

Varmebesparelse i eksisterende bygninger

Segmentering

Kragh, Jesper; Aggerholm, Søren

Creative Commons License
Ikke-specificeret

Publication date:
2021

Document Version
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

Citation for published version (APA):

Kragh, J., & Aggerholm, S. (2021). *Varmebesparelse i eksisterende bygninger: Segmentering*. Institut for Byggeri, By og Miljø (BUILD), Aalborg Universitet. BUILD Rapport Nr. 2021:08

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 2021:08

Varmebesparelse i eksisterende
bygninger

Segmentering



VARMEBESPARELSE I EKSI- STERENDE BYGNINGER

Segmentering

Jesper Kragh
Søren Aggerholm

BUILD Rapport 2021:08
Institut for Byggeri, By og Miljø, Aalborg Universitet
2021

TITEL	Varmebesparelse i eksisterende bygninger
UNDERTITEL	Segmentering
SERIETITEL	BUILD Rapport 2021:08
UDGIVELSEÅR	2021
UDGIVET DIGITALT	Februar 2021
FORFATTER	Jesper Kragh og Søren Aggerholm
SPROG	Dansk
SIDETAL	50
LITTERATURHENVISNINGER	Side 49
EMNEORD	Energiforbrug, isolering, renovering,
ISBN	978-87-563-1983-6
OMSLAGSFOTO	Colourbox. Foto: Knud Erik Christensen.
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	4
1 SAMMENFATNING	6
2 BYGNINGER OG OPVARMNING	10
2.1 Bygningerne	10
2.2 Opvarmningskilde	13
2.3 Energimærkedatabasen	15
2.4 Varmetabet	16
2.5 Energistatistikken	18
2.6 Vejrdata	19
2.7 Indetemperatur	21
2.8 Varmeforbrug	22
2.9 Brændselsforbrug	27
2.10 CO ₂ -emission og biomasseanvendelse	29
3 RENOVERING	34
3.1 Opgradering af bygningsdelene	34
3.2 Reduktion af varmetabet	38
3.3 Ændring i indetemperatur	39
3.4 Varmebesparelse	40
3.5 Brændselsforbrug	44
3.6 CO ₂ -emission og biomasseanvendelse	46
4 LITERATURHENVISNINGER	49

FORORD

BUILD, Institut for Byggeri, By og Miljø, Aalborg Universitet (oprindeligt Statens Byggeforskningsinstitut, SBI) har tidligere analyseret varmebesparelspotentialet i den eksisterende bygningsmasse. Den seneste tidligere analyse er beskrevet i SBI-rapport 2016:17 *Varmebesparelse i eksisterende bygninger - Potentiale og økonomi*. Analysen havde til formål at beregne potentialet for varmebesparelser i den eksisterende bygningsmasse og de hermed forbundne investeringer samt disses rentabilitet for bygningsejerne. Analysen indeholdt 7 scenarier for niveau på tiltag, hvor det ene svarede til bygningsreglementets krav ved renovering af bygninger.

I SBI-rapport 2018:13 *Cost-optimal levels of minimum energy performance requirements in the Danish Building Regulations* er det i relation til EU-direktivet om bygningers energimæssige ydeevne, EPBD dokumenteret, at minimumskravene i Bygningsreglement 2018 ved renovering af bygninger er privatøkonomisk rentable.

Analysen beskrevet i denne rapport har til formål at opnå større viden om, hvor der er de største energi- og CO₂-besparelspotentialer i bygninger ved renovering af klimaskærm og skift af varmforsyning.

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

Analysen er finansieret af Energistyrelsen gennem bevillingen til Videncenter for Energi- og klimasikring i Bygninger.

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

Tine Steen Larsen
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 analysen og rapporten er at opnå større viden om, hvor der er de største energi- og CO₂-besparelspotentialer i bygninger ved renovering af klimaskærm og ved skift af varmforsyning. Analysen er udformet, så resultaterne kan anvendes som et generelt grundlag for fokusering af den fremtidige indsats hen mod en energieffektivisering af den eksisterende bygningsmasse. Det har ikke været analysens formål at forholde sig til, hvordan besparelspotentialerne bedst indfris.

