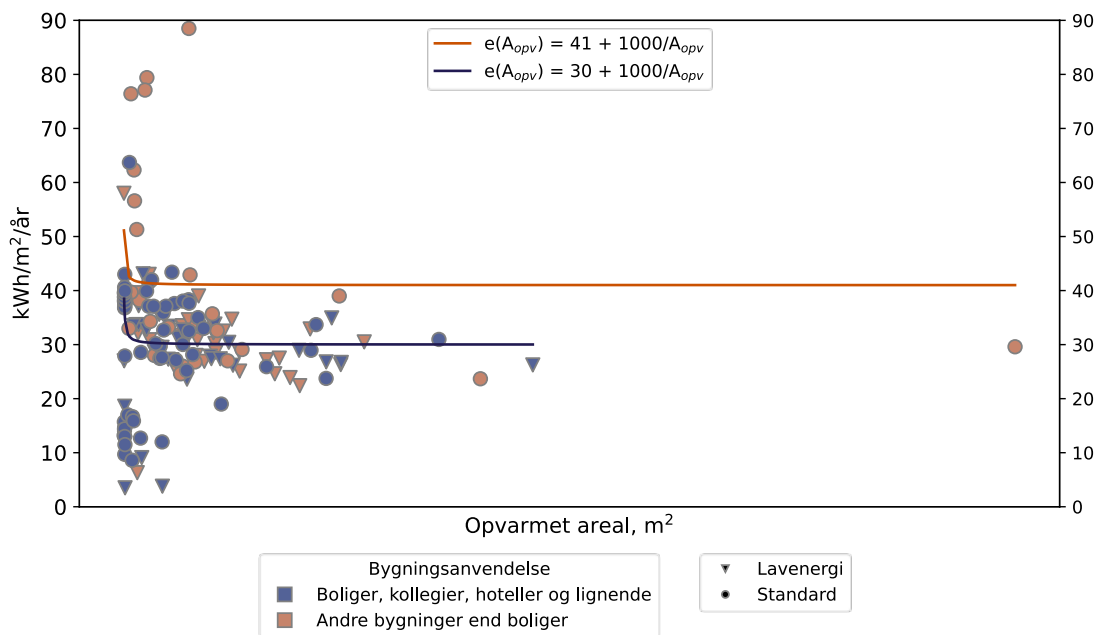


Figur 12. Boksplot af 163 case-bygningers klimapåvirkning for tekniske installationer; afløb, vand, varme-, ventilations- og køleanlæg. Klimapåvirkning er vist i 3 scenarier, installationer før med oprindelige indtastede mængder, installationer efter ved brug af standardværdier, og undersøgelse af, hvordan udfyldte case-bygninger (58) tilnærmer sig de forrige to scenarier.

Det er derfor besluttet, at de indtastede bygningsdele erstattes med standardværdier for henholdsvis afløbs-, vand-, og varme-, ventilations- og køleinstallationer (Teknologisk Institut & SWECO, 2022), (Buhl, 2022). Standardværdier for bygningsanvendelserne enfamiliehuse, rækkehuse og øvrige bygninger, herunder kontorer, daginstitutioner osv., fremgår af bilag 2, tabel 7 i BR18 § 297 stk. 5. Da de ovennævnte publicerede standardværdier er udarbejdet med miljødata på EN15804:2012+A1:2013, er de opdateret med miljødata på EN15804:2012+A2:2019 og Dansk generisk data til foreløbige værdier af standardværdier (se Bilag 1). De opdaterede standardværdier er medregnet i livscyklusvurderinger ved at gange det opvarmede areal for hver case-bygning med den pågældende standardværdi for henholdsvis afløbs-, vand-, og varme, ventilations- og køleinstallationer. Herefter divideres der igennem med etagearealet for at opnå samme enhed som for de resterende indlejrede klimapåvirkninger fra bygningsdele.

3.1.4 Driftsenergiforbrug

Det antages, at de oprindelige bygningsmodeller opfylder Bygningsreglementets krav til energibehovet. Figur 13 nedenfor viser det beregnede energiforbrug for alle case-bygninger svarende til det forbrug, der er anvendt i livscyklusvurderingerne. Desuden er energirammen optegnet svarende til BR18-kravet jf. §259 og §260. Bemærk, at enkelte bygninger er opført før BR18 trådte i kraft, og de har derfor et højere energibehov end nuværende energirammekrav, disse er markeret i figuren. For de øvrige bygninger, som jf. figuren ikke opfylder kravet, er der tale om bygninger, hvor der er givet tillæg for særlige forhold, dvs. fx sygehuse og lignende. Det fremgår tydeligt af Figur 13, at der er relativt store variationer i de anvendte driftsenergiforbrug, hvilket bl.a. også skyldes, at nogle bygninger er opført som lavenergibyggeri ofte med solceller.



Figur 13. Indtastede energiforbrug for alle case-bygninger i LCAbyg modeller sammenholdt energirammen som funktion af det opvarmede areal jf. BR18 § 259 for 163 case-bygninger.

Som følge af spredningen i energiforbruget er det besluttet, at samtlige bygningsmodellers driftsenergiforbrug normaliseres, så de lige netop opfylder energirammen for den pågældende bygningsanvendelse. Det vil sige, at det indtastede energiforbrug for henholdsvis el og varme er erstattet i livscyklusvurderingerne med et energiforbrug, som er det maksimalt tilladelige jf. BR18 svarende til energirammen for standard byggeri. Denne tilpasning betyder bl.a., at grænseværdien fastlægges på baggrund af bygninger, som netop opfylder nugældende krav til energiforbrug jf. BR18, og ikke de energikrav, som var gældende for den enkelte bygning, da den blev optaget i BUILDs database.

For boliger, kollegier, hoteller eller lignende bestemmes energirammen iht. BR18 § 259 med følgende formel.

$$\text{Energiramme} = 30 \text{ kWh/m}^2/\text{år} + 1000 \text{ kWh/år} / A_{\text{opv}} \quad [\text{kWh/m}^2/\text{år}]$$

Denne er derfor benyttet for bygningsanvendelser Enfamiliehus, Rækkehus og Etagebolig. For andre bygninger end boliger bestemmes energirammen i henhold til BR18 § 260 med følgende formel.

$$\text{Energiramme} = 41 \text{ kWh/m}^2/\text{år} + 1000 \text{ kWh/år} / A_{\text{opv}} \quad [\text{kWh/m}^2/\text{år}]$$

I begge formler er A_{opv} det opvarmede areal af den pågældende bygning. Dette medfører, at klimapåvirkningen fra drift i modul B6 svarer til, hvad Bygningsreglementets energiramme for den pågældende bygningsanvendelse maksimalt tillader. Hermed opnås det bedst mulige grundlag for sammenligninger indenfor de enkelte bygningsanvendelser. For case-bygninger, hvor solceller bidrager til et lavt energiforbrug, er der dermed set bort fra. Dette har dog givet anledning til at undersøge, hvorvidt den indlejrede klimapåvirkning fra solceller bør

fratrækkes bygningernes samlede klimapåvirkning (se Bilag 2). Denne undersøgelse viser, at forskellen i de samlede klimapåvirkninger er minimale, når den indlejrede klimapåvirkning fra solceller fratrækkes bygningens samlede klimapåvirkning. Det er derfor valgt at beholde solcellers indlejrede klimapåvirkning i livscyklusvurderingerne, og ligeledes er det antaget, at der kan ses bort fra at byggeri med et lavt beregnet energibehov, kan have et let forhøjet forbrug af isoleringsmaterialer.

Energirammen inkluderer primære energifaktorer på henholdsvis 1,9 for el, 0,85 for fjernvarme og 1,0 for andre forsyninger. I livscyklusvurderinger benyttes bygningernes bidrag til energibehov, hvilket er energibehovet inden energifaktorer ganges på. Primære energifaktorer korrigeres ved at dividere igennem med faktorerne, inden den normaliserede energiramme, og dermed driftsenergiforbruget bestemmes. Fordelingen mellem varme- og el-forbruget findes ved at udregne henholdsvis varme- og el-andelen på baggrund af de oprindelige værdier i energirammeberegningen. Denne fordeling er valgt, da det vurderes mest retvisende ud fra de tilgængelige data.

$$\begin{aligned} \text{Drift} &= (\text{Energiramme} \cdot \text{Andel}_{\text{el}} / \text{Primære energifaktor}) \cdot \text{Emissionsfaktor} \\ &+ (\text{Energiramme} \cdot \text{Andel}_{\text{varmeforsyning}} / \text{Primære energifaktor}) \cdot \text{Emissionsfaktor} \end{aligned} \quad [\text{kg CO}_2\text{-ækv/m}^2/\text{år}]$$

Da case-bygningerne i nærværende rapport skal benyttes til at fastlægge grænseværdien, som nye bygninger i perioden 2025-2027 skal holdes op mod, er det besluttet at regne driftsenergiforbruget fra år 2025 og med fremskrivning de næste 50 år svarende til betragtningsperioden i livscyklusvurderinger. Se eventuelt fordelingen af de oprindelige ibrugtagningårstal i Bilag 2.

3.1.5 Udskiftninger

Udskiftninger af byggevarer med levetid mindre end 50 år vurderes i modul B4. Levetiderne er fastsat i henhold til BR18 § 297, stk. 7, hvor BUILDs levetidstabel (Haugbølle et al., 2021b) skal benyttes til at fastsætte levetider for byggevarer. I levetidstabellen angives fx, at ruder skal udskiftes hvert 25. år, hvilket gør at der efter 25 år vil ske udledning i B4. Vedligehold som fx dækker maling af vægge hvert 15 år indgår ikke i Bygningsreglementets krav til bygningers klimapåvirkninger, og dermed er der i grænseværdianalysen ikke medtaget materialer til vedligehold.

3.1.6 Beregningsenhed

I Bygningsreglementet defineres bygningens samlede klimapåvirkning for en betragtningsperiode på 50 år og på baggrund af bidrag fra henholdsvis bygningsdele og bygningsdrift. Klimapåvirkningen fra bygningsdele (A1-3, B4, C3-4) beregnes på baggrund af referencearealet (RFA), A_{ref} , jf. § 297, stk. 3, og klimapåvirkningen fra drift (B6) beregnes ved brug af bygningens opvarmede areal, A_{opv} . Den samlede klimapåvirkning opnås ved at summere klimapåvirkning fra henholdsvis bygningsdele og drift som vist nedenfor.

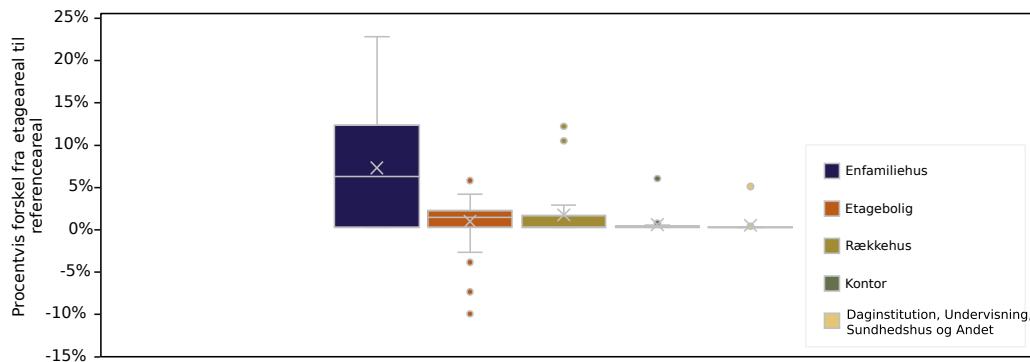
$$\begin{aligned} \text{Klimapåvirkning} &= \text{Bygningsdele} + \text{Drift} \\ &= ((A1-3 + B4 + C3-4) / (A_{\text{ref}} \cdot 50 \text{ år})) + (B6 / (A_{\text{opv}} \cdot 50 \text{ år})) \end{aligned} \quad [\text{kg CO}_2\text{-ækv/m}^2/\text{år}]$$

Referencearealet A_{ref} jf. § 297, stk. 3 er først indført i Bygningsreglementet fra januar 2023 i forbindelse med kravene om bygningers klimapåvirkning. Denne metode for arealopgørelse er derfor i udgangspunktet ikke

anvendt for alle case-bygninger i bygningsdatagrundlaget, da det før var bruttoetagearealet, der blev anvendt. Det er vurderet, at den største betydning af den nye måde at opgøre arealer på, vil forekomme for boliger, fordi ændringerne i arealdefinitionerne primært vedrører arealer såsom altangange og integrerede garager. Der er derfor lavet følgende ændringer i modellerne: For enfamiliehuse med garager, integrerede overdækninger, skure og carporte er det faktiske referenceareal opmålt, eftersom materialer for bygningsdele også er opgjort i livscyklusvurderingerne. Referencearealet for etageboliger og rækkehuse med altan og altangange er også opmålt. Integrerede skure og lignende for fx rækkehuse er ikke opmålt, da bygningsdelene/materialerne ikke er opgjort i livscyklusvurderingerne. For andre bygningsanvendelser er det valgt at opmåle referencearealet på enkelte bygninger for at undersøge betydningen af at beregne klimapåvirkningen på baggrund af referencearealet i stedet for bruttoetagearealet. Referencearealet er opmålt manuelt via tegningsmateriale.

Det har især været væsentligt at opmåle referencearealet for etageboliger med altangange, da etagearealet iht. § 455 tidligere definerede, at 100% af arealet for altangange skulle medtages. Med de nye ændringer til § 455 i BR18 § 297, medtages kun 25% af arealet i bestemmelsen af referencearealet. Dette kan medføre at indregnede arealer for disse bygninger reduceres, hvilket igen vil medføre højere klimapåvirkning pr. m². Til gengæld, er der flere arealer, der ikke tidligere blev medtaget i etagearealet, som medtages i referencearealet fx arealet af udvendige trapper, ramper, altaner og lignende, som medregnes med 25% og integrerede garager, som medregnes 50%. Integrerede carporte, udhuse, overdækninger, skure og lignende medregnes med 25%. Dette kan dermed medføre en forøgelse af beregningsenheden.

Referencearealet, A_{ref} , er beregnet for udvalgte case-bygninger fra bygningsdatagrundlaget inddelt i de forskellige kategorier beskrevet i afsnit 2.3. Den procentvise forskel i at ændre bygningernes etageareal til et referenceareal, er vist i Figur 14. Her ses, at ændringen i etagearealet og dermed bestemmelse af A_{ref} , både kan medføre et reduceret eller forøget areal i beregningsenheden. Som følge af arealændringerne forøges arealet for Enfamiliehus i gennemsnit med 7%, dog viser grafen, at der i nogle tilfælde ikke sker væsentlige ændringer, men i få tilfælde en forøgelse på op til 22%. For Etagebolig og Rækkehus ses mindre forøgelse, når etagearealet ændres til referencearealet. Derudover ses flere outliers fx falder referencearealet for en etagebolig med -10% og i et andet eksempel stiger det med 8%. En reduktion i arealet skyldes, at 75% af arealet af altangange i bygningerne er fjernet. For Kontor, Daginstitution, Undervisning, Sundhedshus og Andet aflæses ikke væsentlige forøgelser af arealet med enkelte outliers på cirka 5 og 6%.



Figur 14. Fordelingen af indvirkningen af bygningens areal ved at gå fra bruttoetageareal til referenceareal i beregningsenheden.

I nærværende rapport benyttes referencearealet til at opgøre klimapåvirkning for Enfamiliehus, Etagebolig, Rækkehus og Kontor, eftersom disse er opmålt. Få tilfælde af referencearealet er opmålt for Daginstitution, Undervisning, Sundhedshus og Andet. I disse tilfælde benyttes referencearealet, og ellers benyttes etagearealet i beregningsenheden.

3.1.7 Særlige forhold

Ifølge Bygningsreglementets § 297, stk. 9 kan bygninger have særlige forhold, hvis bygningens funktion, placering eller øvrige forhold nødvendiggør et øget eller særligt materialeforbrug og dermed en øget klimapåvirkning. Hvis et særligt forhold medfører forøget klimapåvirkning, vil den forøgede påvirkning ikke indgå i resultatet for bygningen. I dette projekt er en stor del af bygningsdatagrundlaget udarbejdet før BR18 (2023) trådte i kraft, hvorfor der ikke er taget højde for særlige forhold i bygningsdatagrundlaget. Cases der forventes at være påvirket af særlige forhold, indgår ikke i bygningsdatagrundlaget til fastsættelse af grænseværdien fra 2025. Håndteringen af dette er beskrevet i afsnit 2.2. BUILD ligger inde med syv case-bygninger, som har særlige forhold. Klimapåvirkningen for hver af disse case-bygninger er vist i Bilag 4, og desuden er det beskrevet, hvilke særlige forhold der forekommer for hvert enkelt af disse bygninger.

3.2 Miljødatagrundlag

Ved beregning af bygningers klimapåvirkning i henhold til BR18 (2023), kan miljødata for byggevarer enten være det generiske datagrundlag fra bilag 2, tabel 7 eller miljøvaredeklarationer (EPD'er), der er relevante for byggeriet og er gyldige. Hvis relevante EPD'er skal benyttes i Bygningsreglementet, skal de være udformet efter DS/EN 15804. Bygningsreglementets Bilag 2 tabel 7 er konstrueret med data fra Ökobaudat 2020 II (DS/EN15804+A1) og udvalgte branche-EPD'er for beton- og træbyggevarer (Bolit- og Planstyrelsen, 2022). For driftsenergi anvendes emissionsfaktorer for henholdsvis el, varme og ledningsgas, som fremgår af BR18, bilag 2.

I nærværende rapport og bagvedliggende analyser, beregnes klimapåvirkninger fra 163 repræsentative case-bygninger på baggrund af et opdateret miljødatagrundlag, som forventes bedst muligt at afspejle det miljødatagrundlag, som vil blive anvendt i forhold til opfyldelse af grænseværdien i 2025. Det gælder både data for

byggevarer og driftsenergi. Dette gøres for at få et mere repræsentativt miljødatagrundlag i forhold til danske forhold, samt for at inkludere nyere data fra Ökobaumat efter den nye standard for EN15804+A2. Desuden anvendes de nye danske emissionsfaktorer for driftsenergi. Det medfører, at resultater i denne rapport ikke direkte kan sammenlignes med klimapåvirkninger beregnet med LCAbyg 2023 5.3.1.0.

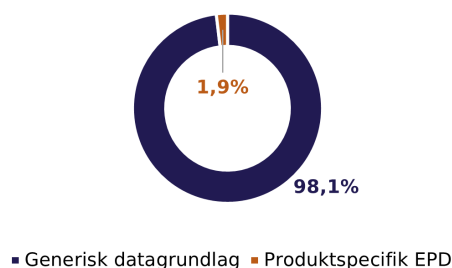
3.2.1 Opdaterede miljødata for byggevarer

Det opdaterede miljødatagrundlag udarbejdes i et parallelt projekt, hvor der arbejdes på at opdatere BR18's bilag 2 tabel 7 med generisk miljødata for danske byggevarer. De nuværende data i BR18, bilag 2, tabel 7 er baseret på den tyske database, Ökobaumat 2020 II (EN15804:2012+A1:2013), som ikke altid er retvisende for byggevarer i dansk byggeri. I det sideløbende projekt, er der derfor fokuseret på at udarbejde generiske data for typiske standardbyggevarer, der ofte produceres i Danmark og anvendes i nybyggeri. Fx teglsten, tagsten og gipsplader med videre. Fremgangsmåden er, at der indsamles EPD'er for danskproducerede byggevarer og ud fra disse fastlægges et nyt niveau for et dansk generiske datasæt. For de præcise værdier henvises til BUILD-rapport (Kragh & Birgisdóttir, 2023).

For byggevarer, hvor der hverken er udviklet dansk generisk data, eller findes danske branche EPD'er, bruges Ökobaumat 2023 I (DS/EN 15804:2013+A2:2019). Alle branche-EPD'er fra EPD Danmark er tilføjet til miljødatagrundlaget, hvor de bruges i forskellig grad efter opbygningen af den enkelte case-bygning, da der herved opnås de mest retvisende data for den danske byggebranche. For en samlet og specifik liste med overblik over datakilder anvendt til de enkelte byggevarer se Bilag 11.

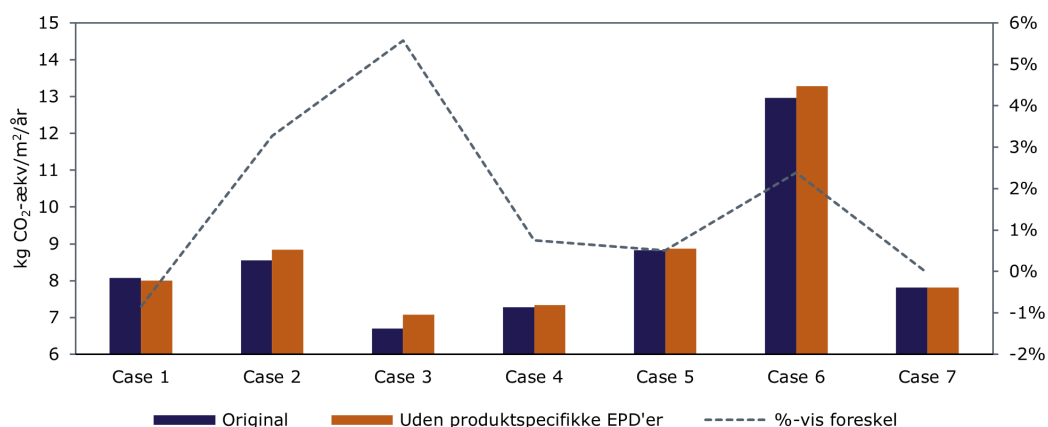
Princippet for, hvordan data udvælges fra Ökobaumat 2023 I er kort beskrevet i det følgende. Der laves en sammenligning imellem Bygningsreglementets bilag 2 tabel 7 og Ökobaumat 2023 I. Sammenligningen foretages ved en fuzzy analyse, der søger efter den største lighed mellem navngivningen af Ökobaumat 2021 II og Ökobaumat 2023 I, og derefter vælges det miljødatasæt med størst lighed. Alle miljødatasæt med en lighed på 87% eller mindre er gennemset for bedre alternativer. I miljødatagrundlaget har det i Ökobaumat 2023 I ikke været muligt at finde alternativer på 22 datasæt fra Ökobaumat 2021 II, hvorfor disse stadig benyttes i nærværende beregninger (se Bilag 11). Der forventes generelt en stigning i klimapåvirkningen for byggevarer ved at gå fra data baseret på EN 15804+A1 til EN 15804+A2.

Som tidligere nævnt tillader Bygningsreglementet brug af EPD'er udarbejdet efter DS/EN 15804, hvis de er relevante for byggeriet og er gyldige. I case-samlingen indgår byggerier, hvor produktspecifikke EPD'er er indsat af rådgiver. Det er valgt at beholde dem af to grunde. For det første, for at sætte et realistisk niveau af udledningen for den enkelte bygning efter hvordan den blev bygget, samt hvordan den bygges i dag. For det andet, fordi udskiftningen af datasæt forudsætter grundigt kendskab til hvert enkelt projekt og vil derfor kunne medføre uforudsete fejl i beregningerne. Figur 15 viser, hvor mange EPD'er der er anvendt i livscyklusvurderinger for case-bygningerne i det endelige bygningsdatagrundlag. Ud af alle miljødatasæt anvendt i samtlige 163 case-bygninger (som er optalt til 26.753 datasæt, hvor et datasæt svarer til én byggevare anvendt i den enkelte case), er cirka 2% af miljødatasættene produktspecifikke EPD'er. Størstedelen (98%) er altså generiske og branche-miljødata. Omfanget af EPD-data forventes derfor ikke at have væsentlig betydning for fastsættelsen af grænseværdien.



Figur 15. Procentvis fordeling af miljødata for byggevarer anvendt i livscyklusvurderinger for samtlige 163 case-bygninger. Miljødata er opdelt i specifikke EPD'er og generiske datagrundlag (generisk og branche-EPD'er).

Det skal dog påpeges, at brug af produktspecifikke EPD'er i nogle tilfælde kan være fordelagtigt, hvis der indbygges byggevarer med lavere klimapåvirkning sammenlignet med det generiske datagrundlag. For at vurdere, hvilken usikkerhed det kan medføre at inkludere knap 2% produktspecifikke EPD'er, er der for syv udvalgte case-bygninger, som er identificeret til at have mange produktspecifikke EPD'er, undersøgt, hvilken indvirkning det har for bygningens samlede klimapåvirkning at erstatte produktspecifikke miljødata med generiske data, se Figur 16. Det fremgår af figuren, at udskiftningen af data, både kan medføre en stigning og et fald i klimapåvirkningen. Klimapåvirkningen stiger for fem ud af syv når EPD'erne udskiftes med generiske data (med 0,5%, 0,8%, 2,4%, 3,3% og 5,6% og er uændret i et tilfælde og falder i et tilfælde med 0,8%). Idet datagrundlaget hovedsageligt består af generiske data (98%), og eftersom der er få tilfælde af case-bygninger med mange EPD'er, og da forskellen i de udvalgte cases identificeret med mange EPD'er i forhold til resten er lille, vurderes usikkerheden ved at anvende de produktspecifikke EPD'er til at have forsvindende betydning, i forhold til fastlæggelse af en grænseværdi.



Figur 16. Forskellen mellem 7 udvalgte cases med et stort antal produktspecifikke EPD'er sammenlignet med resultater uden brug af produktspecifikke EPD'er.

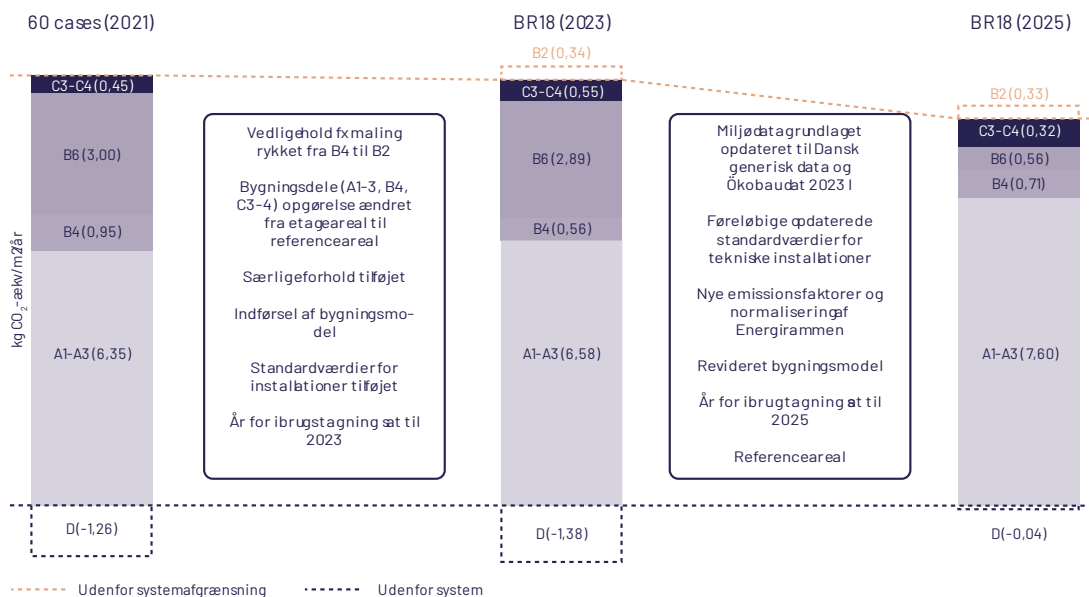
3.2.2 Opdaterede emissionsfaktorer for energiforbrug

I livscyklusvurderingerne regnes klimapåvirkningen fra driftsenergiforbrug modul B6 ud fra opdaterede emissionsfaktorer udarbejdet af Artelia (Sørensen et al., 2023) baseret på Energistyrelsens Analyseforudsætninger 2022. De nye emissionsfaktorer er faldet markant, hvilket påvirker emissionerne for

bygningsdriften (B6). Der forventes dermed også et fald i klimapåvirkningen fra bygningsdrift (B6) i livscyklusvurderingerne. Værdierne kan ses i Bilag 3.

3.3 Sammenligningsgrundlag

Figur 17 illustrerer, hvordan løbende ændringer og revideringer i metoder og data i livscyklusvurderinger har fundet sted for en enkelt udvalgt bygning. Disse ændringer påvirker naturligvis også resultater fra livscyklusvurderinger. Fx kan resultaterne i 'Klimapåvirkninger fra 60 bygninger' (Tozan et al., 2021), som har understøttet fastlæggelsen af grænseværdien i BR18 (2023), ikke direkte sammenlignes med resultater konstrueret efter BR18 (2023). Derudover vises de ændringer, der forventes at ske frem mod BR18 (2025) og disse ændringer vil på samme vis medføre, at bygninger opgjort efter reglerne i BR18 (2023) ikke kan sammenlignes direkte med resultaterne i nærværende rapport BR (2025). Det ses, at A1-3 får en større betydning i 2025 end i de tidligere grundlag, og så sker der også et væsentligt fald i B6, hvilket var forventet ved indførelsen af de nye emissionsfaktorer. B4 får en mindre betydning, og dette skyldes både, at vedligeholdelse af maling rykkes fra B4 til B2, og at brugen af standardværdier gør, at tekniske installationer ikke udskiftes i betragtningsperioden, men i stedet er allokeret til henholdsvis A1-3, C3 og C4.



