

Omkostninger og energibesparelser ved energieffektivisering af bygninger frem mod 2050

Kragh, Jesper; Rose, Jørgen; Aggerholm, Søren

Publication date:
2025

Document Version
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

Citation for published version (APA):

Kragh, J., Rose, J., & Aggerholm, S. (2025). *Omkostninger og energibesparelser ved energieffektivisering af bygninger frem mod 2050*. (1. udgave udg.).

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

2025:05

Omkostninger og energibesparelser ved energieffektivisering af bygninger frem mod 2050

The background of the page is decorated with a pattern of thin, blue, wavy lines that flow from the top and bottom edges towards the center, creating a sense of movement and depth.

Jesper Kragh
Jørgen Rose
Søren Aggerholm

BUILD rapport 2025:05

Institut for Byggeri, By og Miljø, Aalborg Universitet
2025

TITEL

UNDERTITEL

SERIETITEL

BUILD rapport 2025:05

UDGIVELSEÅR

2025

UDGIVET DIGITALT

Maj 2025

FORFATTER

Jesper Kragh, Jørgen Rose og Søren Aggerholm

SPROG

Dansk

SIDETAL

70

LITTERATURHENVISNINGER

Side 68

EMNEORD

EPBD, energiforbrug, varmebesparelser, renovering

ISBN

978-87-94561-45-7

OMSLAGSFOTO

Colourbox. Foto: badahos.

UDGIVER

Institut for Byggeri, By og Miljø (BUILD), Aalborg Universitet
A.C. Meyers Vænge 15, 2450 København SV
E-post build@build.aau.dk
www.anvisninger.dk

Der gøres opmærksom på, at denne publikation er omfattet af ophavsretsloven.

INDHOLD

FORORD	5
1 SAMMENFATNING	8
2 BYGNINGER OG OPVARMNING	12
2.1 Bygningerne	12
2.2 Hovedopvarmningskilde	15
2.3 Energimærkedatabasen	18
2.4 Varmetabet	19
2.5 Energistatistikken	22
2.6 Vejrdata	23
2.7 Indetemperatur	25
2.8 Varmeforbrug	25
2.9 Brændselsforbrug	29
3 RENOVERING	32
3.1 Opgradering af bygningsdelene	32
3.2 Reduktion af varmetabet	39
3.3 Ændring i indetemperatur	41
3.4 Varmebesparelse	41
4 INVESTERING	46
4.1 Energiinvestering og samlet investering	46
5 ENERGIMÆRKNINGEN	50
5.1 Indetemperatur	50
5.2 Varmt brugsvand og internt varmetilskud	50
5.3 EI-behov	51
5.4 Primærenergibehov	51
5.5 Sammenligning af energimærker	52
6 FREM MOD 2050	56
6.1 Varmebehov	56
6.2 Opvarmningskilde	57
6.3 Primærenergibehov	57
7 OPFYLDELSE AF EPBD KRAV	62
7.1 Beboelsesbygninger	62
7.2 Ikke-beboelsesbygninger	62
7.3 EPBD	63
7.4 Nulemissionsbygninger	64
7.5 Erhvervsbygninger med udfordring i forhold til EPBD-kravene	66
8 REFERENCER	68

FORORD

BUILD, Institut for Byggeri, By og Miljø, Aalborg Universitet har tidligere analyseret varmebesparelspotentialer i den eksisterende bygningsmasse. De seneste tidligere analyser er beskrevet i BUILD Rapport 2021:08 *Varmebesparelse i eksisterende bygninger – Segmentering* der havde til formål at belyse de største energi- og CO₂-besparelspotentialer ved renovering af klimaskærm og skift af varmeforsyning (Aggerholm & Kragh, 2021), og SBI-rapport 2016:17 *Varmebesparelse i eksisterende bygninger - Potentiale og økonomi* der havde fokus på potentialer for varmebesparelser i den eksisterende bygningsmasse og de hermed forbundne investeringer samt disses rentabilitet for bygningsejerne (Wittchen et al., 2017). Sidstnævnte analyse indeholdt 7 scenarier for niveau på tiltag, hvor det ene svarede til bygningsreglementets krav ved renovering af bygninger.

I BUILD Rapport 2023:06 *Cost-optimal levels of minimum energy performance requirements in the Danish Building Regulations* (Kragh et al., BUILD 2023:06 *Cost-optimal levels of minimum energy performance requirements in the Danish Building Regulations*, 2023) er det i relation til EU-direktivet om bygningers energimæssige ydeevne, EPBD (Europa-Parlamentet og Rådet, 2024) dokumenteret, at minimumskravene i Bygningsreglement 2018 ved renovering af bygninger er privatøkonomisk rentable.

Analysen beskrevet i denne rapport har til formål at belyse potentialerne for og omkostningerne ved energieffektivisering af bygninger frem til 2050 ved renovering af klimaskærm med henblik på at vurdere nødvendige scenarier for overholdelse af EU-direktivet om bygningers energimæssige ydeevne (bygningdirektivet) vedtaget i april 2024.

Nærværende rapport og analysearbejde er i vid udstrækning en videreførelse af analyserne fra BUILD Rapport 2021:08, og derfor er der visse overlap/gentagelser fra denne.

Rapporten ledsages af et regneark i Microsoft Excel-format med resultaterne af beregningerne med tilhørende figurer og tabeller. Rapporten indeholder derfor ikke alle resultater. Detaljerne kan findes i regnearket.

Analysen er finansieret af Energistyrelsen. Arbejdet med rapporten startede i efteråret 2024, hvorfor BUILD har udarbejdet analyser pba. Energistylsens foreløbige tolkning af direktivet på dette tidspunkt. Energistyrelsen kan derfor have andre tolkninger af direktivet i dag, fx ift. anvendelseskoder for omfattede bygninger, fortolkning vedr. definitionen af en nulemissionsbygning mv. Det bemærkes desuden at der på udgivelsestidspunktet afventes politisk mandat til implementering af direktivet.

BUILD – Institut for Byggeri, By og Miljø, Aalborg Universitet
Sektionen for Bygningers Bæredygtighed

Harpa Birgisdóttir
Sektionsleder

The background of the page is decorated with a pattern of thin, dark blue wavy lines that flow across the entire surface. In the upper center, there is a solid dark blue circle containing the white number '1'.

1

SAMMENFATNING

1 SAMMENFATNING

Formålet med nærværende rapport er at beskrive resultaterne af en analyse af potentialerne for og omkostningerne ved energieffektivisering af bygninger frem til 2050 gennem renovering af klimaskærmen. Analysen er udformet, så resultaterne direkte kan sammenholdes med delmålene for 2030, 2033 og 2035 samt slutmålene i 2050 (nulemission) for bygningsmassens energieffektivisering, som defineret i recast af Bygningsdirektivet fra april 2024. Det har ikke været analysens formål at forholde sig til, hvordan besparelspotentialerne bedst indfries og i hvilken hastighed.

Rapporten indeholder en ret detaljeret segmentering af besparelspotentialet efter bygningstype og byggeperiode samt varmforsyning. Ved segmenteringen af varmforsyningen er der anvendt tre kategorier: Fjernvarme, Anden centralvarme fx varmepumper, olie- eller gasfyr og Ingen centralvarme, som omfatter fx el-paneler og andre ovne. Potentialet i hvert segment er bestemt på basis af registreringen af den faktiske tilstand af de enkelte bygninger i segmenterne i energimærkningsordningen og skaleret til hele bygningsmassen ved brug af data fra BBR.

Sammenfatningens status nedenfor fokuserer på de samlede resultater for hele bygningsmassen. Resultaterne for de enkelte segmenter findes også i rapporten og i det medfølgende regneark i Microsoft Excel-format.

Status

Den eksisterende bygningsmasse og det nuværende registrerede endelige varmeforbrug er vist i Tabel 1. Tallene er eksklusiv sommerhuse, værksteder, lagre og andre delvis opvarmede bygninger. 69 pct. af de opvarmede bygninger og 68 pct. af det opvarmede etageareal er i bygninger opført før 1979, hvor der var mindre strenge energikrav til nye bygninger. Varmeforbruget i disse bygninger udgør derfor også 77 pct. af det samlede varmeforbrug i de opvarmede bygninger. Det samlede varmebehov er afstemt med varmeforbruget for 2017-19 i Energistatistik 2023 (Energistatistik 2023, Udg. 2024).

Det dimensionerende varmetab er i gennemsnit ca. 60 W/m² i de ældre byggeperioder frem til ca. 1960 og ellers aftagende over byggeperioderne til ca. 20 W/m² i den seneste byggeperiode fra 2016 og frem.

TABEL 1. Den eksisterende bygningsmasse og det nuværende registrerede endelige varmeforbrug. Eksklusive sommerhuse, værksteder, lagre og andre delvis opvarmede bygninger.

Byggeperiode	- 1978	1979 -	Samlet
Antal bygninger	1.310.719	582.576	1.893.295
Opvarmet etageareal, 1.000 m ²	313.771	144.772	458.543
Varmeforbrug, GWh/år	39.283	11.782	51.065

Det registrerede varmeforbrug er i gennemsnit ca. 130 kWh/m² pr. år i de ældre byggeperioder frem til ca. 1960 og ellers aftagende over byggeperioderne til ca. 50 kWh/m² pr. år i den seneste byggeperiode fra 2016 og frem. Det gennemsnitlige niveau før renovering under hensyn til indetemperaturen er 118,8 kWh/m² år. Når varmeforbruget ikke varierer mere, antages det primært at skyldes, at der holdes lavere indetemperatur i de dårligere isolerede bygninger med højt varmetab og højere indetemperatur i de godt isolerede bygninger med lavt varmetab. Beregningsmæssigt svarer det til en gennemsnitlig indetemperatur på 17,5-

18,5 °C i bygninger fra de ældre byggeperioder. Tilsvarende temperaturniveauer blev ligeledes fundet i forbindelse med tidligere potentialeanalyser af bygningsmassen (Aggerholm & Kragh, 2021).

Analyserne indikerer, at for de ældre byggeperioder frem til ca. 1960 er parcelhuse med varmepumpe typisk lidt bedre isoleret og parcelhuse med oliefyr lidt dårligere isoleret end gennemsnittet af parcelhusene med fx fjernvarme eller gasfyr. Analyserne tyder også på, at der kan være lokale forskelle i isoleringstilstanden, fx i forskellige kommuner.

Renovering

Renovering af bygningerne og opgradering af klimaskærmen, som opfylder bygningsreglementets krav, vil reducere det dimensionerende varmetab til 40 W/m² for bygningerne i de ældre byggeperioder.

Renoveringen af bygningerne og opgraderingen af klimaskærmen vil reducere det samlede varmeforbrug til 103,2 kWh/m² svarende til en reduktion på 13,1 pct. af det nuværende varmeforbrug, hvis det antages, at indetemperaturen efter renovering og efterisolering hæves svarende til niveauet i tilsvarende isolerede bygninger.

Hvis det antages, at indetemperaturen i bygningerne hæves i forbindelse med renoveringen, vil det betyde en ny gennemsnitlig indetemperatur på 19,5-21,5 °C i bygninger fra de ældre byggeperioder.

Uden komfortforbedringer, dvs. ved standardbetingelser som anvendes i energimærkningsordningen, som også anvendes i forhold til implementering af EPBD-kravene, opnås ved samme renovering et varmebehov på 92,4 kWh/m² svarende til en reduktion på 22,2 pct.

EPBD-krav

I rapporten defineres en såkaldt ZEB-faktor (Zero Emission Building – faktor), som angiver forholdet mellem bygningens faktiske ydeevne og ZEB-niveauet. En ZEB-faktor på 1,20 betyder altså, at bygningen er 20 pct. over ZEB-kravet.

Betragtes udviklingen frem mod 2050 i forhold til opfyldelse af kravene i EPBD, under antagelse om at der benyttes samme energifaktorer som dagens energimærkning, vil det for boligernes vedkommende betyde at der opnås en samlet reduktion i varmebehovet i 2050 på 23,9 pct., og at den gennemsnitlige ZEB-faktor for boligerne da er 1,34. Andelen af den samlede reduktion, der opnås i de 43 pct. dårligste bygninger i 2050 er 82 pct.

For erhvervsbygningernes vedkommende bliver den samlede reduktion i varmebehovet 19,5 pct. og den gennemsnitlige ZEB-faktor bliver 1,40 i 2050. Samtidig viser analysen fsva. efterlevelse af minimumsstandarder for bygningers energimæssige ydeevne, at 4,7 pct. af erhvervsbygningerne ikke kommer i mål ift. 16 pct. tærsklen og at 9,6 pct. af erhvervsbygningerne ikke kommer i mål ift. 26 pct. tærsklen.

Samlet viser analyserne altså, at de EPBD-krav, som har til formål at sikre, at den samlede bygningsmasse er nulemissionsbygningmasse senest i 2050, ikke kan opfyldes alene ved at renovere bygningerne, men at det også er nødvendigt med en samtidig forbedring/udvikling af energisystemet og konvertering af varmesystemerne i de enkelte bygninger.

For erhvervsbygningerne (institution og erhverv) er der specielt særlige udfordringer ift. EPBD-kravene i hhv. 2030 og 2033.

The background of the page is decorated with a pattern of thin, dark blue wavy lines that flow across the entire surface. In the upper center, there is a solid dark blue circle containing the white number '2'.

2

BYGNINGER OG OPVARMNING

2 BYGNINGER OG OPVARMNING

Kapitlet indeholder en beskrivelse af de opvarmede bygninger i Danmark og deres nuværende netto varmeforbrug til rumopvarmning og varmt brugsvand, der er fra varmeforbruget.

2.1 Bygningerne

Information om samtlige opvarmede bygninger i Danmark (1.692.000 bygninger med et samlet opvarmet areal på 422.987.000 m²) er trukket fra BBR i november 2020 (Bygnings- og Boligregisteret, 2020). De opvarmede bygninger er inddelt i seks overordnede bygningskategorier, se Tabel 2. Der er kun medtaget bygningsanvendelser, som året rundt normalt er opvarmet til en rumtemperatur på ca. 20 °C.

Specielt i tilknytning til erhverv er der et større antal bygninger, som er delvis opvarmet, fx indenfor BBR-anvendelseskode 323, som omfatter bygninger til lager fx i forbindelse med industriproduktion, værksteder, kontor og handel, undervisning, hospital mv. samt i forbindelse med postordrefirmaer, e-handel mv., hvor der foregår vareudlevering fra bygningen inklusive kontorer i forbindelse med disse. Disse bygninger er ikke inkluderet i analysen.

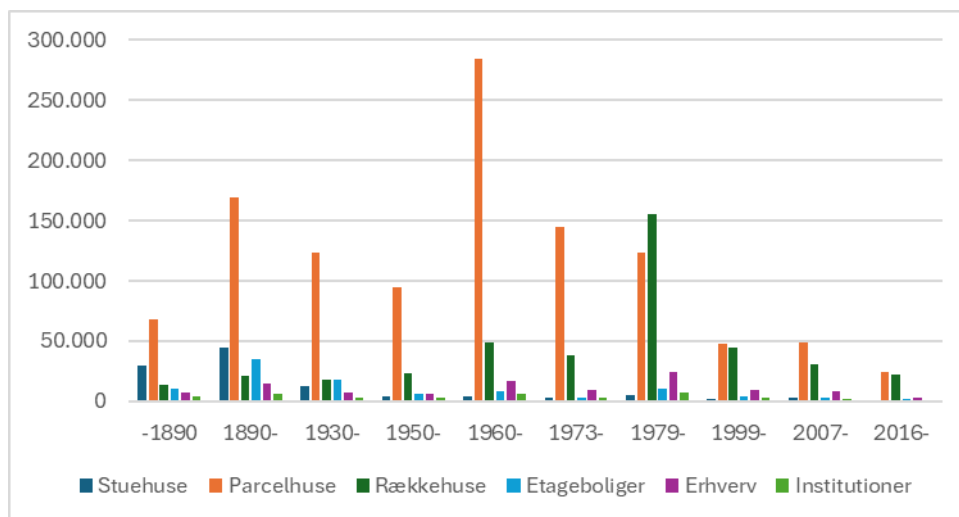
I Tabel 3 er opgjort samlet bygningsantal og opvarmet areal samt gennemsnitsstørrelse af bygningerne i hver af de seks bygningskategorier. For rækkehusene er hvert hus (boligenhed) i BBR defineret som en bygning. Til sammenligning med fx rækkehusene er den gennemsnitlige boligstørrelse (lejlighed) i etageboligerne på brutto 83 m², inkl. fx trappeopgang.

TABEL 2. De seks overordnede bygningskategorier og deres indplacering i BBR.

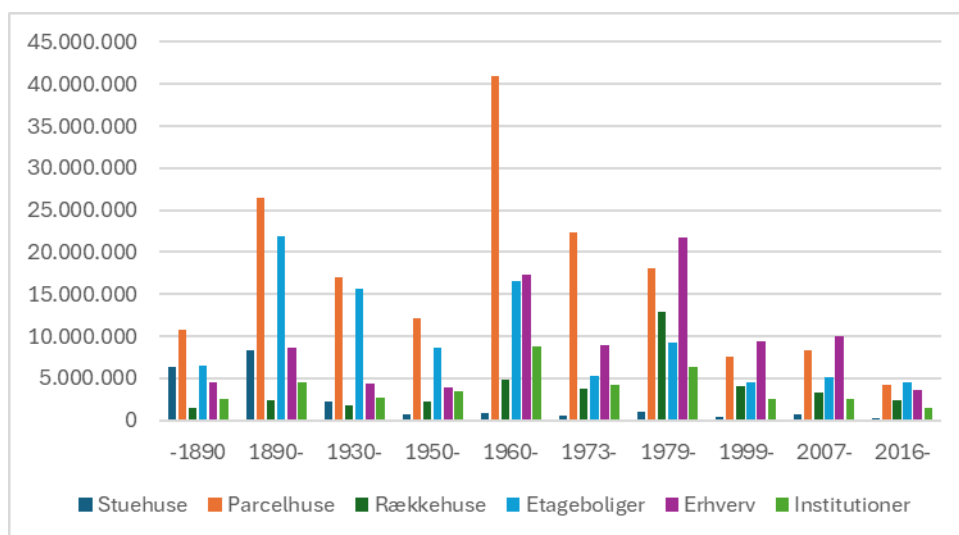
Bygningskategori	Anvendelse	BBR-koder
Stuehuse	Stuehus til landbrugsejendom	110
Parcelhuse	Fritliggende enfamiliehus	120
Rækkehuse	Række- og kædehus samt dobbelthuse	130, 131 og 132
Etageboliger	Etagebolig-bygning, flerfamiliehus eller tofamiliehus samt kollegier og døgninstitutioner	140, 150 og 160
Erhverv	Kontor, detailhandel, butikscenter, hotel, conferencecenter, restaurant, servicevirksomhed	320-339 ekskl. 323 og 325
Institutioner	Biograf, museum, bibliotek, kirke, skole, universitet, hospital, sundhedscenter, lægehus, daginstitution, kaserne, fængsel	410-490

TABEL 3. Samlet bygningsantal og opvarmet areal samt gennemsnitsstørrelse af bygningerne i hver af de seks bygningskategorier. (Bygnings- og Boligregisteret, 2020)

	Antal bygninger	Opvarmet areal, m ²	Størrelse, m ²
Stuehuse	109.000	21.570.000	198
Parcelhuse	1.121.000	167.204.000	149
Rækkehuse	414.000	39.320.000	95
Etageboliger	108.000	98.921.000	919
Erhverv	56.000	57.012.000	1.016
Institutioner	38.000	38.960.000	1.019
Samlet	1.692.000	422.987.000	



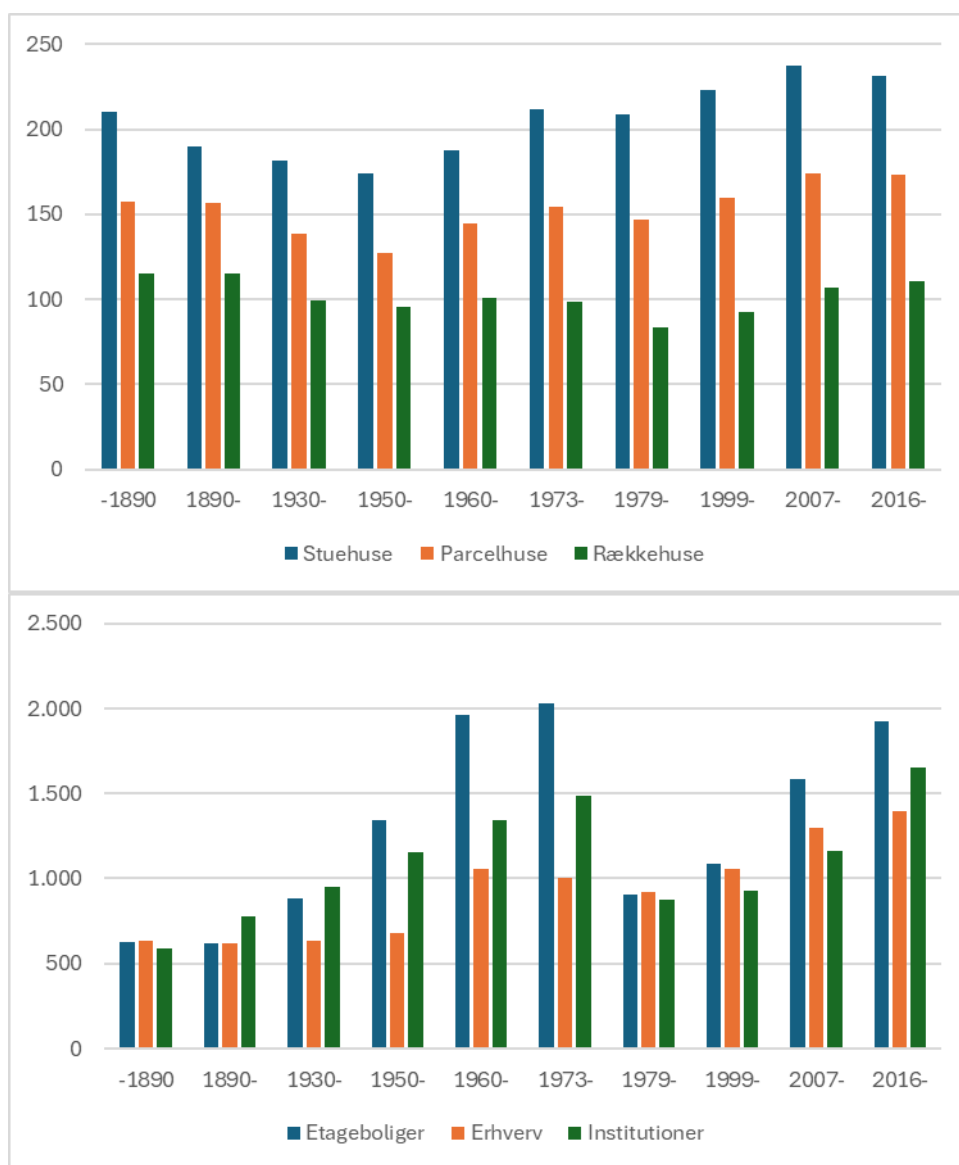
FIGUR 1. Samlet antal opvarmede bygninger, ekskl. sommerhuse og delvist opvarmede værksteder, lagre mv., opgjort efter byggeperiode. (Bygnings- og Boligregisteret, 2020)



FIGUR 2. Samlet opvarmet etageareal, m² i bygningerne, ekskl. sommerhuse og delvist opvarmede bygninger, som værksteder, lagre mv., opgjort efter byggeperiode. Opførelsesperioden er angivet med startåret for perioden og går frem til et år før næste årstal. (Bygnings- og Boligregisteret, 2020)

I Figur 1 er vist det samlede antal opvarmede bygninger ekskl. sommerhuse og delvis opvarmede værksteder, lagre mv. fordelt på bygningskategori og byggeperiode. 59 pct. af bygningerne er opført før 1973, inden der blev stillet egentlige krav til bygningernes isolering. For parcelhusene er det 66 pct., som er opført før 1973.