Rapporten indeholder en ret detaljeret segmentering af besparelspotentialet efter bygningstype, byggeperiode og varmforsyning. Potentialet i hvert segment er bestemt på basis af registreringen af den faktiske tilstand af de enkelte bygninger i segmenterne i energi-mærkningsordningen 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 varmeforbrug er vist i tabel 1. Tallene er eksklusive sommerhuse, værksteder, lagre og andre delvis opvarmede bygninger. 73 pct. af de opvarmede bygninger og 70 pct. af det opvarmede etageareal er i bygninger opført før 1979, hvor der ikke var energikrav til nye bygninger. Varmeforbruget i disse bygninger udgør derfor også 77 pct. af det samlede varmeforbrug i de opvarmede bygninger. Det samlede varmeforbrug er afstemt med varmeforbruget for 2017-19 i Energistatistik 2019.

Den samlede direkte CO₂-emission fra varmeforbruget er 5.220.000 tons-CO₂/år, opgjort som i Energistatistikken uden udvinding og transport af brændsler eller opførelse og vedligeholdelse af energianlæg. Næsten halvdelen af emissionen kommer fra fjernvarmen, og hovedparten af resten af emissionen kommer fra gas- og olieforbrænding.

Over de senere år er der sket en betydelig stigning i biomasseanvendelsen, således at den samlet er på 7.742.000 tons-biomasse/år. Af det bruges næsten 3/4-dele ved fremstilling af fjernvarme, mens den sidste 1/4-del primært bruges i brande- og pilleovne samt halmfyr i småhusene. Det sidste ofte som supplement til fjernvarme, gas- eller olieforbrænding.

Det dimensionerende varmetab er i gennemsnit ca. 70 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 varmeforbrug. Eksklusive sommerhuse, værksteder, lagre og andre delvis opvarmede bygninger.

Byggeperiode	- 1978	1979 -	Samlet
Antal bygninger	1.240.039	451.708	1.691.747
Opvarmet etageareal, 1.000 m ²	297.197	125.790	422.987
Varmeforbrug, GWh/år	38.122	11.118	49.240

Varmeforbruget 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. Når varmemeforbruget 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.

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 40-50 W/m² for bygningerne i de ældre byggeperioder.

Renoveringen af bygningerne og opgraderingen af klimaskærmen vil reducere det samlede varmemeforbrug med 10.100 GWh/år, svarende til 20,5 pct. af det nuværende varmemeforbrug, hvis det antages, at indetemperaturen efter renovering og efterisolering hæves svarende til niveauet i tilsvarende isolerede bygninger. Hvis indetemperaturen i bygningerne fastholdes som før renoveringen, bliver besparelsen ved renoveringen i stedet 15.104 GWh/år, svarende til 30,7 pct. af det nuværende varmemeforbrug.

Renovering af bygningerne og opgradering af klimaskærmen vil reducere CO₂-emissionen og biomasseanvendelsen tilsvarende. Hvis det antages, at indetemperaturen og komforten i bygningerne hæves i forbindelse med renoveringen, bliver reduktionen i CO₂-emissionen på 1.083.000 tons-CO₂/år. Hvis det antages, at indetemperaturen fastholdes som før renoveringen, bliver reduktionen i CO₂-emissionen på 1.622.000 tons-CO₂/år. Tilsvarende bliver biomasseanvendelsen reduceret med 1.596 tons-biomasse/år henholdsvis 2.381 tons-biomasse/år.

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.

Konvertering af olie- og gasfyr samt direkte elopvarmning til fjernvarme eller varmepumpeopvarmning efter beliggenhed og forsyningsmuligheder vil i udgangspunktet, hvor bygningerne ikke er renoverede, reducere CO₂-emissionen i disse bygninger med ca. 2/3-del, svarende til 1.570.000 tons-CO₂/år. Konverteringen vil udløse en forøgelse af biomasseanvendelse på ca. 1.700.000 tons-biomasse/år, hvis der forudsættes uændret brændselsmiks for fjernvarme- og elproduktionen.

Hvis der både sker konvertering af varmeforsyningen og renovering af bygningerne, med efterfølgende hævnning af indetemperaturen for at opnå bedre komfort, bliver den samlede effekt en reduktion af CO₂-emissionen på 2.320.000 tons-CO₂/år og en lille reduktion af biomasseanvendelsen på 235.000 tons-biomasse/år.

BYGNINGER OG OPVARMNING

2 BYGNINGER OG OPVARMNING

Kapitlet indeholder beskrivelse af de opvarmede bygninger i Danmark og deres nuværende netto varmeforbrug til rumopvarmning og varmt brugsvand, samt den CO₂-emission og biomasseanvendelse, der er fra varmeforbruget.