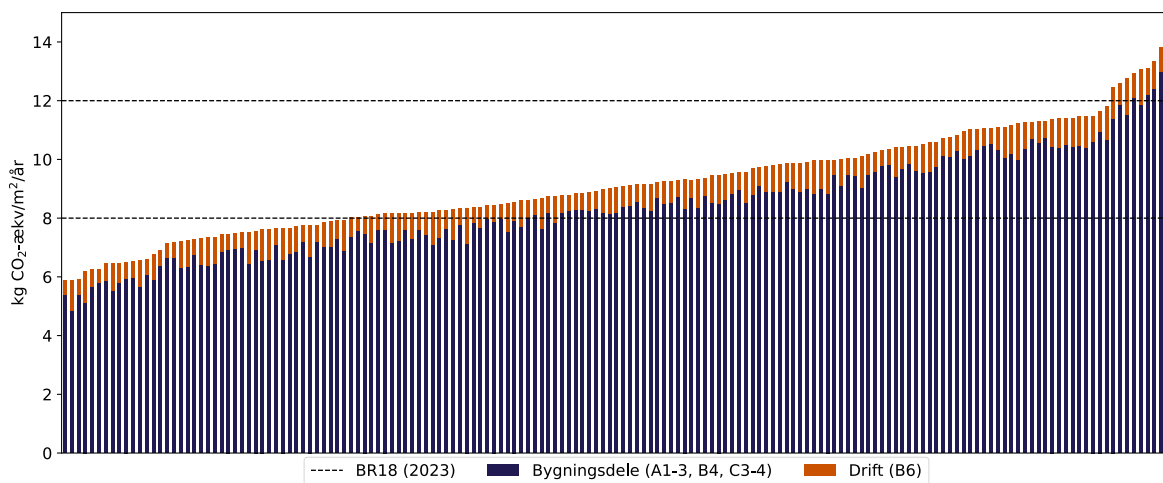
Figur 17. Beregningsforudsætninger for livscyklusvurderingers løbende ændringer og påvirkninger i de inkluderede moduler i livscyklusvurderinger for en udvalgt bygning.

4 Resultater for bygningers klimapåvirkning

4.1 Resultater fra samlet bygningsdatagrundlag

4.1.1 Klimapåvirkning fra samlet bygningsdatagrundlag

I Figur 18 er vist klimapåvirkningen fra alle 163 case-bygninger beregnet i henhold til den beskrevne metode i Kapitel 3. Den samlede klimapåvirkning over hele bygningens livscyklus (moduler A1-3, B4, B6, C-34) varierer fra 5,89 til 14,41 kg CO₂-ækv/m²/år set over en 50 års betragtningsperiode.



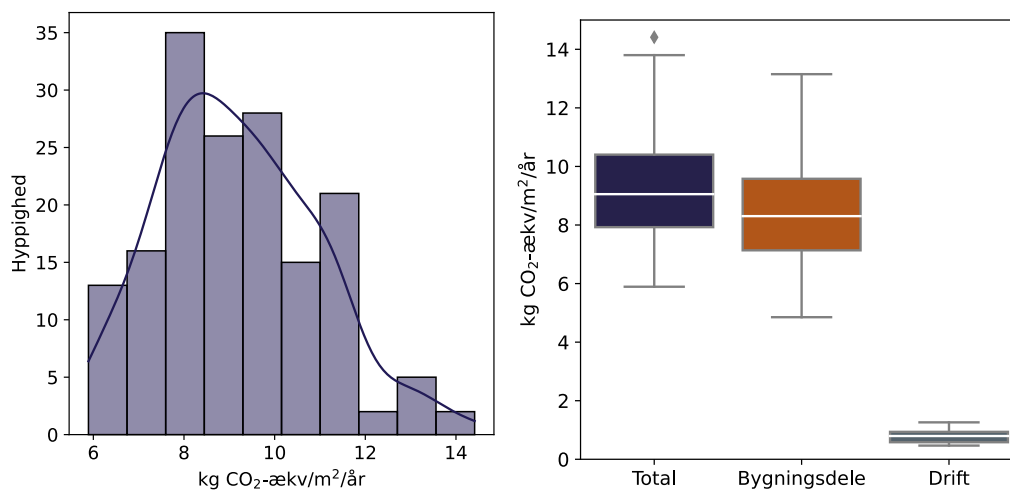
Figur 18. Klimapåvirkningen for 163 case-bygninger vist for henholdsvis bygningsdele (A1-3, B4, C3-4) og drift (B6). De to stiplede linjer viser henholdsvis grænseværdien og lavemissionsklassen i BR18 (2023). Klimapåvirkningen er opgjort i kg CO₂-ækv/m²/år med betragtningsperiode på 50 år.

Klimapåvirkningen er desuden differentieret mellem bygningsdele (A1-3, B4, C3-4) og drift (B6) for alle 163 case-bygninger. Af figuren fremgår det tydeligt, at klimapåvirkningen fra bygningsdele har det største bidrag til den samlede klimapåvirkning. Klimapåvirkningen fra bygningsdelene varierer fra 4,85 til 13,15 kg CO₂-ækv/m²/år, hvor driften varierer fra 0,47 til 1,26 kg CO₂-ækv/m²/år. I gennemsnit bidrager klimapåvirkningen fra bygningsdele med 91%, og driften bidrager i gennemsnit med 9%. Bidraget fra driften er dermed faldet væsentligt, i forhold til tidligere analyser af bygningers samlede klimapåvirkning, hvor driften i gennemsnit udgjorde 26% (Tozan et al., 2021), hvilket primært skyldes de markante ændringer af emissionsfaktorerne for henholdsvis el, fjernvarme og ledningsgas. Det er selvfølgelig vigtigt at bemærke, at driftsenergiforbruget i nærværende sammenhæng er fastsat lige netop svarende til energirammen, hvilket ofte vil være en undervurdering i forhold til det faktiske

energiforbrug, når der er tale om nybyggeri. Det vil dog være dette teoretiske forbrug, der skal anvendes i LCA, og derfor er det også oplagt, at det er dette niveau, der danner grundlag for en grænseværdi. Alt andet lige, er det dog entydigt klart, at driftsenergiforbruget vil udgøre en relativ lille andel af den samlede klimapåvirkning i fremtidens nybyggeri.

Figur 18 viser desuden, at klimapåvirkningen for 9 ud af 163 bygninger ligger over den nuværende grænseværdi på 12 kg CO₂-ækv/m²/år. Disse case-bygninger ligger mellem 12,45 og 14,41 kg CO₂-ækv/m²/år. I gennemsnit ligger disse 9 case-bygninger over grænseværdien med 1,43 kg CO₂-ækv/m²/år. Derudover, viser figuren at 42 case-bygninger ligger under grænseværdien for den frivillige lavemissionsklasse på 8 kg CO₂-ækv/m²/år.

I nedenstående grafer vises den statistiske fordeling af den samlede klimapåvirkning i et histogram, samt boksplots for henholdsvis den samlede klimapåvirkning, bygningsdele og drift. Selvom boksplottene er relativt symmetriske, viser histogrammet en anelse skæv fordeling af klimapåvirkningen, eftersom der er relativt få tilfælde af case-bygninger med klimapåvirkning over 12 kg CO₂-ækv/m²/år. Medianværdien for total, bygningsdele og drift er henholdsvis 9,05, 8,30, 0,79 kg CO₂-ækv/m²/år. Se i øvrigt Tabel 4 for øvrige værdier.



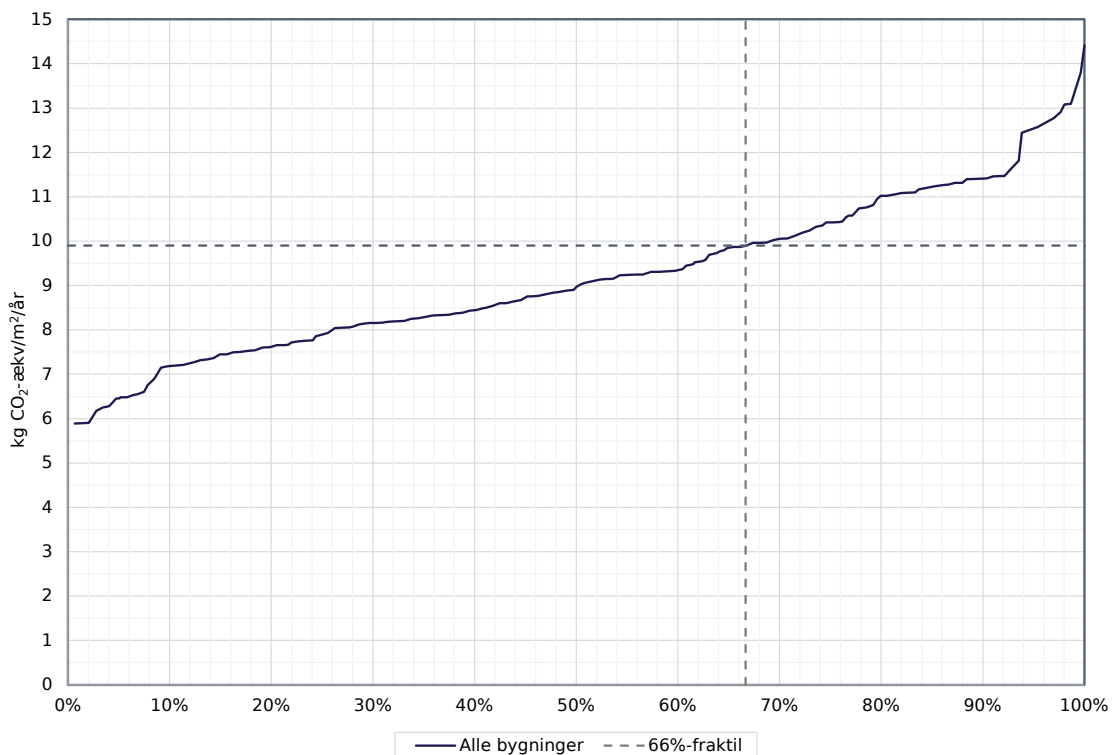
Figur 19. Histogram over samlede klimapåvirkning (A1-3, B4, B6, C3-4) og boksplot over klimapåvirkningen for henholdsvis total (A1-3, B4, B6, C3-4), bygningsdele (A1-3, B4, C3-4) og drift (B6). Klimapåvirkningen er opgjort i kg CO₂-ækv/m²/år med betragtningsperiode på 50 år.

Tabel 4. Oversigt over nedre og øvre kvartil samt medianværdi for alle 163 case-bygninger ved ikke-arealvægtede resultater for henholdsvis total, bygningsdele og drift.

	Total (A1-3, B4, B6, C3-4)			Bygningsdele (A1-3, B4, C3-4)			Drift (B6)		
[kg CO ₂ -ækv/m ² /år, 50 år]	Nedre	Median	Øvre	Nedre	Median	Øvre	Nedre	Median	Øvre
Alle case-bygninger	7,93	9,05	10,39	7,14	8,30	9,58	0,58	0,79	0,94

4.1.2 Arealvægtet klimapåvirkning for samlet bygningsdatagrundlag

Grænseværdien gældende for perioden 2025-2027 for bygningers klimapåvirkning skal, ifølge aftaleteksten (Indenrigs- og Boligministeriet, 2021), fastsættes således, at 1/3 af nybyggeriet skal reducere klimapåvirkningen, for at kunne leve op til kravet. Som nævnt i afsnit 2.2.4, arealvægtes klimapåvirkningerne fra de 163 case-bygninger med faktorerne for hver anvendelseskategori, som vist i Tabel 3. Figur 20 viser fordelingskurven for den vægtede klimapåvirkning for alle 163 case-bygninger med markering af 66%-fraktilen. Klimapåvirkningen fra den enkelte case kan aflæses i Bilag 12.



Figur 20. Fordelingskurve for den vægtede klimapåvirkning med markering af 66%-fraktilen, der viser, hvor grænseværdien ligger for at fastlægge 1/3-ambitionsniveauet. Klimapåvirkningen er opgjort i kg CO₂-ækv/m²/år med betragtningsperiode på 50 år.

Resultaterne for den vægtede klimapåvirkning på tværs af alle 163 case-bygninger viser, at grænseværdien ved 66%-fraktilen er 9,90 kg CO₂-ækv/m²/år, som vist i Tabel 5. I Bilag 10 kan fordelingskurve for den vægtede klimapåvirkning for hele BUILDs case-bank ses.

Tabel 5. 66%-fraktil for alle bygninger samlet.

[kg CO ₂ -ækv/m ² /år, 50 år]	66%-fraktil
Alle case-bygninger	9,90

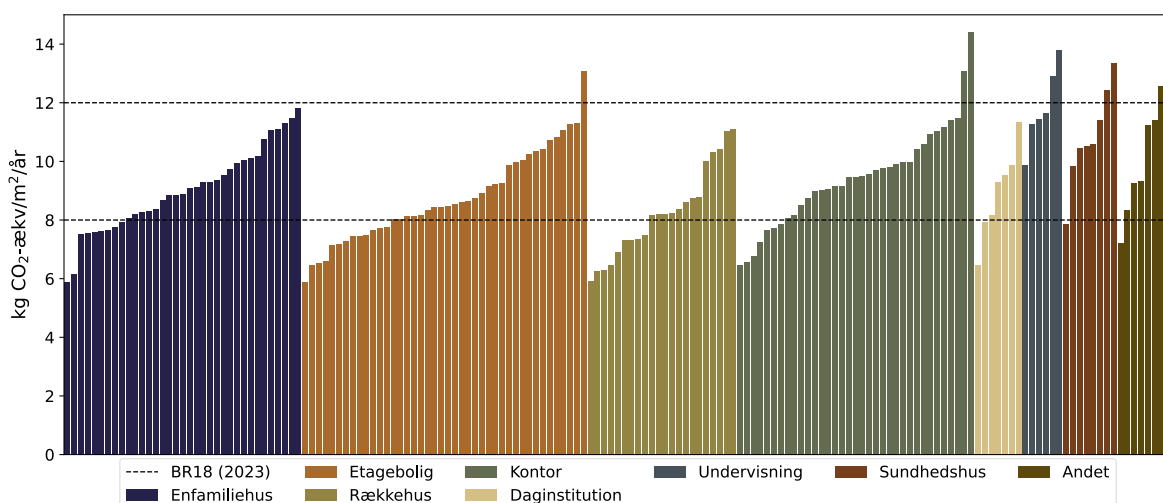
Ved den samlede vægtning betragtes alle bygningerne som en samlet masse, og der tages ikke hensyn til variationer mellem de forskellige anvendelseskategorier. Dette medfører, at grænseværdien ved 1/3 kan ramme de individuelle bygningsanvendelser fra Tabel 5 skævt, svarende til, at nogle bygningsanvendelser ikke skal forbedre sig nævneværdigt, mens andre bygningsanvendelser skal forbedre sig relativt set mere. Enfamiliehusene er

generelt den største kategori jf. Tabel 3, og har dermed størst indflydelse på 66%-fraktilen.

4.2 Resultater opdelt efter bygningernes anvendelse

4.2.1 Klimapåvirkning opdelt efter bygningernes anvendelse

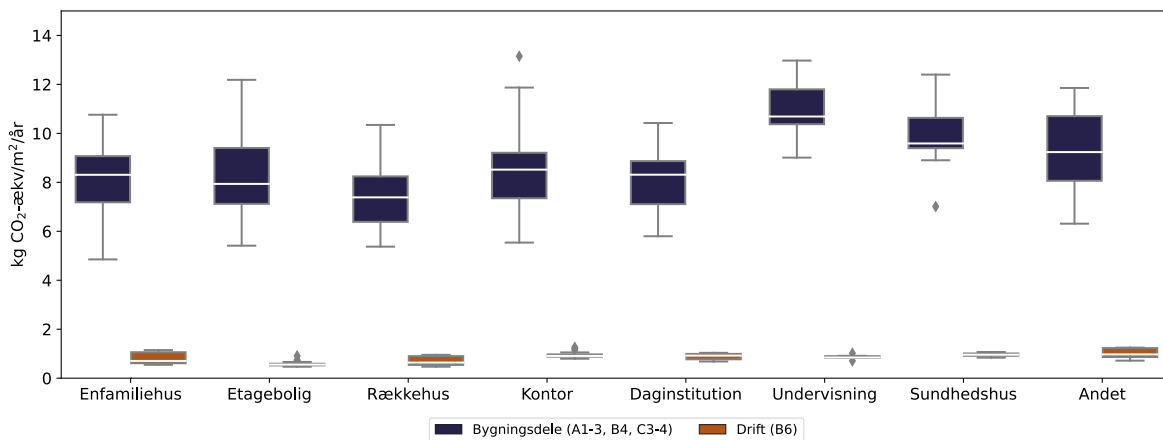
For at give et mere nuanceret billede af klimapåvirkningen og for at vurdere om der er en sammenhæng mellem bygningers anvendelse og klimapåvirkningen, er det samlede resultat (A1-3, B4, B6, C3-4) vist på Figur 21 kategoriseret efter hver bygningsanvendelse. Det fremgår af figuren, at resultaterne varierer på tværs af bygningsanvendelserne fra 5,89 til 14,41 kg CO₂-ækv/m²/år set over en 50 års betragtningsperiode. Alle enfamiliehuse, rækkehuse og daginstitutioner ligger under den nuværende grænseværdi, mens 1-2 case-bygninger ligger over grænseværdien i de øvrige kategorier.



Figur 21. Total klimapåvirkning (A1-3, B4, B6, C3-4) opgjort i kg CO₂-ækv/m²/år over en betragtningsperiode på 50 år fra 163 case-bygninger opgjort efter bygningsanvendelse.

I Figur 22 er først vist et boksplot over fordelingen af den samlede klimapåvirkning fra bygningsdele (A1-3, B4, C3-4) og drift (B6) for de forskellige bygningsanvendelser. Resultaterne indikerer ikke væsentlige forskelle i den samlede klimapåvirkning fra bygningsdele og drift. Det fremgår, at klimapåvirkningen fra bygningsdele for rækkehuse er lavere sammenholdt med de resterende bygningsanvendelser, og her er spredningen også mindre.

Ikke-vægtede medianværdier i kg CO₂-ækv/m² pr. år for de respektive bygningsanvendelseskategorier er 8,89 for Enfamiliehus, 8,47 for Etagebolig, 8,19 for Rækkehus, 9,46 for Kontor, 9,31 for Daginstitution, 11,55 for Undervisning, 10,55 for Sundhedshus og 10,28 for Andet (se Tabel 6).



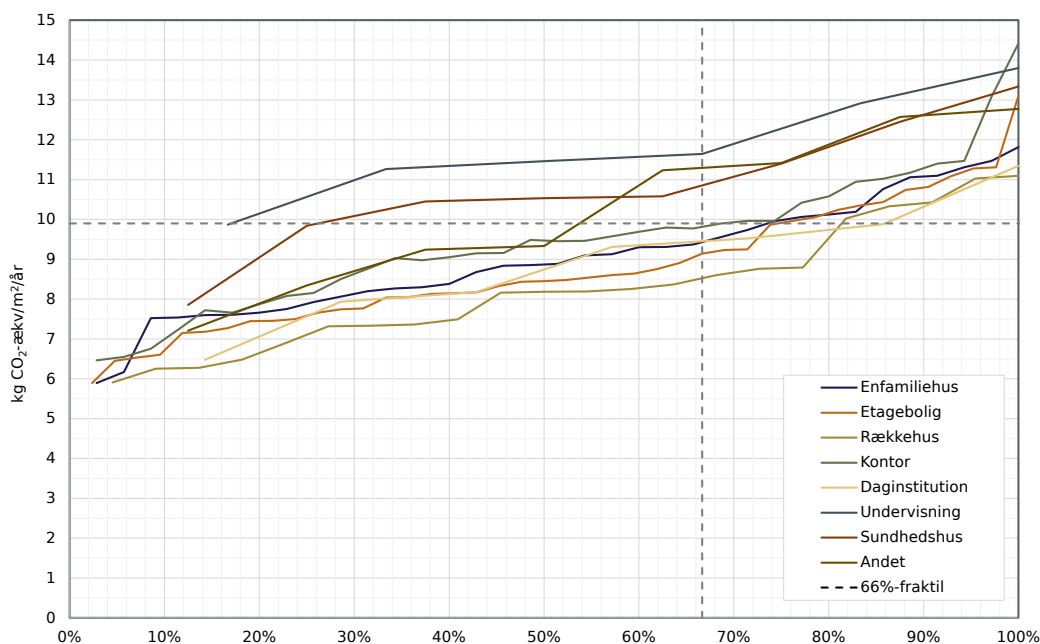
Figur 22. Boksplot over fordelingen af klimapåvirkning fra bygningsdele (A1-3, B4, C3-4) og drift (B6) i kg CO₂-ækv/m²/år over en betragtningsperiode på 50 år opgjort efter bygningsanvendelse.

Af denne tabel fremgår det, at den højeste medianværdi findes for Undervisning og den laveste findes for Rækkehus. Generelt er de viste boksplots rimeligt symmetriske på tværs af bygningsanvendelserne. Det største spænd, og dermed den største variation i klimapåvirkningen, ses for Andet byggeri. Dette kan skyldes, at gruppen med andet byggeri består af flere forskellige og dermed varierende bygningstyper (størrelse, antal etager osv.). Variationen i driften er meget beskeden, hvilket naturligvis skyldes at driftsenergiforbruget er beregnet svarende til, at bygningerne har et energiforbrug svarende til kravene i Bygningsreglementet.

Tabel 6. Oversigt over nedre og øvre kvartil samt medianværdier på tværs af bygningsanvendelser ved ikke-vægtede resultater for henholdsvis total, bygningsdele og drift.

	Total (A1-3, B4, B6, C3-4)			Bygningsdele (A1-3, B4, C3-4)			Drift (B6)		
[kg CO ₂ -ækv/m ² /år, 50 år]	Nedre	Median	Øvre	Nedre	Median	Øvre	Nedre	Median	Øvre
Enfamiliehus	7,99	8,89	10,01	7,18	8,31	9,07	0,61	0,70	1,06
Etagebolig	7,68	8,47	9,94	7,12	7,94	9,40	0,52	0,56	0,59
Rækkehus	7,32	8,19	8,79	6,39	7,39	8,24	0,54	0,64	0,90
Kontor	8,33	9,46	10,19	7,35	8,52	9,21	0,88	0,91	0,97
Daginstitution	8,06	9,31	9,70	7,11	8,31	8,87	0,77	0,92	0,99
Undervisning	11,31	11,55	12,59	10,37	10,69	11,80	0,83	0,84	0,90
Sundhedshuse	10,30	10,55	11,66	9,39	9,59	10,63	0,91	0,96	1,01
Andet	9,02	10,28	11,70	8,06	9,23	10,70	0,86	0,97	1,23

Da det i Afsnit 4.1 ses, at bygningsanvendelserne i nærværende rapport har forskellige klimapåvirkninger, udarbejdes fordelingskurver for de enkelte bygningsanvendelseskategorier. Dette gøres for at vise, hvordan grænseværdien for den enkelte kategori ville placeres, hvis bygningsanvendelserne individuelt skulle være i overensstemmelse med den politiske aftale om at grænseværdien skærpes, så 1/3 af nybyggeriet skal præstere bedre klimamæssigt end aktuelt. På Figur 23 ses det, at der er væsentlig forskel i bygningsanvendelserne ved 66%-fraktilen, hvor Undervisning har den største klimapåvirkning og Rækkehus har den mindste. Bemærk, at resultaterne her udelukkende er vægtet over andelen pr. case-bygning indenfor hver enkelt anvendelseskategori.



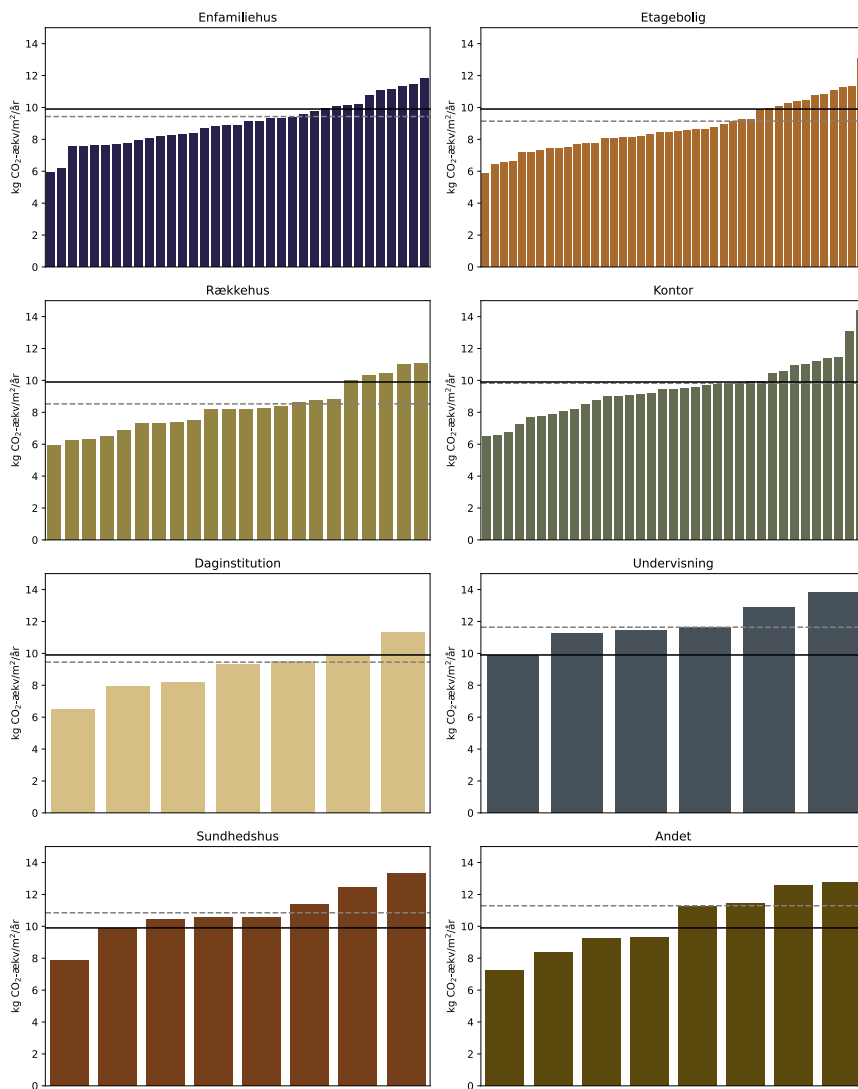
Figur 23. Fordelingskurver af summeret andel i % for klimapåvirkning opgjort for hver bygningsanvendelse. Klimapåvirkningen er i denne sammenhæng totalen dvs. modul A1-3, B4, B6 og C3-4. Klimapåvirkningen er opgjort i kg CO₂-ækv/m²/år med betragtningsperiode på 50 år.

Tabel 7 viser de ikke-arealvægtede 66%-fraktiler for alle bygningsanvendelser, det vil sige svarende til det niveau som grænseværdien skulle have for hver enkelt bygningsanvendelse, hvis den skal være i overensstemmelse med den politiske aftale.

Tabel 7. 66%-fraktilen for bygningsanvendelser ud fra fordelingskurver for klimapåvirkningen. 66%-fraktilen er bestemt ved lineær interpolation.

[kg CO ₂ -ækv/m ² /år, 50 år]	66%-fraktil
Enfamiliehus	9,43
Etagebolig	9,14
Rækkehus	8,53
Kontor	9,83
Daginstitution	9,45
Undervisning	11,64
Sundhedshuse	10,85
Andet	11,29

Figur 24 viser supplerende de totale klimapåvirkninger opgjort for hver bygningsanvendelseskategori samt den samlede vægtede 66%-fraktal for alle bygninger (vist med optrukket sort linje) og de differentierede 66%-fraktaler for hver bygningsanvendelseskategori (vist med de gråstiplede linjer).



Figur 24. Søjlediagrammer over ikke-vægtede klimapåvirkninger (A1-3, B4, B6, C3-4) for de 8 kategorier af bygningsanvendelser. Vandrette linjer indikerer 66%-fraktalen for den specifikke bygningsanvendelse (stiplet, grå) og den sorte viser den samlede 66%-fraktal.

4.3 Potentielle reduktioner af klimapåvirkninger ved ændrede grænseværdier

Den årlige klimapåvirkning fra nybyggeri i Danmark er endnu en relativt udefineret størrelse, men er i Energistyrelsens globale afrapportering opgjort til at udgøre ca. 3,2 mio. tons CO₂-ækv i 2021 (Energistyrelsen, 2023). Nybyggeriet er dog ikke direkte sammenligneligt med denne rapport's definition af opført nybyggeri (det vil

sige byggeri omfattet af energiramme-kravet), og det totale potentiale er derfor mindre end de 3,2 mio. tons. CO₂-ækv.