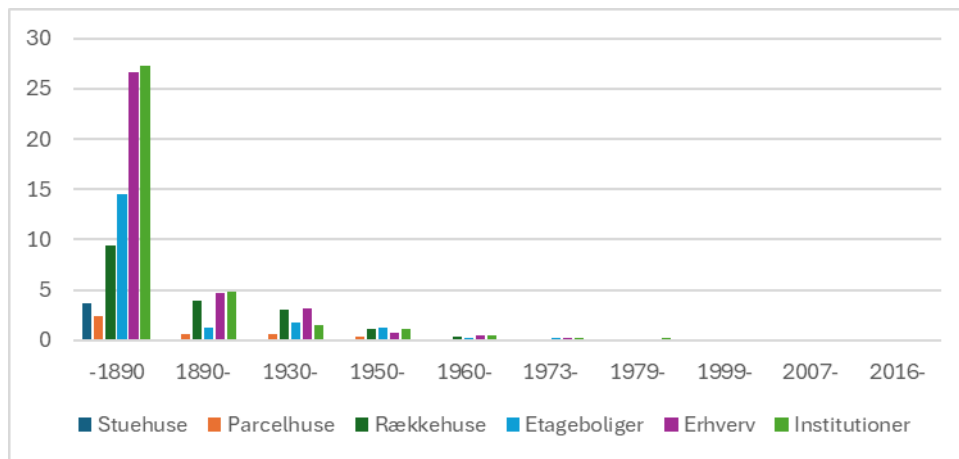
I Figur 2 er vist det samlede opvarmede etageareal i bygningerne, og i Figur 3 ses den gennemsnitlige bygningsstørrelse (og ikke størrelse for boligenhederne).



FIGUR 3. Opvarmet etageareal, m² i bygningerne. Gennemsnit for bygningskategori og opførelsesperiode. Opførelsesperioden er angivet med startåret for perioden og går frem til et år før næste årstal. Øverste figur viser arealet for stuehuse, parcelhuse og rækkehuse og nederst figur viser arealerne for etageboliger, erhverv og institutioner. (Bygnings- og Boligregisteret, 2020)

En del af det opvarmede areal i ældre bygninger består ofte af tilbygninger inklusive fx udnyttelse af loftrum og etablering af tagetager. Det er begrænset, hvad der findes af registreringer fra bygningernes opførelse. Ved boligtællingen i 1981 (Boligtællingen 1981, 1982) har parcelhuse, hvor grundhuset er opført før 1960, en gennemsnitsstørrelse på 129 m². I 2019 har de samme huse en gennemsnitsstørrelse på 152 m², svarende til at der over perioden er sket udbygning af husene med 18 pct. For parcelhuse opført 1960-79 gælder tilsvarende, at de i 1981 har en gennemsnitsstørrelse på 140 m² og i 2019 er vokset til en gennemsnitsstørrelse på 148 m², svarende til en udbygning af husene med 5 pct. Tilbygningerne vil normalt være bedre isoleret end det oprindelige grundhus.

Nogle af de især ældre bygninger er fredede, se Figur 4. Samlet set er det 1,3 pct. af bygningsarealet, hvor der er en fredning, som begrænser muligheden for forbedring af klimaskærmen. For parcelhusene er det bare 0,4 pct. af arealet.



FIGUR 4. Andel af fredede bygninger i pct. Opgjort i forhold til det opvarmede etageareal i bygningerne. Opførelsesperioden er angivet med startåret for perioden og går frem til et år før næste årstal. (Bygnings- og Boligregisteret, 2020)

Ikke alle boliger er beboede hele tiden fx på grund af salg, overdragelse eller udenlandsophold. I henhold til statistikbanken (Statistikbanken, 2020) er 2,9 pct. af parcelhusene med fjernvarme eller naturgas i gennemsnit uden tilmeldte beboere. For de øvrige parcelhuse og stuehusene er det 8,4 pct. som i gennemsnit er uden tilmeldte beboere. For rækkehusene er det 4,9 pct. og for lejlighederne er det 6,8 pct., som i gennemsnit er uden beboere.

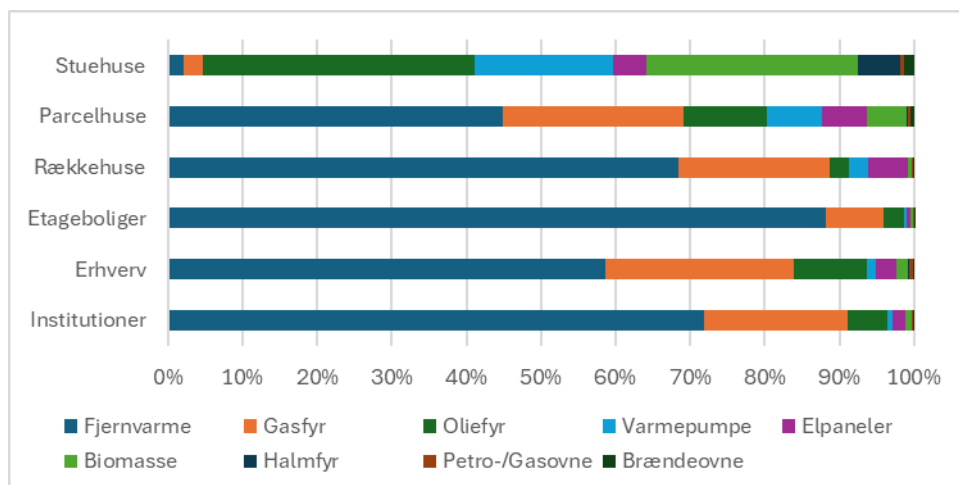
Der er 219.000 sommerhuse i Danmark med et samlet areal på 17.241.000 m². Et sommerhus er i gennemsnit på 79 m². I henhold til Statistikbanken er 10 pct. af sommerhusene helårsbeboede og 3 pct. er i gennemsnit udlejet i vinterhalvåret. 14 pct. af sommerhusene er fra før 1960, mens 49 pct. er opført i perioden 1960-1979 og 37 pct. er opført i senere perioder. Ovenstående to forhold korrigeres der ikke for i analysen.

2.2 Hovedopvarmningskilde

Den faktiske opvarmning af bygningerne vil ofte være baseret på en hovedopvarmningskilde og en eller flere supplerende varmekilder. Figur 5, viser registreringen af hovedopvarmningskilden i BBR 2020. Biomasse omfatter fx fyring med brænde, træpiller, træflis og halm.

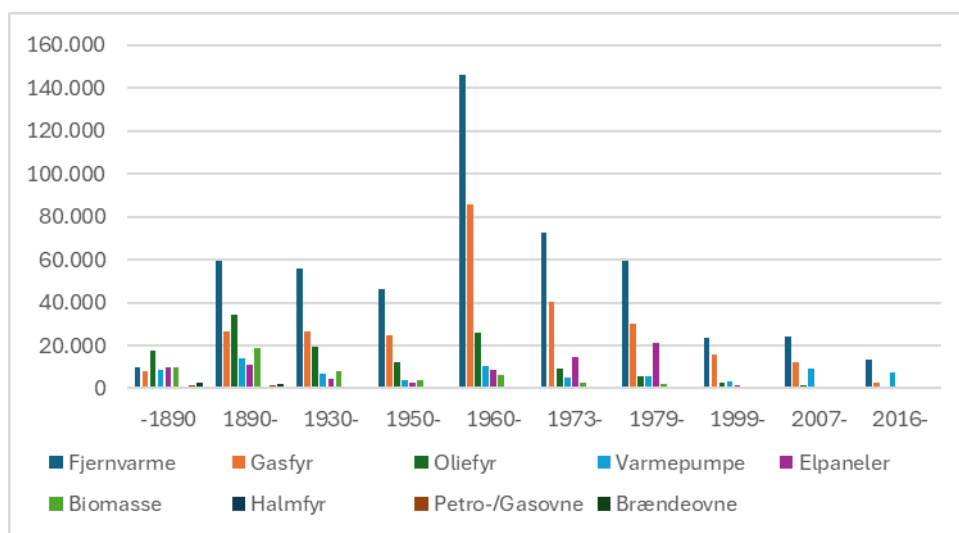
Fjernvarme er den hovedopvarmningskilde, som benyttes i hovedparten af bygningsarealet, bortset fra stuehusene. I rækkehuse, erhverv og institutioner dækker fjernvarme mere end 2/3 af det opvarmede etageareal og i etageboligerne er fjernvarme den helt dominerende opvarmningskilde. I parcelhusene dækker fjernvarme knapt halvdelen af det opvarmede etageareal. Der er også en del gas- og oliefyrsopvarmning i disse bygningskategorier, specielt i parcelhusene samt også noget i erhverv og institutioner. Især i de huse som er registreret med oliefyr som hovedopvarmningskilde kan der være skiftet til en anden hovedvarmekilde, uden at det er registreret i BBR.

Stuehusene ligger typisk uden for områder med fjernvarme eller naturgas. I dem anvendes der en del oliefyr og biomasse (træpillefyr, brændeovne m.m.) i opvarmningen samt i stigende grad også varmepumper.

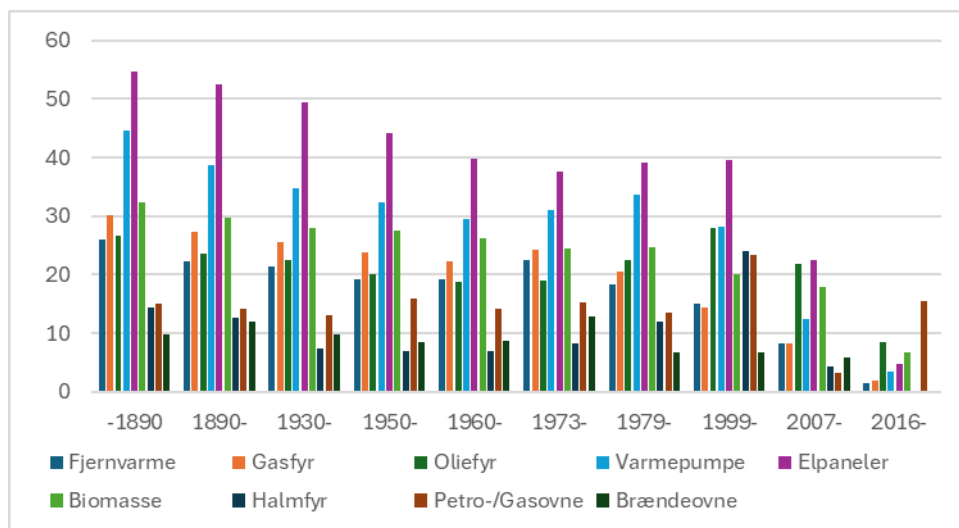


FIGUR 5. Bygningernes hovedvarmekilde. Procent af samlet opvarmet areal i bygningskategorierne. (Bygnings- og Boligregisteret, 2020)

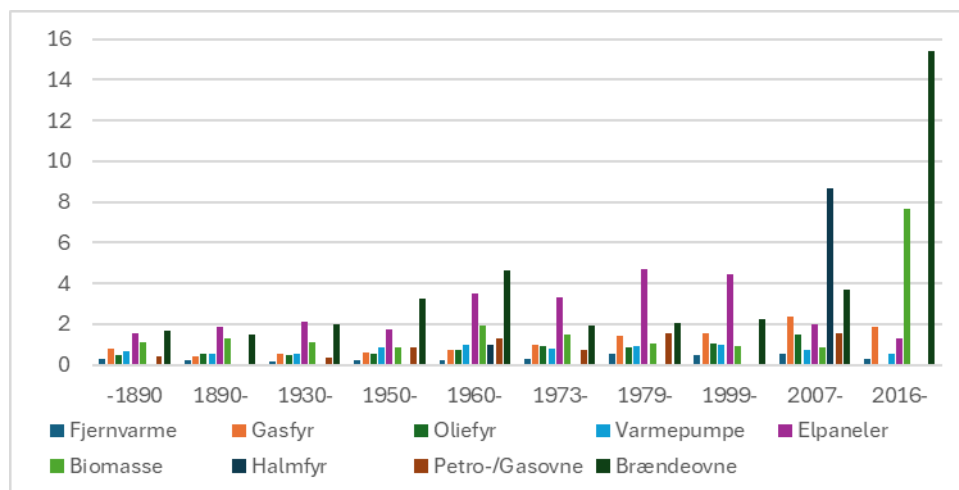
I Figur 6 er vist opvarmningen af parcelhuse i afhængighed af byggeperiode. Ud over husene opvarmet med fjernvarme er der 272.000 parcelhuse opvarmet med gasfyr og 128.000 parcelhuse opvarmet med oliefor. Der er også 75.000 parcelhuse, der har varmepumper, som hovedvarmekilde. Desuden er der 74.000 parcelhuse, der er registreret i BBR med direkte el-opvarmning.



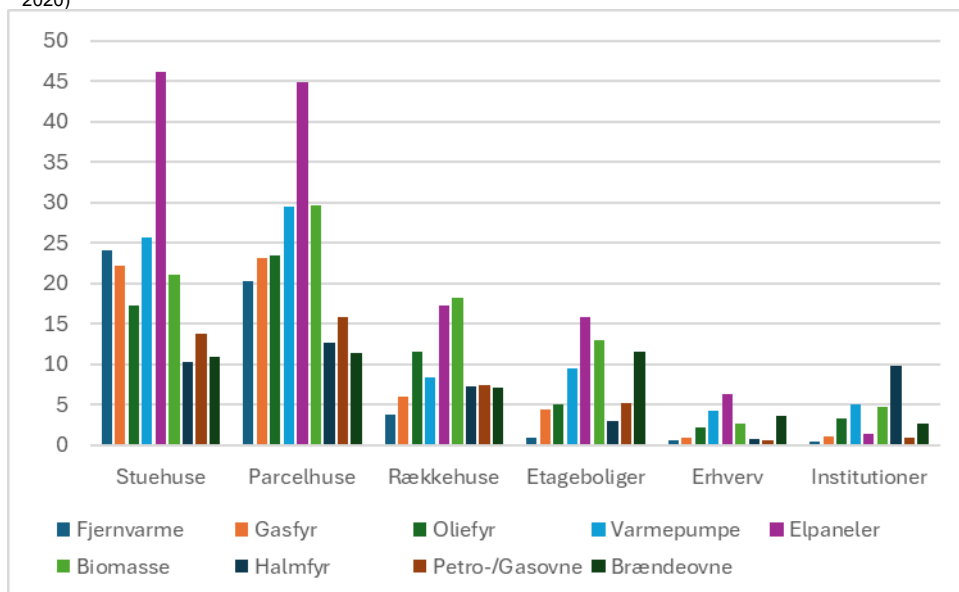
FIGUR 6. Opvarmning af parcelhuse. (Bygnings- og Boligregisteret, 2020)



FIGUR 7. Andel af parcelhusene, der har brændeovn som supplerende opvarmning. (Bygnings- og Boligregisteret, 2020)



FIGUR 8. Andel af parcelhusene, der har varmepumpe som supplerende opvarmning. (Bygnings- og Boligregisteret, 2020)



FIGUR 9. Andel af bygningerne, der har brændeovn som supplerende opvarmning. Procent af samlet opvarmet areal i bygningskategorierne. (Bygnings- og Boligregisteret, 2020)

En ret stor andel af parcelhusene har en brændeovn, som kan supplere hovedvarmekilden, se Figur 7. Specielt for parcelhuse med direkte el-opvarmning eller varmepumpe er der brændeovn i 30 – 55 pct. af husene, bortset fra de sidste to byggeperioder efter 2007. Også for parcelhuse med fjernvarme, gas- eller oliefyr opført før 2007 er der brændeovn i 15 – 30 pct. af husene.

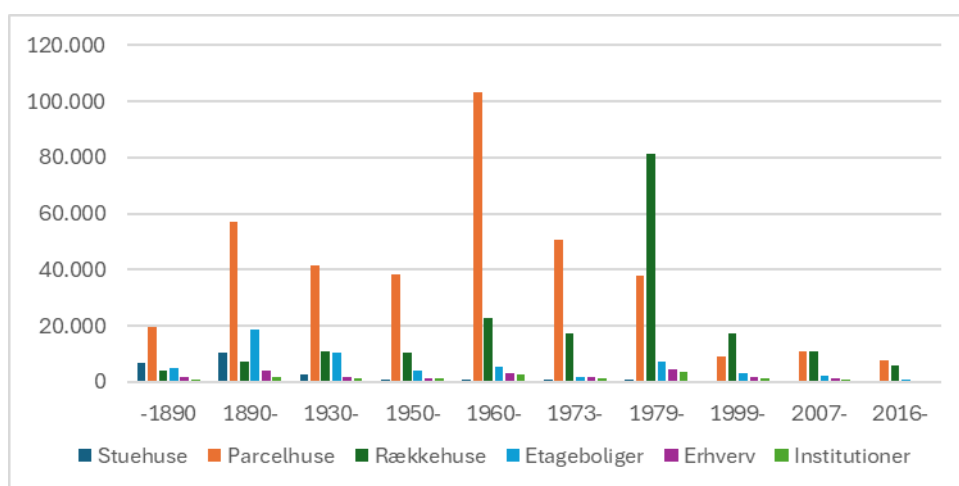
Varmepumper er også i en vis udstrækning ved at blive udbredt, ikke bare som hovedvarmekilde, men også som supplement til en anden hovedvarmekilde, se Figur 8. 3,2 pct. af de el-opvarmede parcelhuse har også registreret en varmepumpe som supplement, nok mest sandsynligt en luft-luft varmepumpe (som sommerhusløsningen) eller en brugsvandsvarmepumpe.

I Figur 9 ses tilstedeværelsen af brændeovn også i de andre bygningskategorier. I stuehusene er der brændeovne som supplerende opvarmning i samme udstrækning som i parcelhusene. I rækkehuse og etageboliger er brændeovne mere sjældne og i erhverv og institutioner er der få brændeovne.

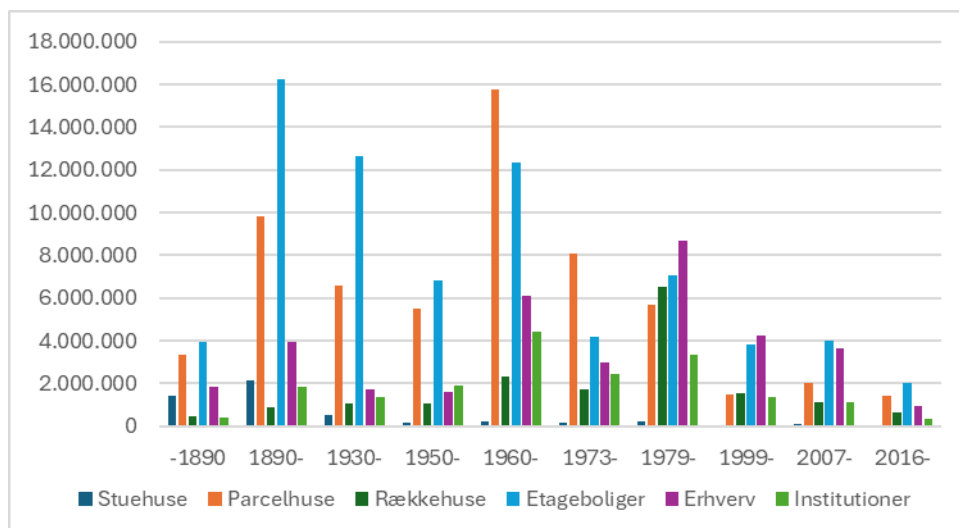
Solvarme er i dag ikke systematisk registreret i BBR. Tilsvarende var også tidligere gældende for solcelleanlæg. Fra registreringen hos elforsyningen vides dog, at der er ca. 155.000 solcelleanlæg på bygningerne. Af disse er hovedparten mindre anlæg på enfamiliehuse.

2.3 Energimærkedatabasen

Varmeforbruget i bygningerne er beregnet med udgangspunkt i data for den enkelte bygning i energimærkningsordningens database (Bekendtgørelse om energimærkning af bygninger, 2020). Der var i alt 846.299 energimærker i databasen i oktober 2020. Af disse var der 713.307 mærker med komplette data inklusive entydig definition af bygningsdelene i klimaskærmen. Efter frasortering af ældre mærker for bygninger, der er blevet energimærket flere gange, var der 652.298 mærker, som kunne benyttes i analysen. Det er dette datasæt, der arbejdes med i rapporten. Fordelingen af mærkerne, som er blevet anvendt i analysen, er vist i Figur 10 nedenfor. I Figur 11 er tilsvarende vist det opvarmede etageareal i de energimærkede bygninger. Samlet set svarer det til 39 pct. af bygningerne og 46 pct. af etagearealet i bygningsmassen.



FIGUR 10. Energimærker i databasen anvendt i analysen. For rækkehuse kan et energimærke i nogle tilfælde omfatte flere huse. (Bekendtgørelse om energimærkning af bygninger, 2020)



FIGUR 11. Samlet opvarmet areal i bygningerne i energimærkedatabasen. (Bekendtgørelse om energimærkning af bygninger, 2020)

2.4 Varmetabet

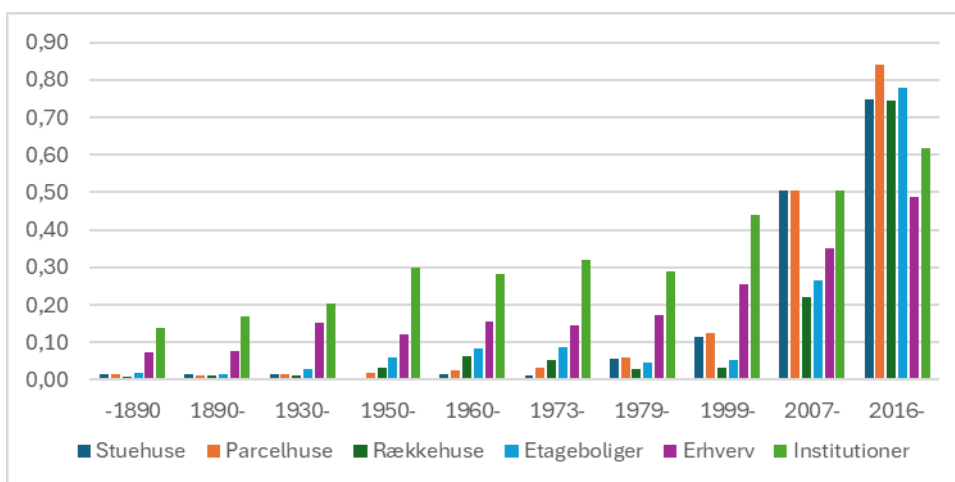
Bygningernes transmissionstab er beregnet ud fra data om transmissionsarealer og varme-tabskoefficienter (U-værdier) for bygningsdelene i den enkelte bygning. Bygningsdelene er i energimærkningsdatabasen identificeret ved et type-nummer, som er fastlagt i Håndbog for energikonsulenter (Bekendtgørelse om Håndbog for Energiforsyning (HB2019), 2019). Registreringen ved energimærkningen omfatter konstruktionstyperne og arealerne vist i Tabel 4.

Ventilationstab er bestemt ud fra ventilationsformen og oplysninger om varmegenvindingen, hvis der er mekanisk ventilation. Der er i alle bygninger antaget et gennemsnitligt luftskifte på 0,30 l/s pr. m² opvarmet areal. I boliger svarer det til ventilationskravene i bygningsreglementet. I andre bygninger end boliger antages det at stemme nogenlunde som gennemsnit i opvarmningssæsonen, idet der typisk er højere ventilation i brugstiden og lavere ventilation udenfor brugstiden. Den gennemsnitlige virkningsgrad ved varmegenvinding i bygninger med mekanisk ventilation er vist i Figur 12. Den gennemsnitlige virkningsgrad er bestemt ved arealvægtning af virkningsgraden for de enkelte anlæg i bygningen.