2.1 Bygningerne

Information om samtlige opvarmede bygninger i Danmark er trukket fra BBR i november 2020 (BBR Bygge og Bolig Registeret, 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.

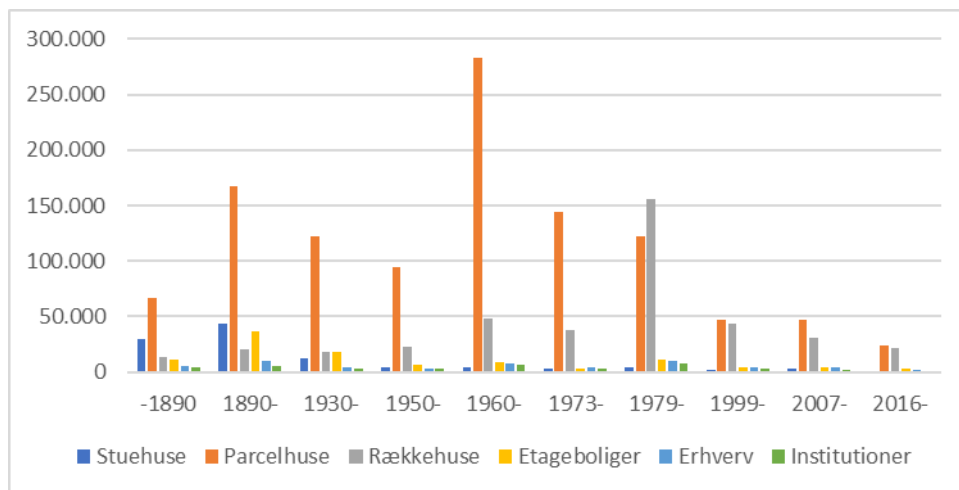
I tabel 3 er opgjort samlet bygningsantal og opvarmet areal samt gennemsnitsstørrelse af bygningerne i hver af de seks bygningskategorier. For rækkehusene er hvert hus (boligenhed) i BR defineret som en bygning. Til sammenligning med fx rækkehusene er den gennemsnitlige boligstørrelse (lejlighed) i etageboligerne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

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

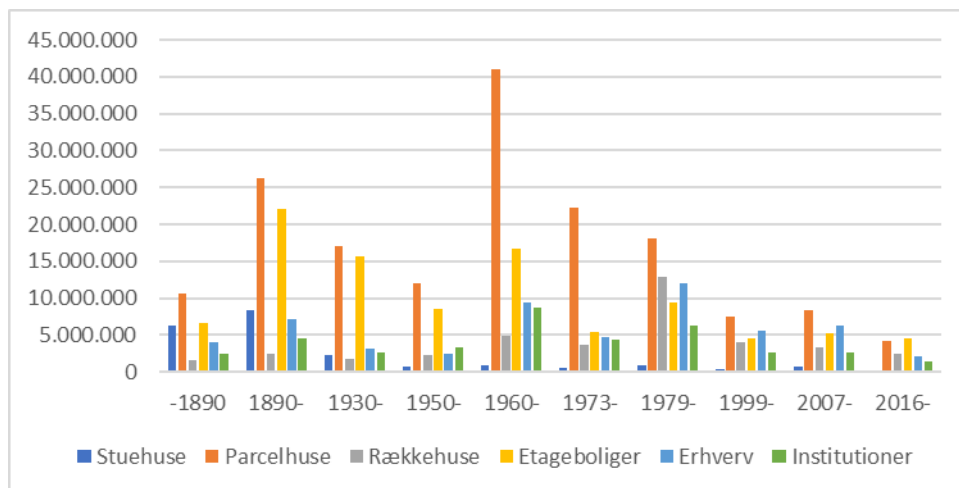
Bygningskategori	Anvendelse	BBR-koder
Stuehuse	Stuehus til landbrugsejendom	110
Parcelhuse	Fritliggende enfamiliehus	120
Rækkehuse	Række- og kædehus samt dobbelthuse	130, 131 og 132
Etageboliger	Etagebolig-bygning, flerfamiliehus eller tofamiliehus samt kollegier og døgninstitutioner	140, 150 og 160
Erhverv	Kontor, detailhandel, butikscenter, hotel, konferencecenter, 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. (BBR Bygge og Bolig Registeret, 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	