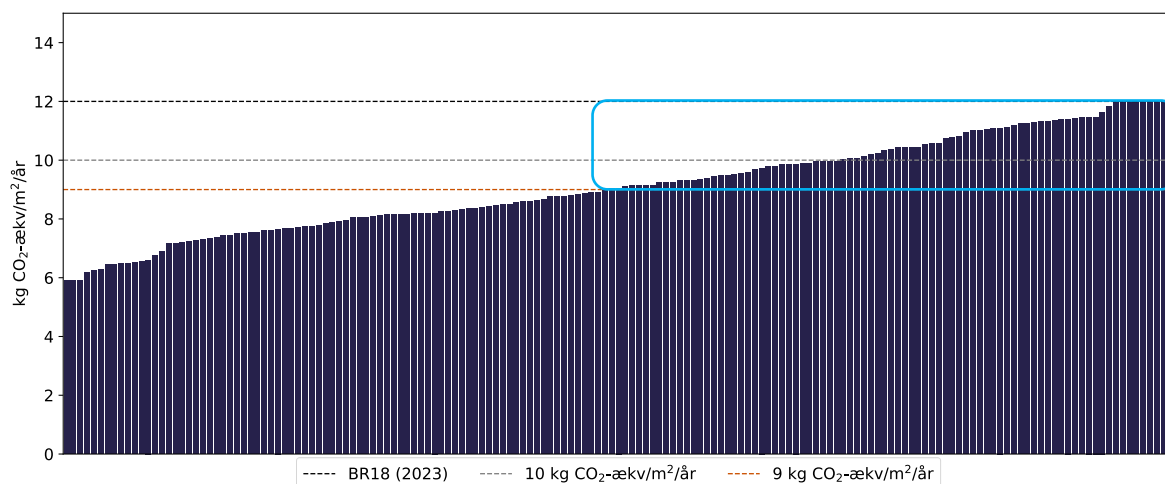
I det følgende estimeres den potentielle reduktion og dermed besparelse af klimapåvirkninger, der kan opnås ved en skærpelse af grænseværdien for nybyggeriet fra 2025. Den potentielle reduktion af klimapåvirkninger er af forskellige grunde vanskelig at beregne præcist ud fra livscyklusvurderingernes resultater. Resultater fra livscyklusvurderingerne baseres på en betragtningsperiode på 50 år, hvilket gør det usikkert at vurdere det reelle potentiale indenfor en kortere tidshorisont (under 10 år). Desuden inkluderer livscyklusvurderingerne i forhold til grænseværdien ikke alle livscyklusmoduler, specielt nogle af dem, som sker her og nu (byggeproces moduler A4-5).

I det følgende er lavet en beregning af det årlige besparelspotentiale for klimapåvirkninger fra nybyggeriet ved brug af de 163 case-bygninger og ved antagelse af forskellige scenarier for fastlæggelsen af grænseværdien. Besparelspotentialet er estimeret ved brug af arealvægtede klimapåvirkninger (GWP), dels hvis der haves én fælles grænseværdi for alt nybyggeri, og dels hvis der anvendes differentierede grænseværdier gældende for hver enkelt individuel bygningsanvendelse. Omfanget af det opførte nybyggeri er antaget at svare til arealerne angivet i Tabel 3.

Besparelspotentialet for klimapåvirkninger er opgjort både for den samlede besparelse over 50 år svarende til grænseværdiens definition (kg CO₂-ækv/m² pr. år ved en betragtningsperiode på 50 år) og en opgørelse, der bedre belyser besparelspotentialet her og nu (upfront), idet langt den største klimapåvirkning over livscyklussen normalt sker ved opførelsen af et byggeri (se evt. analyser i afsnit 5.2).

Bygningernes klimapåvirkning ved opførelsesåret (upfront indlejrede klimapåvirkning) kan dog også variere væsentligt og er især afhængig af de materialer, der indgår. Data fra modulerne A1-3 kan betragtes, men den anvendte -1/+1 metode til dokumentation af klimapåvirkning fra biogene materialer, forudsætter, at man også betragter data fra endt levetid (moduler C3 og C4), før man udleder konklusioner omkring klimapåvirkning fra biogene materialer. I forhold til den presserende klimadagsorden, som nødvendiggør væsentlig reduktion af drivhusgasserudledninger inden 2030 og klimaneutralt samfund i 2050, er det dog vigtigt at nedbringe de tidlige (upfront) udledninger af klimapåvirkninger i nybyggeriet. Derfor er det vigtigt, at beregninger af den potentielle reduktion af klimapåvirkninger, ved ændrede grænseværdier, både forholder sig til den samlede reduktion over en periode på 50 år, og hvad der kan forventes at være af reduktioner her og nu (upfront). For at estimere, hvor stor reduktionen i klimapåvirkninger vil være her og nu, er en gennemsnitlig procentfordeling for modulerne A1-3 beregnet for de forskellige bygningsanvendelser og anvendt til en potentialeberegning af reduktionen.

Beregningen af den samlede potentielle besparelse af klimapåvirkninger over bygningernes livscyklus bestemmes ud fra at se på, hvor meget CO₂-ækv. der spares ved, at 1/3 af bygningerne flyttes fra deres aktuelle udledningen af klimapåvirkninger beregnet for bygningsdatagrundlaget og ned til den givne grænseværdi. Det vil samtidigt sige, at der ikke beregnes et besparelspotentiale for de case-bygninger, der i udgangspunktet klarer sig bedre end grænseværdien. Potentialet for reduktion af klimapåvirkninger ved skærpelse af grænseværdien fra 12 kg CO₂-ækv/m²/år til fx 9 kg CO₂-ækv/m²/år er illustreret på Figur 25 (blå markering).



Figur 25. Illustration af potentialet for reduktion (blå firkant) af klimapåvirkningen ved en skærpelse af grænseværdien. Resultater er opgjort i kg CO₂-ækv/m²/år over en betragtningsperioden på 50 år.

Det beregnede potentiale for reduktioner af klimapåvirkninger ved at ændre grænseværdien fra den nuværende (12 kg CO₂-ækv/m²/år) til de grænseværdier, som er fundet i analyserne i nærværende rapport, er vist i Tabel 8 og Tabel 9. Det vil sige, at potentialet er beregnet for en samlet grænseværdi for alle bygninger på 9,90 kg CO₂-ækv/m²/år (se Tabel 5) og for differentierede grænseværdier for de forskellige bygningsanvendelser (se Tabel 7).

Tabel 8. Potentialeberegning for reduktion af klimapåvirkning ved indførelsen af skærpet grænseværdi i 2025 svarende til en grænseværdi på 9,90 kg CO₂-ækv/m² pr. år.

	Nybyggeri (etageareal)	Cases arealvægtede GWP ved 2023 krav	Cases arealvægtede GWP ved 2025 krav	Samlet GWP-besparelse ved ét års nybyggeri over en 50 års betragtningsperiode	Upfront forhold for A1-3/Total	Upfront udledning for moduler A1-3	Upfront besparelse for moduler A1-3
	[m ² pr. år]	[kg CO ₂ -ækv/m ² pr. år, 50 år]		[Mio. tons CO ₂ -ækv.]	[-]	[Mio. tons CO ₂ -ækv. pr. år]	
Enfamiliehus	905.000	9,0	8,8	0,0114	0,48	0,197	0,0055
Rækkehus	487.000	8,2	8,1	0,0026	0,51	0,102	0,0013
Etagebolig	968.000	8,6	8,4	0,0105	0,73	0,305	0,0077
Kontor	434.000	9,2	9,0	0,0045	0,73	0,145	0,0033
Daginstitution	25.000	8,7	8,4	0,0003	0,39	0,004	0,0001
Undervisning	138.000	11,6	9,9	0,0118	0,79	0,063	0,0093
Sundhedshus	86.000	10,2	9,5	0,0028	0,71	0,031	0,0020
Andet	441.000	9,2	9,0	0,0030	0,69	0,139	0,0021
Total	3.484.000			0,0469		0,985	0,0312

Danmarks årlige forbrugsbaserede drivhusgasudledning er i Energistyrelsens globale afrapportering (Energistyrelsen, 2023) fremskrevet til at være ca. 53 mio. ton CO₂-ækv i 2025. Den beregnede klimapåvirkning for den del af nybyggeriet, der er omfattet af kravet til grænseværdien, er for modulerne A1-3 (upfront) opgjort til 0,985 mio. tons CO₂-ækv. pr. år og vil dermed udgøre ca. 1,9% af den samlede klimapåvirkning. Besparelsen upfront, der opnås ved indførelsen af det skærpede grænseværdier jf. Tabel 5 på 9,90 kg CO₂-ækv/m² pr. år i

forhold til 2023 kravet på 12 kg CO₂-ækv/m² pr. år, er beregnet til 0,0469 mio. tons CO₂-ækv. pr. år svarende til en reduktion af nybyggeriets klimapåvirkning med ca. 3,2% og ca. 0,06% af den samlede danske globale klimapåvirkning i 2025.

Supplerende er der lavet en tilsvarende potentialeberegning, hvor grænseværdierne for hver enkelte bygningsanvendelseskategori jf. Tabel 7 er brugt. Klimapåvirkningen reduceres i det tilfælde med 0,0348 mio. CO₂-ækv. pr. år svarende til en reduktion af nybyggeriets klimapåvirkning med ca. 3,5% og ca. 0,07% af den samlede danske globale klimapåvirkning. Differentierede krav til bygningernes klimapåvirkninger giver dermed en samlet reduktion, der er mindre end ved én grænseværdi, om end forskellen er marginal.

Tabel 9 viser resultaterne for potentialeberegninger med reducerede grænseværdier i spring af -1 kg CO₂-ækv/m² pr. år. Det ses, at potentialet stiger markant for hver 1 kg CO₂-ækv/m² pr. år grænseværdien reduceres med, idet flere og flere byggerier vil blive påvirket af kravet. Potentialeberegningen medtager ikke effekten af en eventuel påvirkning af det byggeri, der ligger lavere end grænseværdien og som indirekte kunne påvirkes til en reduktion af deres GWP yderligere. Supplerende er der også lavet en beregning af potentialet ved en grænseværdi på 9 kg CO₂-ækv/m² pr. år for boliger og 10 kg CO₂-ækv/m² pr. år for andet byggeri.

Tabel 9. Potentialeberegning for reduktion af klimapåvirkning ved indførelsen af forskellige scenarier for skærpede grænseværdier i 2025.

Grænseværdier [kg CO ₂ -ækv/m ² pr. år]	10	9/10*	9	8	7	6	5
Besparesespotentiale over 50 år [Mio. tons CO ₂ -ækv.]	0,0424	0,0767	0,1022	0,2058	0,3504	0,5170	0,6909
Besparesespotentiale Upfront (A1-3) [Mio. tons CO ₂ -ækv. pr. år]	0,0283	0,0484	0,0669	0,1326	0,2237	0,3288	0,4381
Besparelse Upfront af nybyggeriets udledning (A1-3) [%]	2,9	4,9	6,8	13,5	22,7	33,4	44,5
Procentvis besparelse af nybyggeriets klimapåvirkning ift. den samlede danske globale forbrugsbaserede udledning i 2025. (53 mio. tons CO ₂ -ækv. pr. år) [%]	0,05	0,09	0,13	0,25	0,42	0,62	0,83

* Grænseværdien er 9 kg CO₂-ækv/m² pr. år for boligbyggeri og 10 kg CO₂-ækv/m² pr. år for andet byggeri.

4.3.1 Yderligere reduktionspotentiale

Analyserne i nærværende rapport er afgrænset til kun at belyse mulige grænseværdier gældende fra 2025 baseret på et repræsentativt datagrundlag og den politiske aftale om, at 1/3 af nybyggeriet skal præstere bedre end aktuelt. Det falder udenfor rapportens formål at beregne potentielle reduktioner ved at anvende fx klimapåvirkningsreducerende materialer eller ved at ændre byggeskik. I Bilag 9 undersøges dog to supplerende scenarier. Det første scenarie undersøger reduktionspotentialet ved valg af klimapåvirkningsreducerede alternativer for standard byggevarer/-materialer, hvor der ikke ændres i byggeskikken. Det andet scenarie kigger på mulige reduktioner baseret på erfaringer fra best practice boligbyggeri.

5 Betydende forhold for klimapåvirkningen

I dette kapitel præsenteres analyseresultater af betydende forhold for klimapåvirkningen i forhold til henholdsvis bygningsdele og udformning og for livscyklusmoduler. Kapitlets indhold giver derfor indsigt i betydende forhold for klimapåvirkningen for de forskellige bygningsanvendelser, der indgår i bygningsdatagrundlaget.

5.1 Bygningsdele og udformning

5.1.1 Bygningsdele

Figur 26 viser fordelinger over klimapåvirkningen fra bygningsdele indenfor hver bygningsanvendelse.

Klimapåvirkningen fra bygningsdele er i nogle tilfælde sammenlagt i grupper. Dette gælder 'Installationer og el', hvor tekniske installationer for afløb, vand, varme, ventilation og køl, solceller og elevatorer er lagt sammen. I klimapåvirkningen fra bygningsdel 'Andet' samles garager og yderligere areal (jf. BR18), søjler og bjælker, trapper og ramper. I Bilag 8 er der givet mere detaljerede fordelinger af klimapåvirkningen fra bygningsdele på tværs af bygningsanvendelser.

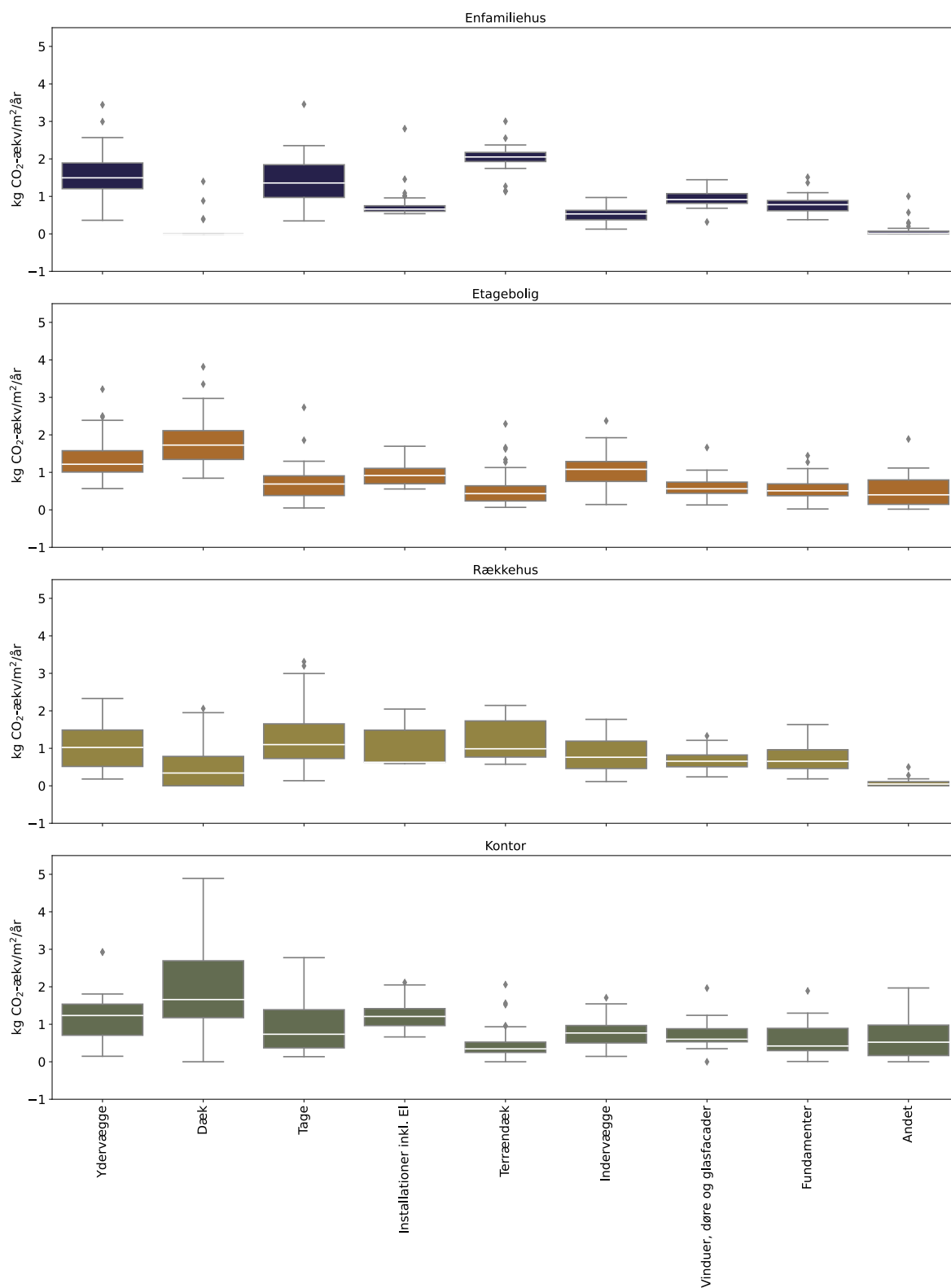
Det fremgår af graferne i Figur 26, at spredningen og symmetrien for boksplot af klimapåvirkningen fra bygningsdele varierer på tværs af bygningsanvendelserne. Derudover, fremgår det af grafen, at det ikke nødvendigvis er de samme bygningsdele, som bidrager mest til den samlede klimapåvirkning fra bygningsdele. For Enfamiliehus og Etagebolig, er boksplot generelt symmetriske og viser en mindre variation i resultaterne. Dette kan både skyldes, at antallet af bygninger i Enfamiliehus og Etagebolig er bedre repræsenteret i bygningsdatagrundlaget sammenlignet med fx Undervisning. Derudover, kan det skyldes, at bygningernes udformning generelt er ens i de to kategorier. For Rækkehus er spredningen større sammenlignet med Enfamiliehus og Etagebolig, hvilket kan skyldes, at der er færre rækkehuse i datagrundlaget. Selvom der indgår mange eksempler på kontorbygninger i Kontor, ses der dog større variationer i klimapåvirkning fra bygningsdele især for Dæk og Tage. Dette kan skyldes, at kontorbygninger varierer mere i udformning og materialesammensætning sammenholdt med boligbyggeri. For de øvrige fire bygningsanvendelser ses større spredning i bygningsdelenes klimapåvirkning, eftersom der indgår henholdsvis 7, 6, 8 og 8 case-bygninger i kategorierne.

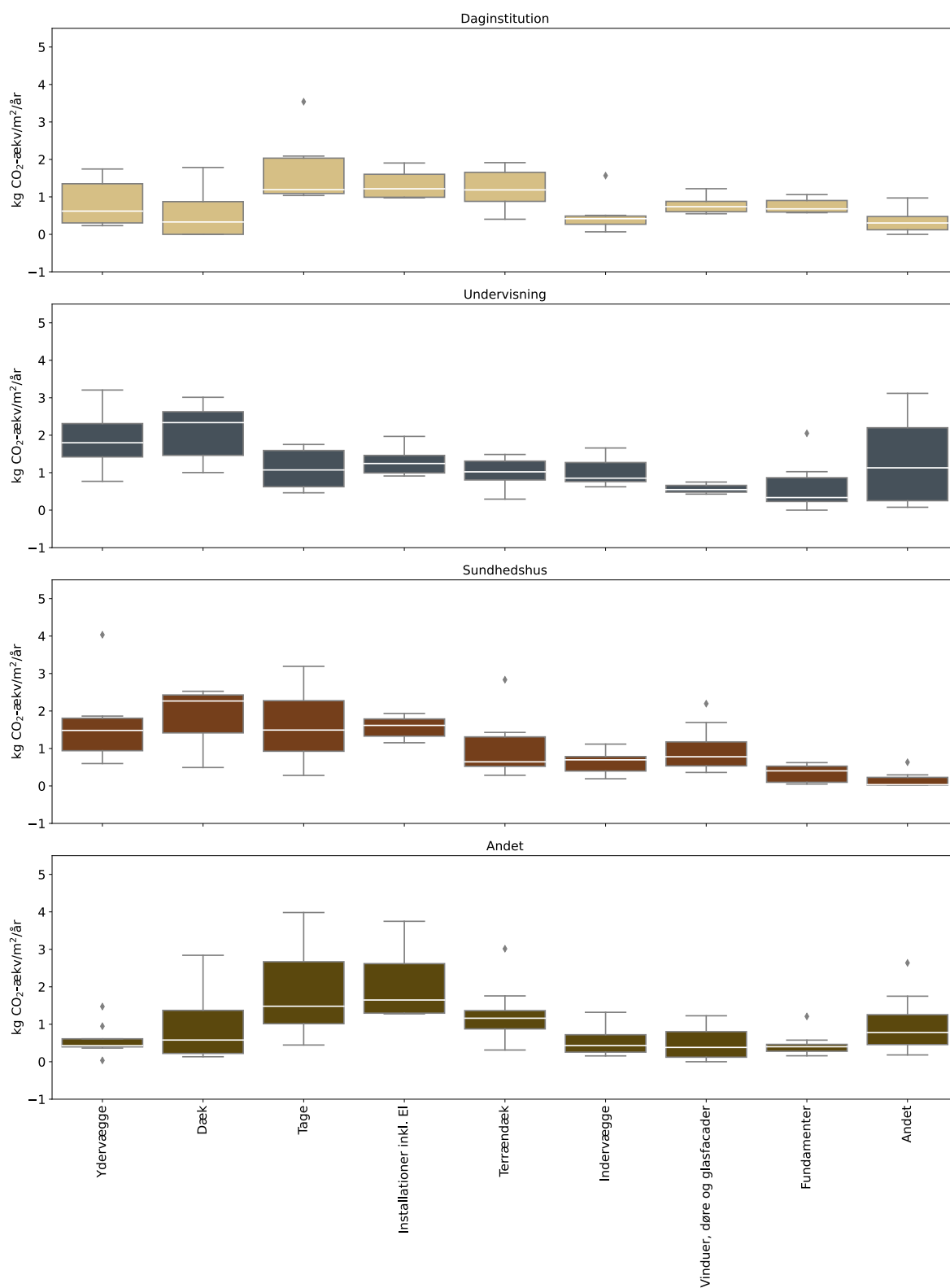
Ser man på medianen for de forskellige bygningsdele, er det tydeligt, at det typisk er terrændæk, ydervægge, tage og etagedæk, som bidrager mest på tværs af bygningsanvendelserne. Bidraget fra Dæk er dog generelt større end fx terrændækket, som til gengæld bidrager mest for Enfamiliehus. Bidraget fra Vinduer, døre og glasfacader for boligbyggerier er forholdsvis ens, hvor det for Kontor, Daginstitution, Undervisning, Sundhedshus og Andet

varierer mere. Bidraget for Fundamenter og Indervægge tilnærmer sig hinanden på tværs af bygningsanvendelserne. Boksplottets spredning for Fundamenter og Indervægge for enfamiliehuse er til gengæld smallere sammenlignet med de øvrige bygningsdele, hvilket indikerer, at der er mindre variationer i fundamenter for enfamiliehuse.

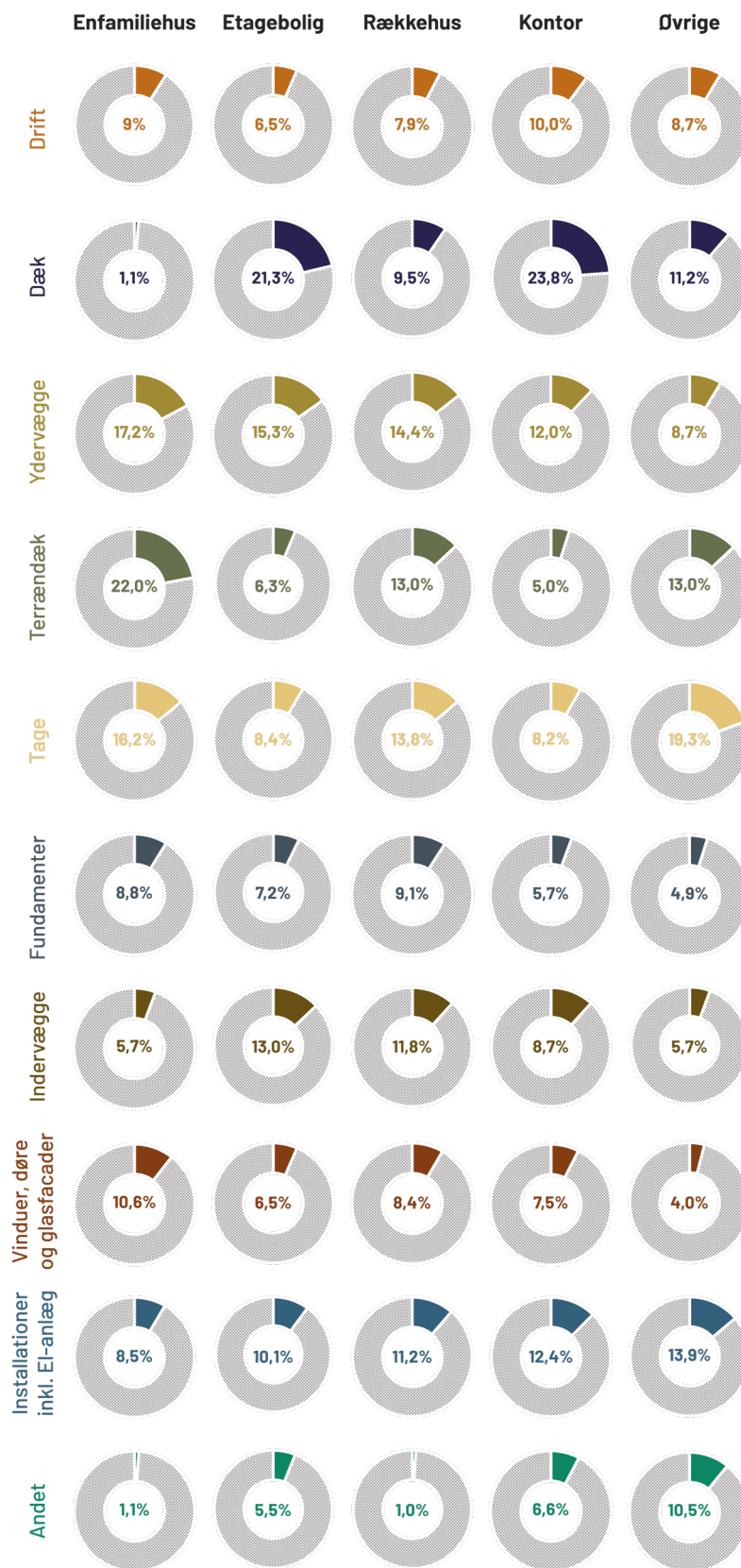
Selvom der er benyttet standardværdier for tekniske installationer, opstår der spredninger i klimapåvirkninger fra henholdsvis installationer og el. Spredningen for tekniske installationer opstår når det opvarmede areal for bygningen, er forskellig fra referencearealet, når standardværdier benyttes til at bestemme klimapåvirkning fra henholdsvis vand, afløb, varme, ventilation og køl. For case-bygninger hvor det opvarmede areal er det samme som referencearealet, vil klimapåvirkningen fra tekniske installationer på baggrund af standardværdier være den samme. Derudover indgår el-anlæg som solceller og elevatorer i denne opgørelse. Bidraget fra bygningsdelen 'Andet' skyldes primært søjler og bjælker (se Bilag 8) og varierer en del på tværs af bygningsanvendelser.

Det er vigtigt at understrege, at sammenligning af bygningsdele på denne måde kan være misvisende. Antallet af case-bygninger medregnet i de enkelte boksplot varierer, da ikke alle bygningsdele vil indgå i alle bygninger fx solceller, trapper, og så videre. Der kan også være usikkerheder i resultaterne som følge af, hvordan livscyklusvurderingerne er indtastet i LCAbyg. I nogle modeller har man fx valgt at samle terrændæk, etageadskillelser og tagdæk under dækkonstruktioner inkl. gulve og lofter.





Figur 26. Klimapåvirkning fra bygningsdele (A1-3, B4, C3-4) i kg CO₂-ækv/m²/år på tværs af bygningsanvendelser over en betragtningsperiode på 50 år.



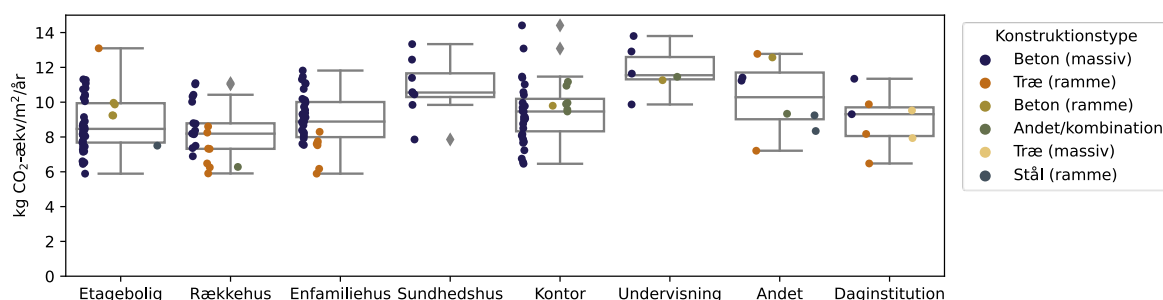
Figur 27. Procentvis bidrag fra bygningsdele for hver bygningsanvendelse ift. den samlede klimapåvirkning for den enkelte bygningsdel.