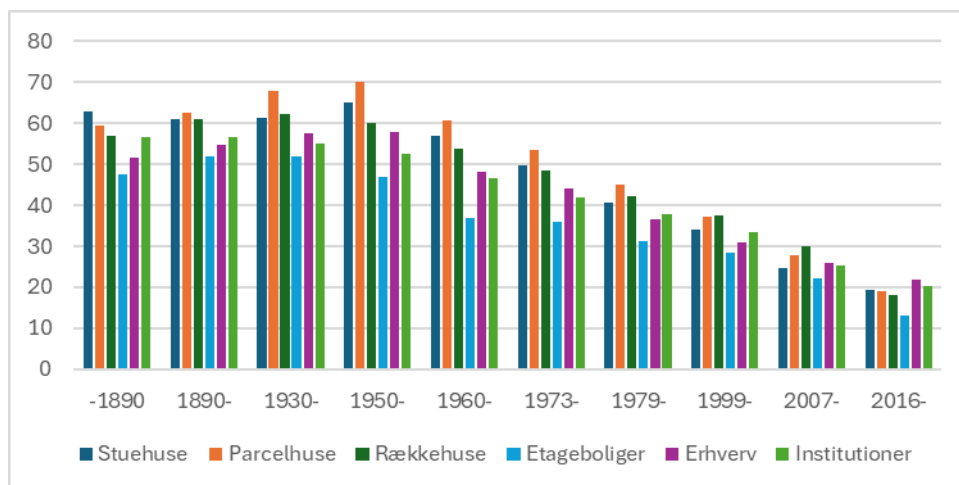
Ud fra transmissionstab og ventilationstab bestemmes der for hver bygning et dimensionerende varmetab, som er bygningens effektbehov til rumopvarmning i W/m² opvarmet etageareal ved en indetemperatur på 20 °C og en udetemperatur på -12 °C, se Figur 13. Ved bestemmelse af det dimensionerende varmetab tages der ikke hensyn til varmetilskud fx fra solen, apparatur og personer. I andre bygninger end boliger vil det faktiske dimensionerende varmetab være højere end det ovenfor bestemte dimensionerende varmetab, da ventilationen er højere i brugstiden. Det har alene betydning for vurdering af de konkrete talværdier, men er anvendt for at kunne beregne et retvisende varmeforbrug.

Tabel 4. Type-numre i energimærkningens registrering af konstruktioner i klimaskærmen og det samlede registrerede areal af konstruktionstyperne i de energimærkede bygninger. (Bekendtgørelse om energimærkning af bygninger, 2020)

Kode	Areal i EMO, m ²
1-1-0-0 Tag og loft	2.098.238
1-1-1-0 Loft	89.031.089
1-1-2-0 Fladt tag	29.272.707
1-2-0-0 Ydervægge	2.324.020
1-2-1-0 Hule ydervægge	81.561.784
1-2-1-1 Hule vægge mod uopvarmet rum	340.917
1-2-2-0 Massive ydervægge	40.790.246
1-2-2-1 Massive vægge mod uopvarmet rum	1.509.082
1-2-3-0 Lette ydervægge	16.386.143
1-2-3-1 Lette vægge mod uopvarmet rum	491.999
1-2-4-0 Kælder ydervægge	8.250.155
1-4-1-0 Terrændæk	67.997.460
1-4-1-1 Terrændæk med gulvvarme	4.458.426
1-4-2-0 Etageadskillelse	19.827.483
1-4-2-1 Etageadskillelse med gulvvarme	128.148
1-4-3-0 Krybekælder	8.523.921
1-4-3-1 Krybekælder med gulvvarme	65.965
1-4-4-0 Kældergulv	10.699.948
1-4-4-1 Kældergulv med gulvvarme	271.190
1-3-1-0 Facadevinduer	13.537.863
1-3-2-0 Ovenlys	694.400
1-3-3-0 Yderdøre	4.882.420



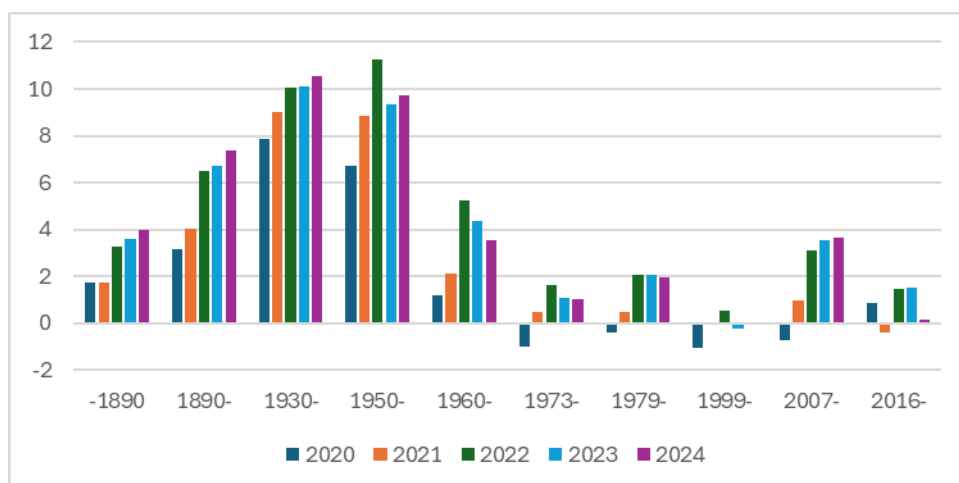
FIGUR 12. Gennemsnitlig virkningsgrad for varmegenvindingen i bygningernes ventilationsløsning i energimærkedatabasen. Bygninger med mekanisk ventilation. Tal baseret på data fra EMO.



FIGUR 13. Dimensionerende varmetab i W/m² for de forskellige bygningskategorier og byggeperioder. Tal baseret på data fra EMO.

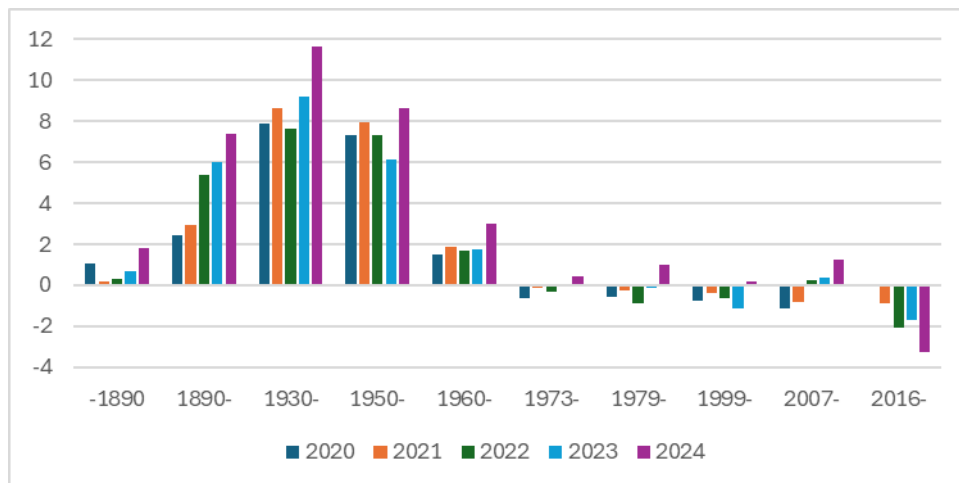
Det dimensionerende transmissionstab vist i Figur 13 er på nogenlunde samme niveau i de fire ældste byggeperioder før 1960, dvs. inden der kom krav til isolering af klimaskærmen i BR. I byggeperioderne efter 1960 er der et systematisk fald i det dimensionerende varmetab, som primært skyldes løbende stramning af Bygningsreglementets isoleringskrav.

Reduktionen i det registrerede dimensionerende transmissionstab gennem de senere år (2020-2024) sammenlignet med tilsvarende for perioden 2017-2019 er vist i Figur 14. Figuren viser, at faldet er størst i de ældre bygninger, fra før der kom krav til isolering i BR. Det skal bemærkes, at det ikke er de samme bygninger, der er blevet energimærket igen, men på grund af datasættets størrelse må udviklingen formodes at kunne fastlægges på denne måde.



FIGUR 14. Reduktion i det registrerede dimensionerende varmetab de senere år (2020-2024) i forhold til 2017-19 i W/m² i gennemsnit for de forskellige byggeperioder. Tal baseret på data fra EMO.

Tilsvarende er vist reduktionen i det dimensionerende varmetab for parcelhusene alene i Figur 15. Figuren viser samme tendens for de ældre bygninger, før der kom krav til isolering i BR, men særligt for byggeperioder fra 1973 og frem, ses kun meget små fald eller ligefrem stigning i det dimensionerende varmetab.



FIGUR 15. Reduktion i det registrerede dimensionerende varmetab for parcelhusene de senere år (2020-2024) i forhold til 2017-19 i W/m² i gennemsnit for de forskellige byggeperioder. Tal baseret på data fra EMO.

2.5 Energistatistikken

Modellen for netto-varmebehovet i bygningerne er kalibreret med data for bygningers netto-varmeforbrug i Energistatistik 2023 i gennemsnit for årene 2017-19 (Energistatistik 2023, Udg. 2024). Varmeforbrugene er vist i Tabel 5.

I energistatistikken bestemmes nettovarmeforbruget ud fra bruttovarmeforbruget ved at antage nogle virkningsgrader og tab i energisystemet. Da nogle af virkningsgraderne og tabene synes noget forældede, er der antaget følgende opdateringer baseret på generel viden fra fx Ecodesign, Teknologikataloget og Energimærkningsordningen:

- Virkningsgraden for fjernvarmeinstallationen er hævet fra 0,95 til 1,00 også under hensyn til, at der regnes separat på varmetab fra brugsvandsinstallationen.
- Tabet i fjernvarmesystemet er sænket til 15 pct. for de store bygninger, som typisk ligger i tæt bymæssig bebyggelse. De 20 pct. er fastholdt for småhusene, som ligger mere spredt.
- Virkningsgraden for naturgasfyr er hævet fra 0,86 til 0,95, som er typisk for nyere, kondenserende kedler.
- Virkningsgraden for oliefyr er hævet fra 0,80 til 0,90.

Energistatistikens tal for varmepumper dækker tilsyneladende den samlede varmeproduktion fra varmepumper uanset om det er bygningens hovedvarmekilde eller supplement til en anden varmekilde.

Energistatistikken inkluderer tilsyneladende ikke det el-forbrug, der er i fx el-paneler ovne, små el-gulvvarmeanlæg og el-håndklædetørrere i bygninger, der ellers er opvarmet på anden vis. Disse løsninger er typisk anvendt i forbindelse med mindre tilbygninger og udvidelser samt renovering af badeværelser i boliger. Den grundlæggende udfordring i forhold til statistikken er, at deres el-forbrug ikke registreres separat. Løsningerne er stort set aldrig registreret i BBR. Desuden er der ingen andre informationer om, hvor udbredt løsningerne er, eller hvor meget el de bruger i praksis. Der er derfor valgt at se bort fra det.

TABEL 5. Varmeforbrug 2017-19 i GWh/år i Energistatistik 2023 med de beskrevet korrektioner. Diverse dækker solvarme i boliger og institutioner samt opvarmning ved forbrænding af affald i erhverv. Brænde- og træpilleforbruget i Energistatistikken kommer fra specifikke undersøgelser af forbruget gennemført hvert andet år. I tabellen er brænde og træpiller slået sammen til Træ. Småhuse er i energistatistikken stuehuse, parcelhuse og rækkehuse. Erhverv er i energistatistikken også delvist opvarmede bygninger, som fx værksteder, lagre og transport.

GWh/år	Fjern-varme	Gas	Olie	Varme-pumpe	El-panel	Træ	Halm	Petroleum /LPG	Diverse	Samlet
Småhuse	9.435	5.725	1.499	2.026	1.316	6.850	540	115	140	27.646
Etageboliger	10.391	1.169	303	0	130	0	0	48	27	12.069
Erhverv	6.187	1.301	143	0	244	25	0	14	208	8.121
Institutioner	3.074	775	235	0	91	324	0	10	26	4.536
Samlet	29.086	8.970	2.180	2.026	1.780	7.200	540	188	401	52.372

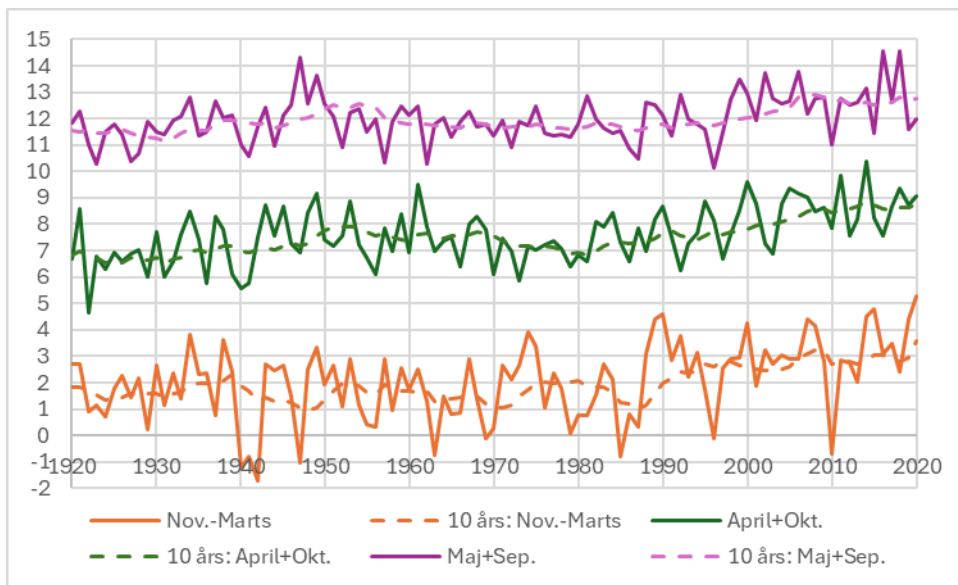
2.6 Vejrdata

Ved beregningen af bygningernes varmebehov til rumopvarmning er anvendt vejrdata fra DMI inddelt i fire perioder:

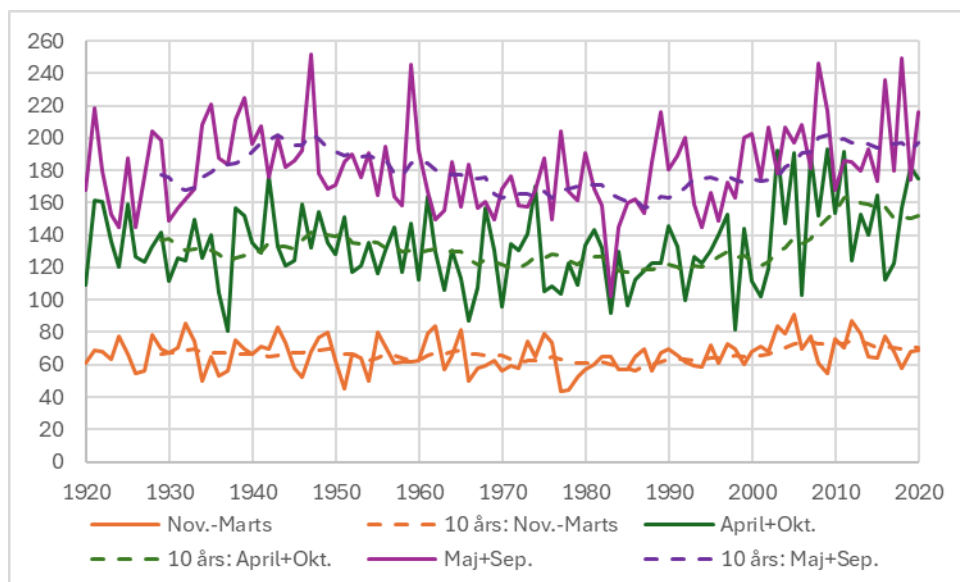
- Sommer: juni – august (inklusive)
- Overgangsperiode 1: september + maj
- Overgangsperiode 2: oktober + april
- Opvarmningssæson: november – marts (inklusive)

Om sommeren antages det, at rumopvarmningen er afbrudt.

I Figur 16 er vist middeludetemperaturen i opvarmningssæsonen november-marts, oktober + april og november + marts. Opgørelse for kalenderår er valgt for at opnå overensstemmelse med energistatistikens opgørelsesperioder. De stiplede linjer i figuren viser tendensen for middeludetemperaturen i opgørelsesperioder over årene.



FIGUR 16. Udetemperatur, °C om vinteren november-marts inklusive og i overgangsmånederne oktober + april samt september + maj. Desuden 10 års middel for årene optil og inklusive det aktuelle år. DMI.



FIGUR 17. Solskintimer, timer/måned i opvarmningssæsonen november-marts inklusive og i overgangsmånederne oktober + april samt september + maj. Desuden 10 års middel for årene optil og inklusive det aktuelle år. DMI.

I Figur 16 er vist udetemperaturen i opvarmningssæsonen november - marts samt udetemperaturen i overgangsperioderne oktober + april samt september + maj som 10 års middelværdier. Det ses, at der omkring 1990 er en blivende stigning i middel udetemperaturen i opvarmningssæsonen på ca. 1,0 °C, samt at der derudover er en stigende trend i både middel udetemperaturen i opvarmningssæsonen og i overgangsperioden september + maj.

I Figur 17 er på tilsvarende vis vist 10 års middelværdier for solskintimer pr. måned i gennemsnit for månederne i opvarmningssæsonen november – marts samt overgangsperioderne oktober + april samt september + maj. Data for solskin er først tilgængelige fra 1920. Det ses, at solskintimerne i opvarmningssæsonen er nogenlunde konstant, dog med en lille stigning fra ca. år 2000, som toppe ca. i 2010. For overgangsperioderne oktober + april samt september + maj er der flere op- og nedture i antallet af solskintimer. Fra omkring år 1990 og frem mod i dag er der en stigning, som toppe ca. 2008.

I Tabel 6 er vist udetemperatur i °C og solskintimer pr. måned i opvarmningssæsonen november – marts og overgangsperioderne oktober + april samt september + maj. Det ses, at årene 2017-19 med hensyn til udetemperaturen ligger højere end DRY, især i opvarmningssæsonen november-marts, og at antallet af solskintimer generelt er lidt højere for alle opgørelsesperioder.

Ved beregning af bygningers energibehov med DRY i EMO er solfaktoren den teoretiske udnyttelse af solindfaldet. Denne er typisk noget højere end den typiske udnyttelse af solindfaldet, hvorfor solfaktoren er sat lavere ved bestemmelse af det faktiske varmeforbrug med vejrdata for 2017-19.

TABEL 6. Middel udetemperatur i °C og solskintimer pr. måned i opvarmningssæsonen november - marts og overgangsperioderne oktober og april samt september og maj for hhv. vejret i 2017-2019 og DRY. DMI.

	Vejr 2017-19		DRY	
	Udetemp.	Solskintimer/mnd.	Udetemp.	Solskintimer/mnd.
November - marts	3,4	65	0,9	59
Oktober + april	8,9	154	8,4	151
September + maj	12,9	201	13,0	192
Solfaktor	50	Wh/m ² pr. soltime	75	Wh/m ² pr. soltime

2.7 Indetemperatur

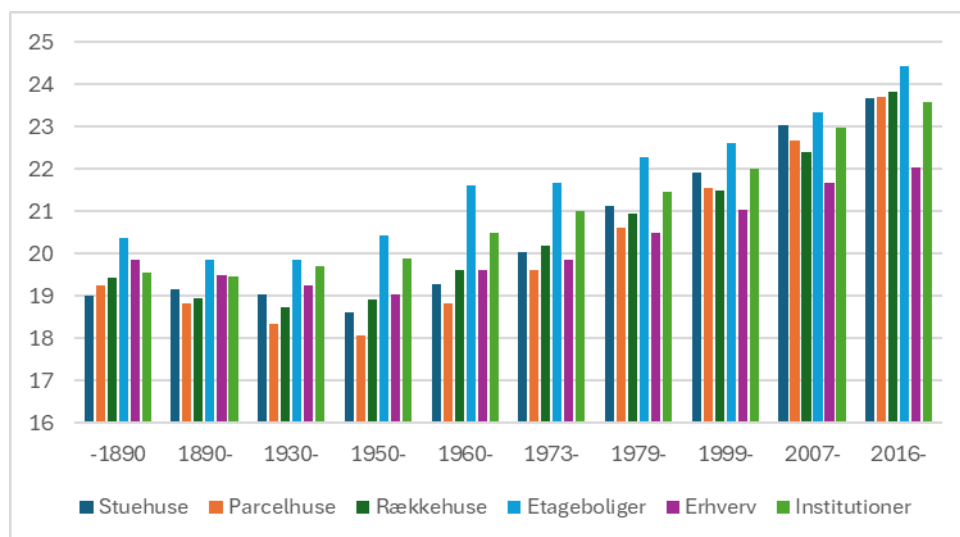
Den beregningsmæssige gennemsnitlige indetemperatur i bygningerne i opvarmningssæsonen antages at afhænge af bygningernes dimensionerende varmetab efter formelen:

$$T_{\text{inde}} = 26 \text{ °C} - 0,1201 \times P_{\text{dim}}, \text{ hvor } P_{\text{dim}} \text{ indsættes i W/m}^2 \quad (01)$$

Formlen sikrer, at der bliver regnet med lavere middel indetemperatur i dårligt isolerede bygninger. Der er desuden anvendt en nedre grænse, så middel indetemperaturen ikke kan blive mindre end 16,0 °C selv i bygninger med meget stort varmetab. Middel indetemperaturen anvendes også i overgangsperioden til at afgøre, om der er et egentligt varmekonsum, og hvor stort det er. Formlen og grænseværdien er kalibreret, så der bliver overensstemmelse med varmekonsumet opgjort i energistatistikken og med variationen i mere eller mindre velisolerede bygningers varmekonsum, se næste afsnit.

Middel indetemperaturen i opvarmningsperioden november-marts for de forskellige bygningsskategorier og byggeperioder er vist i Figur 18. Middel indetemperaturen i bygningen er inklusive en eventuel sænkning fx uden for benyttelsestiden af rummene, i rum, som ikke benyttes, eller i rum, hvor der ønskes en lavere indetemperatur fx soverum. Det er også inklusive fx baderum med højere temperatur.

Denne variation i indetemperaturen er til forskel for det der anvendes i energimærkningsordningen og i forhold til EPBD-implementeringen, hvor der anvendes en rumtemperatur på 20°C i de fuldt opvarmede bygninger. Se afsnit 5.1.



FIGUR 18. Middel indetemperatur i bygningerne i °C i opvarmningsperioden november-marts. Modelberegning.

2.8 Varmeforbrug

Ved beregning af bygningernes nettovarmebehov tages der hensyn til varmetabet, indetemperaturen, udetemperaturen, solindfaldet, det interne varmetilskud og opvarmningen af det varme brugsvand. Om sommeren regnes der alene med at være opvarmning af varmt brugsvand. I opvarmningsperioden november-marts og i overgangsperioderne oktober og april samt september og maj bestemmes varmebehovet efter formelen:

$$P_{\text{varme}} = P_{\text{dim}} \times (T_i - T_u) / 32 \text{ °C} - P_{\text{sol}} - P_{\text{int}} + P_{\text{vbw}} \quad (02)$$

Varmeeffekten P_{varme} i W/m^2 ganges op med timerne i perioderne for at bestemme varmebehovet i kWh/m^2 pr. år. Hvis varmetabet er mindre end summen af solindfaldet P_{sol} og det interne varmetilskud P_{int} , bliver $P_{\text{varme}} = P_{\text{bv.}}$, som også anvendes om sommeren juni-august. Det kan i princippet også ske for velisolerede bygninger i overgangsperioderne oktober og april samt september og maj. Erfaringen er dog, at der sjældent bliver slukket helt for rumopvarmningen eller systemerne i overgangsperioden eller opvarmningssæsonen fx på badeværelser og i stengulve. Der er derfor antaget et mindste varmebehov til rumopvarmning på $2,0 \text{ kWh/m}^2$ pr. måned i overgangsperioden og $4,0 \text{ kWh/m}^2$ pr. måned i opvarmningssæsonen.

For alle bygningskategorier er der antaget et gennemsnitligt internt varmetilskud fra apparatur og personer på $5,0 \text{ W/m}^2$ i opvarmningssæsonen og i overgangsperioderne. De $5,0 \text{ W/m}^2$ er standardværdien ved energiberegning af boliger i bygningsreglementet og energimærkningsordningen. De stemmer formodentligt også rimeligt godt med forholdene i andre bygninger, når der tages hensyn til forholdet mellem brugstid og ubenyttet.