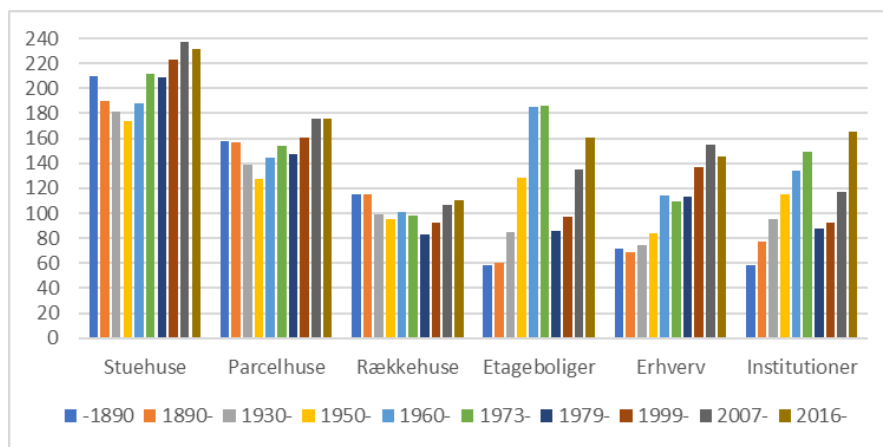
FIGUR 1. Samlet antal opvarmede bygninger ekskl. sommerhuse og delvis opvarmede værksteder, lagre mv. opgjort efter byggeperiode.



FIGUR 2. Samlet opvarmet areal, m² i bygningerne ekskl. sommerhuse og delvis opvarmede bygninger, som værksteder, lagre mv. opgjort efter byggeperiode.

I figur 1 er vist det samlede antal opvarmede bygninger ekskl. sommerhuse og delvis opvarmede værksteder, lagre mv. fordelt på bygningskategori og byggeperiode. 63 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.



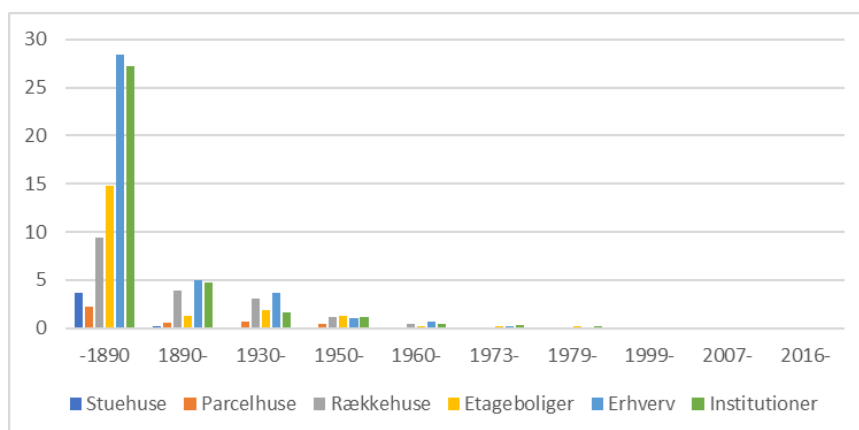
FIGUR 3. Opvarmet areal, m² i bygningerne. Gennemsnit for bygningskategori og opførelsesperiode. Værdierne for etageboliger, institutioner og erhverv er divideret med 10 for at kunne være på samme figur som småhusene.

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 0,3 pct. af arealet.

Ikke alle boliger er beboede hele tiden fx på grund af salg, overdragelse eller udenlandsk ophold. 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.



FIGUR 4. Andel af fredede bygninger i pct. Opgjort i forhold til det opvarmede etageareal i bygningerne.