På Figur 27, er det gennemsnitlige og procentvise bidrag fra bygningsdele til den samlede klimapåvirkning vist. Dette gennemsnit er baseret på fx at udregne den samlede klimapåvirkning fra alle ydervægge for Enfamiliehus og derefter divideret med det samlede areal af Enfamiliehus og en betragtningsperiode på 50 år. De største forskelle i procentvise bidrag på tværs af bygningsanvendelser ses for bygningsdele Dæk, Terrændæk og Andet.

5.1.2 Udformning og materialevalg

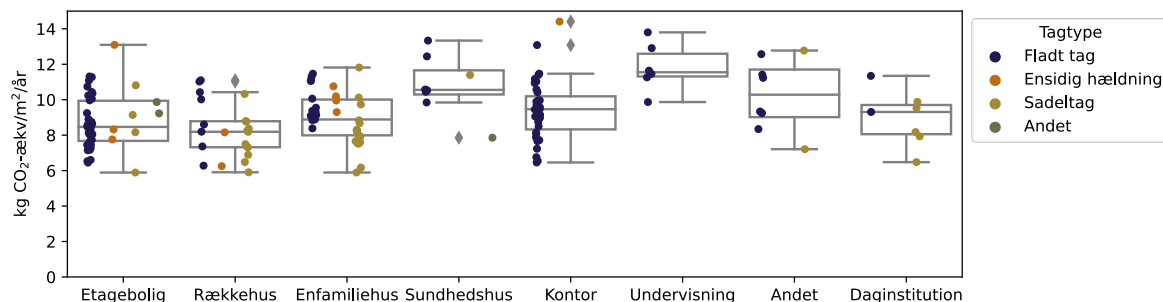
I nedenstående boksplots er den samlede klimapåvirkning for bygningsanvendelser vist. Punkterne ovenpå hvert boksplot viser, om der er forskelle i den samlede klimapåvirkning ud fra fire forskellige parametre; konstruktions og tagtype, ydervæg- og tagbeklædningsmateriale.

Det fremgår af Figur 28, at der flest tilfælde af case-bygninger med massive betonkonstruktioner, især i Etagebolig, Rækkehus, Enfamiliehus, Sundhedshus, Kontor og Undervisning, hvorfor det også primært er disse, som fordeler sig langs spredningen i boksplottene. Case-bygninger med søjle/bjælkesystem i beton ligger på medianen eller derover, og case-bygninger med søjle/bjælkesystem i træ, fordeler sig generelt lavere end case-bygninger i betonkonstruktioner. Der er dog også tilfælde med ekstremer for træbyggeri, ligesom der er eksempler, hvor case-bygninger med massive betonkonstruktioner tilnærmer sig træbyggeri.



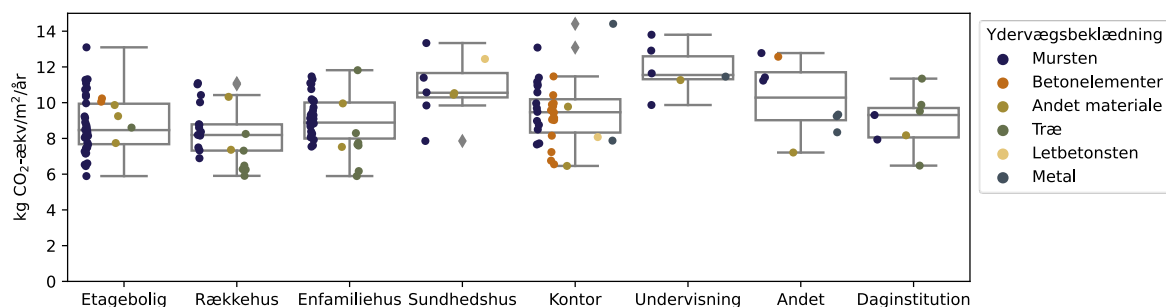
Figur 28. Boksplot over total klimapåvirkning (A1-3, B4, B6, C3-4), opgjort i kg CO₂-ækv/m²/år med betragtningsperiode på 50 år, fra case-bygninger på tværs af bygningsanvendelser. Prikker repræsenterer konstruktionstypen for de enkelte case-bygninger.

I Figur 29 er case-bygningernes tagtype optegnet, altså udformningen af tagkonstruktionen. Her er det tydeligt, at der er flest eksempler på bygninger med Fladt tag især for Etagebolig og Kontor. Enfamiliehus og Rækkehus er der flest eksempler på både Fladt tag, Ensidig hældning og Sadeltag. Der er ingen datapunkter for case-bygninger i Sundhedshus, Kontor, Undervisning, Andet og Daginstitution, som har tagkonstruktion med Ensidig hældning. Klimapåvirkningen fra case-bygninger med Fladt tag fordeler sig langs boksplottets spredning, eftersom der er flest datapunkter for denne tagtype, og dermed både repræsenterer case-bygninger med høj og lav klimapåvirkning inden for spredningen. Det samme gør sig gældende for case-bygninger med Sadeltag i Rækkehus og Enfamiliehus, dog med flere tilfælde af case-bygninger, som har lavere klimapåvirkning.



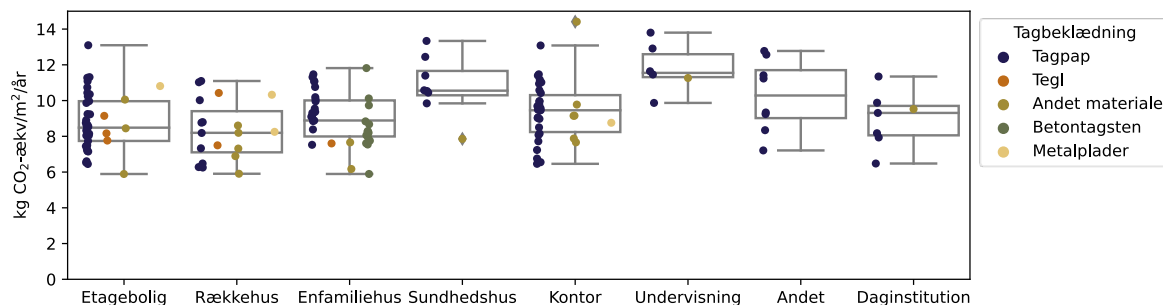
Figur 29. Boksplot over total klimapåvirkning (A1-3, B4, B6, C3-4), opgjort i kg CO₂-ækv/m²/år med betragtningsperiode på 50 år, fra case-bygninger på tværs af bygningsanvendelser. Prikker repræsenterer tagtypen for de enkelte case-bygninger.

Figur 30 viser klimapåvirkningen for case-bygninger fordelt over materialet som ydervægsbeklædning. Grafen viser overordnet set, at facadebeklædningsmaterialet ikke indikerer hverken høj eller lav klimapåvirkning. Givet fordelingen i Figur 5, er det forventet, at der indgår flest case-bygninger med mursten som ydervægsbeklædning, og dernæst træ. Case-bygninger med murstensfacade fordeler sig langs boksplottet, men med eksempler på lav og høj klimapåvirkning. Det samme gælder case-bygninger med træfacade. Grafen viser, at bygninger med træ som ydervægsbeklædning, typisk ligger under medianen. Der er dog også tilfælde, hvor den samlede klimapåvirkning for case-bygninger med træfacade tilnærmer sig den samlede klimapåvirkning for case-bygninger med murstenfacade.



Figur 30. Boksplot over total klimapåvirkning (A1-3, B4, B6, C3-4), opgjort i kg CO₂-ækv/m²/år med betragtningsperiode på 50 år, fra case-bygninger på tværs af bygningsanvendelser. Prikker repræsenterer ydervægsbeklædningen for de enkelte case-bygninger.

I Figur 31 er resultaterne vist fordelt over materialer benyttet som tagbeklædning for at kunne vurdere, om dette kan have betydning for klimapåvirkningen. Boksplottene viser ikke tydelige tendenser i retning af en samlet høj eller lav klimapåvirkning på baggrund af tagbeklædningsmaterialet. Der er flest datapunkter for case-bygninger med tagpap, og klimapåvirkningen for disse ligger langs boksplottet, og indikerer både en samlet lavere og højere klimapåvirkning end medianen. For Enfamiliehus er der flere eksempler på betontagsten, og disse bygninger ligger generelt under medianen, dog er der også case-bygninger med betontagsten som tagbeklædning, som resulterer i klimapåvirkning højere end medianen.

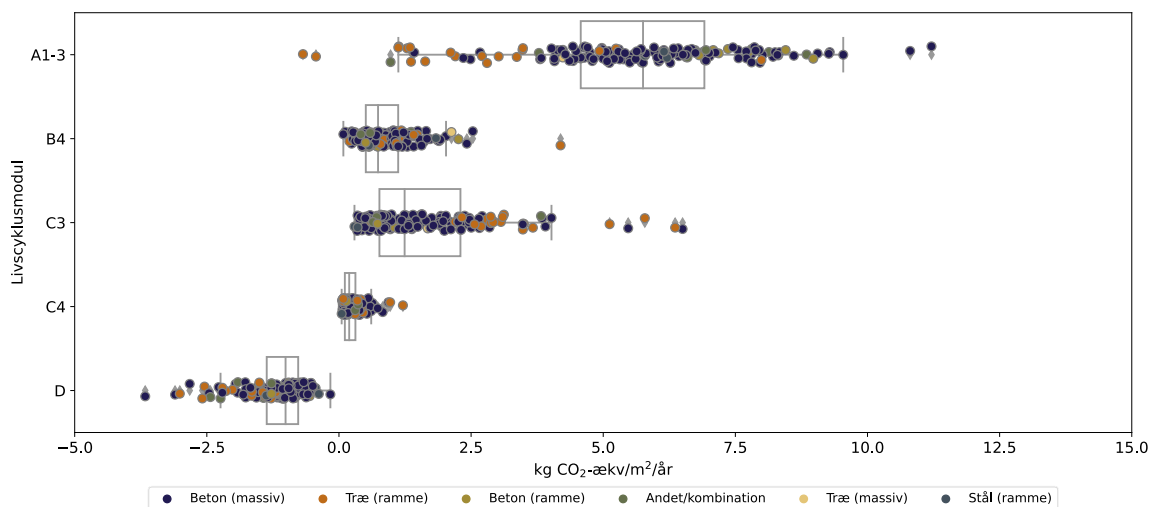


Figur 31. Boksplot over total klimapåvirkning (A1-3, B4, B6, C3-4), opgjort i kg CO₂-ækv/m²/år med betragtningsperiode på 50 år, fra case-bygninger på tværs af bygningsanvendelser. Prikker repræsenterer tagbeklædningsmaterialet for de enkelte case-bygninger.

I tillæg til de analyser, der er vist ovenfor, er der i Bilag 5, Bilag 6 og Bilag 7 udført analyser på henholdsvis p-kældres, bygningsstørrelsens og bygningshøjdens (antal etager) mulige betydning for klimapåvirkningen. Bilag 5 indikerer, at der ikke er en korrelation mellem lav klimapåvirkning, bygningens referenceareal, og om bygningen har en p-kælder. Bilag 6 viser, at der ikke er en entydig sammenhæng mellem bygningernes størrelse og klimapåvirkningen. Og Bilag 7 viser, at der ikke er stor forskel i klimapåvirkningen på tværs af antallet af etager.

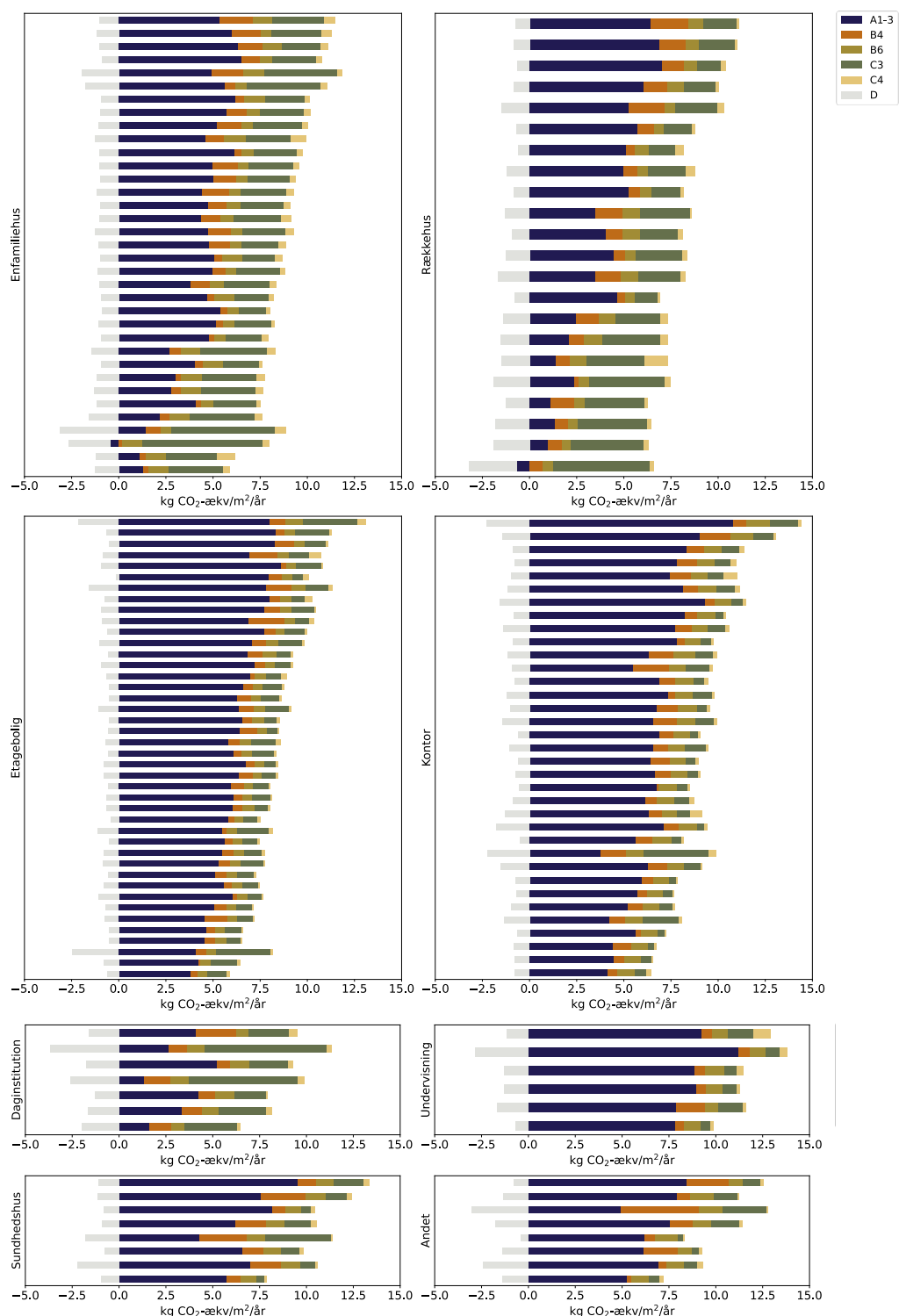
5.2 Livscyklusmoduler

I Figur 32 er det undersøgt, hvor i livscyklusen klimapåvirkningerne primært ligger for de indlejrede påvirkninger, det vil sige livscyklusmoduler A1-3, B4, C3, C4 og D. Figuren viser, at de største bidrag stammer fra moduler A1-3 og C3. Medianværdien for A1-3 er positiv, dog fremgår det af boksplottet, at væsentligt lavere og endda negative værdier forekommer. Dette skyldes -1/+1 metoden for biogene materialer, hvor biogent carbon optaget under væksten giver negative værdier i moduler A1-3 og frigives først i C3. For bygninger hvor andelen af biogene materialer er høj, kan bidraget i moduler A1-3 på denne måde blive negativ. Til gengæld vil klimapåvirkningen stige og resultere i værdier større end 0, når biogent carbon frigives i C3. Dette er illustreret i figuren nedenfor, hvor konstruktionstypen er vist for hver bygning. Biogent optag og frigivelse ses tydeligt for bygninger med træ. Derudover viser figuren også, at massive betonkonstruktioner dominerer resultaterne i boksplottet, eftersom der er flest bygninger, med massive betonkonstruktioner fx sandwichplader.



Figur 32. Klimapåvirkningen fordelt over livscyklusmoduler A1-3, B4, C3, C4 og D i kg CO₂-ækv/m²/år for 163 case-bygninger med betragtningsperiode på 50 år.

I nedenstående søjlediagrammer er klimapåvirkningen fra livscyklusmodulerne vist indenfor hver bygningsanvendelse og for hver case-bygning (Figur 33). Ligesom i Figur 32, hvor det ses, at bidraget fra moduler A1-3 (upfront embodied carbon) er størst. I gennemsnit er bidraget 60% til hele den samlede klimapåvirkning (A1-3, B4, B6, C3-4) for alle 163 case-bygninger. Selvom der indgår træbygninger i bygningsdatagrundlaget, er der kun to ud af 163 case-bygninger, som resulterer i, at bidraget fra moduler A1-3 er negativt. Dernæst fremgår det af grafen, at klimapåvirkningen fra affaldsbehandling i modul C3 bidrager med næstmest efter moduler A1-3. Det gennemsnitlige bidrag til den samlede klimapåvirkning er 19%. Klimapåvirkningen fra modul B4 varierer på tværs af case-bygningerne, eftersom materialer, som udskiftes kan variere, fx hvis bygningen har tagpap som tagbeklædning eller solceller, så vil udskiftningen af disse indgå. Normalt vil klimapåvirkning som følge af udskiftning af tekniske installationer også indgå i modul B4, men eftersom der i denne rapport anvendes standardværdier for tekniske installationer, er klimapåvirkning fordelt ud på moduler A1-3, C3 og C4 (Buhl, 2022), (Teknologisk Institut & SWECO, 2022). I gennemsnit er bidraget fra modul B4 ca. 9% af den samlede klimapåvirkning. Klimapåvirkning fra bortskaffelsen af byggevarer og materialer i modul C4 bidrager væsentligt mindre generelt i forhold til de øvrige livscyklusmoduler. Her er det gennemsnitlige bidrag 3% til den samlede klimapåvirkning. Potentielle klimamæssige gevinster som følge af genbrug, genanvendelse og anden nyttiggørelse af byggevarer og materialer er vist i modul D, men er ikke medregnet i resultater for den total klimapåvirkning jf. BR18 § 298, stk. 2.



Figur 33. Livscyklusmoduler A1-3 B4, B6, C3, C4 og D opgjort i kg CO₂-ækv/m²/år med betragtningsperiode på 50 år, for alle 163 case-bygninger opdelt i bygningsanvendelser.

6 Økonomiske konsekvenser

I dette kapitel estimeres omkostningerne ved at ændre krav i Bygningsreglementet, der medfører:

- Skærpelse af grænseværdi for nye bygninger over 1.000 m² omfattet af energirammen
- Indførelse af grænseværdi for nye bygninger under 1.000 m² omfattet af energirammen

Omkostninger er bestemt under forudsætning af, at grænseværdien til bygningers klimapåvirkning fastsættes, så den medfører behov for optimering af en ikke uvæsentlig andel af bygningerne i nybyggeriet, men hvor bygningerne stadig kan udføres med de samme konstruktions- og materialetyper. Det vil fx gælde, hvis det politiske mål, om at der skal ske optimering i 1/3 af bygningerne, kan opfyldes, uden at der skal ske ændring af sædvanlig byggeskik og materialevalg. Eventuelle omkostninger til skift af byggeskik og materialevalg, som kan påvirke bygningernes funktionalitet og robusthed, er således ikke en del af de beregnede omkostninger. Erfaringsmæssigt kan der være risiko for meget store og uoverskuelige følgeomkostninger ved at vælge løsninger til byggeri, der ikke er længerevarende erfaring med.

De estimerede omkostninger omfatter alene omkostninger, der er en direkte følge af ændringer af kravene, som skal træde i kraft i 2025. Eventuelle frivillige tiltag, som kravene måtte motivere til, eller som er med i de krav, der er planlagt indført senere end 2025, er ikke en del af de estimerede omkostninger i dette kapitel.

6.1 Nybyggeriet

Omkostningerne er estimeret på baggrund af nybyggeriet i 6 års perioden 2015-2020, som det fremgår af registreringerne i BBR. Perioden er fastholdt fra den økonomiske konsekvensberegning ved indførelsen af kravene i 2023. Perioden blev valgt under hensyn til muligheden for at kunne sammenholde data fra BBR med data i Statistikbanken, som skiller i 2015, samt at der går noget tid fra bygningerne er taget i brug, til data for dem er inde i BBR. Byggeaktiviteten i perioden 2015-2020 er højere end i den forudgående 5-års periode, men lavere end i forbindelse med boomet op til finanskrisen i 2009. Den fremtidige byggeaktivitet forventes generelt at blive på niveau med byggeaktiviteten i perioden 2015-2020.

Nybyggeriet fordelt på bygningernes anvendelse er vist i Tabel 10, og nybyggeriet fordelt på ejerskab er vist i Tabel 11.

Tabel 10. Nybyggeriet 2015-2020 fordelt på bygningernes anvendelse. Gennemsnit pr. år for opvarmede bygninger.

Anvendelse			Antal		Opvarmet etageareal, m ²		Gennemsnitsstørrelse, m ²	
	Kode	Underkoder	Samlet	>= 1000 m ²	Samlet	>= 1000 m ²	Samlet	>= 1000 m ²
Stuehuse	110	110	214	0	50.000	0	232	-
Parcelhuse	120	120	4.855	0	855.000	0	176	-
Rækkehuse	130	130-132	4.671	0	484.000	0	104	-
Etageboliger	140	140	426	220	853.000	745.000	524	3.380
Kollegier	150	150	16	6	32.000	29.000	349	4.470
Døgninstitutioner	160	160	47	14	55.000	47.000	243	3.180
Andre helårsboliger	190	190	27	0	3.000	0	95	-
Produktionsbygninger	220	220-229	91	37	128.000	107.000	385	2.910
Kontor og handel	320	320-322, 324, 329	244	99	434.000	393.000	280	3.960
Lager	323	323	77	39	200.000	182.000	472	4.650
Hotel og service	330	330-339	64	5	28.000	18.000	172	3.250
Kultur	410	410-419	38	4	35.000	26.000	274	5.370
Undervisning	420	420-429	79	25	138.000	120.000	326	4.790
Sundhed	430	430-439	18	9	86.000	83.000	364	8.740
Daginstitutioner	440	440-442	40	8	25.000	14.000	350	1.690
Kaserne, asyl, fængsel	490	443-449, 490	14	4	13.000	10.000	260	2.900
Ferie	520	520-529	65	1	5.000	1.000	59	1.390
Idræt	530	530-533, 539, 590	85	16	60.000	46.000	200	2.810
Sum			11.071	487	3.484.000	1.821.000		

Tabel 11. Nybyggeriet 2015-2020 fordelt på ejerskab. Gennemsnit pr. år for opvarmede bygninger.

Ejer			Antal		Opvarmet etageareal, m ²		Gennemsnitsstørrelse, m ²	
	Kode	Bemærkning	Samlet	>= 1000 m ²	Samlet	>= 1000 m ²	Samlet	>= 1000 m ²
Privatperson	10	Inkl. interessentskaber	6.426	21	1.108.000	61.000	164	2.890
Almennyttig	20	Boligselskaber	744	37	181.000	92.000	126	2.500
Selskab	30	Aktie-, anpart mv.	3.120	262	1.328.000	932.000	139	3.550
Forening	40	Inkl. legat og selvejende.	200	40	167.000	130.000	229	3.260
Andelsbolig	41	Privat boligforening	19	0	3.000	1.000	106	2.770
Kommune	50, 60		239	34	146.000	105.000	200	3.090
Region	70		28	8	82.000	80.000	135	9.740
Staten	80		25	7	39.000	35.000	252	4.970
Andet	90, 99	Moderejend. for ejerlejl. flere ejerkategorier mv.	272	81	428.000	386.000	217	4.770
Sum			11.073	490	3.482.000	1.822.000		

Tabel 12. Opgørelse af række-, kæde- og dobbelthuse i BBR og Statistikbanken.

Anvendelse	Kode	Registreringer	Lejligheder	Boliger
Række-, kæde- og dobbelthuse	130	658	873	913
Række- og kædehuse	131	2.024	2.712	2.920
Dobelthuse	132	656	788	838
Sum		3.337	4.373	4.671

Anvendelseskategorien benævnt Rækkehuse omfatter alle typer sammenbyggede enfamiliehuse herunder række-, kæde- eller klyngehuse samt dobbelthuse. Der er en særlig udfordring ved opgørelsen af antal bygninger i rækkehusbyggeriet, da hver boligenhed per definition er en bygning, se Tabel 12. BBR-koden 130 blev oprindeligt anvendt til at registrere alle typer sammenbyggede enfamiliehuse. Den forekommer oftest først i opgørelsesperioden, men afløses sidst i opgørelsesperioden næsten helt af de mere specifikke BBR-koder 131 for række- og kædehuse samt BBR-kode 132 for dobbelthuse. Problemet er, at antallet af lejligheder registeret i BBR, som tidligere har været anvendt ved opgørelse af antal bygninger i rækkehusbyggeriet, ikke stemmer med antallet af boliger. I det følgende anvendes antallet af boliger som mål for antallet af bygninger i rækkehusbyggeriet.

Ved brug af adresser og geolokations-koordinater på bygningerne i BBR er det opgjort, hvor mange ens bygninger, som indgår i samme bebyggelse. Kun bygninger med samme tag- og ydervægsmateriale, samme opvarmning, og samme ejer-kategori samt ibrugtaget i samme kalenderår anses for at være ens.

Række-, kæde- og dobbelthusene indgår i stor udstrækning i sammenhængende bebyggelser med ens huse. For dobbelthusene (BBR-kode 132) er der i gennemsnit 11 ens huse pr. bebyggelse, mens der er 24 ens huse i række- eller kædehusbebyggelserne (BBR-kode 131). For BBR-kode 130 drejer det sig om 15 ens huse pr. bebyggelse. I gennemsnit for de tre BBR-koder er der 19 ens huse pr. bebyggelse.

I nogle af de andre anvendelseskategorier er der også bebyggelser med flere ens bygninger pr. bebyggelse. Det drejer sig primært om enfamiliehuse, mindre etageboliger og bygninger til ferie-formål.

6.2 Omkostning ved livscyklusvurderinger

Omkostningerne ved at udføre LCA for at dokumentere kg CO₂-ækv/m² pr. år for nye bygninger er estimeret i notatet "Omkostninger ved krav i Bygningsreglementet til klimapåvirkning fra nye bygninger" (se Bilag 13), og det vurderes at den ikke vil være ændret væsentligt.

6.3 Omkostning ved overholdelse af krav til klimapåvirkning

Omkostninger opgjort her omfatter alene den forøgelse af omkostningerne, som er en følge af stramningen af kravet og udvidelsen af kravet til også at omfatte bygninger under 1.000 m². Ved denne stramning af kravene består omkostningerne alene af ekstra projektering ved optimering af bygningen og eventuelt valg af materialer af samme type fremstillet med lavere klimapåvirkning, fx beton med den nye type cement og storhulsteglsten, som

det ikke koster ekstra at indkøbe. Ved opgørelsen af omkostningerne er det derfor antaget, at det ikke forøger omkostningerne, at kravet til bygninger over 1.000 m² strammes. Der er desuden taget hensyn til, at byggebranchen har fået større erfaring med LCA'er af bygninger gennem opfyldelse af kravet til, at der skal laves beregninger for alt nybyggeri omfattet af energirammen, som blev indført i januar 2023. Der er også taget hensyn til, at de nye krav forventes indført i 3. år af opgørelsesperioden jf. den politiske aftale. Der er således ingen omkostninger i de første 2 år. Metoden til opgørelse af omkostningerne er i øvrigt helt som ved opgørelsen af omkostningerne til kravene indført i 2023 (se Bilag 13).

De ekstra projekteringsomkostninger ved at overholde grænseværdien for nye bygninger, hvor der er et problem med det, er vurderet til i gennemsnit at være det samme som omkostningerne til at udarbejde LCA'er for disse bygninger. Det er desuden vurderet, at der kan være et problem med overholdelse af grænseværdien i 50% af bygningerne, som der skal bruges tid på. De 50% er fastsat ud fra en betragtning om, at ca. 33% af bygningerne som udgangspunkt vil have en klimapåvirkning, der er højere end grænseværdien. Derudover er der en række bygninger, som i den første beregning er så tæt på grænseværdien, at man er nødt til at skabe frirum til eventuelle ændringer i projektet og det specifikke produktvalg under udførelsen. Det er antaget, at behovet for at bruge tid på et problem med overholdelse af grænseværdien ikke afhænger af bygningens anvendelse, da der ikke på nuværende tidspunkt er tilstrækkeligt datagrundlag til at vurdere eventuelle forskelle. Omkostningen er allerede indregnet for bygninger over 1.000 m², ved indførelse af kravet til disse bygninger fra 1. januar 2023. Omkostningen blev da også indregnet til 50%, fordi det var helt nyt overhovedet at skulle overholde en grænseværdi, hvilket set med dagens øjne nok er for højt.