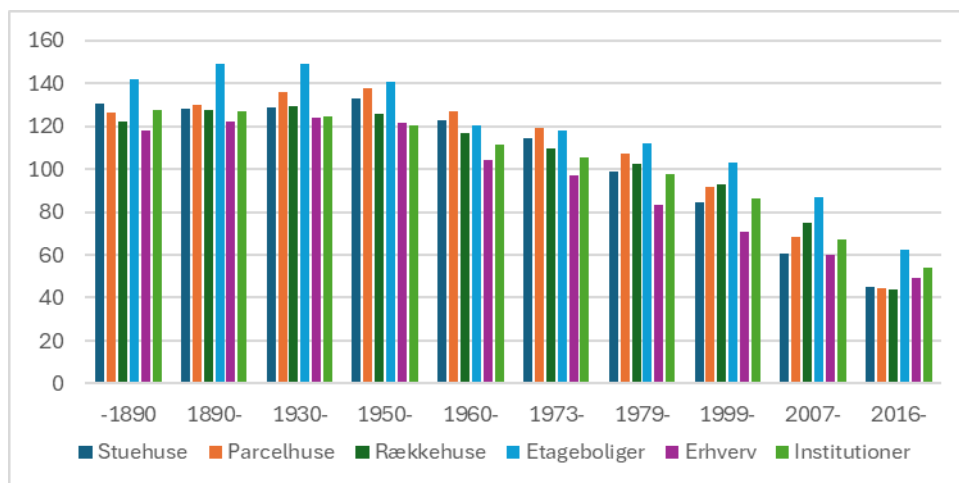
Solindfaldet gennem vinduerne bestemmes ud fra det samlede vinduesareal i bygningen uden mulighed for hensyntagen til den konkrete vinduesorientering eller skyggeforholdene ved den enkelte bygning. Solindfaldet bestemmes med udgangspunkt i solskinstimerne i perioden henholdsvis i opvarmningssæsonen og i overgangsperioderne. Ved bestemmelse af solindfaldet benyttes der en faktor på 50 Wh/m^2 pr. solskinstime, som ganges på vinduesandelen i bygningen, hvilket tager højde for at lidt under $\frac{1}{2}$ -delen af det teoretiske solindfald reelt bidrager til rumopvarmningen.

Modellen er for alle bygningskategorierne kalibreret til at stemme med det samlede varmemeforbrug i bygningskategorien i energistatistik 2023 for årene 2017-19. For småhuse: stuehuse, parcelhuse og rækkehuse er det sket ved at justere i formlen for indetemperaturen. Den således kalibrerede formel for indetemperaturen er derefter også anvendt i de andre bygningskategorier. Etageboliger og institutioner er kalibreret til varmemeforbruget i energistatistikken ved at justere forbruget til opvarmning af varmt brugsvand inklusive tab fra fx brugsvandscirkulation til overensstemmelse med energistatistikken. For erhverv, hvor en del af varmemeforbruget fra energistatistikken bruges i delvis opvarmede bygninger, som ikke skal med her, er der skønsmæssigt fastsat et forbrug til varmt brugsvand på det samme niveau som i småhusene. De anvendte varmtvandsforbrug er vist i Tabel 7.

De således beregnede enhedsforbrug til opvarmning i de forskellige bygningskategorier og byggeperioder er vist i Figur 19. Det samlede varmemeforbrug fås ved at gange enhedsforbruget med det tilsvarende opvarmede etageareal fra BBR.

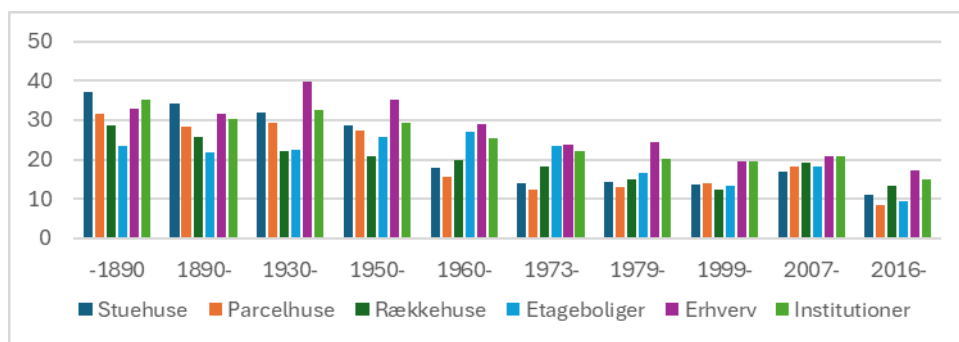
TABEL 7. Forbrug til opvarmning af varmt brugsvand samt ikke nyttiggjort rørtab i kWh/m^2 pr. år.

Bygningskategori	kWh/m^2 pr. år
Småhuse	15,0
Etageboliger	46,4
Erhverv	20,0
Institution	20,0
Transport og lager	2,0
Internt varmetilskud	$4,0 \text{ W/m}^2$



FIGUR 19. Netto-varmebehov i kWh/m² pr. år for de forskellige bygningskategorier og byggeperioder. Modelberegning.

I Figur 20 er vist spredningen på enhedsforbruget for bygningerne i de forskellige bygningskategorier og byggeperioder. Denne spredning hidrør alene fra forskelle i den tekniske og isoleringsmæssige tilstand af bygningerne. Spredningen i de faktiske varmeforbrug hidrørende fra forskelligheder i brugernes anvendelse af bygningerne er væsentligt større.

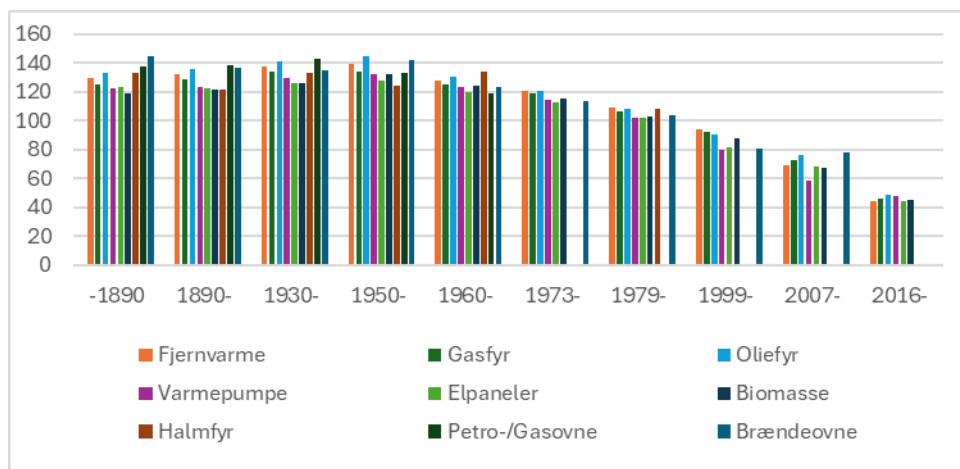


FIGUR 20. Variation i netto-varmebehov i kWh/m² pr. år. Standardafvigelse svarende til +/- 34 pct. af bygningerne. Modelberegning.

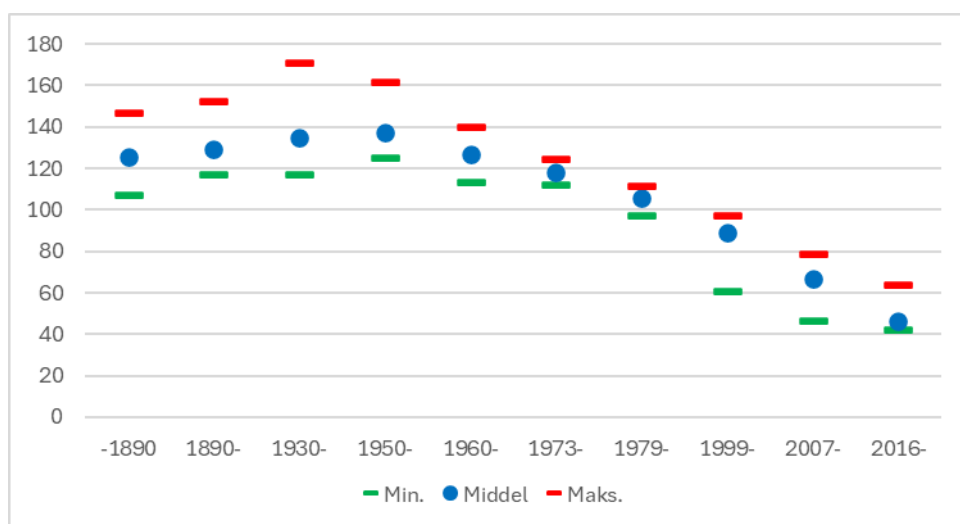
Det ses i Figur 19, at der er et nogenlunde ensartet niveau på enhedsforbruget i de fire ældste byggeperioder før 1960, dvs. før der var krav til isolering af klimaskærmen i BR. Det ses også, at der ikke er den store forskel på de forskellige bygningskategoriers enhedsforbrug. I byggeperioderne efter 1960 er der et systematisk fald i enhedsforbruget. Det nogenlunde ens enhedsforbrug i de forskellige bygningskategorier skyldes fx, at småhusene har et forholdsvis stort transmissionstab, mens fx etageboligerne har et forholdsvis stort cirkulationstab fra varmt brugsvand. Det ses også, at den anvendte model for opvarmning af varmt brugsvand gør, at enhedsforbruget tilsyneladende bliver noget højt for etageboliger og institutioner i de seneste byggeperioder. Dette er forhåbentlig ikke tilfældet i virkeligheden, da installationerne i de ny bygninger gerne skulle være bedre isoleret end i de gamle bygninger. Forholdet er uden egentlig betydning for denne analyse, der kun fokuserer på de ældre bygninger. Denne forsimpelse er altså fastholdt for ikke at gøre modellen mere kompliceret end højst nødvendigt selvom det medfører større unøjagtigheder for de nye bygninger.

I Figur 21 er vist enhedsforbruget for parcelhuse i de forskellige byggeperioder i afhængighed af varmekilden. Det ses, at enhedsforbruget tilsyneladende er meget ens for de forskellige varmekilder. Dog er der tilsyneladende et lidt lavere enhedsforbrug i de lidt ældre parcelhuse med varmepumpe eller biomasseopvarmning.

I Figur 22 er vist minimum, middel og maksimum for det gennemsnitlige enhedsforbrug i parcelhusene i de enkelte kommuner. Det ses, at der kan være betydelige forskelle i enhedsforbruget i de forskellige kommuner især i de ældre byggeperioder.

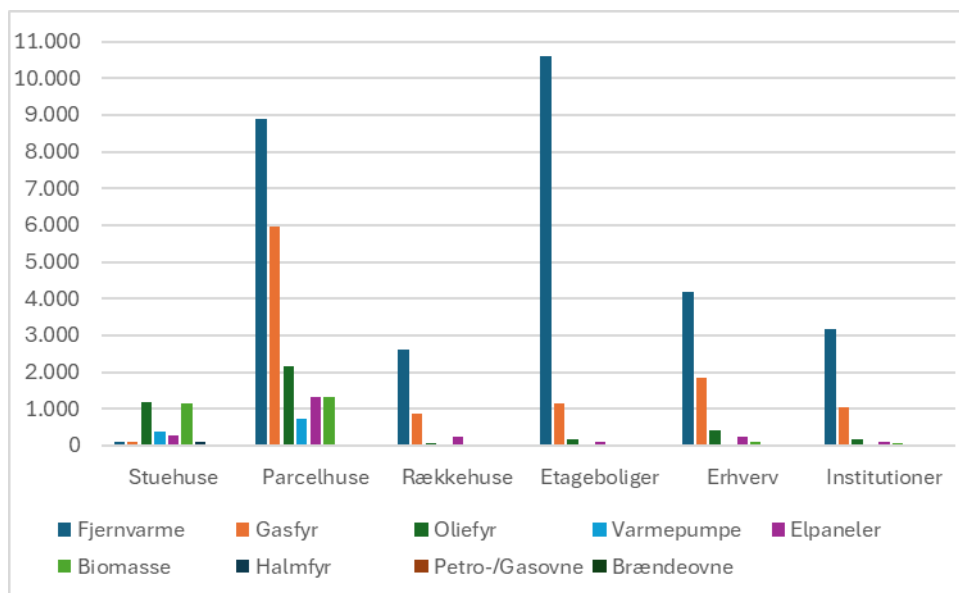


FIGUR 21. Netto-varmebehov i parcelhusene i kWh/m² pr. år i afhængighed af hovedvarmekilde og byggeperiode. Modelberegning.



FIGUR 22. Variation i netto-varmebehov i parcelhuse i kWh/m² pr. år i afhængighed af kommune og byggeperiode. Modelberegning.

I Figur 23 er vist det samlede varmeforbrug i bygningerne fordelt efter bygningskategori og hovedvarmekilde. Hvor det i Tabel 5 var forbrugt af de forskellige brændselstyper i henhold til energistatistikken, er det i Figur 23 det samlede varmeforbrug for bygninger med en bestemt hovedvarmekilde. I tabellen har det desuden været muligt at udskille forbrugerne i stue-, parcel- og rækkehuse separat, da de er baseret på de tidligere beregnede BBR-arealer og enhedsforbrug



FIGUR 23. Samlet nettovarmebehov i bygningerne, GWh/år fordelt efter bygningskategori og hovedvarmekilde. Modelberegning.

Summen af varmekonsumet i fx småhuse med fjernvarme som hovedvarmekilde i Figur 23 er større end selve fjernvarmekonsumet fra energistatistikken i Tabel 5, hvilket skyldes supplerende opvarmning med andre varmekilder end fjernvarme i husene. Af samme årsag er fx biomassekonsumet i småhuse med biomasse som hovedvarmekilde væsentligt mindre end det samlede biomassekonsum i småhusene.

For småhuse, etageboliger og rækkehuse stemmer de samlede forbrug i bygningskategorierne overens. For erhvervsbygninger er tallene i Figur 23 væsentligt mindre end i Tabel 5 fordi de delvist opvarmede bygninger er trukket ud.

2.9 Brændselsforbrug

Brændselsforbruget i bygningskategorierne er bestemt ud fra enhedsforbrugene, de opvarmede etagearealer i BBR og energistatistikens data (Energistatistik 2023, Udg. 2024) for de samlede forbrug af de forskellige brændsler.

Sammenhængen mellem hovedvarmekilde og brændselsforbrug i småhusene er vist i Tabel 8. Sammenhængen er det bedst mulige skøn, som får de samlede forbrug til at stemme. Skønnet er primært baseret på undersøgelserne af anvendelsen af brænde og træpiller samt på mere generelle undersøgelser af opvarmningsvaner og af udbredelsen af varmepumper. Det er ret tydeligt, at der anvendes en del træ til supplerende opvarmning selv i fjernvarme og naturgasopvarmede småhuse samt også i nogen udstrækning el-paneler og varmepumper.

Man kan egentlig undre sig over, at træforbruget i småhuse opvarmet med fjernvarme eller naturgas tilsyneladende er så højt. Opvarmningsforbruget og den nødvendige supplerende opvarmning hænger sammen med indetemperaturen i opvarmningssæsonen. Men det er svært at forestille sig, at der generelt skulle blive holdt væsentligt lavere rumtemperatur i småhuse med fjernvarme og naturgas, end i tilsvarende huse med andre hovedvarmekilder. En anden mulighed er, at der i større udstrækning anvendes fx el-ovne i tilbygninger, små el-gulvvarmeanlæg og el-håndklædetørre i badeværelser. Tallene viser også, at der i småhuse registreret med oliefyr i BBR i udstrakt grad tilsyneladende suppleres med træ samt en række andre brændsler til opvarmning.

TABEL 8. Sammenhæng mellem hovedvarmekilde og brændselsforbrug i småhusene, GWh/år

	GWh/år	Hovedvarmekilde									
		Fjernvarme	Gasfyr	Oliefyr	Varmpumpe	El-paneler	Biomasse	Halmfyr	Petro-/Gasovne	Brændeovne	Samlet
Brændsel	Fjernvarme	9.435									9.435
	Gas		5.725								5.725
	Olie			1.499							1.499
	Varmpumpe	255	185	19	1.142	405	12			8	2.026
	Elpanel	232	139	68		823	50	3			1.316
	Træ	1.701	918	1.319		602	2.282			28	6.850
	Halm			239		13	165	123			540
	Petroleum/LPG			109					6		115
	Diverse			140							140
	Samlet	11.623	6.967	3.393	1.142	1.843	2.509	126	6	36	27.645



3

RENOVERING

3 RENOVERING

I dette kapitel opgøres varmebesparelserne og reduktionen i CO₂-emissionen samt biomasseanvendelsen ved renovering af bygningerne og opgradering af klimaskærmen svarende til opfyldelse af kravene i Bygningsreglement 2018. Det svarer i øvrigt til scenarie 5 i SBI-rapport 2017:16 (Wittchen et al., 2017).

3.1 Opgradering af bygningsdelene

Bygningsreglement 2018 stiller mindstekravene i Tabel 9 ved ombygning (renovering) eller udskiftning af bygningsdelene. Ved ombygninger skal energibesparelser gennemføres i det omfang, de er rentable, og ikke medfører risiko for fugtskader. Ombygninger, hvor årlig besparelse gange levetid divideret med investering er større end 1,33, er rentable. I tilfælde af, at en ombygning ikke er rentabel, skal det undersøges, om en mindre ombygning er rentabel. I konstruktioner med hulrum med plads til isolering, som f.eks. rejste tage med spær, skal det først undersøges, om isolering i hulrummene er rentabelt, og dernæst, om det er rentabelt at efterisolere op til kravene. I tilfælde af udskiftning af bygningsdele skal der ikke tages hensyn til rentabilitet.

I tilknytning til BR18 er der en vejledning om: Ofte rentable konstruktioner (Ofte rentable konstruktioner, 2021). Den indeholder typiske værdier for hvor meget isolering, der skal være i forskellige typer konstruktioner for ikke at skulle efterisolere dem yderligere i forbindelse med ombygning.

For bygningsdele i almindelighed er der antaget en levetid på 50 år og for vinduer og døre 30 år.

På baggrund af BR18 og vejledningen antages det, at konstruktionerne i klimaskærmen i forbindelse med kommende renoveringer opgraderes, som vist i Tabel 10. I tabellen er også vist, hvor stor en andel af de forskellige typer konstruktioner, der på den baggrund kan forventes opgraderede ved renovering.

Desuden antages det, at vinduerne inklusive ovenlys opgraderes til BR's mindstekrav, som for facadevinduer svarer til A-mærkede vinduer i mærkningsordningen for energivinduer.

TABEL 9. Mindstekrav i BR18 ved ombygning af bygningsdele.

Bygningsdel	U-værdi[W/m ² K]
Ydervægge og kældervægge mod jord	0,18
Etageadskillelser og skillevægge mod rum, hvor temperaturforskellen mellem rummene er 5 °C eller mere	0,40
Terrændæk, kældergulve mod jord og etageadskillelser over det fri eller ventileret kryberum	0,10
Loft- og tagkonstruktioner, herunder skunkvægge, flade tage og skråvægge direkte mod tag	0,12

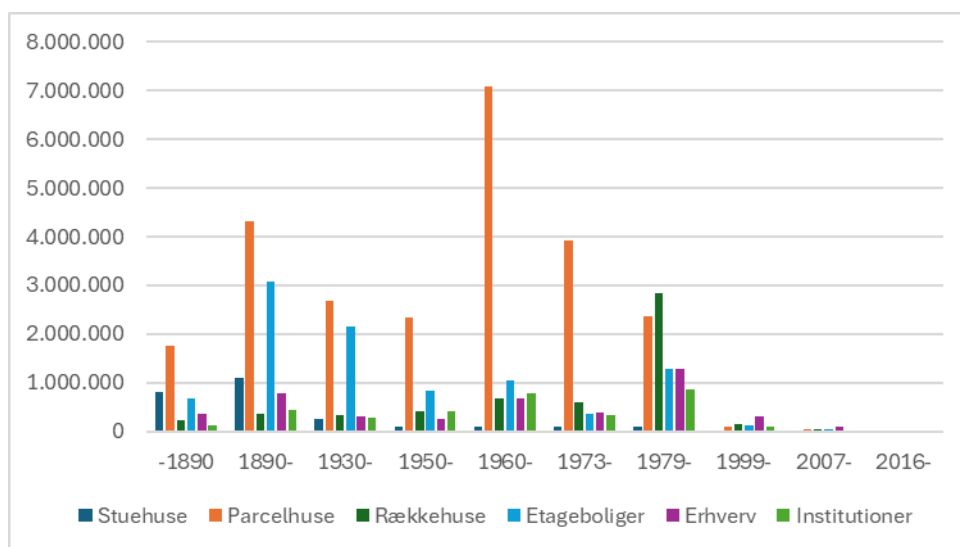
Tabel 10. Type-numre i energimærkningen for konstruktioner i klimaskærmen, grænse U-værdi for opgradering, U-værdi efter opgradering* og arealet samt andel af opgraderede konstruktioner i de energimærkede bygninger.

Kode	Type	Grænse W/m ² K	Opgrad. Til W/m ² K	Areal [m ²]	Andel pct
1-1-1-0	Loft	0,18	0,12	49.995.534	56
1-1-2-0	Fladt tag	0,35	0,12	6.917.790	24
1-2-1-0	Hule ydervægge	1	0,6	6.587.943	8
1-2-2-0	Massive ydervægge	1,5	0,18	3.150.101	8
1-2-3-0	Lette ydervægge	0,3	0,18	6.752.555	41
1-2-4-0	Kælder ydervægge	1,5	0,18	835.639	10
1-4-1-0	Terrændæk	0,5	0,1	7.722.948	11
1-4-1-1	Terrændæk med gulvvarme	0,4	0,1	60.868	1
1-4-2-0	Etageadskillelse	0,7	0,4	9.906.432	50
1-4-2-1	Etageadskillelse med gulvvarme	0,7	0,4	21.228	17
1-4-3-0	Krybekælder	0,35	0,1	6.666.911	78
1-4-3-1	Krybekælder med gulvvarme	0,35	0,1	19.307	29
1-4-4-0	Kældergulv	0,5	0,1	548.441	5
1-4-4-1	Kældergulv med gulvvarme	0,4	0,1	13.700	5
1-3-1-0	Vinduer	1,8	1	4.972.814	37
1-3-2-0	Ovenlysvinduer	2	1,1	287.694	41
1-3-3-0	Yderdøre	1,8	1	1.698.267	35

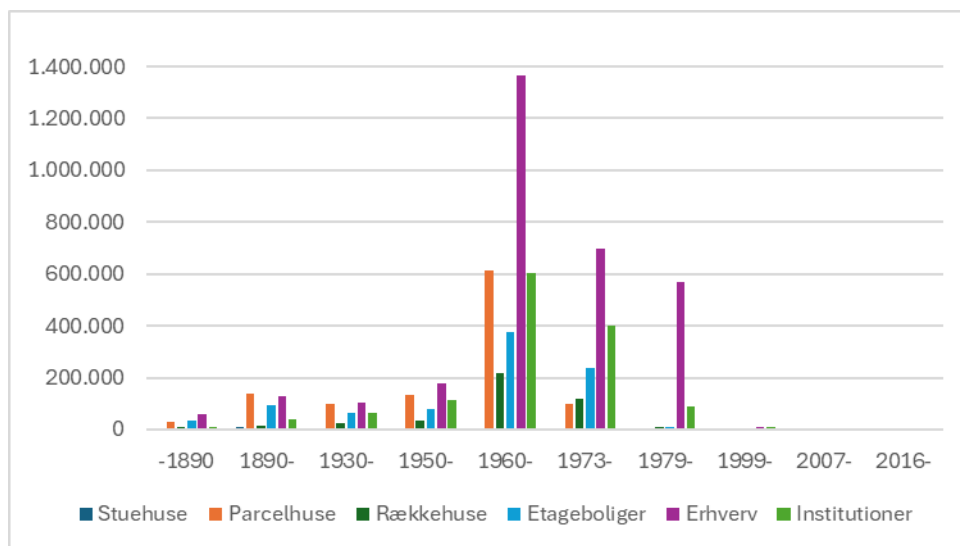
* Under hensyn til rentabilitet.

Bygningsdelene 1-1-0-0 og 1-2-0-0 for hhv. Tag og loft og Ydervægge indeholder meget lidt data, og udelades derfor. Bygningsdelene 1-2-1-1, 1-2-2-1 og 1-2-3-1 er konstruktioner mod uopvarmede eller delvist opvarmede rum jf. Tabel 4, og vil derfor normalt ikke være rentable at efterisolere. De er således ikke medtaget i renoveringsscenarierne.