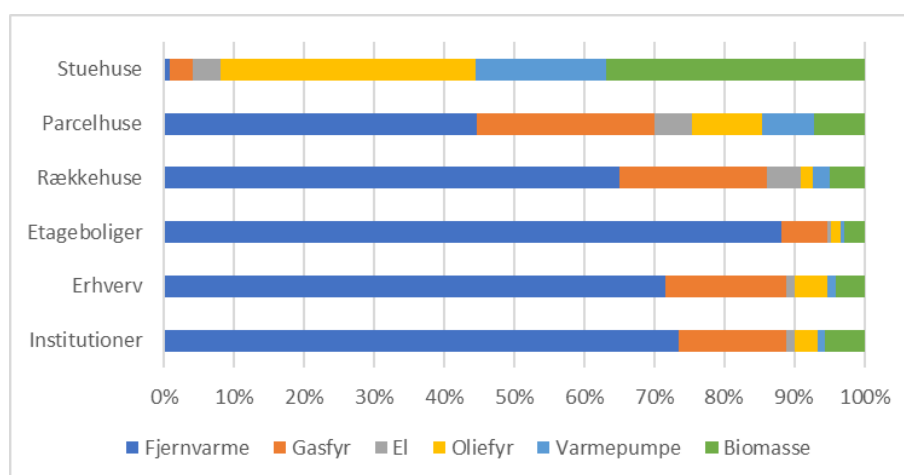
2.2 Opvarmningskilde

Opvarmningen af bygningerne er vist i figur 5, baseret på registreringen af hovedvarmekilden i BBR 2020. Biomasse omfatter fx fyring med brænde, træpiller, træflis og halm.

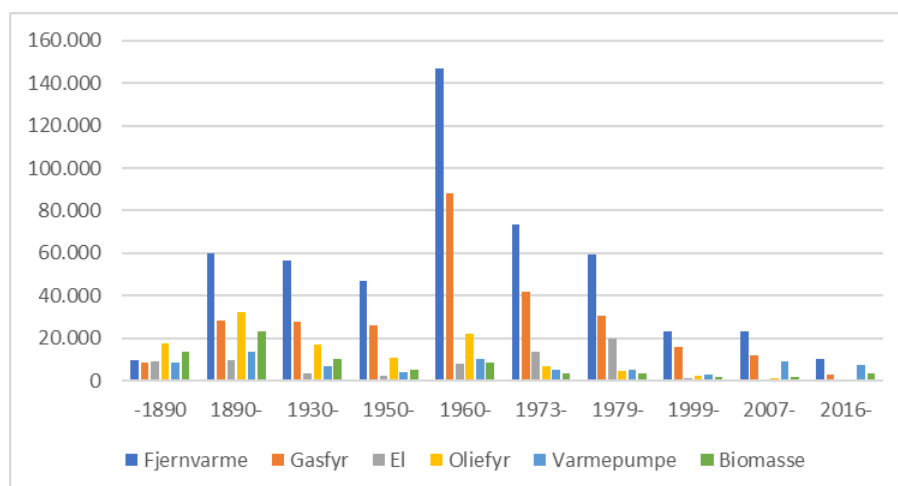
Fjernvarme er den opvarmningskilde, som benyttes i hovedparten af bygningsarealet, bortset fra stuehusene. I rækkehuse, erhverv og institutioner dækker fjernvarme mere end 2/3 af det opvarmede etagearealet og i etageboligerne er fjernvarme den helt dominerende opvarmningskilde. I parcelhusene dækker fjernvarme knapt ½ delen 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.

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.

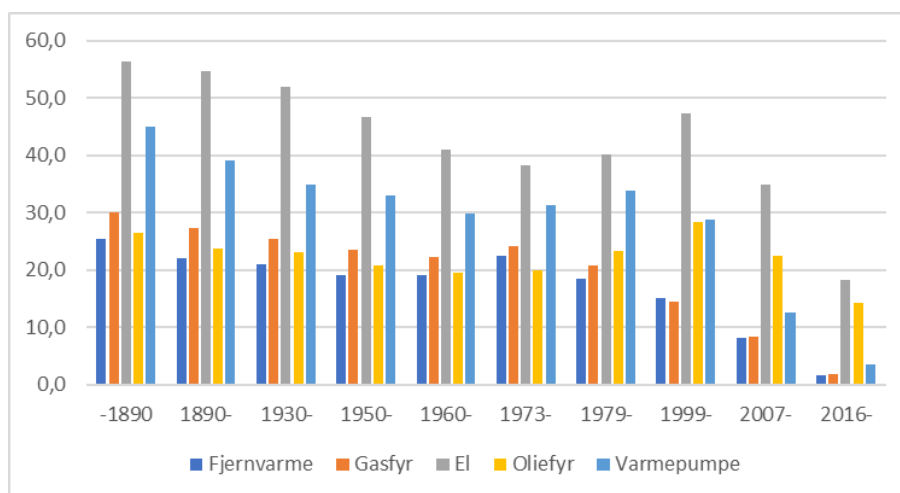
I figur 6 er vist opvarmningen af parcelhuse i afhængighed af byggeperiode. Ud over husene opvarmet med fjernvarme er der 282.000 parcelhuse opvarmet med gasfyr og 115.000 parcelhuse opvarmet med oliefyr. Der er også 74.000 parcelhuse, der har varmepumper, som hovedvarmekilde. Desuden er der 67.000 parcelhuse, der er registreret i BBR med direkte elopvarmning.