Derudover er det vurderet, at der vil være en omkostning ved at opdatere LCA'er op til færdigmelding af bygningen, som vil svare til 50% af omkostningen ved den første LCA af bygningen. Denne omkostning vil være for alle bygninger, som er omfattet af kravet, uanset om de har haft problemer med at overholde grænseværdien eller ej. Også denne omkostning er allerede indregnet for bygninger over 1.000 m², ved indførelse af kravet til disse bygninger fra 1. januar 2023.

De samlede årlige omkostninger ved, grænseværdien i 1.000 kr. ekskl. moms for de forskellige bygningsanvendelser er vist i Tabel 13. Omkostningernes fordeling på ejerkategorierne er vist i Tabel 14. Den samlede omkostning for nybyggeriet over årene er ca. 250 mio kr.

Tabel 13. Omkostninger ved overholdelse af grænseværdi i 1.000 kr. fordelt på bygningernes anvendelse.

Anvendelse	Kode	År:	1	2	3	4	5	6	7
Stuehuse	110		0	0	1.460	1.298	1.136	974	811
Parcelhuse	120		0	0	31.051	27.601	24.151	20.701	17.251
Rækkehuse	130		0	0	14.213	12.633	11.054	9.475	7.896
Etageboliger	140		0	0	3.796	3.374	2.952	2.531	2.109
Kollegier	150		0	0	176	157	137	118	98
Døgninstitutioner	160		0	0	497	442	387	331	276
Andre helårsboliger	190		0	0	376	334	293	251	209
Produktionsbygninger	220		0	0	1.530	1.360	1.190	1.020	850
Kontor og handel	320		0	0	3.539	3.146	2.752	2.359	1.966
Lager	323		0	0	1.141	1.014	887	761	634
Hotel og service	330		0	0	1.083	963	843	722	602
Kultur	410		0	0	850	755	661	566	472
Undervisning	420		0	0	1.434	1.275	1.115	956	797
Sundhed	430		0	0	227	202	176	151	126
Daginstitutioner	440		0	0	850	756	661	567	472
Kaserne, asyl, fængsel	490		0	0	240	214	187	160	134
Ferie	520		0	0	517	459	402	345	287
Idræt	530		0	0	1.415	1.258	1.101	944	786
Sum			0	0	64.395	57.241	50.085	42.932	35.776

Tabel 14. Omkostninger ved overholdelse af grænseværdi i 1.000 kr. fordelt på ejerskab.

Ejer	Kode	År:	1	2	3	4	5	6	7
Privatperson	110		0	0	38.731	34.427	30.124	25.821	21.517
Almennyttig	120		0	0	2.697	2.397	2.098	1.798	1.498
Selskab	130		0	0	15.225	13.533	11.842	10.150	8.458
Forening	140		0	0	2.575	2.289	2.003	1.717	1.431
Andelsbolig	150		0	0	73	65	56	48	40
Kommune	160		0	0	2.892	2.571	2.250	1.928	1.607
Region	190		0	0	231	205	180	154	128
Staten	220		0	0	326	289	253	217	181
Andet	320		0	0	1.645	1.462	1.280	1.097	914
Sum			0	0	64.395	57.238	50.086	42.930	35.774

6.4 Omkostningernes andel af de samlede byggeomkostninger

Omkostningernes andel i procent af de samlede byggeomkostninger er vist i Tabel 15 og Tabel 16, fordelt på henholdsvis bygningernes anvendelse og ejerskab. Der er overslagsmæssigt anvendt en byggeomkostning på 12.000 kr./m² ekskl. moms for stuehuse, parcelhuse, rækkehuse, anden helårsbolig, daginstitutioner, kaserne, asylcenter, fængsler, bygninger til feriemål og idrætsfaciliteter. For etageboliger, kollegier, døgninstitutioner, kontor, handel, kultur, undervisning, og sundhed er der overslagsmæssigt anvendt en byggeomkostning på 14.000

kr./m² ekskl. moms. For produktionsbygninger er der anvendt en byggeomkostning på 9.000 kr./m² ekskl. moms, og for lagre er der anvendt en byggeomkostning på 6.000 kr./m² ekskl. moms.

Tabel 15. Omkostninger til livscyklusvurderinger og overholdelse af grænseværdi i år 3 i procent af byggeomkostningerne fordelt på bygningernes anvendelse.

Anvendelse	Kode	Grænseværdi i 2025
Stuehuse	110	0,23
Parcelhuse	120	0,26
Rækkehuse	130	0,24
Etageboliger	140	0,03
Kollegier	150	0,04
Døgninstitutioner	160	0,06
Andre helårsboliger	190	1,11
Produktionsbygninger	220	0,13
Kontor og handel	320	0,06
Lager	323	0,09
Hotel og service	330	0,28
Kultur	410	0,17
Undervisning	420	0,09
Sundhed	430	0,02
Daginstitutioner	440	0,25
Kaserne, asyl, fængsel	490	0,16
Ferie	520	0,87
Idræt	530	0,20
Sum		0,14

Tabel 16. Omkostninger til LCA-beregning og overholdelse af CO₂ i år 3 i procent af byggeomkostningerne fordelt på ejerskab.

Ejer	Kode	Grænseværdi i 2025
Privatperson	10	0,26
Almennyttig	20	0,11
Selskab	30	0,09
Forening	40	0,12
Andelsbolig	41	0,20
Kommune	50, 60	0,15
Region	70	0,02
Staten	80	0,06
Andet	90, 99	0,03
Alle		0,14

7 Perspektivering

Denne rapport præsenterer en af flere mulige LCA-baserede grænseværdier for nybyggeriets klimapåvirkning i Danmark. Der findes i princippet to metoder til fastlæggelse af grænseværdier, henholdsvis bottom-up og top-down (Dansk Standard, 2020), (Le Den et al., 2022). Den mest gængse metode er bottom-up, som for byggeri tager udgangspunkt i klimapåvirkning fra det byggeri, der kendes, hvorefter det gradvist forsøges at reducere klimapåvirkningen baseret på nyeste viden. Det er derfor også bottom-up metoden, som grænseværdier i denne rapport er baseret på, idet der tages udgangspunkt i klimapåvirkning fra det typiske byggeri i Danmark.

Top-down metoden, er en metode, som ikke er lige så veletableret og udbredt som bottom-up metoden, til gengæld tager den udgangspunkt i det klimabudget, der er til rådighed for at opnå bestemte mål, som fx Paris-aftalen.

Sideløbende med, at byggebranchen i Danmark indhenter erfaringer med at overholde krav til bygningers klimapåvirkning i Bygningsreglementet, forskes der, både nationalt og internationalt, i at forbedre top-down metoden med udgangspunkt i planetære grænser og Paris-aftalens klimabudget (Andersen et al., 2020), (Habert et al., 2020). Nye studier viser, at der er en stor forskel på, hvor byggeriets klimapåvirkning ligger i dag, i forhold til hvor det bør ligge, hvis nationale og internationale klimaaftaler skal overholdes.

Horup mfl. (2023) har nedskaleret det resterende globale klimabudget, der er til rådighed for at opnå Paris-aftalen, til det danske nybyggeri, hvilket viser, at det nuværende krav til bygningers klimapåvirkning på henholdsvis 12 og 8 kg CO₂-ækv/m²/år i Bygningsreglementet overskrider klimabudgettet, som kan tilskrives nybyggeriets upfront udledning (moduler A1-3). Studiet viser i øvrigt, hvordan klimamål (targets) bør sættes, således at disse følger IPCCs reduktionskurver. Formået dette ikke, risikeres det, at klimabudgettet vil blive strammere for hvert år, hvormed byggebranchen vil blive nødt til at foretage markante og drastiske reduktioner, for at bidrage til overholdelsen af Paris-aftalen. Det fremgår desuden af et europæisk studie udført omkring målværdier for bygningers klimapåvirkning, at det er yderst vigtigt at mindske det performance-gap, der er mellem bottom-up og top-down grænseværdier (Tozan et al., 2022), for at sikre at klimamål realiseres.

Det er tydeliggjort i nærværende rapport, at der i Danmark opføres flest kvadratmeter boligbyggeri, hvorfor boligbyggeri bidrager mere til klimapåvirkning fra nybyggeri. Aktører i branchen har udviklet Reduction Roadmap (EFFEKT, MOE, 2022), som viser reduktionskurver for boligbyggeri i Danmark i perioden 2020 til 2029, baseret på det resterende globale klimabudget i forhold til at nå Paris-aftalens målsætninger. Disse beregninger viser, at klimapåvirkninger for nyopført boligbyggeri i Danmark, bør reduceres fra 9,63 kg CO₂/m²/år i 2020 til 0,4 kg CO₂/m²/år i 2029 ved valg af det mest sikre scenarie (83% sandsynlighedsscenario). I Bilag 9 vises der eksempler på realiserede boligbyggerier i Danmark med betydeligt lavere klimapåvirkning end det typiske boligbyggeri, der indgår i bygningsdatagrundlaget i nærværende rapport.

8 Referencer

- Andersen, C. E., Garnow, A., Sørensen, C. G., Hoxha, E., Rasmussen, F. N., & Birgisdóttir, H. (2023). *BUILD rapport 2023:10 – Klimapåvirkning fra: 45 Træbyggerier*. Sydhavnen: BUILD, AAU.
- Andersen, C. E., Ohms, P., Rasmussen, F. N., Birgisdóttir, H., Birkved, M., Hauschild, M., & Ryberg, M. (2020). Assessment of absolute environmental sustainability in the built environment. *Building and Environment*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132319308467>
- Berwyn, B. (July 2023). June Extremes Suggest Parts of the Climate System Are Reaching Tipping Points. *Inside Climate News*. <https://insideclimatenews.org/news/04072023/june-extremes-climate-tipping-points/>
- Bolig- og Planstyrelsen. (2022). *BEK nr 1464 af 28/11/2022*. Bolig- og Planstyrelsen.
- Buhl, J. D. (2022). *Oplæg til defaultværdier for installationer – etageboliger, kontorbyggerier, skoler og daginstitutioner*. MOE A/S.
- BUILD, AAU. (2023). *LCByg 5 – version 5.3.1.0*. LCByg: <https://www.lcabyg.dk/dal/>
- CEN/TC 350. (2012). *EN 15978:2012 Bæredygtighed inden for byggeri og anlæg – Vurdering af bygningers miljømæssige kvalitet – Beregningsmetode*. CEN/TC.
- Danmarks Statistik. (2023). *Statistikbanken*. <https://www.statistikbanken.dk/>
- Dansk Standard. (2020). *DS/ISO 21678:2020 Bæredygtighed ved byggeri og anlægsarbejder – Indikatorer og benchmarks – Principper, krav og retningslinjer*. Dansk Standard.
- DMI. (April 2023). *El Niño kan påvirke verdensvejret fra sommer og flere år frem*. <https://www.dmi.dk/nyheder/2023/el-nino-kan-paavirke-verdensvejret-fra-sommer-og-flere-aar-frem/>
- EFFEKT, MOE. (September 2022). *Reduction Roadmap*. Reduction Roadmap: <https://reductionroadmap.dk/>
- Energistyrelsen. (2022). *Klimastatus og fremskrivning 2022*. Klimastatus og fremskrivning 2022: <https://ens.dk/service/fremskrivninger-analyser-modeller/klimastatus-og-fremskrivning-2022>
- Energistyrelsen. (2023). *Danmarks globale klimapåvirkning – Global afrapportering*.
- Energistyrelsen. (2023). *Klimastatus og -fremskrivning 2023*. Energistyrelsen.
- Garnow, A., Tozan, B., Nielsen, H. L., Stranddorf, L. K., Tsang, K. S., Andersen, C. E., Sørensen, C. G., & Birgisdóttir, H. (2023). *BUILD rapport 2023:13 – Boligbyggeri fra 4 til 1 planet: 25 Best Practice Cases*. Sydhavnen: BUILD, AAU.
- Habert, G., Röck, M., Steininger, K., Lupisek, A., Birgisdóttir, H., Desing, H., Chandrakumar, C., Pittau, F., Passer, A., Rovers, R., Slavkovic, K., Hollberg, A., Hoxha, E., Jusselme, T., Nault, E., Allacker, K., & Lützkendorf, T. (2020). Carbon budgets for buildings: harmonising temporal, spatial and sectoral dimensions. *Buildings and Cities*. <https://doi.org/https://doi.org/10.5334/bc.47>
- Haugbølle, K., Mahdi, V., Morelli, M., & Wahedi, H. (2021b). *BUILD 2021:32 – BUILD levetidstabel – Version 2021*. Sydhavnen: BUILD, AAU.

- Heide, M., Katarzyna, D. M., & Hauschild, Z. M. (2023). Absolute sustainable CO₂-limits for buildings should reflect their function. A case study of four building typologies. *Developments in the Built Environment*.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666165923000571?via%3Dihub>
- Horup, L. H., Birgisdóttir, H., & Ryberg, M. W. (15. Februar 2023). Defining dynamic science-based climate change budgets for countries and absolute sustainable building targets. *Building and Environment*.
- Horup, L. H., Steinmann, J., Le Den, X., Röck, M., Sørensen, A., Tozan, B., & Birgisdóttir, H. (2022). *Towards embodied carbon benchmarks for buildings in Europe - #3 Defining budget-based targets: A top-down approach*. Zenodo.
- Indenrigs- og Boligministeriet. (2021). *National strategi for bæredygtigt byggeri*. Indenrigs- og Boligministeriet.
- IPCC. (2023). *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Geneva: The Intergovernmental Panel on Climate Change, World Meteorological Organization.
- Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet. (13. 12 2021). *LBK nr 2580 af 13/12/2021 - Bekendtgørelse af lov om klima*. Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet. Retsinformation:
<https://www.retsinformation.dk/eli/lt/2021/2580>
- Klimapartnerskabet for bygge- og anlægssektoren. (2020). *Anbefalinger til regeringen fra Klimapartnerskabet for bygge- og anlægssektoren*.
- Kragh, J., & Birgisdóttir, H. (2023). *Udvikling af dansk generisk LCA data*. BUILD, AAU.
- Le Den, X., Steinmann, J., Röck, M., Birgisdóttir, H., Horup, L. H., Tozan, B., & Sørensen, A. (2022). *Towards embodied carbon benchmarks for buildings in Europe - Summary report*.
- Nature. (December 2022). *Global warming overshoots increase risks of climate tipping cascades in a network model*. Nature Climate Change: <https://www.nature.com/articles/s41558-022-01545-9>
- Nielsen, L. H., Tozan, B., Birgisdóttir, H., & Wittchen, K. (2022). *CO₂-krav og særlige bygningsforudsætninger - Udformning af model til beregning af overskridelse af grænseværdi ved øget klimapåvirkning grundet særlige bygningsforudsætninger*. BUILD, AAU.
- Regeringens Klimapartnerskaber. (2020). *Anbefalinger til regeringen fra Klimapartnerskabet for bygge- og anlægssektoren*.
- Sørensen, M. N., Højbye, L., & Enersen Maagaard, S. (2023). *Emissionsfaktorer for el, fjernvarme og ledningsgas for 2025-2075*. Artelia A/S.
- Stockholm University. (August 2023). *Planetary boundaries*. Stockholm Resilience Centre:
<https://www.stockholmresilience.org/research/planetary-boundaries.html>
- Teknologisk Institut & SWECO. (2022). *Oplæg til defaultværdier for installationer - enfamiliehuse, rækkehuse*. Teknologisk Institut & SWECO.
- Tozan, B., Birgisdóttir, H., Steinmann, J., Le Den, X., Horup, L. H., Sørensen, A., & Röck, M. (2022). Towards embodied carbon benchmarks for buildings in Europe - #4 Bridging the performance gap: A Performance framework. *Zenodo*. <https://doi.org/https://doi.org/10.5281/zenodo.6120874>
- Tozan, B., Jørgensen, E. B., & Birgisdóttir, H. (2021). *BUILD Rapport 2021:13 Klimapåvirkning fra 60 bygninger - Opdaterede værdier baseret på nyere data og danske branche EPD'er*. Sydhavnen.

United Nations. (2015). *Paris Agreement*. United Nations.

https://treaties.un.org/pages/ViewDetails.aspx?src=TREATY&mtdsg_no=XXVII-7-d&chapter=27&clang=_en

Zimmermann, R. K., Andersen, E. C., Kanafani, K., & Birgisdóttir, H. (2020). *SBI 2020:04 - Klimapåvirkning fra 60 bygninger*. Sydhavnen: BUILD, AAU.

Bilag 1 Foreløbige standardværdier for installationer

I Bygningsreglementet bilag 2 tabel 7 angives standardværdier for tekniske installationer med miljødata på EN15804:2012+A1:2013.

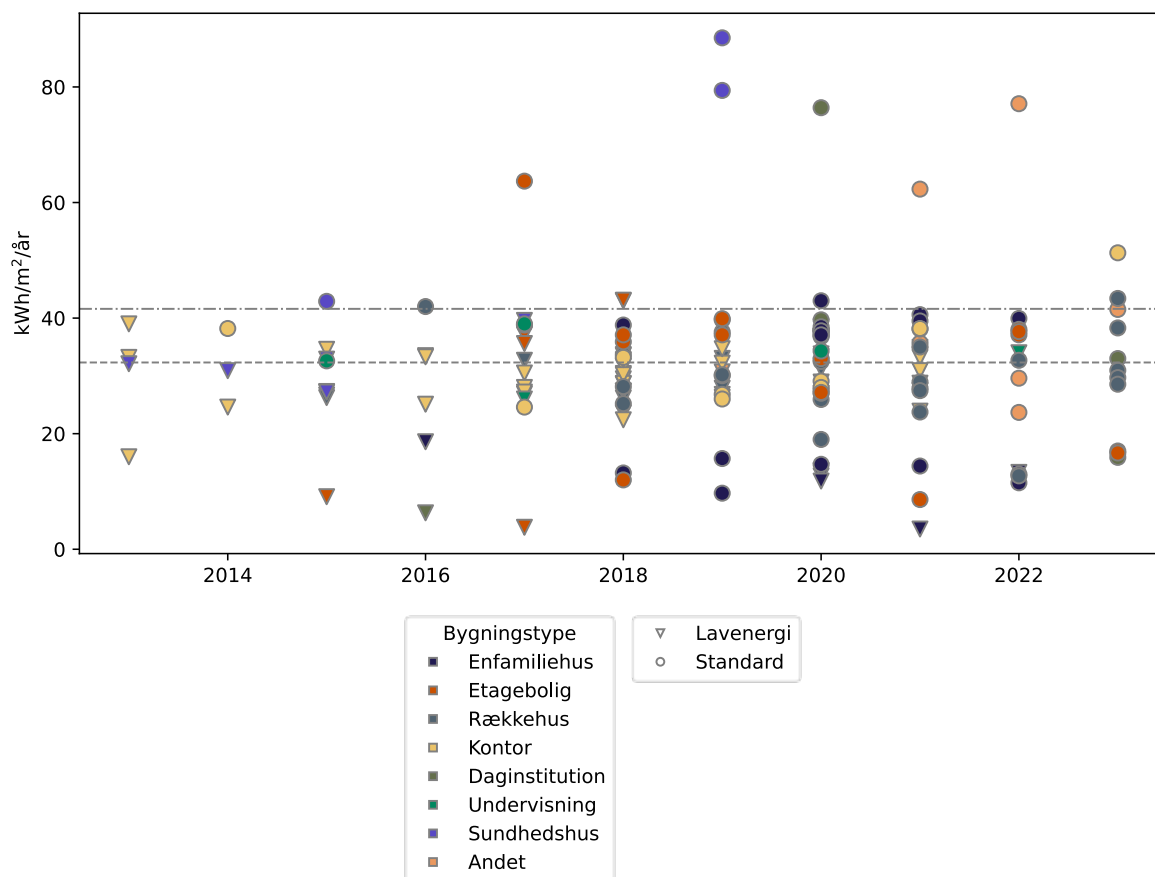
Dette bilag præsenterer **foreløbige** værdier for standardværdierne for tekniske installationer, som er opdaterede med miljødata iht. EN15804:2012+A2:2019 og Dansk generisk data (Kragh & Birgisdóttir, 2023). Dermed er det præsenterede værdier ikke endelige. Værdierne er udarbejdet ud fra det samme case grundlag som værdierne i bygningsreglementet bilag 2 tabel 7 og brugt samme metode beskrevet i rapportererne *Oplæg til standardværdier for installationer enfamiliehuse og rækkehuse* (Teknologisk Institut & SWECO, 2022) og *Oplæg til standardværdier for installationer øvrige bygninger* (Buhl, 2022).

Tabel 17. Foreløbige opdaterede standardværdier for tekniske installationer udarbejdet ud fra metode og case-grundlag beskrevet i rapportererne *Oplæg til standardværdier for installationer enfamiliehuse og rækkehuse* (Teknologisk Institut & SWECO, 2022) og *Oplæg til standardværdier for installationer øvrige bygninger* (Buhl, 2022).

kg CO ₂ -ækv/m ² /år	Foreløbige standardværdier for varme, ventilation og køl		
	A1-3	C3, C4	D
Enfamiliehus	0,475	0,105	-0,274
Rækkehuse	0,376	0,112	-0,230
Etagebolig	0,394	0,081	-0,222
Konter, skoler og institution	0,815	0,023	-0,517
Øvrige bygninger	1,059	0,030	-0,672
Foreløbige standardværdier for vand			
	A1-3	C3, C4	D
Enfamiliehus	0,048	0,012	-0,025
Rækkehuse	0,024	0,016	-0,005
Etagebolig	0,050	0,010	-0,020
Konter, skoler og institution	0,049	0,011	-0,014
Øvrige bygninger	0,064	0,014	-0,018
Foreløbige standardværdier for afløb			
	A1-3	C3, C4	D
Enfamiliehus	0,008	0,012	-0,010
Rækkehuse	0,046	0,054	-0,040
Etagebolig	0,056	0,064	-0,048
Konter, skoler og institution	0,047	0,053	-0,028
Øvrige bygninger	0,061	0,069	-0,037

Bilag 2 Energiramme og solceller

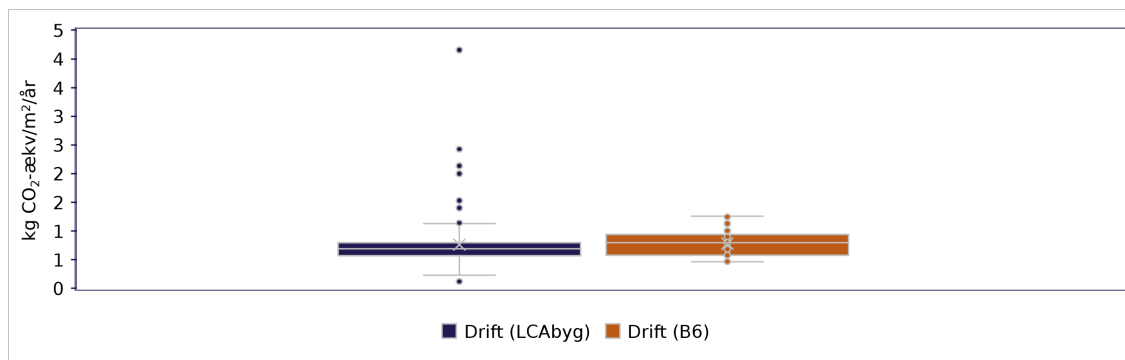
Fordelingen af energiforbruget over bygningens oprindelige ibrugtagnings år (for sammenlignelighedens skyld og fastsættelse af grænseværdien sættes ibrugtagnings år til 2025 for alle 163 case-bygninger) er vist på Figur 34. Det fremgår at nogle enkelte bygninger overskrider det gennemsnitlig maksimale energiforbrug, hvilket højst sandsynligt skyldes, at tillæg til energirammen er medregnet i energiforbruget i LCA-modellerne.



Figur 34. Fordelingen af energiforbruget over bygningens oprindelig ibrugtagnings år. Øverste stiplede linje er gennemsnitlig energiramme for bygninger som ikke er bolig, og nederste er for boliger og lignende.

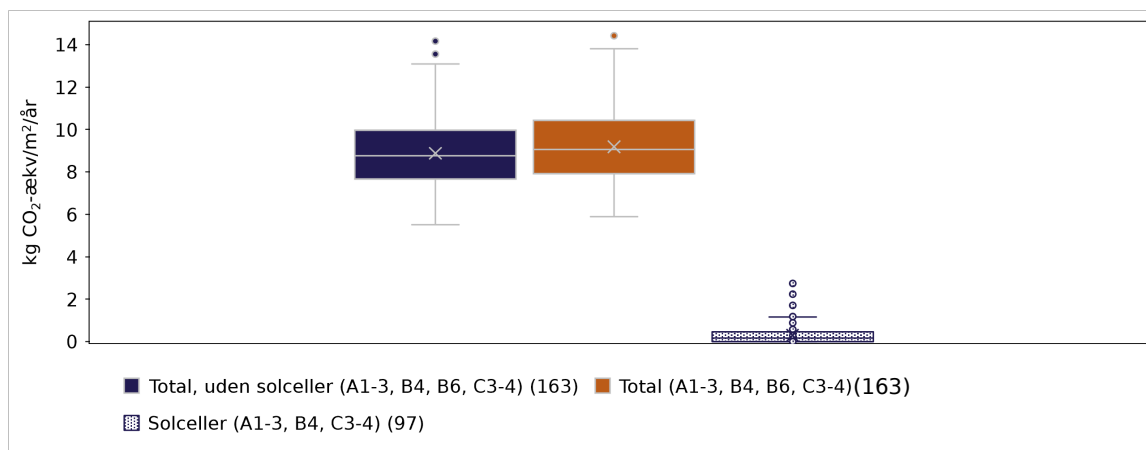
Drift fra indtastninger i LCAbyg kontra drift efter normalisering iht. energirammen for boliger og lignende og andre bygninger end boliger er vist på Figur 34. Der opnås en pæn spredning i drift, selvom klimapåvirkningen stiger.

Outliers som følge af tillæg i energirammen udgår i jf. § 298, stk. 3.



Figur 35. Boxplot over klimapåvirkning fra drift indtastet i LCAbyg og det normaliserede forbrug (maksimale forbrugt iht. energirammen).

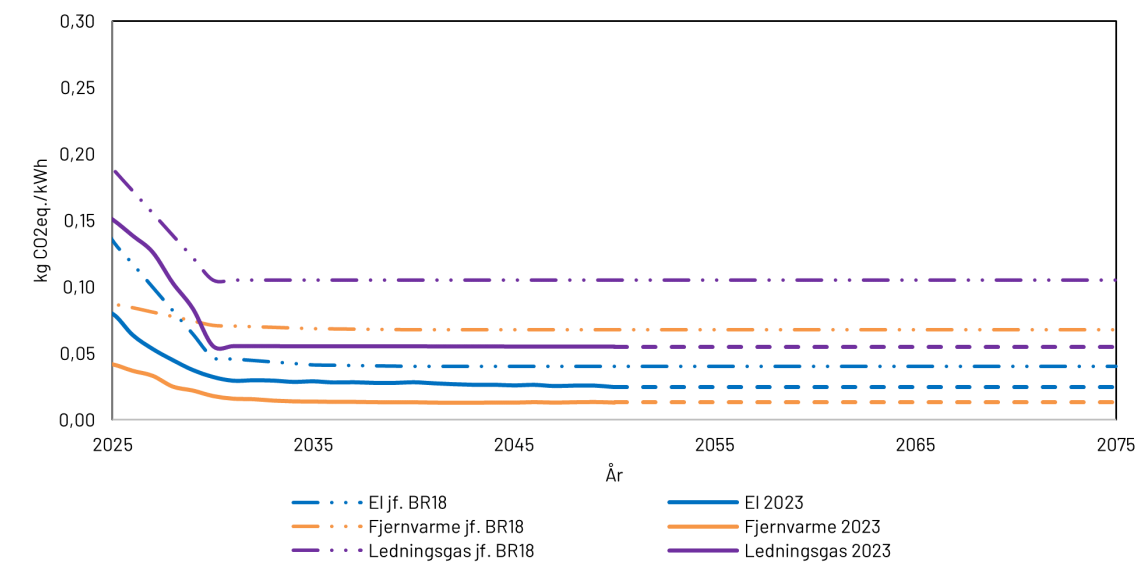
Eftersom indlejret klimapåvirkning fra solceller er bevaret i fastsættelsen af grænseværdien, er det undersøgt, hvor stor en indflydelse solceller har på klimapåvirkningen for alle 163 case-bygninger. I nedenstående analyse vises den statistiske fordeling af den samlede klimapåvirkning for 163 case-bygninger med og uden klimapåvirkningen fra solceller. Der er 97 ud af 163 case-bygninger, som har solceller. Som det fremgår af figuren, har bidraget fra solcellerne ikke væsentlige ændringer i den statistiske fordeling af klimapåvirkninger, selv om der også opstår outliers i klimapåvirkningen fra selve solcellerne.



Figur 36. Viser den statistiske fordeling af den samlede klimapåvirkning for 163 case-bygninger med og uden klimapåvirkningen fra solceller.