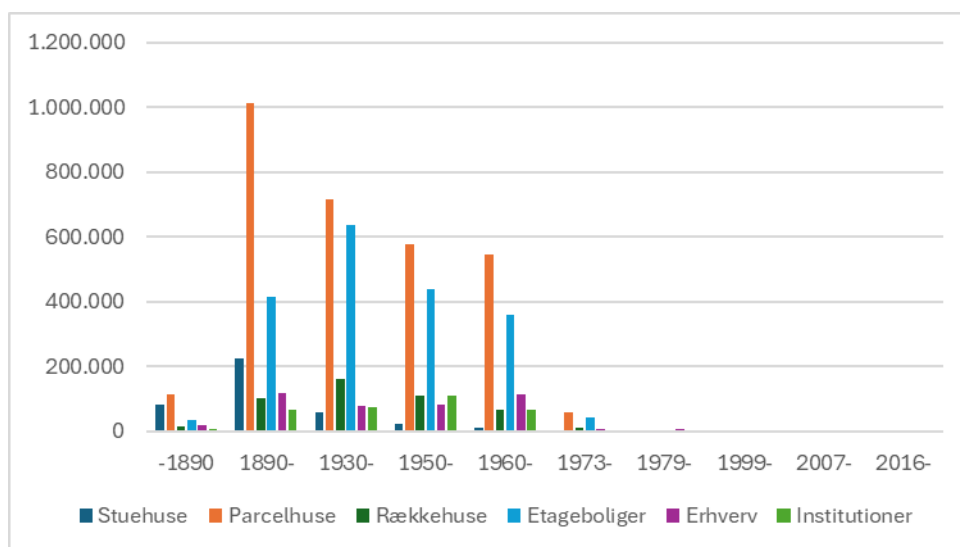
Arealfordelingen af det energimærkede areal efter opgraderingen af bygningsdelene opgjort efter bygningskategori og byggeperiode er vist i Figur 24 til Figur 40.



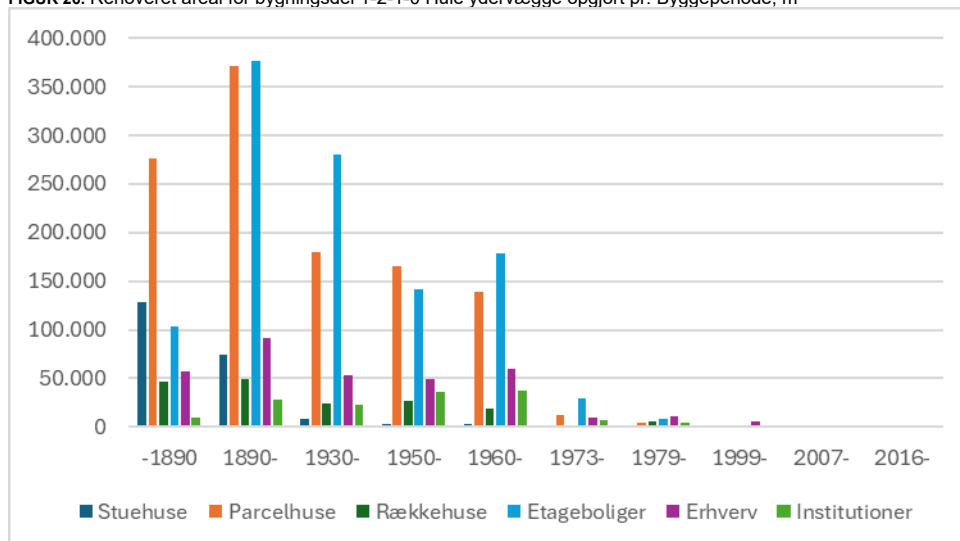
FIGUR 24. Renoveret areal for bygningsdel 1-1-1-0 Loft opgjort pr. byggeperiode, m²



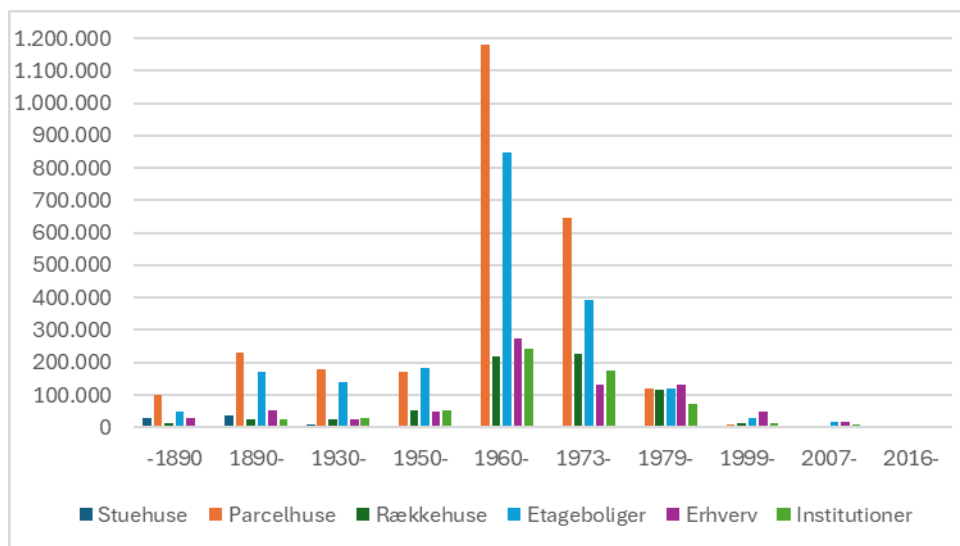
FIGUR 25. Renoveret areal for bygningsdel 1-1-2-0 Fladt tag opgjort pr. byggeperiode, m².



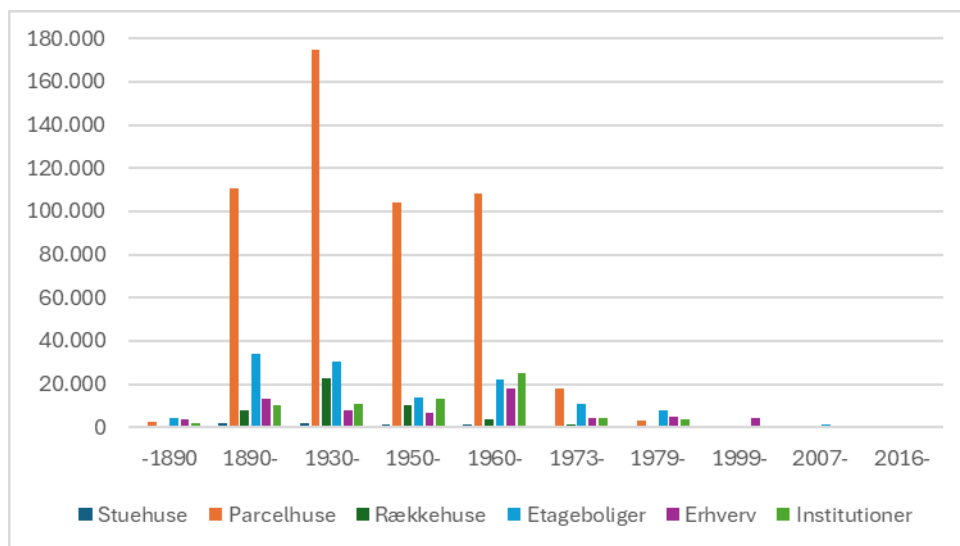
FIGUR 26. Renoveret areal for bygningsdel 1-2-1-0 Hule ydervægge opgjort pr. Byggeperiode, m²



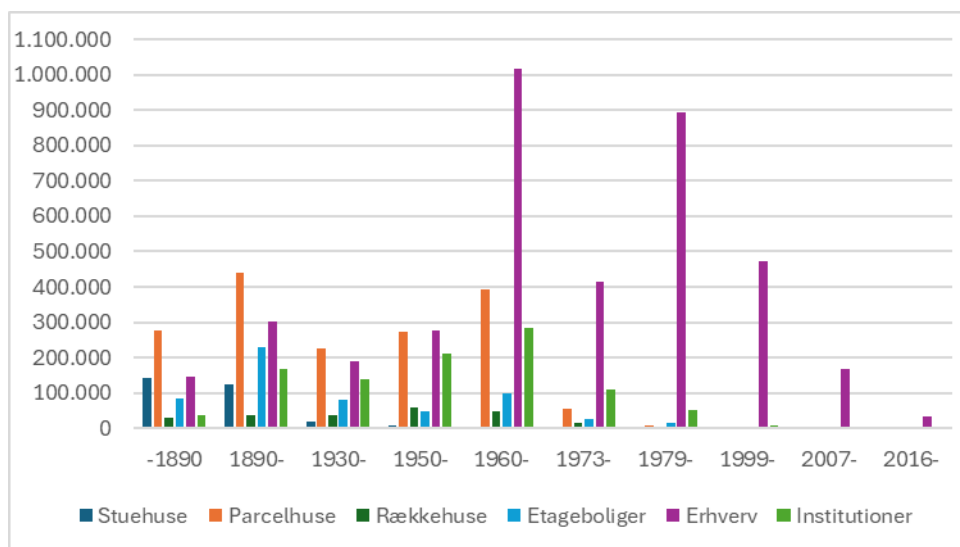
FIGUR 27. Renoveret areal for bygningsdel 1-2-2-0 Massive ydervægge i bygningerne opgjort pr. byggeperiode, m²



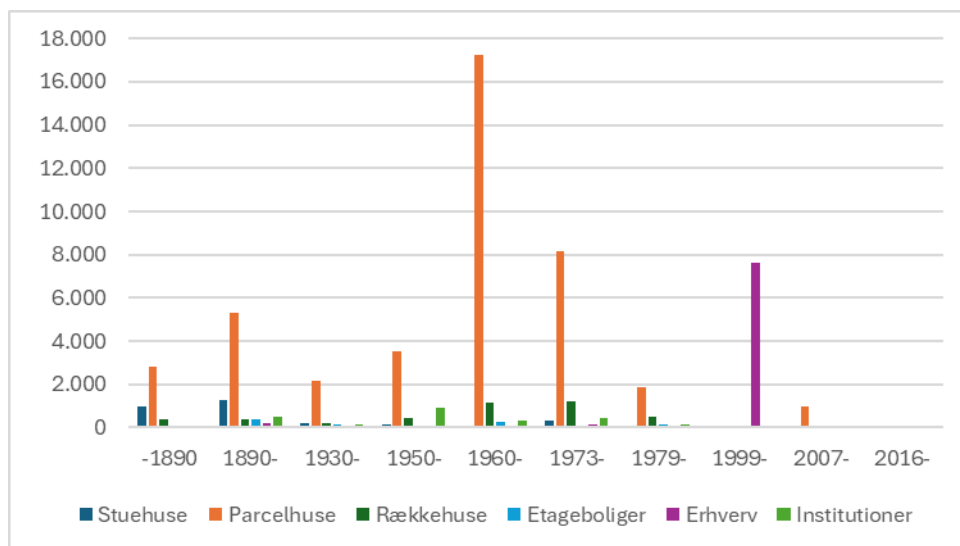
FIGUR 28. Renoveret areal for bygningsdel 1-2-3-0 Lette ydervægge opgjort pr. Byggeperiode, m²



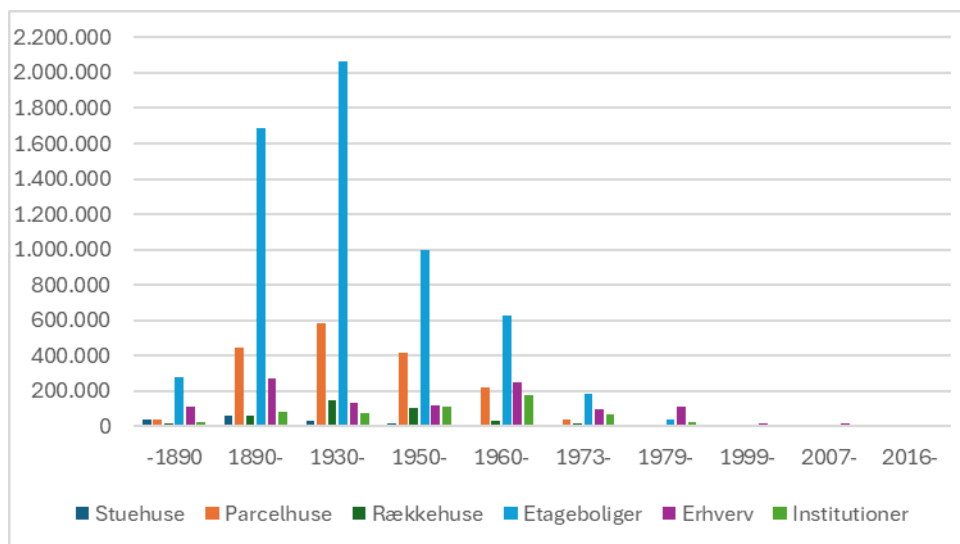
FIGUR 29. Renoveret areal for bygningsdel 1-2-4-0 Kælder ydervægge i byningerne opgjort pr. Byggeperiode, m²



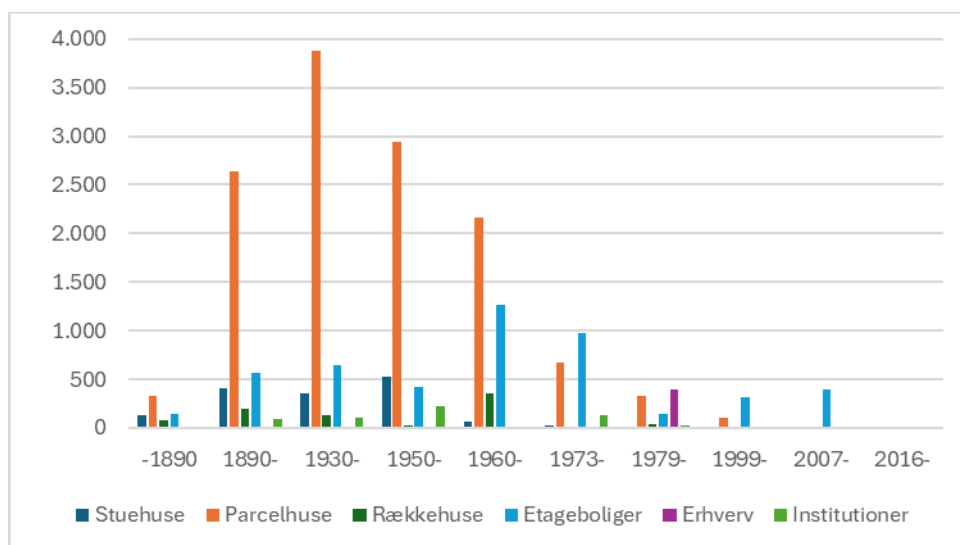
FIGUR 30. Renoveret areal for bygningsdel 1-4-1-0 Terrændæk opgjort pr. byggeperiode, m²



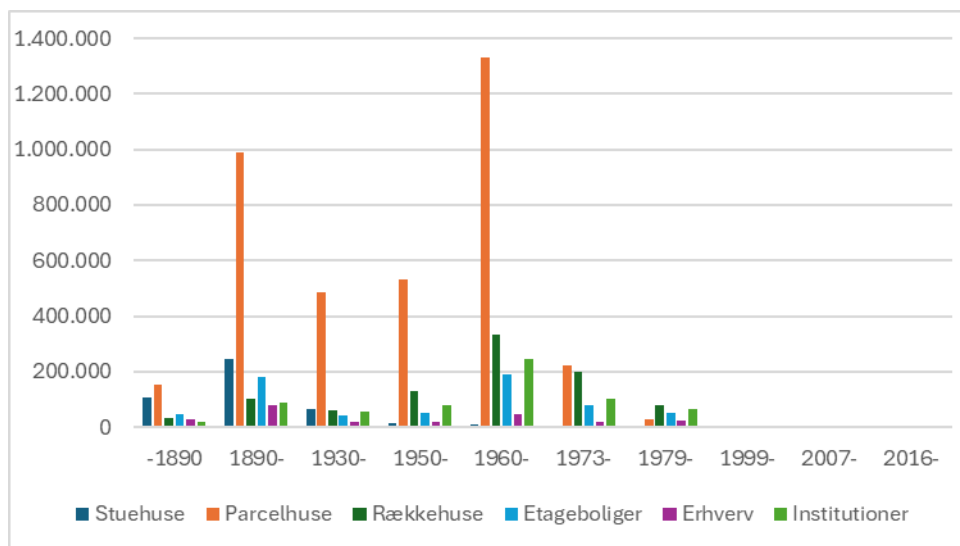
FIGUR 31. Renoveret areal for bygningsdel 1-4-1-1 Terrændæk med gulvvarme opgjort pr. byggeperiode, m²



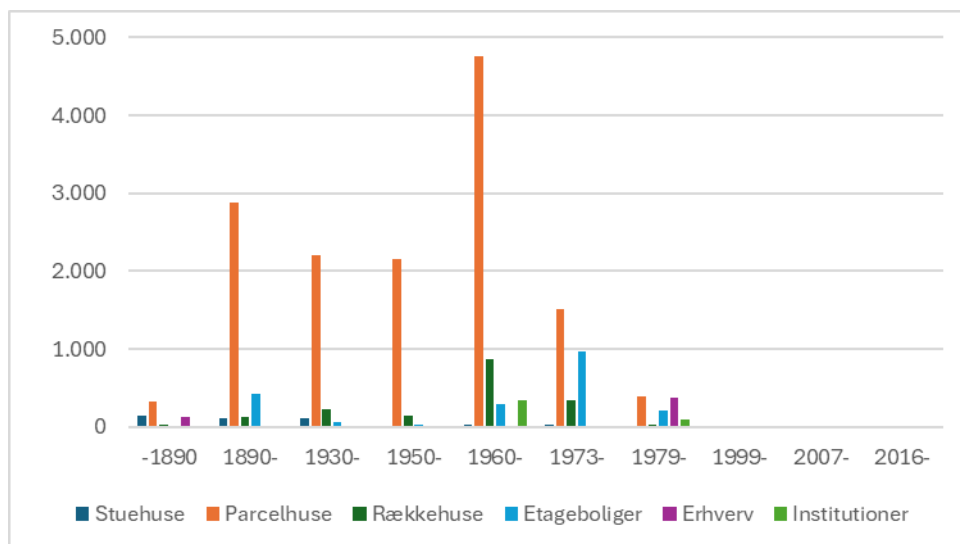
FIGUR 32. Renoveret areal for bygningsdel 1-4-2-0 Etageadskillelse opgjort pr. byggeperiode, m²



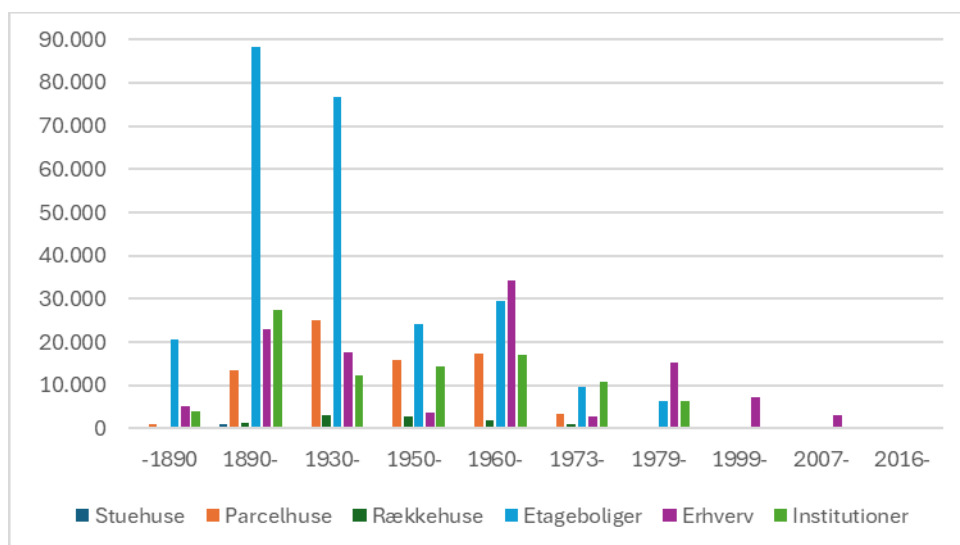
FIGUR 33. Renoveret areal for bygningsdel 1-4-2-1 Etageadskillelse med gulvvarme opgjort pr. byggeperiode, m²



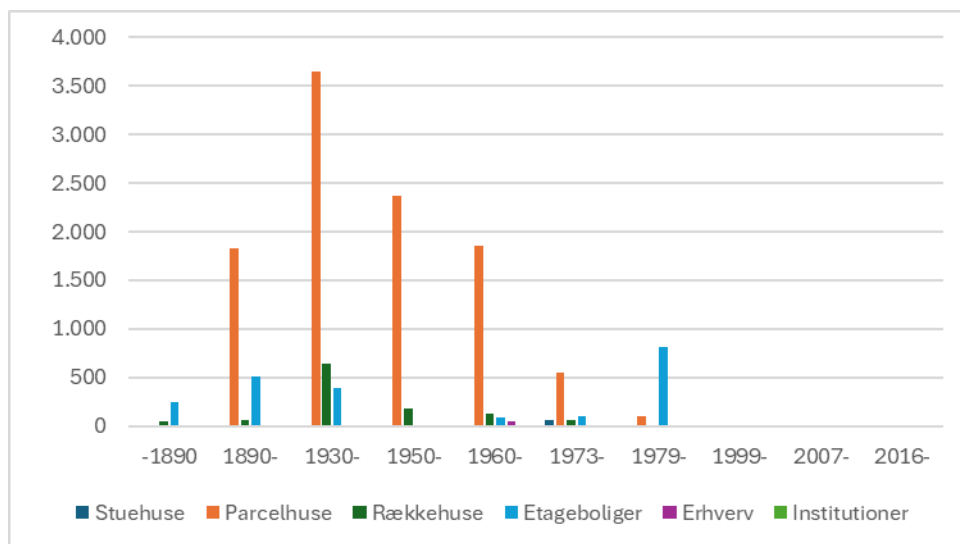
FIGUR 34. Renoveret areal for bygningsdel 1-4-3-0 Krybekælder opgjort pr. byggeperiode, m²



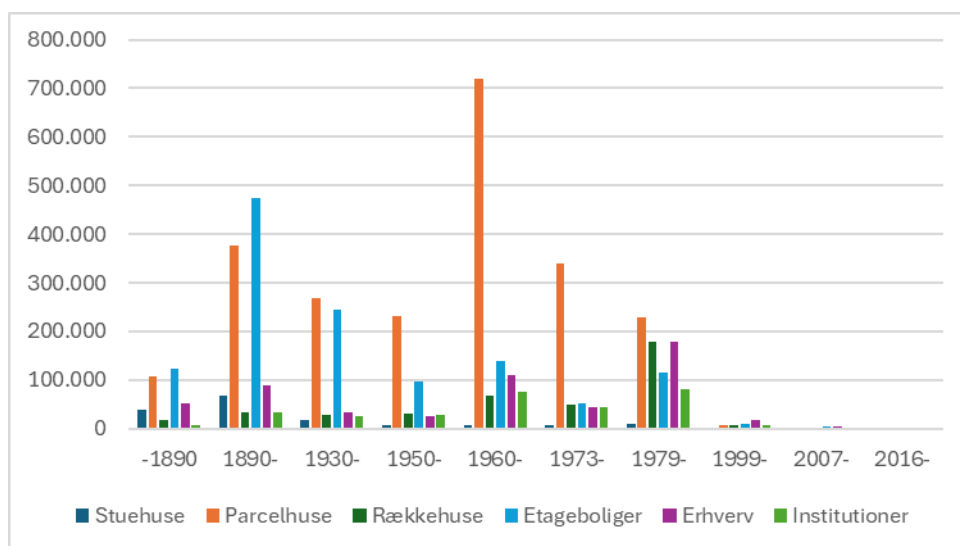
FIGUR 35. Renoveret areal for bygningsdel 1-4-3-1 Krybekælder med gulvvarme opgjort pr. byggeperiode, m²