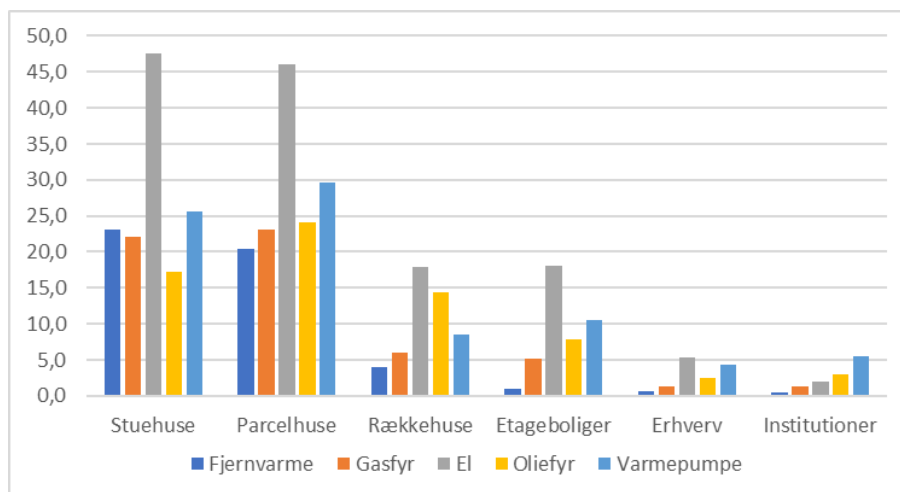
FIGUR 5. Bygningernes hovedvarmekilde. Procent af samlet opvarmet areal i bygningskategorierne.



FIGUR 6. Opvarmning af parcelhuse.



FIGUR 7. Andel af parcelhusene, der har brændeovn som supplerende opvarmning.



FIGUR 8. Andel af bygningerne, der har brændeovn som supplerende opvarmning. Procent af samlet opvarmet areal i bygningskategorierne.

En ret stor andel af parcelhusene har en brændeovn, som kan supplere hovedvarmekilden, se figur 7. Specielt for parcelhuse med direkte elopvarmning eller varmepumpe er der brændeovn i 40 – 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 20 – 30 pct. af husene.

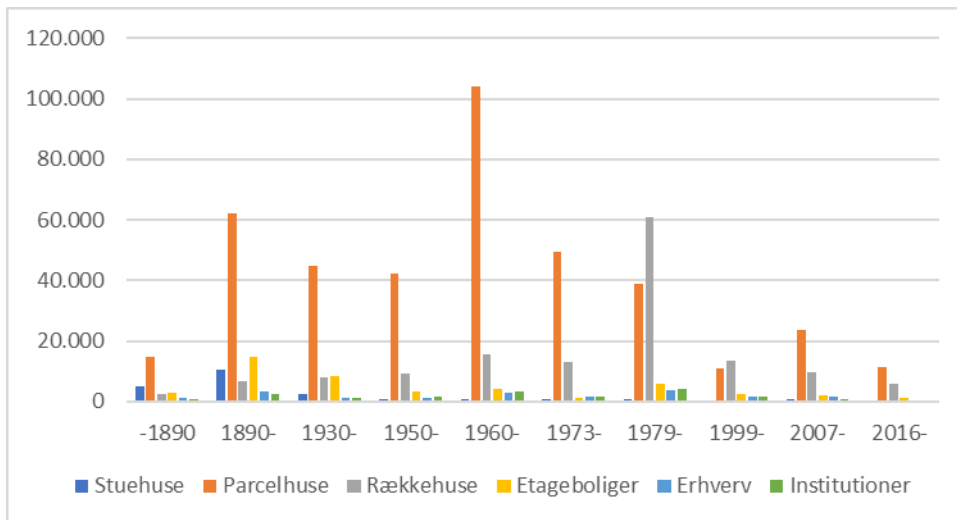
I figur 8 ses tilstedeværelsen af brændeovn også i de andre bygningskategorier. I stuehusene er der brændeovne som supplerende opvarmning i samme udstrækning som i parcelhusene. I rækkehuse og etageboliger er brændeovne mere sjældne og i erhverv og institutioner er der få brændeovne.