Bilag 3 Nye emissionsfaktorer

Emissionsfaktorer er udviklet af Artelia A/S og bruges i nærværende rapport som data til forsyningskilder. Figur 37 viser hvordan emissionsfaktorerne for el, fjernvarme og ledningsgas ændrer sig fra 2025 og 50 år frem. De er udarbejdet på baggrund af Energistyrelsens analyseforudsætninger 2022. Tabel 18 viser værdierne for hvert 5 år.



Figur 37. Grafer over emissionsfaktorer for el, fjernvarme og ledningsgas udarbejdet af Artelia på baggrund af Energistyrelsens Analyseforudsætninger 2022, Figur er udarbejdet af Artelia.

Tabel 18. Oversigt over emissionsfaktorer for el, fjernvarme og ledningsgas udarbejdet af Artelia på baggrund af Energistyrelsens Analyseforudsætninger 2022 (Sørensen et al., 2023; Sørensen et al., 2023).

<i>kg CO₂-ækv/kWh</i>	<i>2025</i>	<i>2030</i>	<i>2035</i>	<i>2040</i>	<i>2045</i>	<i>2050</i>	<i>2055</i>	<i>2060</i>	<i>2065</i>	<i>2070</i>	<i>2075</i>
<i>El</i>	0,0801	0,0325	0,0291	0,0285	0,0261	0,0248	0,0248	0,0248	0,0248	0,0248	0,0248
<i>Fjernvarme</i>	0,0418	0,0181	0,0140	0,0134	0,0132	0,0132	0,0132	0,0132	0,0132	0,0132	0,0132
<i>Ledningsgas</i>	0,1510	0,0557	0,0554	0,0554	0,0552	0,0551	0,0551	0,0551	0,0551	0,0551	0,0551

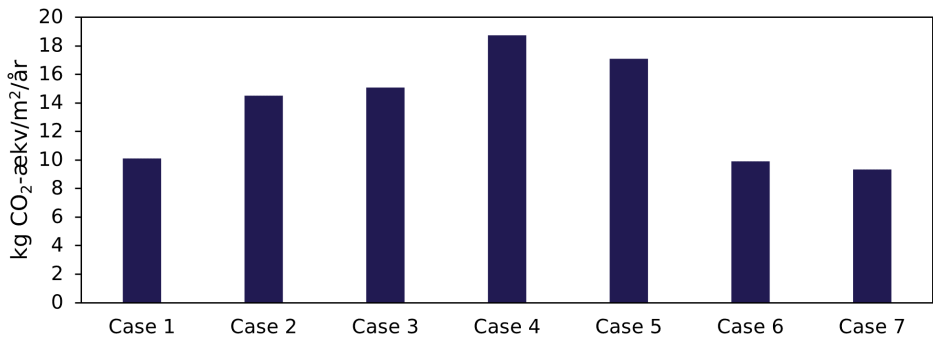
Bilag 4 Særlige forhold

Case-bygninger med særlige forhold

BUILDs database indeholder syv case-bygninger, hvor der er fundet særlige forhold. Klimapåvirkningen for hver af disse case-bygninger er vist Figur 38 og desuden er det beskrevet, hvilket særlige forhold der eksisterer for disse bygninger. Disse bygninger er udtaget af det endelige bygningsdatagrundlaget i denne rapport.

Case	Særlige forhold iht. BR18
Case 1	Kontorbygning med særlige jordbundsforhold.
Case 2	Kontorbygning med særlige jordbundsforhold og høj last på terrændæk.
Case 3	Kontorbygning med særlige jordbundsforhold som påvirker fundamentet, konsekvensklasse CC3+ som påvirker rammesystem og høj last på dækkonstruktioner.
Case 4	Laboratoriebygning til undervisning med høj last på terrændæk.
Case 5	Produktionsbygning med høje renhedskrav og høj last på terrændæk.
Case 6	Produktionsbygning med høje renhedskrav og høj last på terrændæk.
Case 7	Laboratoriebygning med særligt behov for tekniske installationer og særlige jordbundsforhold.

Klimapåvirkningen er vist iht. metoden beskrevet i Afsnit 3.1. Den øgede klimapåvirkning som følge af særlige forhold er ikke vist på figuren, eftersom referenceværdier til beregning af særlige forhold ikke er opdateret med miljødata benyttet i analyserne i nærværende rapport.



Figur 38. Total klimapåvirkning for cases med særlige forhold.

Evaluering af særlige forhold

Nogle bygninger kan være omfattet af såkaldte særlige forhold, som nødvendiggør et øget materialeforbrug og dermed en øget klimapåvirkning. Disse særlige forhold er håndteret i bygningsreglementet § 298 stk. 4., hvor BUILD Rapport 2022:27 *CO₂-krav og særlige bygningsforudsætninger* danner udgangspunktet. Baggrundsarbejdet for identificering af eksempler på særlige forhold forventes at udbygges i takt med at bygningsdatagrundlaget også udbygges, hvorfor der er behov for at evaluere, om håndteringen af særlige forhold i bygningsreglementet, er fuldstændig. Som del af evalueringen blev aktører fra branchen indkaldt til brancheinddragelse med henblik på erfarings- og vidensdeling. Mødet tydeliggjorde, at særlige forhold kan være med til at flytte fokus fra problemstillinger, som bør prioriteres højere. Dette er især belyst med henblik på, at branchen bruger for mange ressourcer på at identificere og udregne øgede klimapåvirkninger, som følge af særlige forhold, og giver udtryk for, at ressourcerne i stedet bør bruges på at afsøge optimeringer i klimapåvirkninger for bygninger, som der bygges flest m² af, eftersom særlige forhold primært er relevant for bygninger, som fx hospitaler, produktionsbygninger mv. Ser vi på Tabel 1, bestod de nævnte bygninger med anvendelseskode 220-229 samlet set af 3,6% af det opførte opvarmede kvadratmeter i perioden 2015-2020, hvorfor bidraget til byggeriets klimapåvirkning overordnet set er væsentligt mindre fra disse bygninger ift. fx bolig- og kontorbyggeri, da kontorbyggerier har en øvre kvartil på 10,19 kg CO₂-ækv/m²/år og boligtyper alle har en øvre kvartil på max. 10,01 kg CO₂-ækv/m²/år, hvor kategorierne Sundhedshuse og Andet har en øvre kvartil på over 11 kg CO₂-ækv/m²/år.

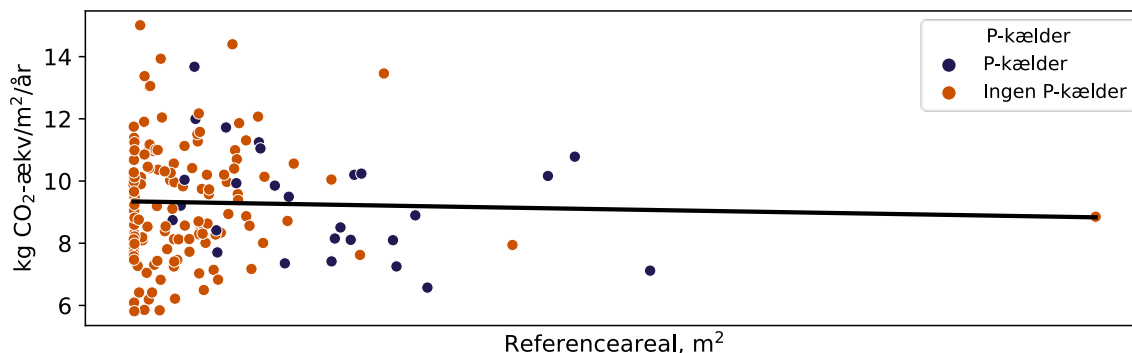
Der er fra byggebranchens side blevet oplyst, at syrekrav i fx produktionsbygninger kan medføre materiale-mæssige krav til bygningsdele ifm. f.eks. syrekrav. De har efterspurgt muligheden for at indarbejde dette som et i eksemplerne over særlige forhold evt. i samme forbindelse med høje hygiejnekrav.

Dog med henblik på, at der kan være yderligere krav til overfladebehandlinger af funktionelt nødvendige bygningsdele, hvor øget klimapåvirkning iht. hygiejnekrav ikke er tilstrækkeligt. Det bør dermed kigges på om Referenceværdierne bør opdateres i takt med vi bliver klogere på de forskellige særlige forhold, giver den rette tilladte overskridelse, i takt med at bygningsdatagrundlaget udvides, branchen har benyttet særlige forhold og grænseværdien sænkes. F.eks. regnes særlige forhold på bjælker pr. meter hvilket fremmer konstruktioner med mange små elementer i stedet for enkelte store uden at det påvirker bygningens faktiske klimapåvirkning. For at tydeliggøre hvilke dele af bygningen der er berettiget til særlige forhold i det enkelte forhold, kunne det særlige forhold bindes op på et klassifikationssystem hvilket ville mindske forvirringen i branchen.

Særlige forhold kan dog komme til at flytte fokus fra nødvendige optimeringer i klimapåvirkning. For at sikre at fokus holdes på at afsøge nødvendige klimamæssige optimeringer i nybyggeriet, og især for de bygningstypologier der bygges mest af som vist i Tabel 1, kan det overvejes hvorvidt samfundskritiske bygninger som fx hospitaler, og specielle bygninger som produktionshaller, bør være undtaget af kravet om at leve op til en grænseværdi, men et dokumentationskrav for at vise klimapåvirkningen. Desuden bør overvejes, om muligheden for at beregne særlige forhold skal gælde for alle bygningsanvendelser.

Bilag 5 P-kældres betydning for klimapåvirkningen

I forbindelse med nærværende projekt er parkeringskældres indflydelse på bygningens samlede klimapåvirkning undersøgt. Dette er gjort ved egne analyser og via brancheinddragelse. Formålet har været at undersøge hvorvidt det er fordelagtigt ift. bygningens klimapåvirkning at medregne 100% af p-kælderens areal. Denne problematik opstår, da bygningers klimapåvirkning opgøres pr. kvadratmeter referenceareal. I Figur 39 er den potentielle klimamæssige fordel undersøgt. Her ses på, hvorvidt der er en korrelation mellem lav klimapåvirkning, bygningens referenceareal og om bygningen har en p-kælder. Det er dog meget tydeligt, at tendenslinjen har en meget lille hældning hvilket indikerer, at der ikke er en klimamæssig fordel ved at inddrage p-kælder i beregningen.

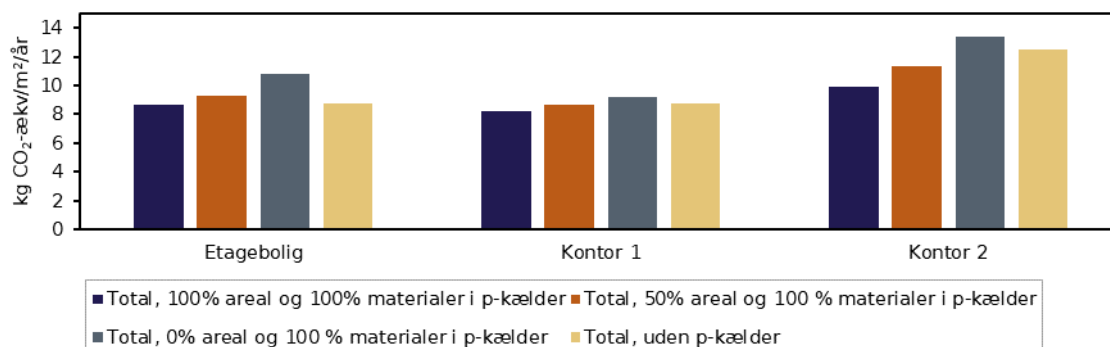


Figur 39. Viser Klimapåvirkningen for bygninger med og uden P-kælder samt størrelsen af bygningen.

Der er dykket ned i tre specifikke case-bygninger. Resultaterne er vist i søjlediagrammet nedenfor. I de tre case-bygninger har bygningen en kælder, hvor den primære anvendelse af kælderen er p-kælder. Klimapåvirkningen for bygningerne er vist på baggrund af nuværende metode i BR18, hvor 100% af arealet medregnes i referencearealet, og yderligere tre scenarier; 50% af kælderen areal medregnes (for at tilnærme metoden i energirammen) og 0% af kælderen areal medregnes. I begge tilfælde inkluderes 100% af p-kælderen bygningsdele. Det sidste scenarie er det forsøgt at udtrække p-kælderen både arealet og bygningsdele.

Det fremgår af resultaterne på Figur 40, at bygningens samlede klimapåvirkning, som følge af, at kælderen areal udtages fra beregningsenheden, generelt er stigende. For etageboligen og kontor 1 opstår ikke en væsentlig stigning i klimapåvirkningen og disse to case-bygninger overholder stadig nuværende grænseværdi for bygningers klimapåvirkning på 12 kg CO₂-ækv/m²/år og desuden eksempelverdier for grænseværdien i 2025 på 10,5 kg CO₂-ækv/m²/år. Det omvendte ses dog for kontor 2, hvor bygningens klimapåvirkning overstiger den nuværende grænseværdi med 0,5 kg CO₂-ækv/m²/år. Dette skyldes at parkeringskælderen i case 3 har et stort areal ift. bygningens samlede areal eftersom 40% af bygningens samlede areal består af p-kælder. Til sammenligning er p-kælderen andel af det samlede areal for de to øvrige bygninger er hhv. 26% og 18%. Analysen viser, at det i nogle tilfælde vil være en fordel for bygninger med p-kælder at overholde den nuværende grænseværdi. Denne problematik er også demonstreret ifm. brancheinddragelser. Branchens eksempler viser, at ved at inkludere p-

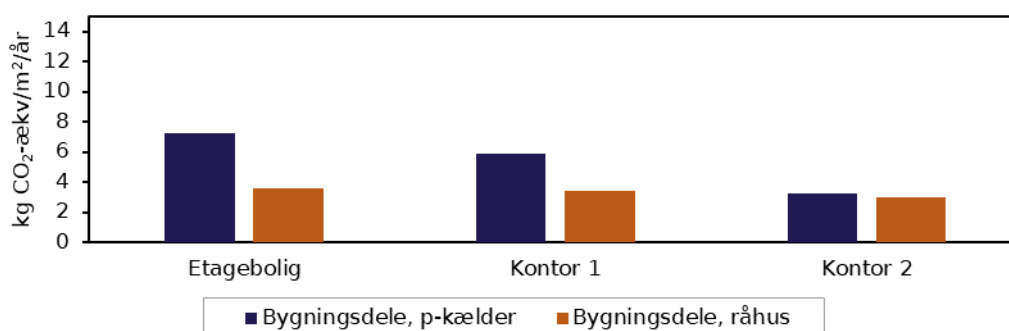
kælderen (100% af areal og bygningsdele), kan der opnås en reduktion på op til 1 kg CO₂-ækv/m²/år set i forhold til at tage kælderen helt ud af bygningen.



Figur 40. P-kælders betydning for bygningens klimapåvirkningen ved forskellige arealer

I takt med at grænseværdien strammes, anses p-kælder ikke som en klimamæssig fordel, og rådgivere forventer, at både bygningen og p-kælderen skal optimeres for at reducere klimapåvirkningen for at kunne overholde fremtidige grænseværdier.

På Figur 41 ses klimapåvirkningen fra p-kælderens bygningsdele normaliseret over p-kælderens samlede areal og klimapåvirkningen fra bygningsdele fra råhuset i bygningen normaliseret over bygningens areal uden kælderen. Denne sammenligning er lavet da parkeringskældres udformning tilnærmer sig et råhus. Klimapåvirkningen fra p-kælderen er, i to ud af tre tilfælde, højere end klimapåvirkningen fra råhuset. I og med at optimeringspotentialer i en p-kælder er begrænsede i forhold til råhuset og resten af bygningen ovenpå p-kælderen, vurderes en p-kælder ikke som en klimamæssig fordel ift. overholdelse af grænseværdien. Selvom kælderen klimapåvirkninger tilnærmer sig råhuset for kontor 2, vil optimeringsmuligheder stadig være begrænsede. I denne analyse vil alle tre case-bygninger altså være nødsaget til at optimere klimapåvirkningen på sigt.



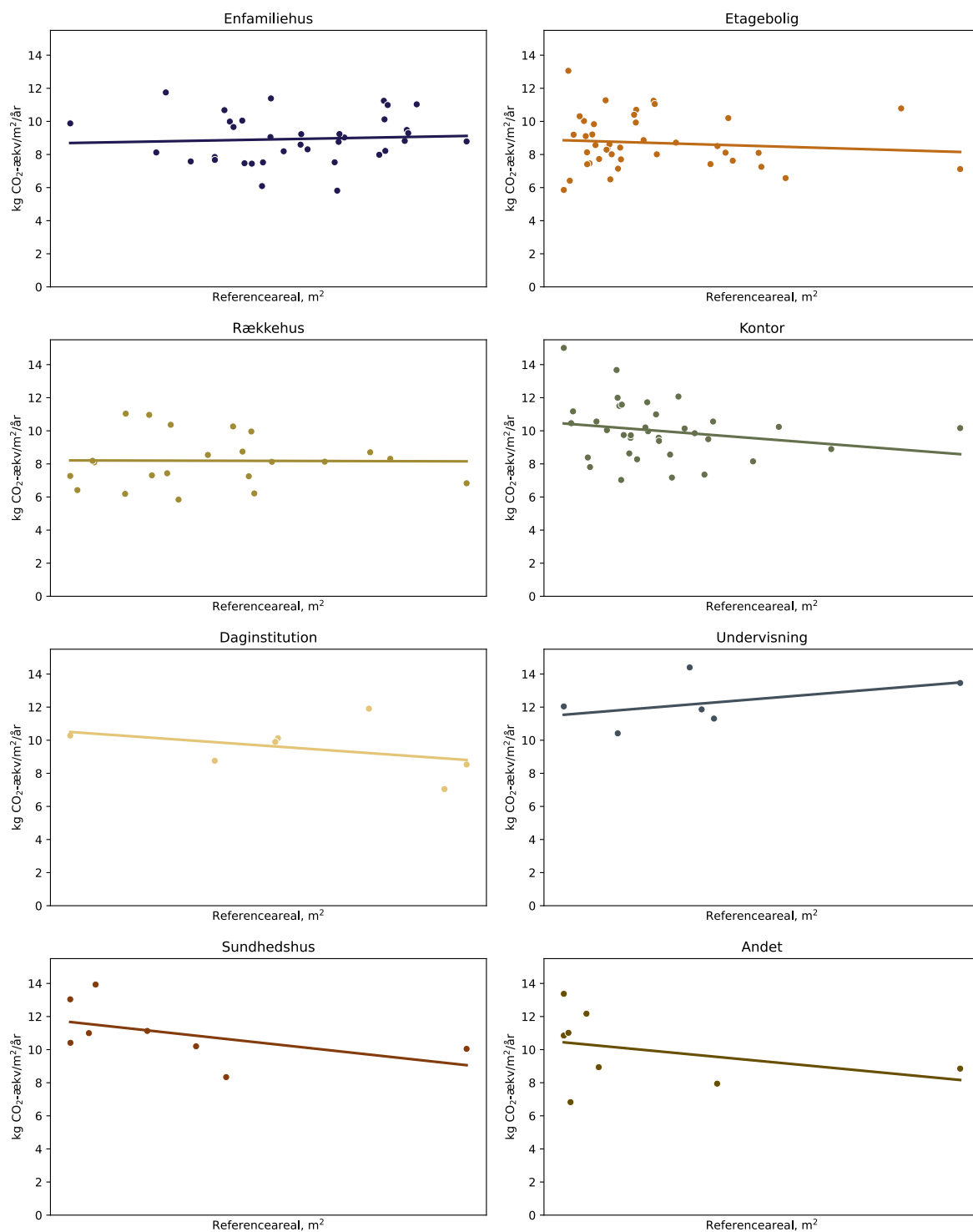
Figur 41. Klimapåvirkningen for P-kælderen sammenlignet med overliggende etageres råhus.

Der er flere usikkerheder i denne analyse. Fra praktisk synspunkt er det uhensigtsmæssigt at adskille p-kælderen fra resten af bygning i en livscyklusvurdering. Fordelingen af bygningsdele som deles mellem kælderen og bygningen ovenpå er gjort ud fra bedste evne. Der kan dog være usikkerheder i resultaterne figur i 29 og 30. Derudover er analysen baseret på tre bygninger. Udvides analysen med flere bygninger, kan resultaterne ændre sig, selvom eksempler ifm. brancheinddragelse har konkluderet samme tendenser vedrørende potentielle klimamæssige fordele ved p-kælder.

Bilag 6 Bygningsstørrelsens betydning

I forbindelse med nærværende projekt er bygningsstørrelsens betydning for klimapåvirkningen undersøgt. Analyserne i Figur 42 viser sammenhængen mellem bygningernes klimapåvirkning og deres referenceareal.

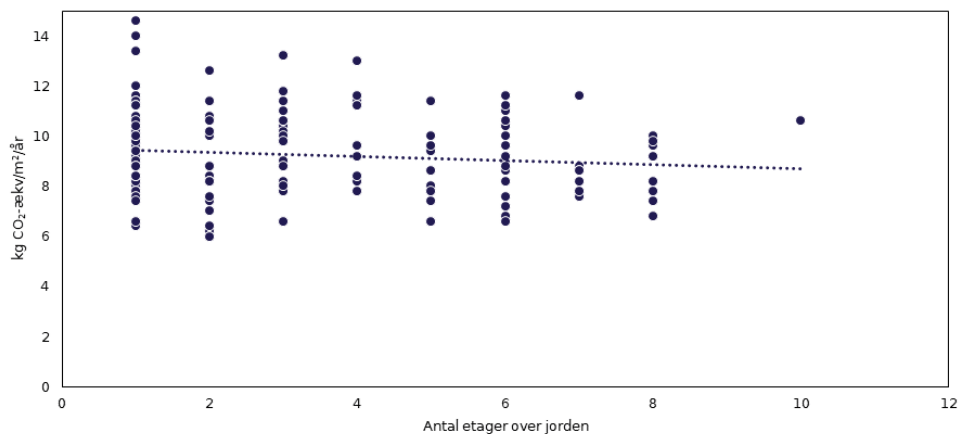
Formålet med analysen er at undersøge om det kan være nemmere at overholde Bygningsreglementets grænseværdier, desto større bygningen er. Graferne er anonymiseret ved at fjerne arealværdierne, så specifikke cases ikke kan genkendes på baggrund af arealet. Alle bygningsanvendelser er vist på trods af, at der i princippet er for få datapunkter for hhv. Daginstitution, Undervisning, Sundhedshus og Andet, til at kunne konkludere om der er en tendens. For enfamiliehus, etagebolig, rækkehus og kontor har tendenslinjerne små hældninger, hvilket indikerer at der ikke er en entydig sammenhæng mellem bygningernes størrelse og klimapåvirkningen. Det bemærkes i øvrigt, at der er en meget stor spredning i resultaterne, og dermed vil der være behov for et bedre/større datagrundlag, før der kan konkluderes entydigt på bygningsstørrelsens betydning.



Figur 42. Tendenslinje for samtlige bygningsanvendelser for at vise en eventuel sammenhæng mellem referenceareal i m² og klimapåvirkningen.

Bilag 7 Bygningshøjdens betydning

For at undersøge om bygningshøjde har en indvirkning for klimapåvirkningen er det undersøgt om der er en sammenhæng i klimapåvirkningen og antal etager over jorden for alle 163 case-bygninger i Figur 43. Der tages i denne analyse ikke højde for hvis bygningen har kælderetager der også kan have indvirkning på klimapåvirkningen som beskrevet i Bilag 5. På figuren ses det, at der er et lille fald i klimapåvirkningen, for hver etage der bygges på. Dette fald svarer til $-0,08 \text{ kg CO}_2\text{-ækv/m}^2/\text{år}$ ved det nuværende bygningsdatagrundlag. Denne værdi forventes ændret ved opbygningen af et større bygningsdatagrundlag, eftersom der er få datapunkter for bygninger med over 9 etager. Grafen viser i øvrigt at der både er eksempler på bygninger med lavere og højere klimapåvirkning, selvom der er bygget samme antal etager.



Figur 43. Viser om der er en sammenhæng mellem bygningens antal etager over jorden og klimapåvirkningen.

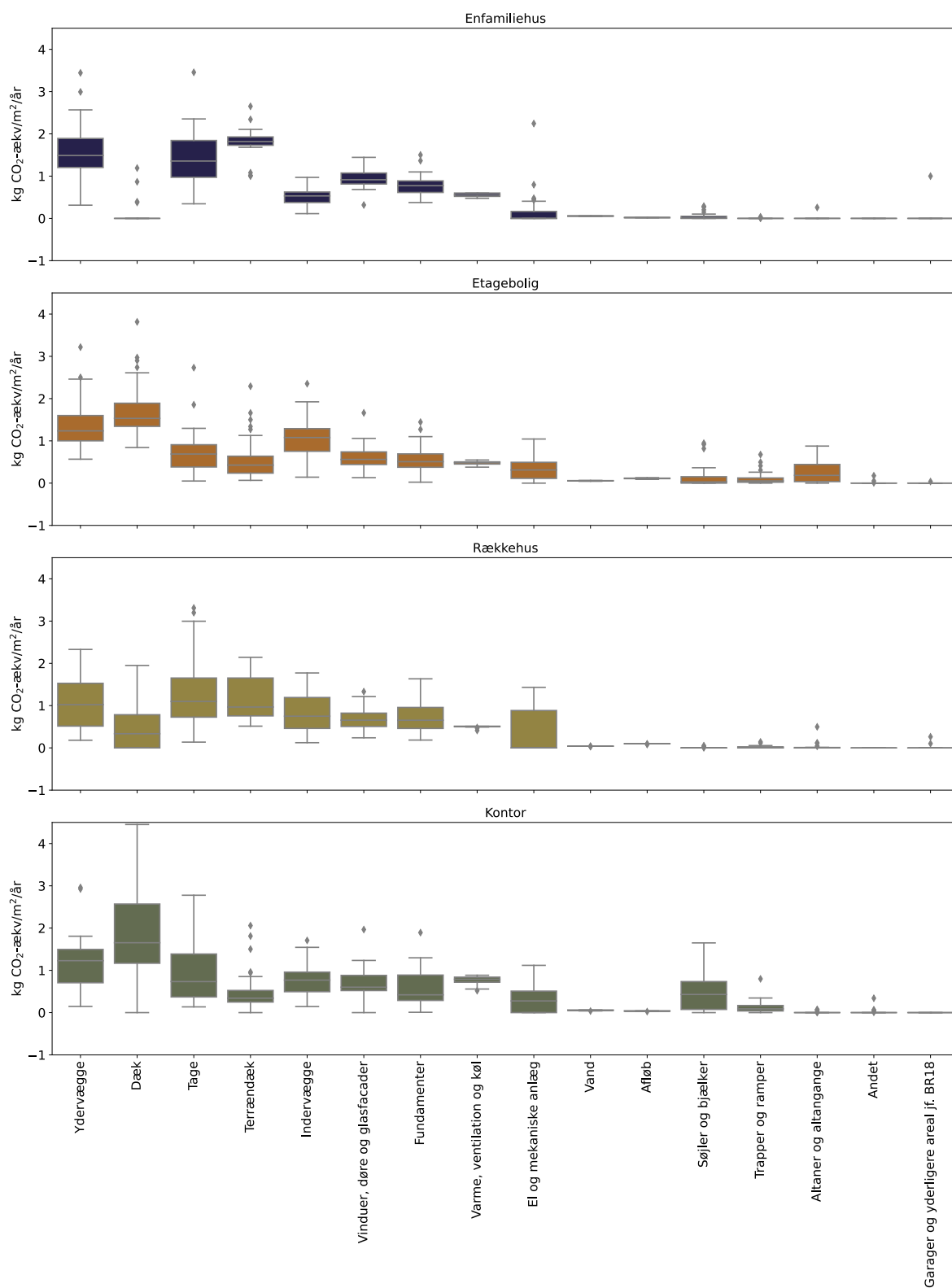
Bilag 8 Klimapåvirkning fra bygningsdele

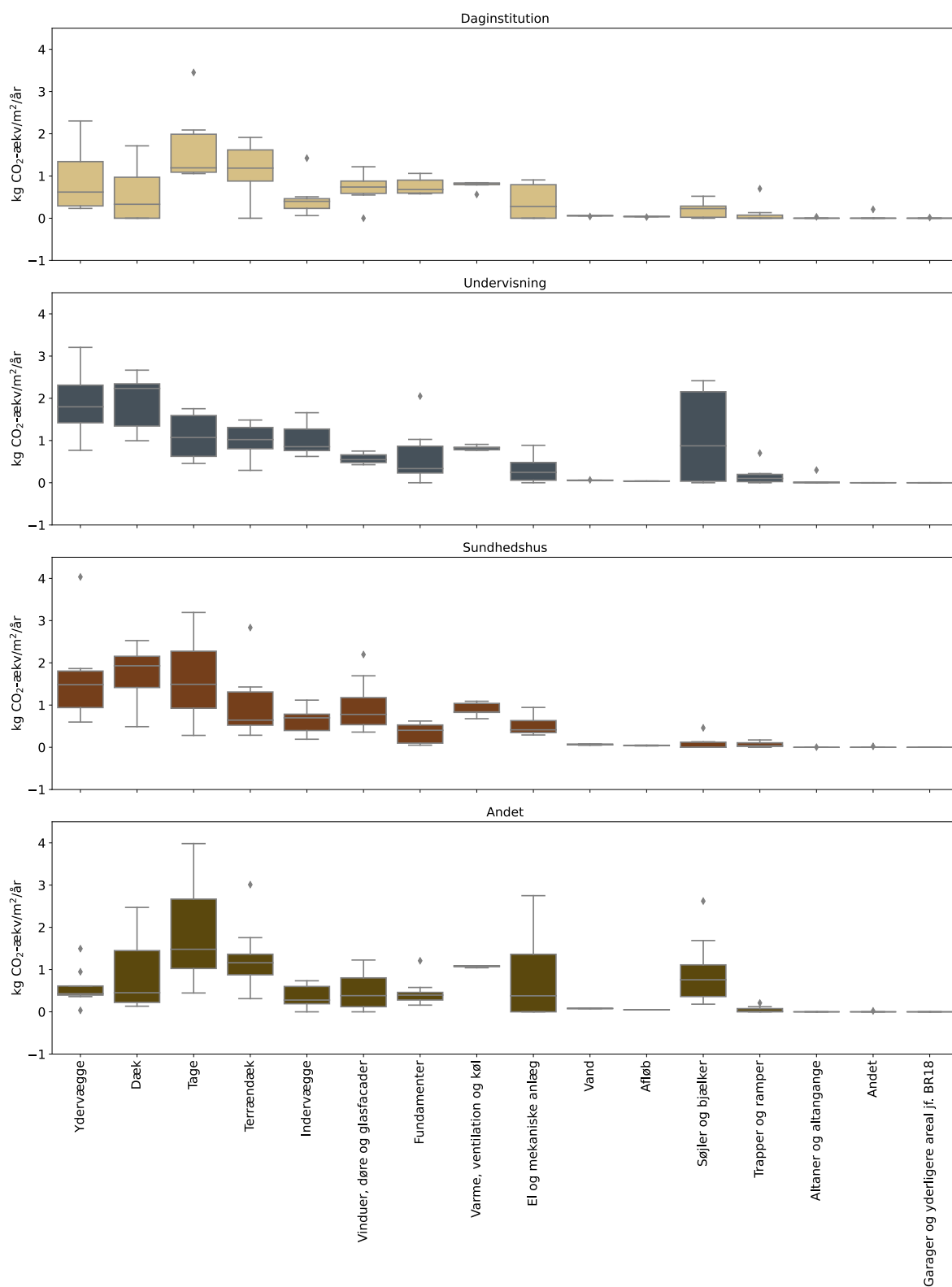
Figur 44 viser en udvidet Figur 26 over fordelingen af klimapåvirkningen fra samtlige bygningsdele indenfor hver bygningsanvendelse.