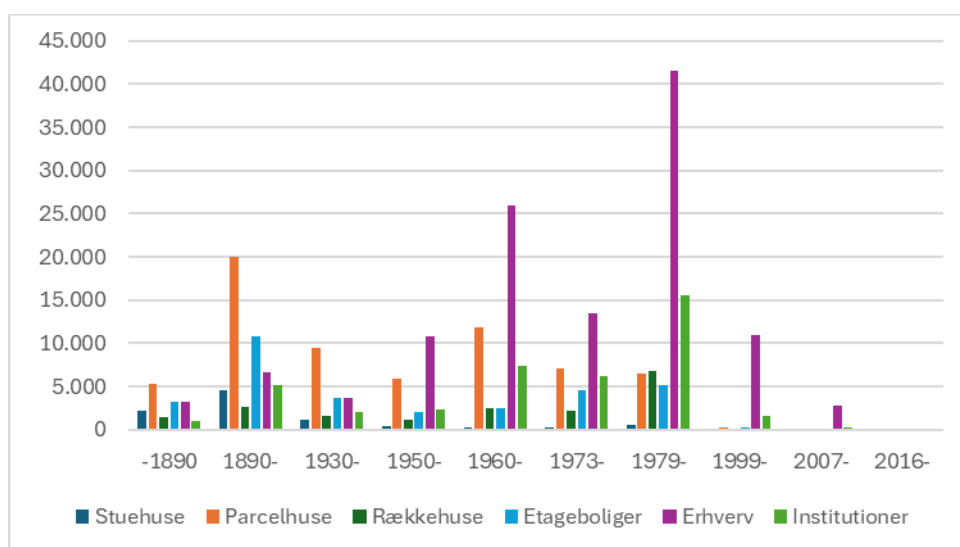
FIGUR 36. Renoveret areal for bygningsdel 1-4-4-0 Kældergulv opgjort pr. byggeperiode, m²



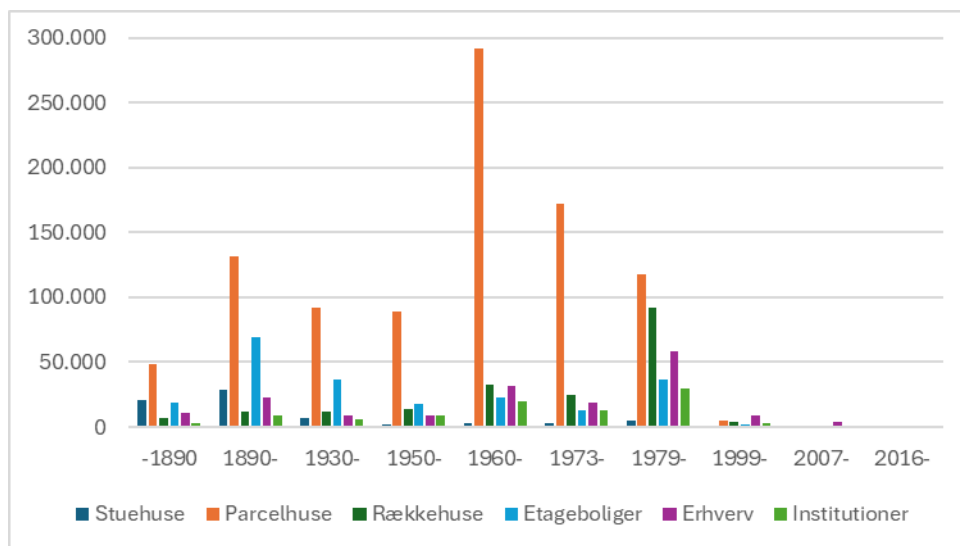
FIGUR 37. Renoveret areal for bygningsdel 1-4-4-1 Kældergulv med gulvvarme opgjort pr. byggeperiode, m²



FIGUR 38. Renoveret areal for bygningsdel 1-3-1-0 Vinduer opgjort pr. byggeperiode, m²



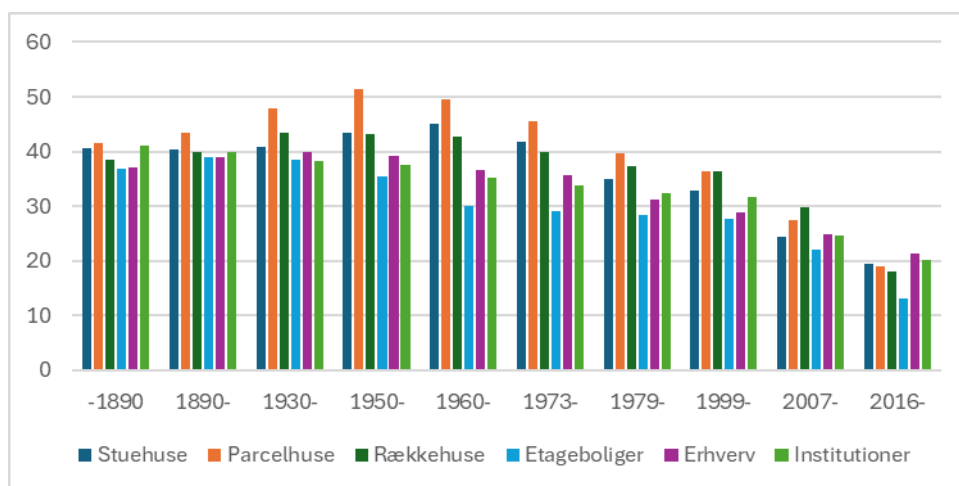
FIGUR 39. Renoveret areal for bygningsdel 1-3-2-0 Ovenlysvinduer i byningerne opgjort pr. Byggeperiode, m²



FIGUR 40. Renoveret areal for bygningsdel 1-3-3-0 Yderdøre opgjort pr. byggeperiode, m²

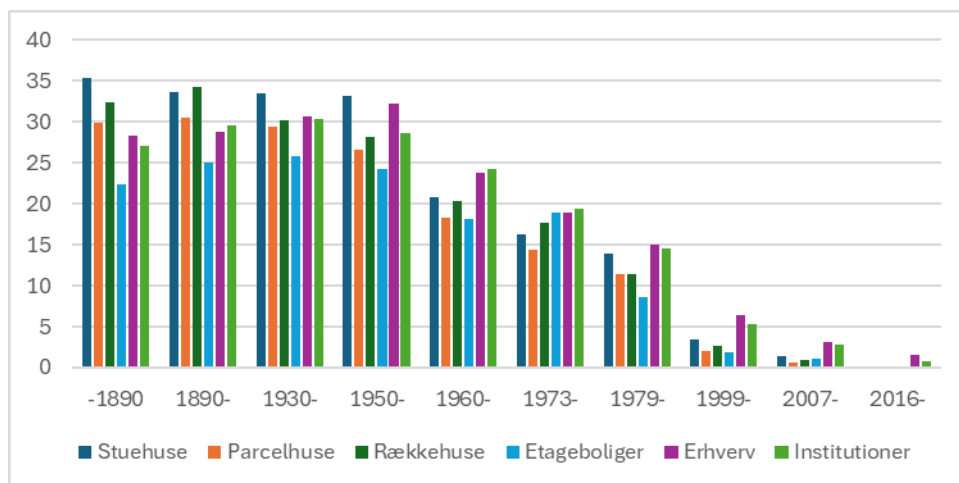
3.2 Reduktion af varmetabet

Opgraderingen af konstruktionerne i forbindelse med renovering af bygninger reducerer det dimensionerende varmetab til værdierne vist i Figur 41. Værdierne i Figur 41 kan umiddelbart sammenholdes med de tilsvarende værdier for det dimensionerende varmetab før renovering i Figur 13. Det ses, at hvor der før renoveringen er byggeperioder med dimensionerende varmetab på op til 80 W/m², vil de samme byggeperioder efter renovering have dimensionerende varmetab på ca. 50 W/m². Det ses også, at det dimensionerende varmetab er blevet væsentligt mere ensartet for de forskellige byggeperioder, da bygningerne løbende energirenoveres.



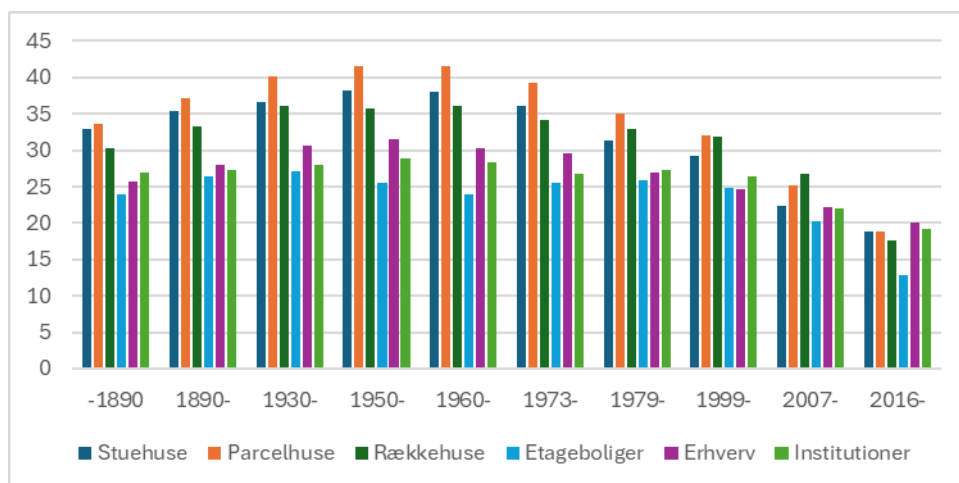
FIGUR 41. Dimensionerende varmetab i W/m² efter renovering jfr. BR krav for de forskellige bygningskategorier og byggeperioder.

I Figur 42 er vist reduktionen i varmetabet i pct. efter renovering jf. BR-krav for de forskellige bygningskategorier og byggeperioder. De fire ældste byggeperioder reduceres med ca. samme niveau (fra 25-35 pct.), mens reduktionen i byggeperioderne efter 1960 gradvist mindskes, grundet indførelse af krav og løbende skærpelse af disse ift. isolering af klimaskærmen.

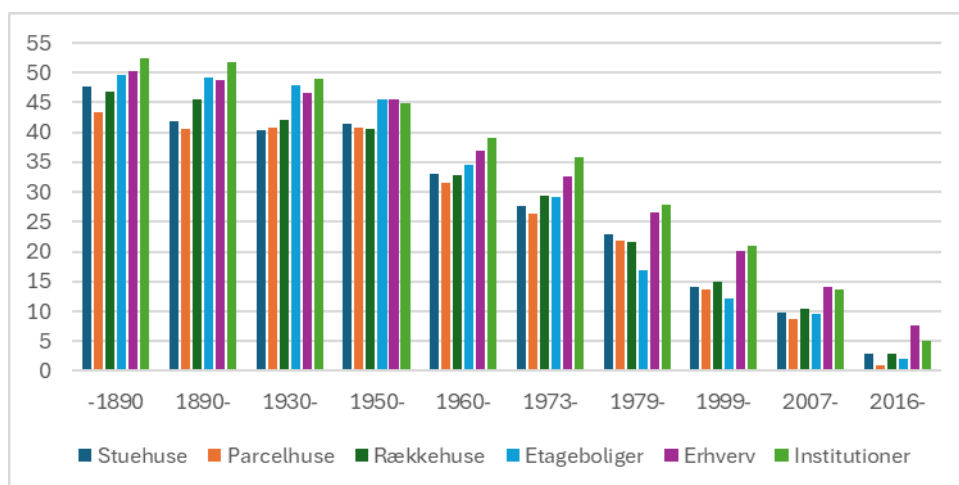


FIGUR 42. Reduktion i varmetab i pct. efter renovering jfr. BR-krav for de forskellige bygningskategorier og byggeperioder.

Hvis der ikke tages hensyn til rentabilitet i forbindelse med renovering til BR-krav, dvs. at man isolerer konstruktionerne til tidligere omtalte U-værdi-niveauer uden at skelne til rentabilitet, vil det dimensionerende varmetab reduceres til niveauerne vist i Figur 43. Den tilhørende reduktion i varmetabet i pct. er vist i Figur 44.



FIGUR 43. Dimensionerende varmetab i W/m² hvis renovering til BR-krav uden hensyn til rentabilitet.

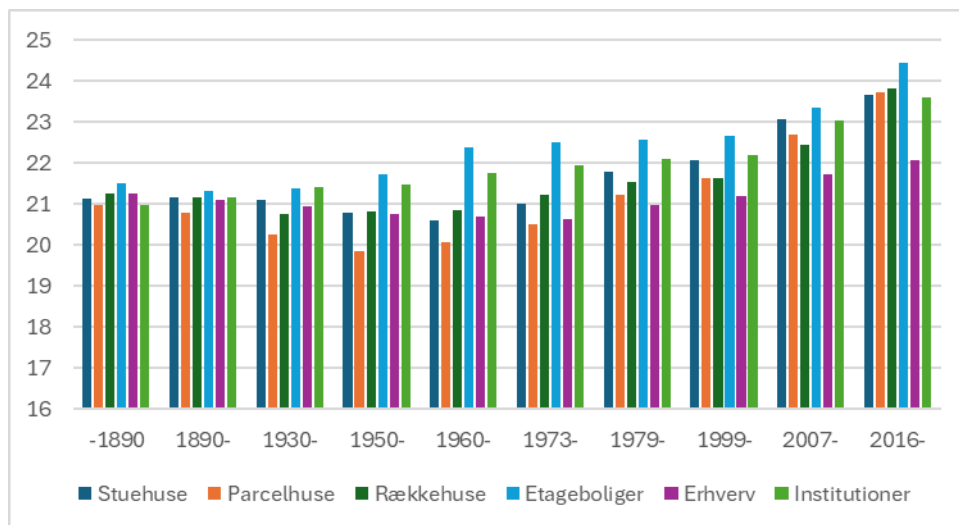


FIGUR 44. Reduktion i varmetab i pct. hvis renovering til BR-krav uden hensyn til rentabilitet.

3.3 Ændring i indetemperatur

Den umiddelbare antagelse er, at indstillingen af indetemperaturen i bygningerne efter renovering vil følge samme afhængighed af varmetabet, som før renoveringen. Det gør, at en del af forbedringen af bygningernes klimaskærm ikke udmøntes i varmebesparelser, men i stedet bliver udnyttet til at forbedre komforten i bygningerne.

I Figur 45 er vist den gennemsnitlige indetemperatur i bygningerne efter renovering. Indetemperaturene i Figur 45 kan sammenholdes med indetemperaturene før renovering i Figur 18. Det ses, at hvor der før renovering var bygningskategorier og byggeperioder med middel indetemperatur på ned til nær 17 °C, er de laveste indetemperaturer efter renovering på 19,9 °C.

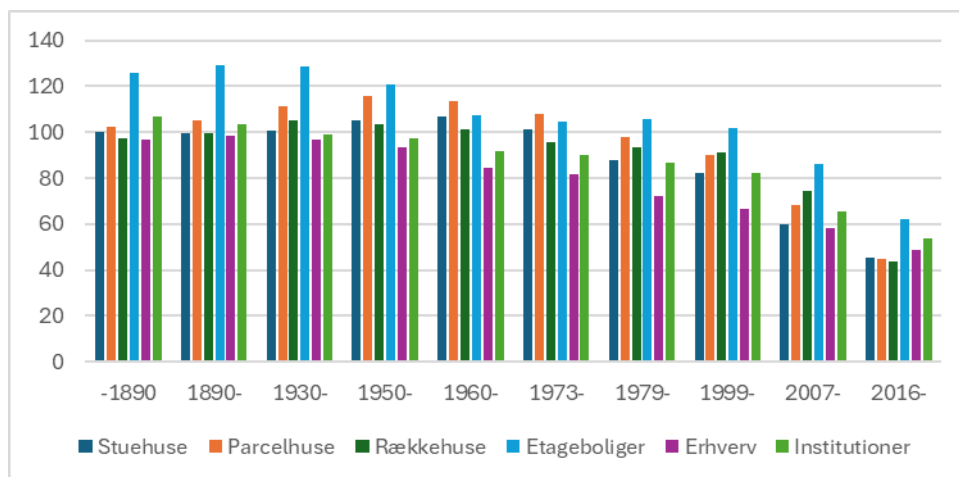


FIGUR 45. Middel indetemperatur i bygningerne efter renovering jfr. BR krav i °C.

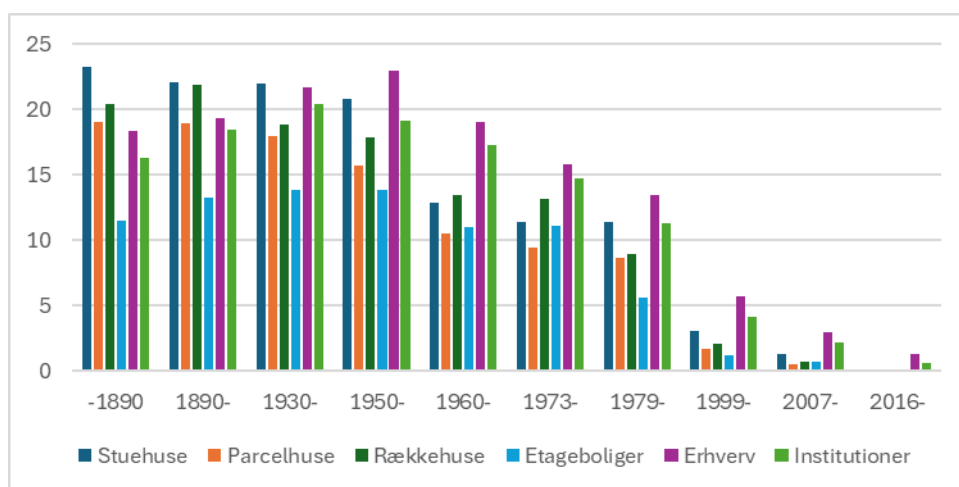
3.4 Varmebesparelse

Enhedsforbrugene i de forskellige bygningskategorier og byggeperioder efter renovering er vist i Figur 46. Ved bestemmelse af enhedsforbrugene efter renovering i Figur 46 er det antaget, at der i forlængelse af renoveringen sker en hævnning af indetemperaturen, som er proportional med reduktionen af bygningens varmetab. Se beskrivelse af indetemperaturer i forrige afsnit. Det ses i Figur 46, at der efter renovering er et forholdsvis ensartet enhedsforbrug over de forskellige byggeperioder på op til ca. 100 kWh/m² pr. år. Værdierne i Figur 46 kan sammenlignes med enhedsforbrugene før renovering i Figur 19. Her er enhedsforbruget i de ældre byggeperioder på op til 140 kWh/m² år. De viste enhedsforbrug gælder for ikke-fredede eller bevaringsværdige bygninger, da det ikke vil være relevant at opgradere klimaskærmen i disse bygninger. I Figur 47 er vist de tilhørende reduktioner i varmekonsumet i pct.

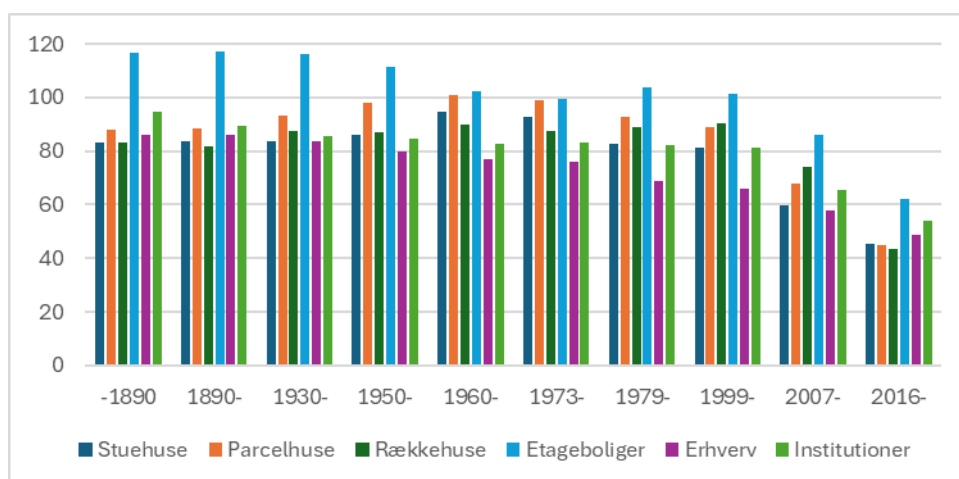
Hvis det for sammenligningens skyld i stedet antages, at indetemperaturen i bygningerne efter renovering fastholdes på samme niveau som før renovering, bliver enhedsforbrugene som vist i Figur 48 uden komfortforbedring og Figur 49 med komfortforbedringer.



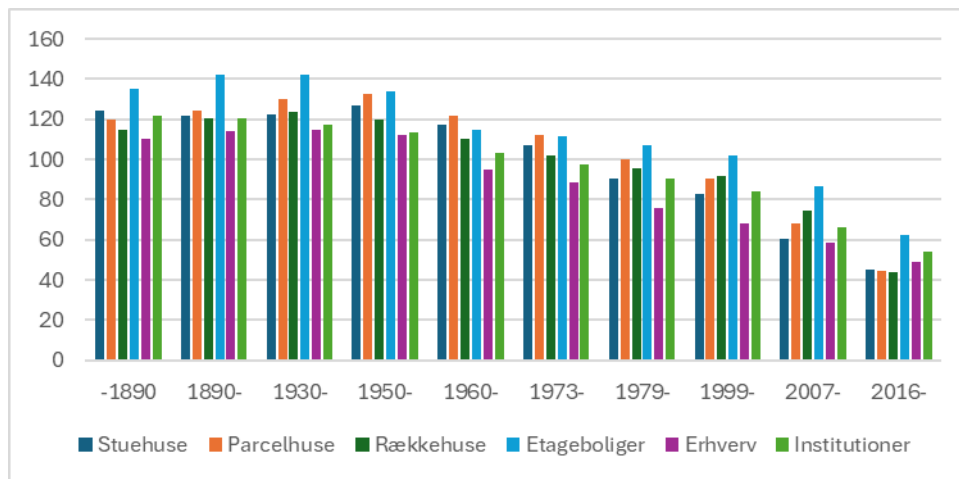
FIGUR 46. Netto-varmeforbrug efter renovering jfr. BR krav i kWh/år for de forskellige bygningskategorier og byggeperioder. Opgradering og komfortforbedring.



FIGUR 47. Reduktion i netto-varmeforbrug i pct. efter renovering jfr. BR krav for de forskellige bygningskategorier og byggeperioder.



FIGUR 48. Netto-varmeforbrug efter renovering jfr. BR krav i kWh/år for de forskellige bygningskategorier og byggeperioder. Opgradering uden komfortforbedring.



FIGUR 49. Netto-varmeforbrug efter renovering jfr. BR krav frem til 2050 i kWh/år for de forskellige bygningskategorier og byggeperioder. Opgradering og komfortforbedring.



4

INVESTING

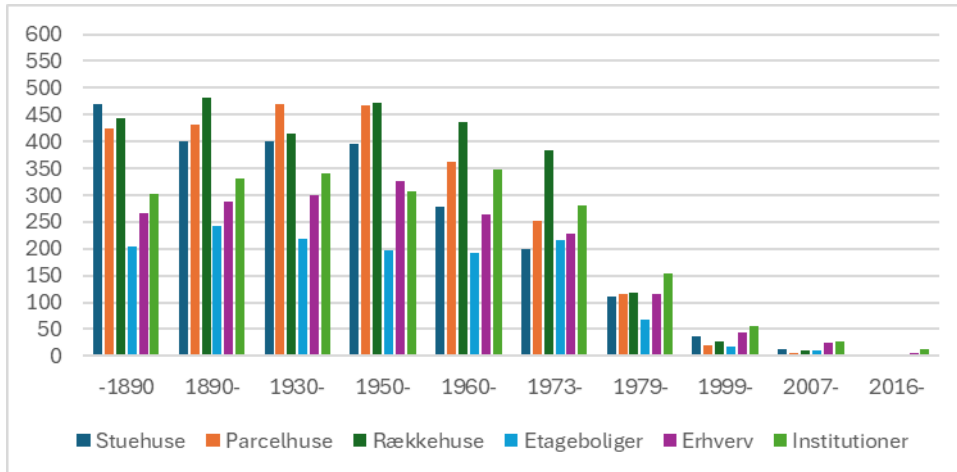
4 INVESTERING

I dette kapitel er opgjort de nødvendige investeringer for opgradering af bygningerne til BR's krav. Investeringen er opgjort dels som energiinvesteringen, dvs. den nødvendige merinvestering i energitiltag, hvis opgradering finder sted i forbindelse med almindelig vedligehold/renovering af udtjente bygningsdele, og dels som den samlede nødvendige investering. Alle priser for renoveringstiltag er taget fra Molio prisdata 2024, Renovering – bygningsdele brutto (Molio, 2024). Uafhængigt af renoveringstidspunktet anvendes 2024 priser, da inflation og stigning i byggeomkostninger må antages at følges ad.