Varmepumper er også i en vis udstrækning ved at blive udbredt, ikke bare som hovedvarmekilde, men også som supplement til en anden hovedvarmekilde. 3,3 pct. af de el-opvarmede småhuse (3,5 pct. for parcelhuse) har også registreret en varmepumpe som supplement, nok mest sandsynligt en luft-luft varmepumpe (à la sommerhusløsningen) eller en brugsvandsvarmepumpe.

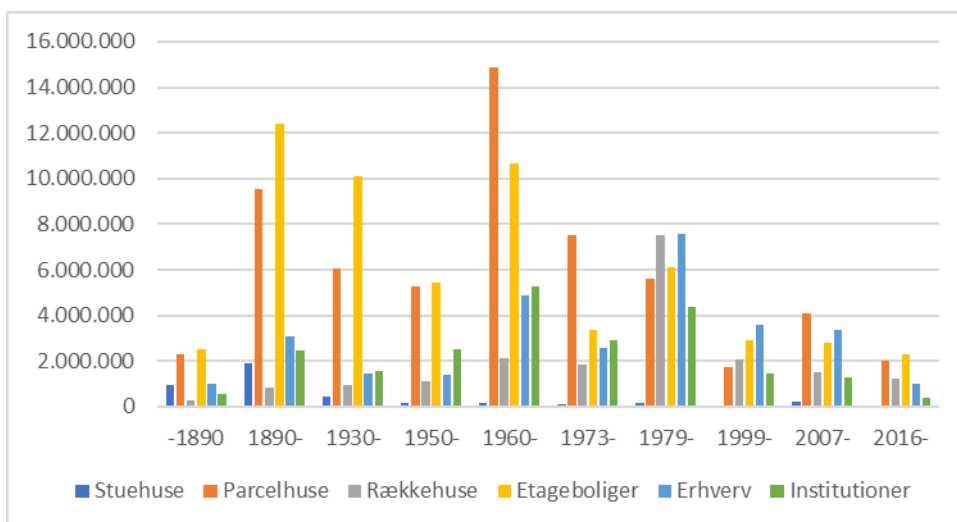
Solvarme er i dag ikke systematisk registreret i BBR. Tilsvarende gælder for solcelleanlæg. Fra registreringen hos elforsyningen vides dog, at der er ca. 100.000 solcelleanlæg på bygningerne. Af disse er hovedparten mindre anlæg på enfamiliehuse.

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. Fordelingen af mærkerne, som er blevet anvendt i analysen, er vist i figur 9 nedenfor. I figur 10 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 9. Energimærker i databasen anvendt i analysen. For rækkehuse kan et energimærke i nogle tilfælde omfatte flere huse.



FIGUR 10. Samlet opvarmet areal i bygningerne i energimærkedatabasen.

2.4 Varmetabet

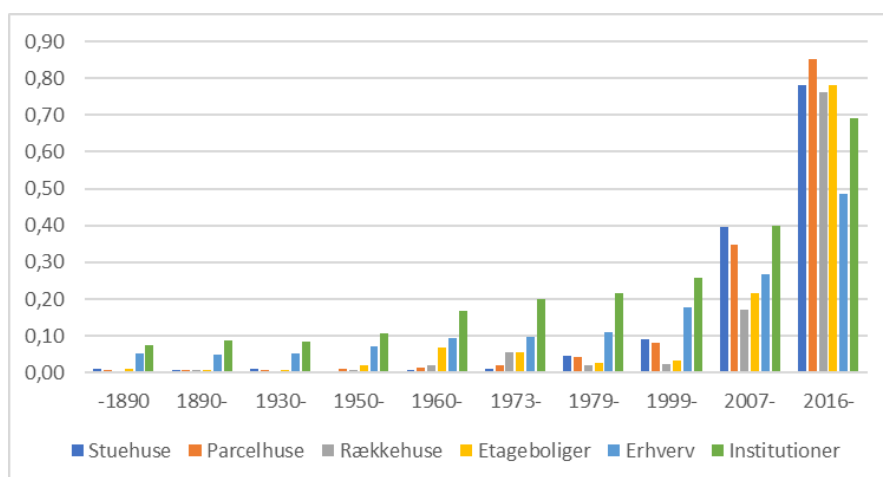
Bygningernes transmissionstab er beregnet ud fra data om transmissionsarealer og varme-tabskoefficienter (U-værdier) for bygningsdelene i den enkelte bygning. Bygningsdelene er i energimærkningsdatabasen identificeret ved et type-nummer, som er fastlagt i Håndbog for energikonsulenter (Bekendtgørelse om Håndbog for Energikonsulenter (HB2019), 2019). Registreringen ved energimærkningen omfatter konstruktionstyperne og arealerne vist i tabel 4. Desuden er der registreret 35.206.465 m² vinduer, hvor af de 1.627.866 m² er ovenlysvinduer.