De bygningsdele som stammer fra garager og yderligere arealer, skal medregnes med 100% iht.

Bygningsreglementets § 297, stk 3. Her vises altså klimapåvirkningen for bygningsdele i fx garager, carporte, integrerede overdækninger m.m.

Det er vigtigt at understrege, at sammenligning af bygningsdele på denne måde kan være misvisende. Antallet af case-bygninger medregnet i de enkelte boksplot kan variere, da ikke alle bygningsdele vil indgå i alle bygninger fx solceller, trapper, osv. Der kan også være usikkerheder i resultaterne som følge af hvordan livscyklusvurderingerne er indtastet i LCAbyg. I nogle modeller har man f.eks. valgt at samle terrændæk, etageadskillelser og tagdæk under dækkonstruktioner inkl. gulve og lofter.





Figur 44. Klimapåvirkning fra bygningsdele (A1-3, B4, C3-4) opgjort i kg CO₂-ækv/m²/år over en betragtningsperiode på 50 år.

Bilag 9 Muligheder for at reducere klimapåvirkninger fra nybyggeriet

Der er ikke længere nogen tvivl om, at det går for langsomt med at nedbringe de globale udledninger af drivhusgasser. Den nyeste rapport fra IPCC viser at den globale udledning af drivhusgasser er steget med 54% i perioden fra 1990 til 2019 og at udledningerne skal reduceres med 43% i 2030 i forhold til 2019, hvis målet om at holde temperaturstigninger under 1,5 grad skal kunne nås (IPCC, 2023). Der er flere studier der fokuserer på at finde frem til klimabudgetter (GHG budgets) for byggeri i forhold til at opnå Paris-aftalen og hvordan vi kan fastlægge klimamål for byggeri, hvis vi skal bygge indenfor planetære grænser (Horup et al., 2023), (Horup et al., 2022). Disse studier viser at der er en stor forskel i hvor byggeriets klimapåvirkning ligger i dag i forhold til hvor det bør ligge når vi ser på muligheden for at nå de nationale og internationale politiske drivhusgasreduktionsmål og aftaler. Horup et al. (2023) har forsøgt at nedskalere det resterende klimabudget der er til rådighed for at opnå Paris-aftalen ned til Danmark og ned på byggeri, hvilket viser at det nuværende klimakrav for 2023-2025 i BR overskrider dette klimabudget med 220%.

I forbindelse med udviklingen af Reduction Roadmap, som viser reduktionskurver fra år 2020 frem til år 2029 for boligbyggeriet, er der ud fra det resterende klimabudget i forhold til at nå Paris-aftalens målsætninger, også nedskaleret i budgettet til Danmark og ned til byggeriet for forskellige scenarier. Disse beregninger viser, at emissionerne for nyopført boligbyggeri i Danmark bør reduceres fra 9,63 kg CO₂-ækv/m²/år i 2020 til 0,4 kg CO₂/m²/år i 2029 ved valg af 83% sandsynlighedsscenario (EFFEKT, MOE, 2022). Ser vi på boligbyggerier i 163 case-bygninger, er fordelingskurvens værdier ved 66%-fraktiler for klimapåvirkninger 8,9 til 10,2 kg CO₂-ækv/m²/år, hvilket sammenlignet med Reduction Roadmap i 2025 bør ligge mellem 4,5 og 6,75 afhængigt af hvilket sandsynlighedsscenario der vælges. Det skal noteres at begge studier, både Horup et al. (2023) og beregningerne bag Reduction Roadmap er baseret på ældre tal for klimabudget fra IPCC-rapport fra 2021, hvor der i 2023 kom en ny rapport, som viste at det resterende klimabudget var faldet meget mellem de to IPCC-rapporter.

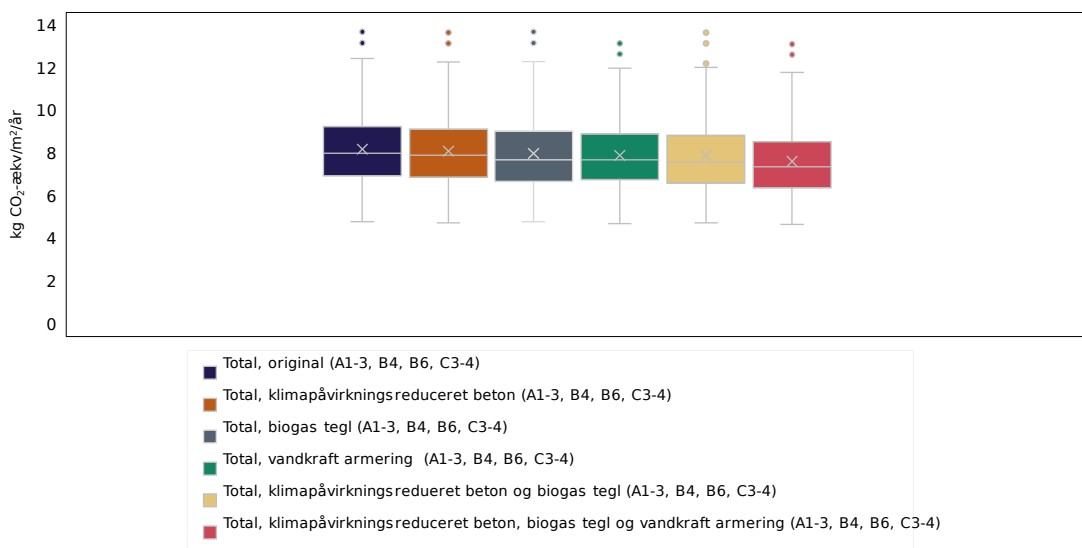
I nærværende rapport analyseres alene klimapåvirkningen af det bygningsdatagrundlaget som repræsenterer bedst muligt det typiske nybyggeri der opføres i Danmark. Beregningerne udføres hovedsageligt ved anvendelse af generiske data og i få tilfælde brug af EPD'er. Derfor indgår hverken det klimamæssige potential i at vælge produkter med lavere klimapåvirkning eller valg af en anden byggeskik for at reducere klimapåvirkningen i nybyggeriet, i analyser. I dette bilag vises hvor meget klimapåvirkningen fra nybyggeriet potentielt kan reduceres ved hhv. at:

1. Vælge mindre klimabelastende materialer uden at ændre noget på byggeskik, og

2. Sammenligne klimapåvirkningen fra de typiske bygninger i datagrundlaget med resultater fra byggerier i Danmark, som har arbejdet målrettet med at reducere klimapåvirkningen i byggeriet ved at optimere materialeforbrug, ændre i designprincipper og vælge materialer med lav klimapåvirkning.

Potentiale ved valg af mindre klimabelastende materialer

Som det fremgår af Figur 5 er teglsten det foretrukne materiale som facadebeklædning for nybyggeri i Danmark. Dette er også teglsten som er det primære materiale for case-bygninger i nærværende rapport, ligesom armeret beton er det hyppigste materiale i den bærende konstruktion. I dette afsnit undersøges potentielle klimamæssige reduktioner, hvor standard beton, armeringsjern og teglsten erstattes i case-bygningerne, hvor disse måtte indgå, med klimapåvirkningsreducerede beton- og teglstensprodukter og armeringsstål. Analysen tager ikke højde for om bygningens andre tekniske krav overholdes, og betragter udelukkende betonprodukter med styrkeklasse C20/25 og C25/30 og armeringsstål og teglstenprodukter erstattes med produkter med den laveste klimapåvirkning, som på nuværende tidspunkt eksisterer på markedet. Betonprodukter med højere styrkeklasse ses der bort fra, eftersom der ikke er udviklet klimapåvirkningsreducerede alternativer for højere styrkeklasser. klimapåvirkningsreducerede teglsten er opnået ved udvikling af teglsten med et lavere materialeforbrug pr. enhed og producentens købte biogascertifikater. For armeringsstålprodukter udskiftes armeringsjernet i betonen, her ses en reduktion på 3,5% for medianen af alle cases med armeringsjern i konstruktionen. Figur 45 viser et boksplot for seks scenarier. Der opnås gradvise reduktioner i klimapåvirkningen i takt med at alt standard beton, tegl og armeringsstål pr. bygning udskiftes med hhv. klimapåvirkningsreduceret beton-, teglstens- og armeringsprodukter. Kombinationen af klimapåvirkningsreduceret beton, tegl og armering forventes derfor at medføre de største potentielle reduktioner i klimapåvirkningen. Yderligere besparelser kan opnås ved udskiftning til andre materialer med klimapåvirkningsreducerende tiltag, som f.eks. isolering. Dette vurderes dog for omfattende i dette projekt, pga. bygningernes tekniske krav som fx U-værdier for konstruktionerne, der ikke kendes. Bemærk, at kun samme produktkategori kan sammenlignes i Figur 45, dvs. beton kan kun sammenlignes med beton.



Figur 45. Boksplot over potentialet ved udskiftning af hyppigt brugte materialer (Beton, tegl og armering) enkeltvis og i kombinationer for påvirkningen af udskiftningen på case-bygninger.

Potentiale baseret på erfaringer fra best practice byggeri

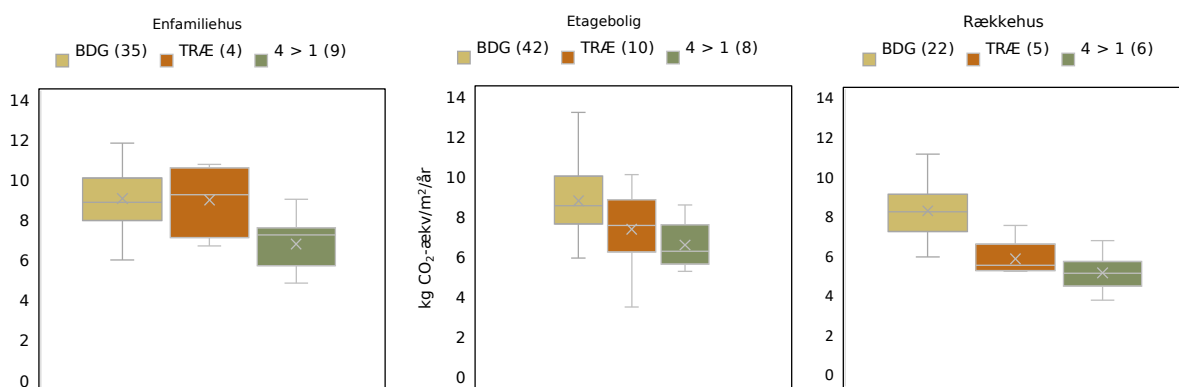
Bygningsdatagrundlaget, som anvendes i nærværende rapport, har det til formål at repræsentere klimapåvirkningen fra det nyopførte byggeri i Danmark. Det tager derfor udgangspunkt i den type bygninger der bliver opført i Danmark baseret på registreringer i BBR, hvilket afspejler et forholdsvis ensartet og typisk byggeri (se Tabel 1). Det er dog rigtig vigtigt at forholde sig til de erfaringer, der er indhentet i Danmark for at opføre nybyggeri med lavere klimapåvirkning.

Der er i to BUILD-rapporter hentet danske erfaringer fra byggeprojekter, hvor der har været fokus på at reducere klimapåvirkningen fra byggeri, hhv. *BUILD-rapport 2023:10 Klimapåvirkning fra: 45 Træbyggerier* og *BUILD-rapport 2023:12 Boligbyggeri fra 4 til 1 planet: 25 Best Practice Cases*. Erfaringsgrundlaget fra disse to rapporter er størst fra boligbyggeri, defineret ved bygningsanvendelse Enfamiliehus, Rækkehus og Etagebolig. Resultaterne fra disse to rapporter har i alt 42 bygningseksempler der er vurderet atypiske i forhold til de 99 boligbyggerier der er vurderet typiske og indgår i bygningsdatagrundlaget. I perioden 2015–2020 bestod over 68,7% fuldførte opvarmede kvadratmeter af boligbyggeri af de ovennævnte tre bygningsanvendelser.

Beregningerne der blev udført i forbindelse med udgivelsen af disse to udgivne rapporter, følger den gældende fremgangsmåde for beregning af klimapåvirkning ifølge BR-kravet 2023, og adskiller sig derfor fra resultaterne fra beregningerne på datagrundlaget i nærværende rapport ved at de ikke er beregnet ved den opdaterede generiske data for materialer og de nye emissionsfaktorer for energiforsyning, som begge er udviklet for det kommende BR-krav i 2025. I forbindelse med udarbejdelsen af nærværende rapport er alle cases beregnet igen baseret på samme data for både materialer og energiforsyning som resten af datagrundlaget. Der kan dog være nogle mindre afvigelser for træ-casene i forhold til arealopgørelsen eftersom klimapåvirkningen ikke er opgjort på baggrund af referencearealet. I nedenstående Tabel 19 er gennemsnitslige klimapåvirkninger for de tre boligkategorier givet for hhv. Bygningsdatagrundlaget (BDG), træ-cases (TRÆ) og Boligbyggeri fra 4 til 1 planet ($4 > 1$).

Tabel 19. Oversigt over gennemsnitlige værdier for klimapåvirkningen fra boligbyggeri – opdelt i tre boligkategorier.

Gennemsnit, boliger [kg CO ₂ -ækv/m ² /år, 50 år]	BDG	TRÆ	4 > 1
Enfamiliehus	9,63	9,55	7,35
Rækkehus	8,87	6,44	5,73
Etagebolig	9,42	7,94	7,14



Figur 46. Boksplot for klimapåvirkning opgjort i kg CO₂-ækv/m²/år over en betragtningsperiode på 50 år fordelt i bolig kategorier inkluderet cases fra *BUILD rapport 2023:10 Klimapåvirkning fra: 45 Træbyggerier* og *BUILD rapport 2023:12 Boligbyggeri fra 4 til 1 planet: 25 Best Practice Cases*.

Overordnet statistisk fordeling af klimapåvirkninger fra de tre boligtyper er vist i Figur 46. Antal case-bygninger er indgået i fordelinger er angivet i parentes.

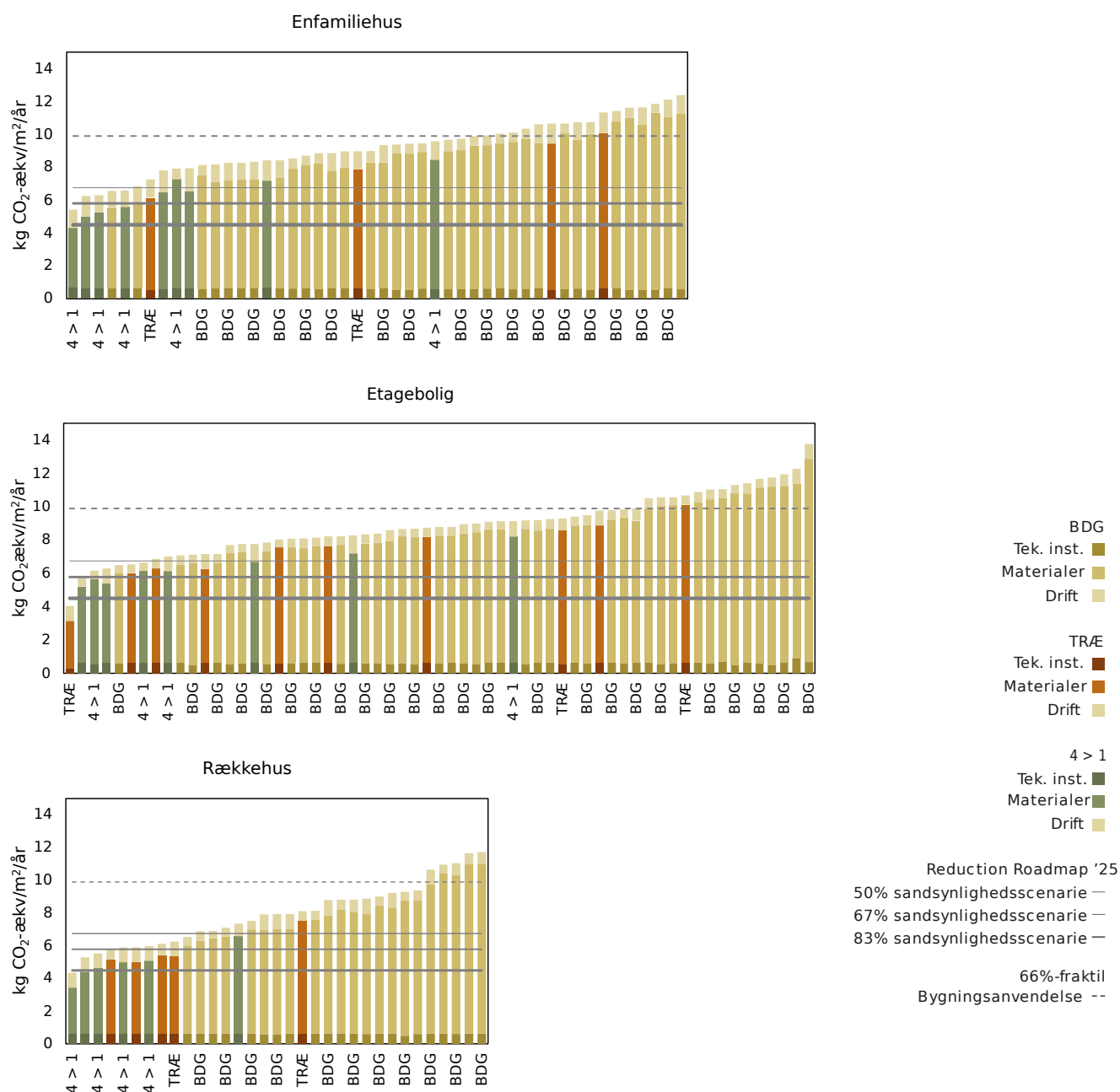
Figur 47 viser klimapåvirkningen for de tre bygningsanvendelser for boliger, hvor der til datagrundlaget tilføjes flere cases fra ovennævnte to rapporter. Figuren viser at der findes eksempler på hvorledes der kan bygges boliger med betydeligt lavere klimapåvirkning end det typiske byggeri i Danmark, hvilket gælder for alle tre boligtyper.

For enfamiliehusene gælder det at det er hovedsagelig cases fra Boligbyggeri fra 4 til 1 planet som tilfører eksempler med betydeligt lavere klimapåvirkning, hvor gennemsnittet for bygningsdatagrundlaget og træbyggeri-eksemplerne ligger på hhv. 9,63 og 9,55 kg CO₂-ækv/m²/år over en 50 års betragtningsperiode, hvorimod gennemsnittet fra Boligbyggeri fra 4 til 1 ligger på 7,35 kg CO₂-ækv/m²/år. Sammenlignes resultaterne med Reduction Roadmap, ses at ingen af enfamiliehusene holder sig inden for 83% sandsynlighedsscenarioet i 2025, en bygning holder sig under 67% mens flere holder sig under 50%. To bygninger i bygningsdatagrundlaget holder sig inden for 50% sandsynlighedsscenarioet.

For rækkehusene gælder det at begge rapporter tilfører eksempler med lavere klimapåvirkning i forhold til bygningsdatagrundlaget, at gennemsnittet for bygningsdatagrundlaget ligger på 8,87 kg CO₂-ækv/m²/år, mens træbyggeri-eksemplerne ligger på 6,44 og eksemplerne fra Boligbyggeri fra 4 til 1 ligger på 5,73 kg CO₂-ækv/m²/år. I forhold til Reduction roadmap, ses at et af rækkehusene holder sig inden for 83% sandsynlighedsscenarioet i 2025, hvor to holder sig under 67% mens flere holder sig under 50%. Her ses det at en bygning fra bygningsdatagrundlaget holder sig inden for 50% dette er et rækkehus bygget med træ.

For etageboligerne gælder det at træbyggeri-eksemplerne leverer både bygninger med lavere og højere klimapåvirkninger og de ligger derfor spredt i intervallet for bygningsdatagrundlaget (fra 6,50 kg CO₂-ækv/m²/år til 13,78 kg CO₂-ækv/m²/år) mens mange af eksemplerne fra Boligbyggeri fra 4 til 1 planet ligger i den lavere ende mellem 5,83-9,15 kg CO₂-ækv/m²/år. For eksemplerne fra træ byggeri er på et spænd mellem 4,04 kg CO₂-ækv/m²/år til 10,67 kg CO₂-ækv/m²/år. I forhold til Reduction roadmap, ses en enkelt etagebolig inden for 83%- og 67% sandsynlighedsscenarioet i 2025, mens flere holder sig inden for 50%, herunder et fra bygningsdatagrundlaget og er konstrueret med beton og mursten.

Materialevalg og designløsninger til alle bygningsdele i træbyggerierne og best practice cases beskrives i tilhørende rapporter. I byggeeksempler med de laveste klimapåvirkninger introduceres en anden byggeskik end der findes i det typiske byggeri. Det gælder ikke alene ændringer i facadematerialer og tagbelægninger (i henhold til Figur) men også andre bygningsdele end der opgøres i BBR, som fx fundamentløsninger, terrændæk, etageadskillelser mv. Sammenfattende kan det konkluderes, at der findes eksempler på løsninger, som kan reducere klimapåvirkningen over bygningers livscyklus. De er afprøvet i Danmark, men i meget få opførte byggerier sammenlignet med den samlede mængde opførte byggerier. Den brede erfaring i branchen med at levere bygninger med lavere klimapåvirkning kan ud fra blot statistikken fra BBR (Figur 5) forventes at være begrænset.

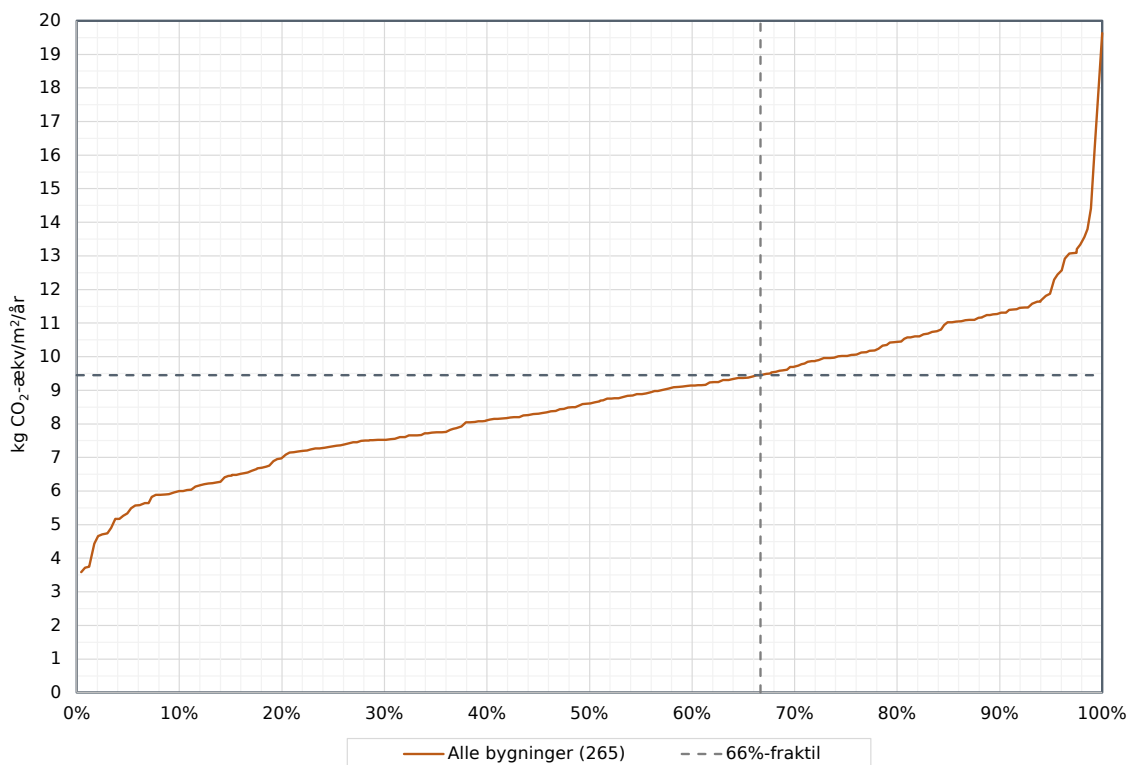


Figur 47. Klimapåvirkning opgjort i kg CO₂-ækv/m²/år over en betragtningsperiode på 50 år fordelt i bolig kategorier inkluderet cases fra *BUILD rapport 2023:10 Klimapåvirkning fra: 45 Træbyggerier* og *BUILD rapport 2023:12 Boligbyggeri fra 4 til 1 planet: 25 Best Practice Cases*.

Bilag 10 Fordelingskurve med alle case-bygninger

I dette bilag vises beregning af 66%-fraktilen for 265 case-bygninger ud af de 292 tilgængelige. Dette er gjort for at undersøge, hvorvidt udvælgelsesprocessen af typiske case-bygninger vil påføre en vis subjektivitet til grænseværdien for bygningers klimapåvirkninger.

Der bestemmes derfor nye arealbaserede vægtningsfaktorer pr case eftersom der nu indgår flere case-bygninger i anvendelseskategorierne. Bemærk, at kategorien Ukendt ikke indgår i beregningen, da disse case-bygninger netop ikke er BBR-registrerede og derved kan Anvendelseskategorien ikke bestemmes. Resultaterne for den vægtede klimapåvirkning på tværs af alle 265 case-bygninger på Figur 48, viser at grænseværdien ved 66%-fraktilen er 9,45 kg CO₂-ækv/m²/år set over en 50 års betragtningsperiode. Dermed er forskellen fra 66%-fraktilen i afsnit 4.1.2 på 0,45 kg CO₂-ækv/m²/år. Dette anses ikke som en væsentlig forskel til trods for udvælgelsesprocessen af typiske case-bygninger. I Tabel 20 er angivet fordelingen af antallet af case-bygninger i alle 265 case-bygninger, og de pågældende arealbaserede vægtningsfaktorer pr case for hver anvendelseskategori.



Figur 48. Fordelingskurve for den vægtede klimapåvirkning over 265 case-bygninger med markering af 66%-fraktilen, der viser, hvor grænseværdien ligger for at fastlægge 1/3-ambitionsniveauet. Klimapåvirkningen er opgjort i kg CO₂-ækv/m²/år med betragtningsperiode på 50 år.

Tabel 20. Arealbaserede vægtningsfaktorer for anvendelseskategorier ved beregning af 66%-fraktilet for 265 case-bygninger.