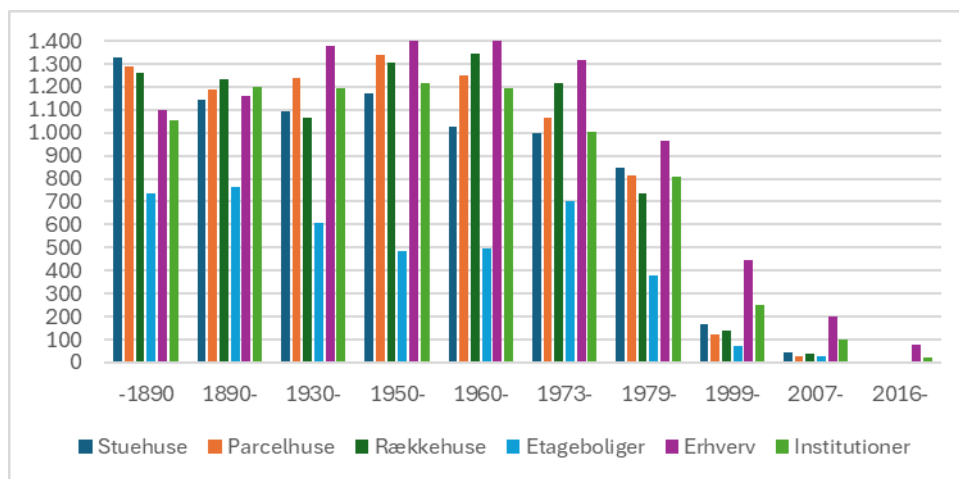
4.1 Energiinvestering og samlet investering

Investeringer er opgjort for to forskellige situationer. I den ene situation er en bygningsdel udtjent og skal udskiftes/renoveres under alle omstændigheder. I den situation er investeringen alene den ekstra omkostning til mere isolering i forhold til hvad der var i udgangspunktet (kaldet energiinvesteringen i rapporten). I den anden situation, hvor udskiftningen/renoveringen forceres, er investeringen både omkostningen til renoveringen af selve bygningsdelen samt omkostningen til merisoleringen (kaldet samlet investering i rapporten).

I Figur 50 er vist energiinvesteringen i DKK/m² ekskl. moms ved opgradering til BR's krav ved renovering i forskellige bygningskategorier og byggeperioder. I Figur 51 er vist den samlede investering i DKK/m² ekskl. moms.

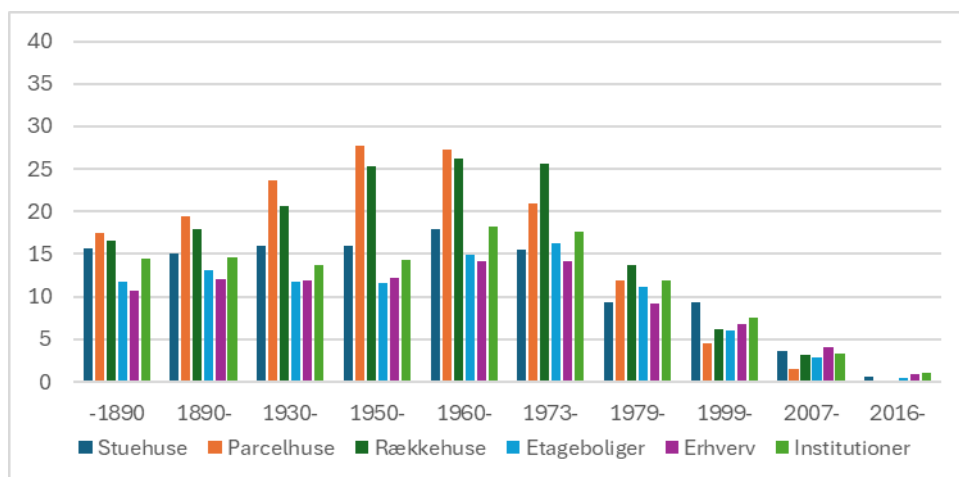


FIGUR 50. Energiinvestering i DKK/m² ekskl. moms ved opgradering til BR's krav ved renovering i forskellige bygningskategorier og byggeperioder.

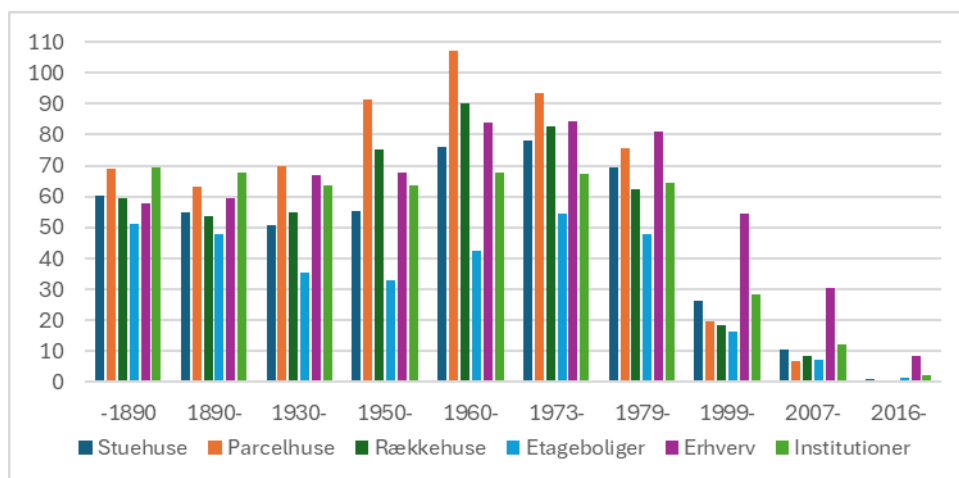


FIGUR 51. Samlet investering i DKK/m² ekskl. moms ved renovering med opgradering til BR's krav.

I Figur 52 er vist energiinvesteringen i DKK pr. kWh årlig energibesparelse ekskl. moms ved opgradering til BR's krav ved renovering med komfortforbedringer i forskellige bygningskategorier og byggeperioder. I Figur 53 er vist den samlede investering med komfortforbedringer i DKK/m² ekskl. moms.



FIGUR 52. Energiinvestering i DKK pr. kWh/år ekskl. moms ved opgradering til BR's krav ved renovering i forskellige bygningskategorier og byggeperioder. Med komfortforbedring.



FIGUR 53. Samlet investering i DKK pr. kWh/år ekskl. moms ved renovering med opgradering til BR's krav. Med komfortforbedring.

ENERGIMÆRKNINGEN

5 ENERGIMÆRKNINGEN

I dette kapitel sammenlignes de beregnede varmekonsum i modellen med den energimærkning der er lavet for hver enkelt bygning. For at kunne sammenligne modellen med energimærkningen, er det nødvendigt at tilpasse modellen på en række områder, så der benyttes samme forudsætninger, fx ift. vejrdata, indetemperaturen, varmebehovet til varmt brugsvand og el-behovet. Energimærkningen anvender vejrdata fra DRY se Tabel 6. I de følgende afsnit er kort opsummeret hvilke øvrige parametre der er justeret i modellen.

5.1 Indetemperatur

I bygningsmodellen er indetemperaturen, som tidligere nævnt, justeret således at bygningernes samlede varmebehov stemmer med energistatistikken, hvilket medfører at fx de bedste energimærker ligger væsentligt over 20 °C mens de dårligste energimærker ligger under 20 °C. I sammenligningen med energimærkningen antages følgende standard indetemperaturer.

I Transport og Lager er indetemperaturen 15,0 °C.

I alle andre bygninger er indetemperaturen 20,0 °C.

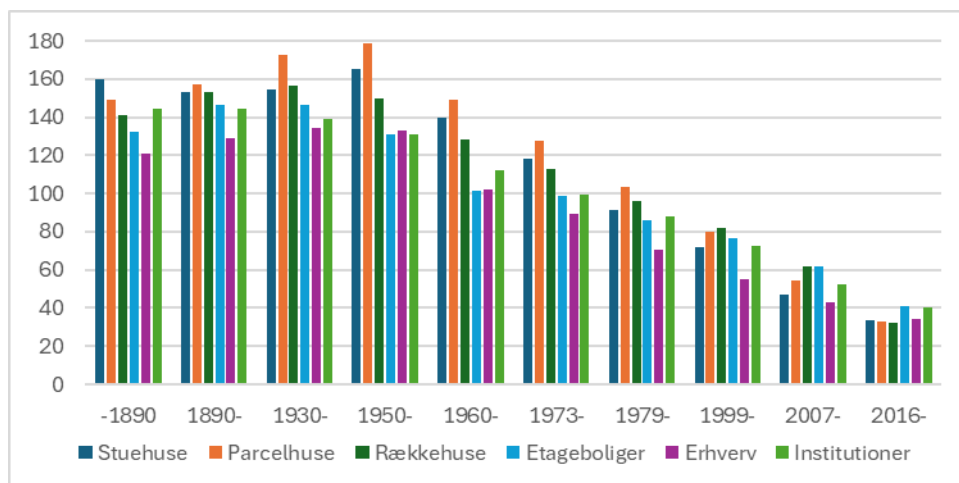
5.2 Varmt brugsvand og internt varmetilskud

Varmebehovet til opvarmning af varmt brugsvand og ikke nyttiggjort rørtab er ligeledes en af de parametre som er justeret i bygningsmodellen, så de samlede varmebehov kommer til at stemme med energistatistikken. I sammenligningen med energimærkningen er antaget værdierne vist nedenfor i Tabel 11, som generelt er lidt lavere. Værdierne svarer til omtrentlige gennemsnitlige værdier for typiske bygninger under standardforudsætninger. Det interne varmetilskud fastholdes til samme niveau, som i bygningsmodellen.

TABEL 11. Varmebehov til opvarmning af varmt brugsvand samt ikke nyttiggjort rørtab i kWh/m² pr. år.

Bygningskategori	kWh/m ² pr. år	
Småhuse	15,0	
Etageboliger	35,0	
Erhverv	13,0	
Institutioner	18,0	
Transport og lager	2,0	
Internt tilskud	5,0	W/m ²

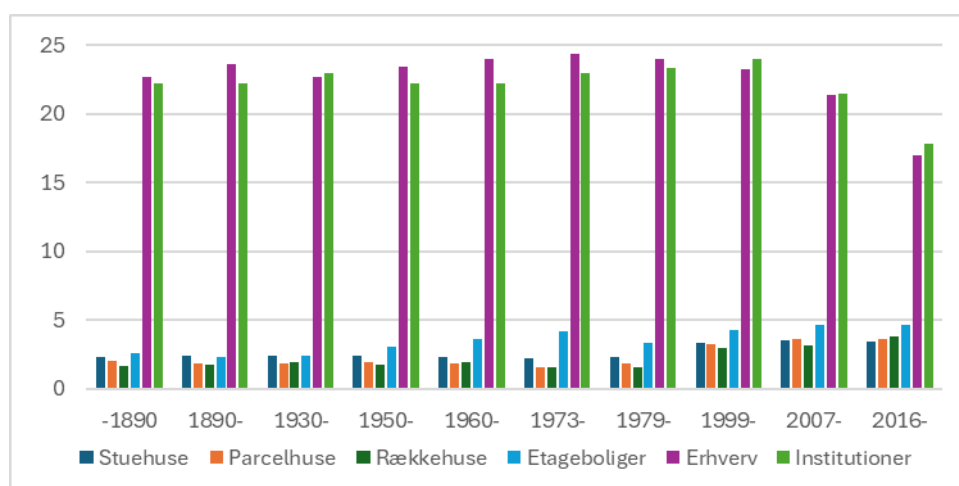
Det beregnede netto-varmebehov i kWh/m² pr. år for de forskellige bygningskategorier og byggeperioder er vist i Figur 54, svarende til status 2020, dvs. det forventede netto-varmebehov jf. den gældende energimærkning af bygningerne.



FIGUR 54. Beregnet netto-varmebehov i kWh/m² pr. år for de forskellige bygningskategorier og byggeperioder. Status 2020. Modelberegning.

5.3 El-behov

El-behovet til bygningsformål i energimærket ekskl. el-opvarmning, varmepumper og solceller i kWh/m² pr. år er vist i Figur 55. El-behovet angivet i figuren svarer altså til det forventede el-behov til bygningsdrift udover varme- og solcelleproduktion.



FIGUR 55. El-behov til bygningsformål i energimærket ekskl. el-opvarmning, varmepumper og solceller kWh/m² pr. år. Modelberegning.

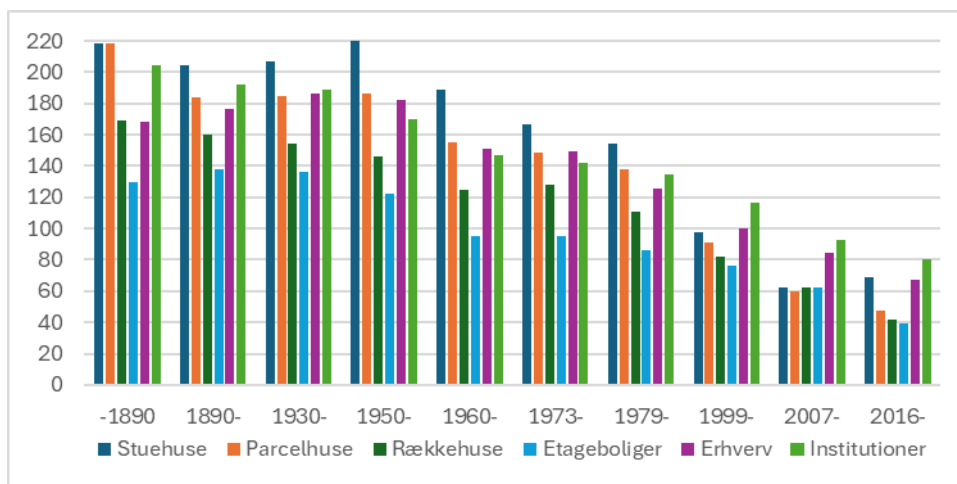
5.4 Primærenergibehov

Primærenergibehovet bestemmes ved anvendelse af følgende standard energifaktorer og -antagelser omkring de enkelte bygningsystemers virkningsgrad som vist i Tabel 12.

TABEL 12. Energifaktorer ved energimærkning og virkningsgrad for bygningens systemer

Energifaktorer ved energimærkning		Virkningsgrad for bygningens systemer		
El	1,90		El	1,00
Fjernvarme	0,85		Fjernvarme	1,00
Gas	1,00		Gasfyr	0,95
Olie	1,00		Oliefyr	0,90
Andet	1,00		Varmepumpe	2,90
			Andet	0,80

Ved anvendelse af disse primærenergifaktorer og virkningsgrader, kan bygningernes samlede primærenergiebehov svarende til status 2020 opgøres som vist i Figur 56.



FIGUR 56. Primærenergiebehov i kWh/m² pr. år. Status 2020. Modelberegning.

5.5 Sammenligning af energimærker

Med udgangspunkt i ovenstående forudsætninger, kan modellens beregnede energimærker sammenlignes med bygningernes faktisk udstedte energimærkning. I Tabel 13 er vist overensstemmelsen mellem det beregnede energimærke (varmebehov + el-behov ganget med respektive primærenergifaktorer) og det udstedte energimærke i pct. I tabellen er dels vist hvor mange procent af bygningerne der har samme beregnede og udstedte mærke, og hvor mange pct. af bygningerne der har samme +1/-1 mærke. Det ses af tabellen, at der er en god overensstemmelse (dvs. en afvigelse på højst +/- ét mærke på skalaen) mellem det beregnede og det udstedte energimærke, særligt dog for de ældre bygninger, som er de interessante i nærværende analyse.

TABEL 13. Overensstemmelse mellem beregnet mærke og udstedt mærke i pct.. For beregnede mærker og udstedte mærker med samme energifaktorer og hovedvarmekilde.

		Beregnet mærke									
	Udstedt mærke:	G	F	E	D	C	B	A2010	A2015	A2020	Samlet
Småhuse	Samme mærke	71	36	41	58	68	54	53	42	29	58
	+1/-1 ét mærke	91	92	82	91	91	91	77	72	33	88
Etageboliger	Samme mærke	72	49	50	63	72	62	45	1	57	64
	+1/-1 ét mærke	87	94	90	98	99	99	84	94	60	97
Erhverv	Samme mærke	63	30	29	38	51	43	56	20	52	44
	+1/-1 ét mærke	76	75	70	82	85	90	79	76	61	82
Institutioner	Samme mærke	66	42	34	41	59	52	52	16	36	50
	+1/-1 ét mærke	84	85	80	90	92	95	79	65	57	89

The background of the page is decorated with a pattern of thin, dark blue wavy lines that flow across the entire surface. In the upper center, there is a solid dark blue circle containing the white number '6'.

6

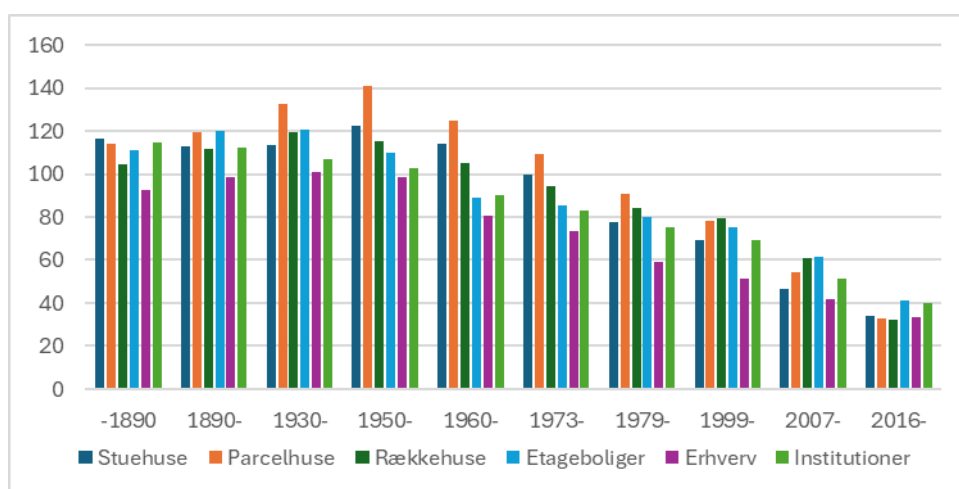
FREM MOD 2050

6 FREM MOD 2050

I dette kapitel beskrives to renoveringsscenarier ift. perioden frem mod 2050. I det første scenarie antages det, at konstruktioner renoveres op til BR-krav såfremt det er rentabelt og i det andet renoveres alle konstruktioner op til BR-krav, uanset rentabilitet.

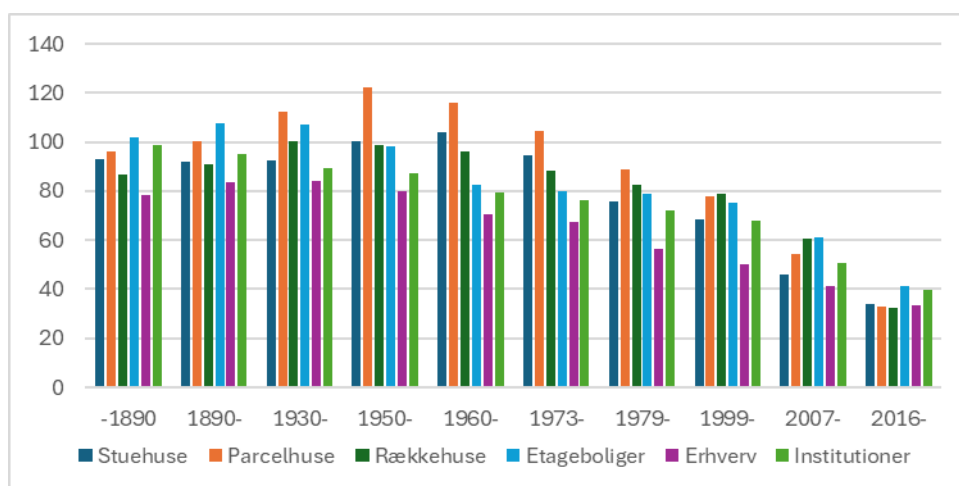
6.1 Varmebehov

Hvis udviklingen følger forventningen i renovering til BR-krav, dvs. at konstruktioner renoveres hvis det er rentabelt, vil det beregnede netto-varmebehov i 2050 se ud som i Figur 57.



FIGUR 57. Beregnet netto-varmebehov i 2050 i kWh/m² pr. år ved forventet udvikling i renovering til BR-krav.

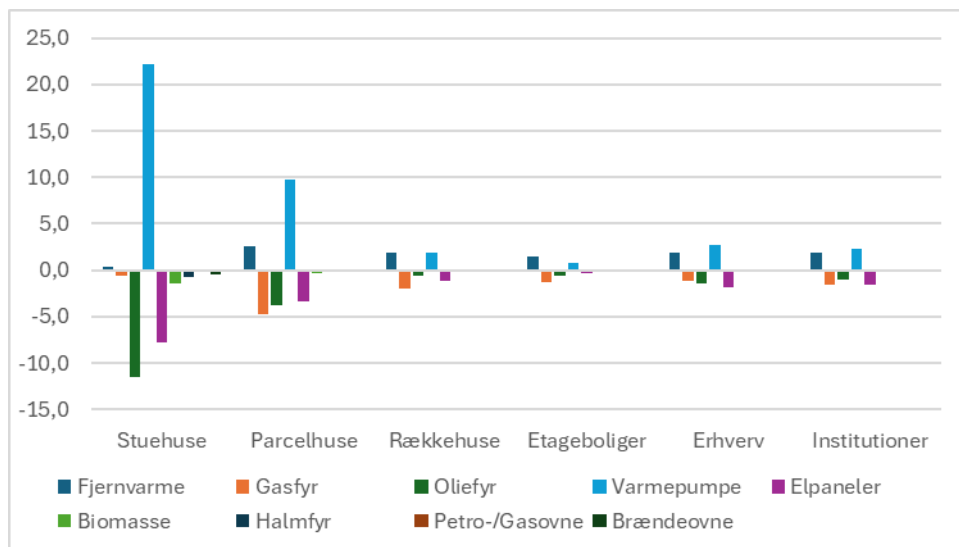
Hvis alle bygninger derimod renoveres til BR-krav, dvs. uanset rentabilitet, vil netto-varmebehovet i stedet se ud som vist i Figur 58.



FIGUR 58. Beregnet netto-varmebehov i kWh/m² pr. år hvis alle bygninger renoveres til BR-krav.

6.2 Opvarmningskilde

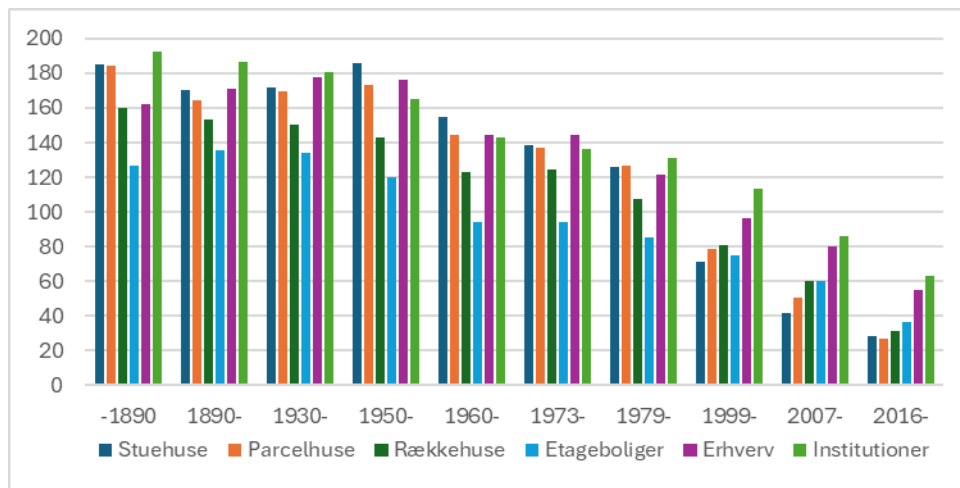
Beregningerne i nærværende rapport tager udgangspunkt i situationen i 2020, da forventede krav fra EPBD bruger dette tidspunkt som afsæt. For at få en fornemmelse af hvor hurtigt udskiftningen fra fossile til ikke-fossile brændsler går, er der lavet et træk fra EMO for 2024, som er sammenholdt med datasættet fra 2020. I Figur 59 er for hver enkelt bygningskategori vist ændringer i hovedopvarmningskilder fra 2020 til 2024. For stuehuse udskiftes oliefyr og el-paneler til fordel for varmepumper, mens der for parcelhuse installeres primært varmepumpe men også fjernvarme i stedet for gas- og oliefyr eller el-paneler. For de øvrige bygningskategorier er der nogenlunde balance mellem nye fjernvarme- eller varmepumpeinstallationer.