Anvendelseskategori	Antal	Arealbaseret vægtningfaktor [%]	Arealbaseret vægtning, pr case [%]
Andet	30	12,7	0,42
Enfamiliehus	53	26,0	0,49
Undervisning	13	4,0	0,3
Daginstitution	15	0,7	0,05
Sundhedshus	8	2,5	0,31
Etagebolig	70	27,8	0,4
Rækkehus	36	14,0	0,39
Kontor	40	12,5	0,31
Hovedtal	265	100	-

Bilag 11 Benyttede miljødata

Bilaget er vedlagt som excelfil og viser alt generisk miljødata benyttet i livscyklusvurderinger i nærværende rapport. Derudover viser det også hvilke data fra bygningsrelementets bilag 2 tabel 7 det nye data erstatter i nærværende projekt.

Bilag 12 Udvalgelse af case-bygninger og klimapåvirkning pr. case-bygning

Bilaget er vedlagt som excelfil og viser udvælgelsen af de enkelte case-bygninger til bygningsdatagrundlaget med fravælgelseskriterier givet i afsnit 2.2. Derudover er de beregnede klimapåvirkninger over bygningers livscyklus givet.

Bilag 13 Erhvervsøkonomiske analyser (2022)

Omkostninger ved krav i Bygningsreglementet til klimapåvirkning fra nye bygninger.

Notatet estimerer omkostningerne ved at indføre krav i Bygningsreglementet om:

- LCA af kg CO₂-ækv/m² pr. år for nye bygninger omfattet af energirammen.
- Grænseværdi på til 12 kg CO₂-ækv/m² pr. år for nye bygninger med et opvarmet etageareal over 1.000 m².

Klimapåvirkningen beregnes over bygningens livscyklus, med en betragtningsperiode på 50 år. Ved opgørelsen af kg CO₂-ækv/m² pr. år fra byggematerialerne divideres med bygningens samlede etageareal inklusive fx kælder, som der også går byggematerialer til, selv om den ikke er opvarmet. Det er planen at holde CO₂'en fra fx særlig fundering fx pælefundering på grunde med vanskelige funderingsforhold udenfor kravet. Ved opgørelsen af kg CO₂-ækv/m² pr. år fra driften divideres som sædvanlig for energikravene med bygningens opvarmede etageareal.

Kravene er en følge af den politiske aftale mellem regeringen (Socialdemokratiet) og Venstre, Dansk Folkeparti, Socialistisk Folkeparti, Radikale Venstre, Enhedslisten, Det Konservative Folkeparti og Alternativet om National strategi for bæredygtigt byggeri indgået 5. marts 2021. Kravene skal træde i kraft i 2023.

De estimerede omkostninger omfatter alene omkostninger, der er en direkte følge af kravene, som skal træde i kraft i 2023. Eventuelle frivillige tiltag, som kravene måtte motivere til, eller er med i de krav, der er planlagt indført senere end 2023, er ikke en del af de estimerede omkostninger i dette notat.

I udkast til revideret EPBD er der tilføjet et nyt krav til medlemslandene om at stille krav om beregning af CO₂-ækv/m² pr. år for nye bygninger fra henholdsvis 2027 for bygninger over 2.000 m² og fra 2030 for alle nye bygninger. De kommende danske krav i BR vurderes at være i overensstemmelse med kravet i det reviderede EPBD.

Nybyggeriet

Omkostningerne er estimeret på baggrund af nybyggeriet i 6 års perioden 2015-2020, som det fremgår af registreringerne i BBR. Perioden er valgt under hensyn til muligheden for at kunne sammenholde dataene fra BBR med data i Statistikbanken, som skiller i 2015, samt at der går noget tid fra bygningerne er taget i brug, til data for dem er inde i BBR, hvorfor data for 2021 ikke endnu er komplette. Byggeaktiviteten i perioden 2015-2020 er højere end i den forudgående 5-års periode, men lavere end i boomet op til finanskrisen i 2009.

Nybyggeriet fordelt på bygningernes anvendelse er vist i Tabel 1 og nybyggeriet fordelt på ejerskab er vist i Tabel 2.

TABEL 1. Nybyggeriet 2015-2020 fordelt på bygningernes anvendelse. Gennemsnit pr. år for opvarmede bygninger.

Anvendelse	Kode	Underkoder	Antal		Opvarmet etageareal, m ²		Gennemsnitsstørrelse, m ²	
			Samlet	>=1.000 m ²	Samlet	>=1.000 m ²	<1.000 m ²	>=1.000 m ²
Stuehuse	110	110	214	0	50.000	0	232	-
Parcelhuse	120	120	4.855	0	855.000	0	176	-
Rækkehuse	130	130-132	4.671	0	484.000	0	104	-
Etageboliger	140	140	426	220	853.000	745.000	524	3.380
Kollegier	150	150	16	6	32.000	29.000	349	4.470
Døgninstitutioner	160	160	47	14	55.000	47.000	243	3.180
Andre helårsboliger	190	190	27	0	3.000	0	95	-
Produktionsbygninger	220	220-229	91	37	128.000	107.000	385	2.910
Kontor og handel	320	320-322, 324, 329	244	99	434.000	393.000	280	3.960
Lager	323	323	77	39	200.000	182.000	472	4.650
Hotel og service	330	330-339	64	5	28.000	18.000	172	3.250
Kultur	410	410-419	38	4	35.000	26.000	274	5.370
Undervisning	420	420-429	79	25	138.000	120.000	326	4.790
Sundhed	430	430-439	18	9	86.000	83.000	364	8.740
Daginstitutioner	440	440-442	40	8	25.000	14.000	350	1.690
Kaserne, asyl, fængsel	490	443-449, 490	14	4	13.000	10.000	260	2.900
Ferie	520	520-529	65	1	5.000	1.000	59	1.390
Idræt	530	530-533, 539, 590	85	16	60.000	46.000	200	2.810
Sum			11.071	487	3.484.000	1.821.000		

TABEL 2. Nybyggeriet 2015-2020 fordelt på ejerskab. Gennemsnit pr. år for opvarmede bygninger.

Ejer	Kode	Bemærkning	Antal		Opvarmet etageareal, m ²		Gennemsnitsstørrelse, m ²	
			Samlet	>=1.000 m ²	Samlet	>=1.000 m ²	<1.000 m ²	>=1.000 m ²
Privatperson	10	Inkl. interessentskaber	6.426	21	1.108.000	61.000	164	2.890
Almennyttig	20	Boligselskaber	744	37	181.000	92.000	126	2.500
Selskab	30	Aktie-, anpart mv.	3.120	262	1.328.000	932.000	139	3.550
Forening	40	Inkl. legat og selvejende.	200	40	167.000	130.000	229	3.260
Andelsbolig	41		19	0	3.000	1.000	106	2.770
Kommune	50, 60	Privat boligforening	239	34	146.000	105.000	200	3.090
Region	70		28	8	82.000	80.000	135	9.740
Staten	80		25	7	39.000	35.000	252	4.970
Andet	90, 99		272	81	428.000	386.000	217	4.770
		Moderejend. for ejerlejl. flere ejerkategorier mv.						
Sum			11.073	490	3.482.000	1.822.000		

TABEL 3. Opgørelse af række-, kæde- og dobbelthuse i BBR og Statistikbanken.

Anvendelse	Kode	Registreringer	Lejligheder	Boliger
Række-, kæde- og dobbelthuse	130	658	873	913
Række- og kædehuse	131	2.024	2.712	2.920
Dobelthuse	132	656	788	838
Sum		3.337	4.373	4.671

Anvendelseskategorien benævnt rækkehuse omfatter alle typer sammenbyggede enfamiliehuse herunder række-, kæde- eller klyngehuse samt dobbelthuse. Der er en særlig udfordring ved opgørelsen af antal bygninger i rækkehusbyggeriet, da hver boligenhed per definition er en bygning, se Tabel 3. BBR-koden 130 blev oprindeligt anvendt til at registrere alle typer sammenbyggede enfamiliehuse. Den forekommer mest først i opførelsesperioden, men afløses sidst i opførelsesperioden næste helt af de mere specifikke BBR-koder 131 for række- og kædehuse samt BBR-kode 132 for dobbelthuse. Problemet er, at antallet af lejligheder registreret i BBR, som tidligere har været anvendt ved opgørelse af antal bygninger i rækkehusbyggeriet, ikke stemmer med antallet af boliger. I det følgende anvendes antallet af boliger som mål for antallet af bygninger i rækkehusbyggeriet.

Ved brug af adresser og geo-koordinater på bygningerne i BBR er det opgjort hvor mange ens bygninger, som indgår i samme bebyggelse. Kun bygninger med samme tag- og ydervægsmateriale, samme opvarmning, og samme ejerkategori samt ibrugtaget i samme kalenderår anses for at være ens.

Række-, kæde- og dobbelthusene indgår i stor udstrækning i sammenhængende bebyggelser med ens huse. For dobbelthusene (BBR-kode 132) er der i gennemsnit 11 ens huse pr. bebyggelse, mens der er 24 ens huse i række- eller kædehuse bebyggelserne (BBR-kode 131). For BBR kode 130 drejer det sig om 15 ens huse pr. bebyggelse. I gennemsnit for de tre BBR-koder er der 19 ens huse pr. bebyggelse.

Også i nogle af de andre anvendelseskategorier er der bebyggelser med flere ens bygninger pr. bebyggelse. Det drejer sig primært om enfamiliehuse, mindre etageboliger og bygninger til ferieformål.

Omkostning ved LCA-beregning

Omkostningerne ved at udføre LCA-beregningen for at dokumentere kg CO₂-ækv/m² pr. år for nye bygninger er estimeret ud fra den tid der medgår til at indsamle data for byggematerialerne, lægge dem ind i beregningsværktøjet sammen med det beregnede energiforbrug til drift af bygningen og udfærdige dokumentationen. Beregningen af energiforbruget til driften af bygningen skal allerede i dag udføres i henhold til de eksisterende energibestemmelser i BR, og er ikke en omkostning i relation til LCA-beregningen.

Tidsforbruget ved udførelsen af LCA-beregning for en bygning, afhænger primært af bygningens størrelse og kompleksitet. Det estimerede tidsforbrug ved udførelse af LCA-beregningen for en bygning, i afhængighed af bygningens størrelse og ved en gennemsnitlig kompleksitet for bygningsstørrelsen er vist i Tabel 4. Tidsforbruget i tabellen er for 2. året efter ikrafttrædelse af kravet, hvor eventuelle startproblemer med at håndtere beregningen for det meste er overstået. Det angivne areal er bygningens samlede etageareal inklusive kælder mv. og ikke kun det opvarmede etageareal. For år 2 er det antaget, at tidsforbruget til at udføre LCA-beregningen er ligeligt fordelt på en person med særlig indsigt i LCA-beregning og en almindelig byggetekniker. Det er desuden antaget, at der i år 2 selv for små bygninger (mindre end ca. 55 m²), vil være et tidsforbrug til LCA-beregningen på 1,5 arbejdsdage. Det her angivne tidsforbrug i år 2 er ved beregning af en bygning "fra bunden", hvor der ikke genbruges elementer fra tidligere udførte LCA'er på andre, tilsvarende bygninger.

De estimerede tidsforbrug er lidt mindre end de tilsvarende estimater for den Frivillige BæredygtighedsKlasse, da der her er tale om rutinemæssig beregning på alle bygninger omfattet af energirammen og ikke kun på nogle få, udvalgte bygninger. De estimerede tidsforbrug er lidt højere end de tilsvarende estimerede tidsforbrug til at opfylde de kommende svenske krav til LCA-beregning, som meget ligner de danske krav i omfang.

Ved estimering af det gennemsnitlige tidsforbrug er der taget hensyn til den effektivitetsforøgelse, der opnås, ved at skulle håndtere ens bygninger. Det er i den forbindelse antaget at:

- 95 pct. af enfamiliehusbyggeriet opføres i serier på i gennemsnit 20 huse af samme type, hvor der kun skal ske mindre tilpasninger af LCA-beregningen for det enkelte hus. Serierne opføres over en årrække.
- 5 pct. af enfamiliehusbyggeriet opføres som "unik" byggeri, der LCA-beregnes individuelt "fra bunden".
- Tidsforbruget til LCA-beregningen af det andet hus i en serie er 45 pct. af det første hus. Tidsforbruget til yderligere huse aftager med kvadratroden på antallet af yderligere huse, ud over det første hus.
- Ens bygninger i samme bebyggelse håndteres samlet med en LCA-beregning. Tidsforbruget til denne beregning svarer til det samlede etageareal i de ens bygninger.
- Bygninger med et opvarmet etageareal > 900 m² LCA-beregnes individuelt "fra bunden", også selv om der er flere ens bygninger i en bebyggelse.

De samlede årlige omkostninger ved at udføre LCA-beregningen i 1.000 kr. ekskl. moms for de forskellige bygningsanvendelser er vist i Tabel 5. Omkostningernes fordeling på ejerkategorierne er vist i Tabel 6. Der er anvendt en timesats for byggeteknikere på 800 kr./time ekskl. moms og 1.100 kr./time ekskl. moms for person med særlig indsigt i LCA-beregning.

I estimatet er der taget udgangspunkt i omkostningerne til LCA-beregningen i 2. året efter ikrafttrædelse af kravet. Det er antaget, at omkostningerne vil være 50 pct. større det første år efter ikrafttrædelse af kravet, hvor branchen skal vænne sig til at håndtere det. I den forbindelse er der heldigvis godt 500 arkitekt- og ingeniørrådgivere, som er DGNB-konsulenter og uddannet til at lave LCA-beregningen. Der er desuden godt 100 entreprenører og 50 bygherrer, som også er DGNB-konsulenter.

TABEL 4. Tidsforbrug ved LCA-beregning, arbejdsdage i afhængighed af bygningens størrelse på 2. året fra ikrafttrædelse af kravet

Bygningsstørrelse, m ²	60	80	100	120	150	180	200	250	500
Tidsforbrug, arbejdsdage	2,0	3,0	3,4	3,7	4,0	4,2	4,4	4,6	5,3
Bygningsstørrelse, m ²	1.000	1.500	2.000	3.000	5.000	10.000	20.000	30.000	40.000
Tidsforbrug, arbejdsdage	6,0	6,3	6,6	6,9	7,4	8,0	8,6	9,0	9,2

TABEL 5. Omkostninger ved LCA-beregning i 1.000 kr fordelt på bygningernes anvendelse.

Anvendelse	Kode	År: 1	2	3	4	5	6	7 - ..
Stuehuse	110	2.434	1.623	1.460	1.298	1.136	974	811
Parcelhuse	120	51.752	34.501	31.051	27.601	24.151	20.701	17.251
Rækkehuse	130	23.688	15.792	14.213	12.633	11.054	9.475	7.896
Etageboliger	140	22.255	14.836	13.353	11.869	10.386	8.902	7.418
Kollegier	150	759	506	455	405	354	304	253

Døgninstitutioner	160	1.891	1.261	1.135	1.009	882	756	630
Andre helårsboliger	190	627	418	376	334	293	251	209
Produktionsbygninger	220	5.155	3.437	3.093	2.749	2.406	2.062	1.718
Kontor og handel	320	13.025	8.683	7.815	6.946	6.078	5.210	4.342
Lager	323	4.808	3.206	2.885	2.565	2.244	1.923	1.603
Hotel og service	330	2.201	1.467	1.320	1.174	1.027	880	734
Kultur	410	1.774	1.183	1.064	946	828	710	591
Undervisning	420	4.252	2.835	2.551	2.268	1.984	1.701	1.417
Sundhed	430	1.127	751	676	601	526	451	376
Daginstitutioner	440	1.950	1.300	1.170	1.040	910	780	650
Kaserne, asyl, fængsel	490	654	436	393	349	305	262	218
Ferie	520	917	611	550	489	428	367	306
Idræt	530	3.536	2.358	2.122	1.886	1.650	1.415	1.179
Sum		142.805	95.204	85.682	76.162	66.642	57.124	47.602

TABEL 6. Omkostninger ved LCA-beregning i 1.000 kr fordelt på ejerskab.

Ejer	Kode	År: 1	2	3	4	5	6	7 - ..
Privatperson	10	66.047	44.031	39.628	35.225	30.822	26.419	22.016
Almennyttig	20	7.070	4.713	4.242	3.770	3.299	2.828	2.357
Selskab	30	44.265	29.510	26.559	23.608	20.657	17.706	14.755
Forening	40	7.145	4.764	4.287	3.811	3.335	2.858	2.382
Andelsbolig	41	145	97	87	77	68	58	48
Kommune	50, 60	7.250	4.833	4.350	3.867	3.383	2.900	2.417
Region	70	1.040	693	624	555	485	416	347
Staten	80	1.060	706	636	565	494	424	353
Andet	90, 99	8.783	5.855	5.270	4.684	4.099	3.513	2.928
Sum		142.805	95.202	85.683	76.162	66.642	57.122	47.603

I de efterfølgende år fra år 3 – 7 er det antaget, at der er en effektivisering af LCA-beregningen på 10 pct.-point pr. år, svarende til at omkostningen til LCA-beregningen er halveret i år 7 og efterfølgende. Effektiviseringen skyldes en kombination af erfaringsopbygning, bedre rutiner og værktøjer samt overflytning af opgaven til almindelige byggeteknikere. Effektiviseringen forventes at blive forstærket af anvendelsen af digitale løsninger, som under alle omstændigheder vil komme, både ved projektering af større bygninger og også ved bygning af enfamiliehuse.

Omkostning ved overholdelse af CO₂-krav

Baggrunden for fastlæggelse af krav-niveauet er de 60 bygninger i BUILD-rapport 2021:13. En nærmere analyse af bygningerne > 1.000 m² viser, at der for bygninger optimeret i forbindelse med DGNB-certificering er en klimapåvirkning på 6,8 – 11,9 kg CO₂-ækv/m² pr. år med en middelværdi på 9,5 kg CO₂-ækv/m² pr. år. DGNB-certificeringen indeholder ikke absolutte krav, men alene et point-system, hvor CO₂'en bare er en blandt mange kriterier.

For de ikke optimerede bygninger > 1.000 m² er der en klimapåvirkning på 9,8 – 13,4 kg CO₂-ækv/m² pr. år med en middelværdi på 11,7 kg CO₂-ækv/m² pr. år. Der er flere af disse bygninger, hvor der er nogle oplagte muligheder for at reducere CO₂'en fra byggematerialerne. Flere af dem har fx et helt usædvanligt højt betonforbrug, som der typisk vil være en økonomisk besparelse ved at reducere, specielt set i lyset af at flere af dem er i 1- og 2- etager.

På den baggrund er det antaget, at grænseværdien på 12 kg CO₂-ækv/m² pr. år for nye bygninger med et opvarmet etageareal over 1.000 m² kan overholdes, alene ved at foretage en mere omhyggelig projektering af bygningerne og uden ekstra omkostninger ved selve byggeriet.

De ekstra projekteringsomkostninger ved at overholde grænseværdien på 12 kg CO₂-ækv/m² pr. år for nye bygninger med et opvarmet etageareal over 1.000 m² i de bygninger, hvor der er et problem med det, er vurderet til at være det samme som omkostningerne til at foretage LCA-beregningen for disse bygninger. Det er desuden vurderet, at der kan være et problem med overholdelse af grænseværdien i ½-delen af bygningerne, som der skal bruges tid på. Det er antaget, at behovet for at bruge tid på et problem med overholdelse af grænseværdien ikke afhænger af bygningens anvendelse, da der ikke på nuværende tidspunkt er tilstrækkeligt data grundlag til at vurdere eventuelle forskelle. Derudover er det vurderet, at der vil være en omkostning ved at opdatere LCA-beregningen op til færdigmelding af bygningen, som vil svare til det ½ af omkostningen ved den første LCA-beregning af bygningen.

De samlede årlige omkostninger ved at CO₂-kravet i 1.000 kr. ekskl. moms for de forskellige bygningsanvendelser er vist i Tabel 7. Omkostningernes fordeling på ejerkategorierne er vist i Tabel 8.

Det forventes i henhold til den politiske aftale, at grænseværdien vil blive strammet i 2025, svarende til år 3 eller 4 i tabellen. Omkostningerne i tabellen er uden den forøgelse af omkostninger, der eventuelt må komme i den forbindelse.

TABEL 7. Omkostninger ved overholdelse af CO₂-krav i 1.000 kr fordelt på bygningernes anvendelse.

Anvendelse	Kode	År: 1	2	3	4	5	6	7 - ..
Stuehuse	110	0	0	0	0	0	0	0
Parcelhuse	120	0	0	0	0	0	0	0
Rækkehuse	130	0	0	0	0	0	0	0
Etageboliger	140	15.928	10.619	9.557	8.495	7.433	6.371	5.309
Kollegier	150	465	310	279	248	217	186	155
Døgninstitutioner	160	1.063	708	638	567	496	425	354
Andre helårsboliger	190	0	0	0	0	0	0	0
Produktionsbygninger	220	2.606	1.737	1.563	1.390	1.216	1.042	869
Kontor og handel	320	7.127	4.751	4.276	3.801	3.326	2.851	2.376
Lager	323	2.907	1.938	1.744	1.550	1.357	1.163	969
Hotel og service	330	395	263	237	211	184	158	132
Kultur	410	358	239	215	191	167	143	119
Undervisning	420	1.863	1.242	1.118	993	869	745	621
Sundhed	430	749	499	449	399	349	299	250
Daginstitutioner	440	533	355	320	284	249	213	178
Kaserne, asyl, fængsel	490	254	169	152	135	118	102	85
Ferie	520	56	37	33	30	26	22	19
Idræt	530	1.178	785	707	628	550	471	393
Sum		35.482	23.652	21.288	18.922	16.557	14.191	11.829

TABEL 8. Omkostninger ved overholdelse af CO₂-krav i 1.000 kr fordelt på ejerskab.

Ejer	Kode	År: 1	2	3	4	5	6	7 - ..
Privatperson	10	1.495	997	897	797	698	598	498

Almennyttig	20	2.575	1.717	1.545	1.373	1.202	1.030	858
Selskab	30	18.890	12.594	11.334	10.075	8.815	7.556	6.297
Forening	40	2.853	1.902	1.712	1.522	1.332	1.141	951
Andelsbolig	41	24	16	14	13	11	10	8
Kommune	50, 60	2.429	1.620	1.458	1.296	1.134	972	810
Region	70	655	437	393	349	306	262	218
Staten	80	517	345	310	276	241	207	172
Andet	90, 99	6.041	4.027	3.624	3.222	2.819	2.416	2.014
Sum		35.479	23.655	21.287	18.923	16.558	14.192	11.826

Omkostningernes andel af de samlede byggeomkostninger

Omkostningernes andel i pct. af de samlede byggeomkostninger er vist i Tabel 9. Der er overslagsmæssigt anvendt en byggeomkostning på 12.000 kr./m² ekskl. moms for stuehuse, parcelhuse, rækkehuse, anden helårsbolig, daginstitutioner, kaserner, asylcenter, fængsler, bygninger til ferieformål og idrætsfaciliteter. For etageboliger, kollegier, døgninstitutioner, kontor, handel, kultur, undervisning, og sundhed er der overslagsmæssigt anvendt en byggeomkostning på 14.000 kr./m² ekskl. moms. For produktionsbygninger er der anvendt en byggeomkostning på 9.000 kr./m² ekskl. moms, og for lagre er der anvendt en byggeomkostning på 6.000 kr./m² ekskl. moms.

TABEL 9. Omkostninger til LCA-beregning og overholdelse af CO₂ i år 2 i pct. af byggeomkostningerne

Anvendelse	Kode	< 1.000 m ² LCA beregning	>= 1.000 m ² LCA beregning	CO ₂ krav	Samlet
Stuehuse	110	0,25			
Parcelhuse	120	0,29			
Rækkehuse	130	0,27			
Etageboliger	140	0,28	0,10	0,10	0,20
Kollegier	150	0,42	0,08	0,08	0,16
Døgninstitutioner	160	0,49	0,11	0,11	0,22
Andre helårsboliger	190	1,24			
Produktionsbygninger	220	0,90	0,18	0,18	0,36
Kontor og handel	320	0,69	0,09	0,09	0,17
Lager	323	1,17	0,18	0,18	0,35
Hotel og service	330	0,84	0,11	0,11	0,21
Kultur	410	0,72	0,07	0,07	0,13
Undervisning	420	0,75	0,09	0,09	0,17
Sundhed	430	0,58	0,04	0,04	0,09
Daginstitutioner	440	0,59	0,19	0,19	0,38
Kaserne, asyl, fængsel	490	0,81	0,14	0,14	0,28
Ferie	520	1,26	0,27	0,27	0,53
Idræt	530	0,94	0,14	0,14	0,28
Alle		0,32	0,10	0,10	0,20

Omkostning i små bygninger

I små bygninger under 50 m² kan omkostningerne ved LCA-beregningen blive uforholdsmæssigt høje, se Tabel 10. Samlet set er det ikke den store omkostning. Men for fx bygninger til ferieformål er det 55 pct. af de samlede omkostninger til LCA-beregning, som relaterer til bygninger under 50 m². Noget tilsvarende synes at være tilfældet i anvendelseskategorierne andre helårsboliger med 26

pct. samt hotel og service med 15 pct. For bygninger til idrætsformål er det 9 pct. af de samlede omkostninger til LCA-beregning, som relaterer til bygninger under 50 m². Når det ikke giver højere omkostninger for de små parcel- og rækkehuse, skyldes det, at de ofte indgår i bebyggelser af ens huse.

Fritagelse af små bygninger under 50 m² kendes fra EPBD'ets energikrav, men i udkastet til revideret EPBD gælder det ikke for kravet om LCA-beregning.

TABEL 10. Bygninger < 50 m². Antal og areal i nybyggeriet pr. år samt omkostningerne til LCA-beregning i år 2 i pct af byggeomkostningerne.

Anvendelse	Kode	Antal	Areal, m ²	LCA, 1.000 kr.	LCA, pct.
Stuehuse	110	0	0	0	
Parcelhuse	120	8	322	21	0,54
Rækkehuse	130	8	1.295	79	0,51
Etageboliger	140	0	0	0	
Kollegier	150	1	43	4	0,65
Døgninstitutioner	160	10	368	66	1,27
Andre helårsboliger	190	11	407	108	2,00
Produktionsbygninger	220	4	134	44	3,62
Kontor og handel	320	23	781	237	2,14
Lager	323	3	104	31	5,05
Hotel og service	330	24	632	226	2,31
Kultur	410	4	120	34	2,05
Undervisning	420	4	119	34	2,31
Sundhed	430	1	16	7	3,12
Daginstitutioner	440	3	117	32	1,96
Kaserne, asyl, fængsel	490	2	62	23	1,85
Ferie	520	52	1.509	333	1,83
Idræt	530	22	668	205	2,45
Samlet		180	6.696	1.484	1,72

Andre økonomiske perspektiver

Indførelse af krav i Bygningsreglementet til klimapåvirkning fra nye bygninger må forventes også at have positiv indvirkning på eksporten af rådgivningsydelser og byggematerialer fra Danmark til udlandet, på linje med det der skete, da Danmark gik foran med energikrav til nybyggeriet, i henhold til Copenhagen Economics rapport fra 2014 om Betydningen af lavenergiklasserne for byggebranchen.

De rådgivende ingeniører omsatte i 2019 for 14,2 mia. kr. i Danmark, hvor af eksporten af ingeniør-rådgiverydelser fra Danmark var på 2,9 mia. kr. Hertil kommer en omsætning i udenlandske datterselskaber på 15,8 mia. kr. Byggeri er det største element i ingeniørernes rådgivningsydelser.

Den samlede omsætning hos Danske Arkitektvirksomheders medlemmer var i 2019 på 5,7 mia. kr. Af det er 1,0 mia. kr. pr. år eksport til udlandet.

Den danske byggematerialeeksport var i 2020 på 36,7 mia. kr. Danmark eksporterer byggematerialer til mange lande i og uden for EU. Eksport af byggematerialer udgjorde i 2020 5,3 pct. af den samlede vareeksport. Størstedelen af byggematerialerne eksporteres til vores nabolande Tyskland, Sverige, Storbritannien og Norge.

Klimapåvirkning fra nybyggeri: Analytisk grundlag til fastlæggelse af ny LCA baseret grænseværdi for bygningers klimapåvirkning fra 2025

Som følge af den nationale strategi for bæredygtigt byggeri, er der pr. 1 januar 2023 indført nye krav til dokumentation af nybyggeriets klimapåvirkninger over livscyklussen ved en livscyklusvurdering. Desuden stilles der krav til, at nye bygninger med opvarmet areal på over 1.000 m², skal leve op til grænseværdi for bygningers klimapåvirkning. Denne grænseværdi forventes strammet hver andet år frem mod 2029, med henblik på at reducere bidraget fra det typiske nybyggeri til nationale udledninger af drivhusgasser.

Denne rapport udarbejder et metodisk grundlag til at etablere et repræsentativt bygningsdatagrundlag, som afspejler det typiske nybyggeri i Danmark, og som grænseværdien skal baseres på. Desuden udarbejdes en metode til at fastlægge grænseværdien for bygningers klimapåvirkningen – den typiske nybyggede bygningsmasse i Danmark. Til sidst bestemmes en potentiel grænseværdi i perioden 2025-2027, og potentielle reduktioner af drivhusgasudledninger som følge af indførelsen af denne grænseværdi beregnes.