FIGUR 59. Ændring i hovedopvarmningskilde fra 2020 til 2024. Andel af bygninger som ændrer hovedvarmekilde i pct.

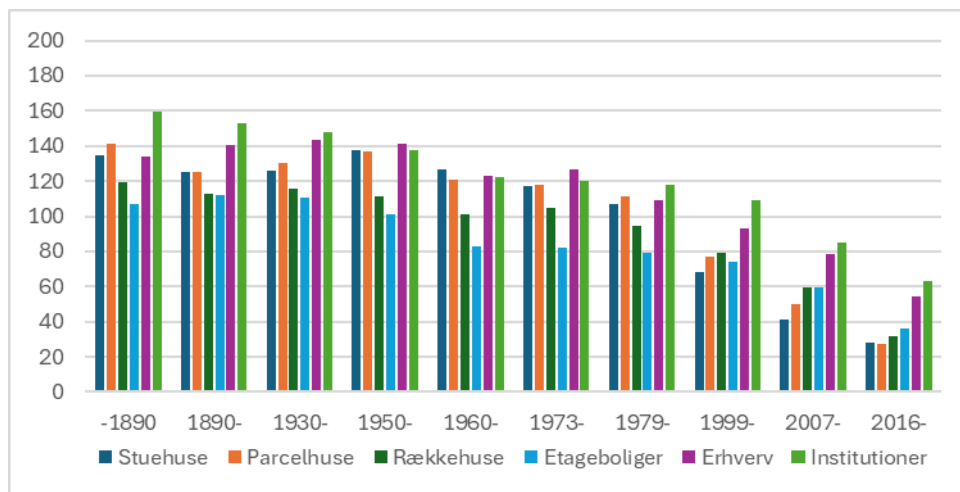
6.3 Primærenergibehov

Det samlede primærenergibehov i 2024 i kWh/m² pr. år, med varmekilder i 2024 (se Figur 59) og forventet udvikling i varmebehov er vist i Figur 60. Figuren kan sammenholdes med Figur 56 og viser dermed udviklingen hen over de seneste 4 år. Det gennemsnitlige primære energibehov i bygningsmassen er over de 4 år ændret fra 148,1 kWh/m² til 136,8 kWh/m² svarende til et fald på 7,6 pct. Dette svarer til den samlede effekt af bygningsrenoveringer og konverteringer af varmeforsyning.



FIGUR 60. Primærenergi behov i 2024 i kWh/m² pr. år med varmekilder i 2024 og forventet udvikling i varmebehov.

Primærenergi behovet i 2050 i kWh/m² pr. år, med varmekilder svarende til 2024 og forventet udvikling i varmebehovet samt opsætning af solceller på offentlige bygninger iht. kravene i EPBD er vist i Figur 61.



FIGUR 61. Primærenergi behov i 2050 i kWh/m² pr. år med varmekilder i 2024 og forventet udvikling i varmebehov samt solceller på offentlige bygninger iht. krav i EPBD'et.

OPFYLDELSE AF EPBD KRAV

7 OPFYLDELSE AF EPBD KRAV

Formålet med EPBD er at omdanne den eksisterende bygningsmasse til en yderst energieffektiv og dekarboniseret bygningsmasse mhp. at opnå en nulemissionsbygningssmasse senest i 2050. Nulemissionsbygningssmassen betragtes som helhed og inkluderer således både boliger og ikke-beboelsesbygninger (erhverv, institutioner og offentlige bygninger).

I dette kapitel betragtes forskellige elementer ift. til at opfylde kravene i EPBD.

7.1 Beboelsesbygninger

Hovedkravet i EPBD til eksisterende boliger opført før 2020 er, at den nationale boligbygningssmasse som helhed skal bidrage til en nulemissionsbygningssmasse senest i 2050. I denne rapport antages det, at kravet gælder for boligbygningssmassen i helhed i gennemsnit, og ikke nødvendigvis absolut for alle boliger.

Der er desuden krav om, at det gennemsnitlige primærenergiforbrug i kWh/m² pr. år for hele beboelsesbygningssmassen:

- falder med mindst 16 % i forhold til 2020 senest i 2030
- falder med mindst 20-22 % i forhold til 2020 senest i 2035.

Disse krav gælder for det gennemsnitlige primærenergiforbrug per m². Derfor anvendes etagearealet ved bestemmelse af gennemsnittet.

Det skal samtidig sikres, at mindst 55 % af faldet i det gennemsnitlige primærenergiforbrug opnås gennem renovering af de 43 % beboelsesbygninger, der har den dårligste energimæssige ydeevne.

7.2 Ikke-beboelsesbygninger

Hovedkravet i EPBD til eksisterende ikke-beboelsesbygninger (erhvervsbygninger og offentlige bygninger) opført før 2020 er i princippet det samme som for boliger, nemlig at ikke-beboelsesbygningssmassen skal bidrage til en samlet nulemissionsbygningssmasse senest i 2050.

Der skal desuden fastsættes en maksimal tærskel for energimæssig ydeevne således, at 16 pct. af erhvervsbygningerne ligger over denne tærskel, samt en maksimal tærskel for energimæssig ydeevne således, at 26 pct. af erhvervsbygningerne ligger over den. Maksimumstærsklen for energimæssig ydeevne kan fastsættes pba. antal bygninger eller opvarmet etageareal. Da kravet gælder individuelle bygninger, har Energistyrelsen valgt, at tærsklen opgøres for antal bygninger.

Minimumsstandarden for energimæssig ydeevne skal som minimum sikre, at alle erhvervs- og institutionsbygninger ligger under:

- tærsklen på 16 pct. fra 2030, og
- tærsklen på 26 pct. fra 2033.

7.3 EPBD

7.3.1 Zero Emission Building

Det nye EPBD fra 2024 (Europa-Parlamentet og Rådet, 2024) fastlægger kravene til eksisterende bygninger baseret på en definition af Zero Emission Building (Nulemissionsbygning). Zero Emission Building, ZEB, er fastlagt som bygninger, hvor maksimumstærsklen for energiefterspørgslen er mindst 10 % lavere end den tærskel for samlet primærenergiforbrug, der blev fastsat på medlemsstatsplan for næsten energineutrale bygninger (nZEB) den 28. maj 2024.

For Danmark er det fastlagt i BUILD 2023:06 *Cost-optimal levels of minimum energy performance requirements in the Danish Building Regulations*. I den danske Cost Optimal rapport er niveauet for energineutrale bygninger fastlagt svarende til Renoveringsklasse 2, som svarer til energimærke B i energimærkeskalaen. Nulemissionsbygningsgrænsen (ZEB-grænsen) bliver dermed for boliger:

$$\text{ZEB} \leq 63,0 + 1980/A \text{ kWh/m}^2 \text{ pr. år}$$

og for erhvervsbygninger bliver den:

$$\text{ZEB} \leq 85,5 + 1980/A \text{ kWh/m}^2 \text{ pr. år.}$$

7.3.2 ZEB-faktor

Til at karakterisere hvor bygningerne ligger i forhold til den kommende ZEB-grænse, anvendes der i analysen en ZEB-faktor, defineret som:

$$\text{Bygningens Primære-Energiforbrug} / \text{Bygnings ZEB-grænse}$$

begge opgjort som primærenergiforbrug i kWh/m² år. En ZEB-faktor <1 betyder, at bygningen er en ZEB-bygning, mens en ZEB-faktor >1 betyder, at bygningen har et primærenergiforbrug, som ligger over ZEB-grænsen, og bygningen derfor ikke er en ZEB-bygning.

Hvis fx et parcelhus med 140 m²-opvarmet etageareal har et primærenergiforbrug på 110,0 kWh/m² pr. år, så har det en ZEB-grænse på:

$$63,0 + 1980/140 = 77,1 \text{ kWh/m}^2 \text{ pr. år}$$

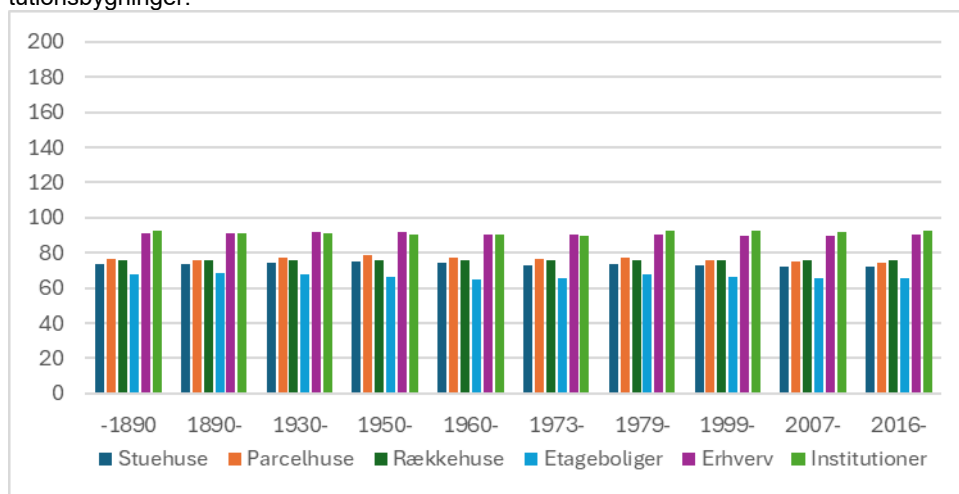
og ZEB-faktoren for huset bliver:

$$110,0 / 77,1 = 1,43.$$

Når ZEB-faktoren i gennemsnit for bygningsmassen er <1, er det ensbetydende med at bygningsmassen i gennemsnit er en nulemissionsbygningsmasse, med de definitioner Energi styrelsen tænker at anvende, gengivet ovenfor.

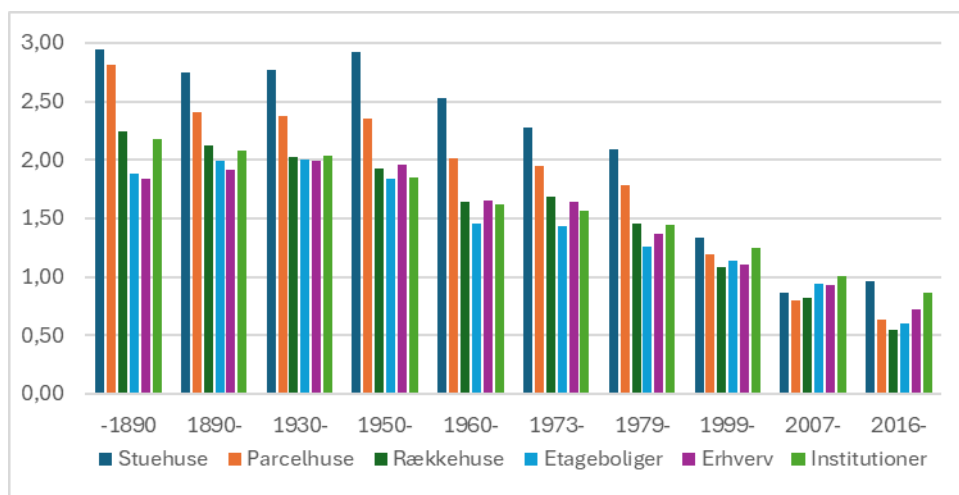
7.4 Nulemissionsbygninger

Benyttes førnævnte definition, kan fastlægges de gennemsnitlige grænseværdier for nulemissionsbygninger, ZEB, for de forskellige byggeperioder og bygningstyper. Grænseværdierne er vist i Figur 62 opgjort som primærenergiforbrug i kWh/m² pr. år. De ganske små variationer i grænseværdierne fra byggeperiode til byggeperiode skyldes variationer i bygningernes størrelser indenfor de forskellige perioder. For at nå i mål ift. kravene i EPBD er det altså nødvendigt at nå et gennemsnitligt primærenergiforbrug på ca. 75 kWh/m² pr. år for enfamiliehuse, 68 kWh/m² pr. år for etageboliger og 92 kWh/m² pr. år for erhvervs- og institutionsbygninger.



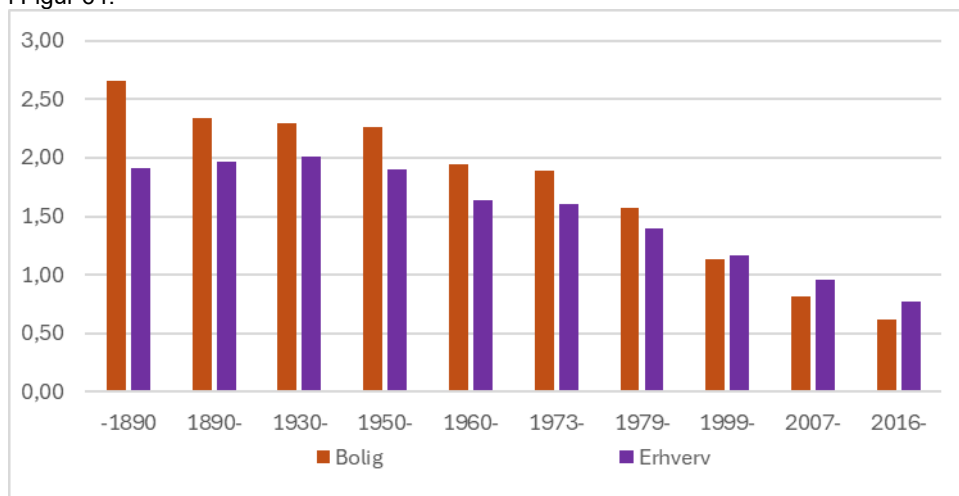
FIGUR 62. Gennemsnitlig grænseværdi for Nulemissionsbygning, ZEB opgjort som primærenergi i kWh/m² pr. år for de forskellige byggeperioder og bygningstyper.

På baggrund af det beregnede primærenergiforbrug for bygningerne i analysen kan fastlægges de gennemsnitlige ZEB-faktorer for hver enkelt bygningstype indenfor hver enkelt byggeperiode. Figur 63 viser de gennemsnitlige ZEB-faktorer for bygningsmassen i 2020. Af figuren kan det ses, at det kun er de seneste 2 byggeperioder, dvs. efter 2007, der i udgangspunktet lever op til 2050-målsætningen.



FIGUR 63. Gennemsnitlig ZEB-faktor i 2020 for de forskellige byggeperioder og bygningstyper.

EPBD skelner ikke mellem forskellige typer af boliger eller erhvervsbygninger, institutioner mv., men betragter udelukkende de to overordnede grupper boliger og erhverv. Hvis de gennemsnitlige ZEB-faktorer fastlægges for disse overordnede kategorier fås et billede som vist i Figur 64.



FIGUR 64. Gennemsnitlig ZEB-faktor i 2020 for de forskellige byggeperioder og de 2 EPBD hovedbygningstyper: Bolig og Erhverv.

EPBD-kravene kan omsættes/oversættes til grænseværdier for ZEB-faktoren. For boliger, hvor kravet er, at mindst 55 pct. af faldet i det gennemsnitlige primærenergiforbrug skal opnås gennem renovering af de 43 pct. beboelsesbygninger der har den dårligste energimæssige ydeevne, betyder det at grænseværdien for ZEB-faktoren vil være 1,67.

For erhvervsbygningernes vedkommende kan der på samme måde fastlægges grænseværdier for ZEB-faktoren i relation til kravene om energimæssig ydeevne i hhv. 2030 og 2033. I 2030 betyder det, at grænseværdien for ZEB-faktoren er 2,44 mens den i 2033 er 2,02. Værdierne er opstillet i Tabel 14. Grænseværdierne gælder for bygningsmassen som helhed, med de skaleringsfaktorer der i øvrigt er anvendt i analysen. For erhvervsbygningerne gør det, at grænsen på de 16 pct. for bygningsmassen som helhed svarer til 11,4 pct. af de energimærkede erhvervsbygninger i analysen. Tilsvarende svarer grænsen på de 26 pct. for bygningsmassen som helhed til 20,1 pct. af de energimærkede erhvervsbygninger i analysen.

TABEL 14. Grænseværdi for ZEB-faktor i relation til kravene i EPBD. Energifaktorer som ved dagens energimærkning.

	Grænse for ZEB-faktor
Bolig: 43 pct.	1,67
Erhverv: 16 pct.	2,44
Erhverv: 26 pct.	2,02

Betragtes udviklingen frem mod 2050 i forhold til opfyldelse af kravene i EPBD til boliger, under antagelse om at der benyttes samme energifaktorer som dagens energimærkning, fås resultaterne vist i Tabel 15. Nederste række i tabellen viser andelen af den samlede reduktion opnået i de 43 pct. dårligste boliger.

TABEL 15. Udviklingen frem mod 2050 i forhold til opfyldelse af kravene i EPBD til boliger. Energifaktorer som ved dagens energimærkning.

	2020	2024	2030	2033	2035	2050
ZEB-Faktor i gennemsnit	1,77	1,61	1,52	1,49	1,47	1,34
Reduktion, pct.		9,0	14,0	15,5	16,5	23,9
Andel reduk. i 43 pct'en, pct.		87	84	83	83	82

Tilsvarende fremskrivning kan laves i forhold til erhvervsbygningerne, og her fås resultaterne vist i Tabel 16.

TABEL 16. Udviklingen frem mod 2050 i forhold til opfyldelse af kravene i EPBD til erhverv. Energifaktorer som ved dagens energimærkning.

	2020	2024	2030	2033	2035	2050
ZEB-Faktor i gennemsnit	1,74	1,63	1,55	1,53	1,51	1,40
Reduktion, pct.		6,4	10,8	12,1	13,0	19,5
Rest i 16 pct.'en		9,9	8,0	7,3	6,9	4,7
Rest i 26 pct.'en		18,3	15,3	14,4	13,8	9,6

7.5 Erhvervsbygninger med udfordring i forhold til EPBD-kravene

I det følgende er udtrukket data for erhvervsbygninger. Tabel 17 viser antallet af energimærkede erhvervsbygninger i 2020 som er i hhv. 16 og 26 pct. kategorien i afhængighed af byggeperiode. Tabel 18 viser afvigelsen i varmebehovet i kWh/m² pr. år i erhvervsbygninger i 2020, som er i henholdsvis 16 og 26 pct. kategorien i afhængighed af byggeperiode ift. middel for samtlige erhvervsbygninger i samme byggeperiode. Tabel 19 viser afvigelsen i el-behovet til bygningsdrift ekskl. el-opvarmning, varmepumper og solceller i kWh/m² pr. år i erhvervsbygninger i 2020, som er i henholdsvis 16 og 26 pct. kategorien i afhængighed af byggeperiode ift. middel for samtlige erhvervsbygninger i samme byggeperiode. Tabel 20 viser andelen af mærkede erhvervsbygninger i 2020 i pct. af samtlige mærkede erhvervsbygninger, som er med i henholdsvis 16 og 26 pct. kategorien i afhængighed af hovedvarmeforsyning.

TABEL 17. Antal energimærkede erhvervsbygninger i 2020, som er i henholdsvis 16 og 26 pct. kategorien i afhængighed af byggeperiode.

Antal bygninger	-1890	1890-	1930-	1950-	1960-	1973-	1979-	1999-	2007-	2016-	Samlet
16 pct. kategorien	2.313	4.710	2.457	2.235	3.438	1.703	4.900	933	347	89	23.126
26 pct. kategorien	3.375	7.833	3.978	3.598	5.906	2.717	6.288	2.664	938	286	37.583

TABEL 18. Afvigelse i varmebehov i kWh/m² pr. år i erhvervsbygninger i 2020, som er i henholdsvis 16 og 26 pct. kategorien i afhængighed af byggeperiode ift. middel for samtlige erhvervsbygninger i samme byggeperiode.

kWh/m ² pr. år	-1890	1890-	1930-	1950-	1960-	1973-	1979-	1999-	2007-	2016-	Samlet
16 pct. kategorien	78	78	87	89	76	46	40	46	54	49	-
26 pct. kategorien	62	56	62	64	62	43	37	31	45	34	-

TABEL 19. Afvigelse i el-hov til bygningsdrift ekskl. elopvarmning, varmepumper og solceller i kWh/m² pr. år i erhvervsbygninger i 2020, som er i henholdsvis 16 og 26 pct. kategorien i afhængighed af byggeperiode ift. middel for samtlige erhvervsbygninger i samme byggeperiode.

kWh/m ² pr. år	-1890	1890-	1930-	1950-	1960-	1973-	1979-	1999-	2007-	2016-	Samlet
16 pct. kategorien	5	6	5	5	9	8	5	10	-1	8	-
26 pct. kategorien	6	6	5	5	8	9	10	14	7	6	-

TABEL 20. Andel af mærkede erhvervsbygninger i 2020 i pct. af samtlige mærkede erhvervsbygninger, som er med i henholdsvis 16 og 26 pct. kategorien i afhængighed af hovedvarmeforsyning.

Pct.	Fjern-varme	Gasfyr	Oliefyr	Varme-pumpe	El-paneler	Biomasse	Halmfyr	Petro-/Gas-ovne	Brændeovne
16 pct. kategorien	5	11	25	3	79	21	22	23	52
26 pct. kategorien	13	21	40	9	88	32	41	57	68

8 REFERENCER

- Aggerholm, S., & Kragh, J. (2021). *BUILD Rapport 2021:08 Varmebesparelse i eksisterende bygninger - Segmentering*. BUILD.
- (2020). *Bekendtgørelse om energimærkning af bygninger*. Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet, Energistyrelsen.
- (2019). *Bekendtgørelse om Håndbog for Energikonsulenter (HB2019)*. Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet, Energistyrelsen.
- (1982). *Boligtællingen 1981*. Danmarks Statistik.
- Bygnings- og Boligregisteret*. (2020). Hentet fra BBR: bbr.dk
- DMI Report 20-02. (2020). *Denmark - DMI Historical Climate Data Collection 1768-2019*. Danish Meteorological Institute, DMI.
- (Udg. 2024). *Energistatistik 2023*. Energistyrelsen.
- Europa-Parlamentet og Rådet. (2024). *EUROPA-PARLAMENTETS OG RÅDETS DIREKTIV (EU) 2024/1275 om bygningers energimæssige ydeevne*.
- Gram-Hanssen, K., & Rhiger Hansen, A. (2016). *Forskellen mellem målt og beregnet energiforbrug til opvarmning af parcelhuse*. SBi 2016:09: Statens Byggeforskningsinstitut, SBi.
- Kragh, J. (2016). *Varmeforbrug i nye bygninger opført i perioden 2010-2013*. SBi 2016:08: Statens Byggeforskningsinstitut, SBi.
- Kragh, J., Rose, J., & Aggerholm, S. (2023). *BUILD 2023:06 Cost-optimal levels of minimum energy performance requirements in the Danish Building Regulations*. BUILD.
- Molio. (2024). *Molio Prisdatabase 2024*. Molio.
- (2021). *Ofte rentable konstruktioner*. Trafik-, Bygge- og Boligstyrelsen.
- Statistikbanken*. (2020). Hentet fra Statistikbanken: Statistikbanken.dk
- Wittchen, K., Kragh, J., & Aggerholm, S. (2017). *Varmebesparelse i eksisterende bygninger - Potentiale og økonomi*. SBi 2017:16: Statens Byggeforskningsinstitut, SBi.
- YouGov. (2018). *Sommerhusejere*. Bolius.



Formålet med analysen i denne BUILD-rapport: Omkostninger og energibesparelser ved energieffektivisering af bygninger frem mod 2050 er at opnå større viden om de forventede energirenoveringer og investeringer frem mod 2050 ift. efterlevelse af kravene i EPBD. Analysen er udformet, så resultaterne kan anvendes som udgangspunkt for den danske bygningsmasse ift. planlægning af den fremtidige indsats.

Rapporten ledsages af et regneark i Microsoft Excel-format med resultaterne af beregningerne.