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 bygningerne er vist i figur 11. Den gennemsnitlige virkningsgrad er bestemt ved arealvægtning af virkningsgraden for de enkelte anlæg.

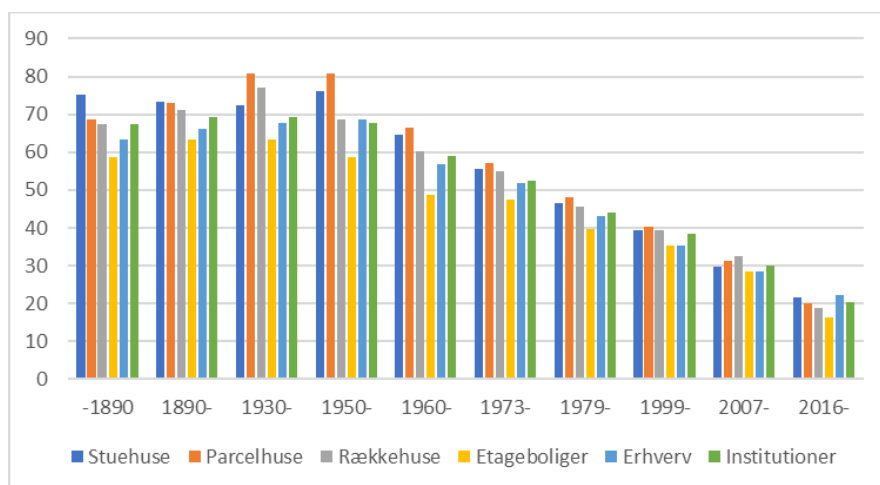
Ud fra transmissionstab og ventilationstab bestemmes der for hver bygning et dimensionerende varmetab, som er bygningens effektbehov til rumopvarmning i W/m² opvarmet etageareal ved en indetemperatur på 20 °C og en udetemperatur på -12 °C, se figur 12. Ved bestemmelse af det dimensionerende varmetab 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 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.

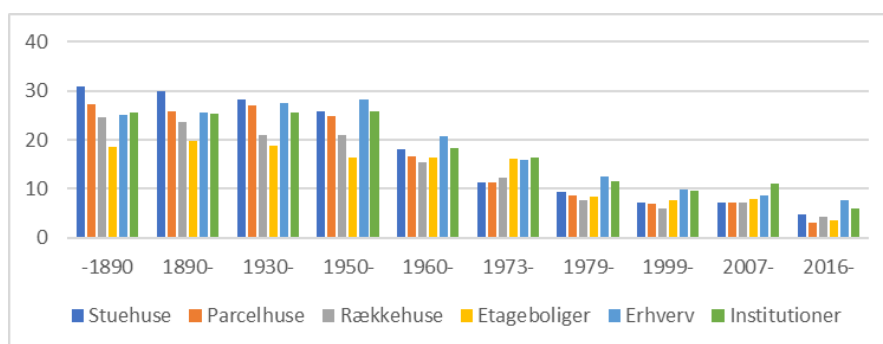
Kode	Type	Areal i EMO, m ²
1-1-0-0	Tag og loft	32.308.638
1-1-1-0	Loft	76.598.210
1-1-2-0	Fladt tag	19.175.057
1-2-0-0	Ydervægge	37.455.407
1-2-1-0	Hule ydervægge	59.800.024
1-2-2-0	Massive ydervægge	25.289.351
1-2-3-0	Lette ydervægge	10.617.325
1-2-1-1	Hule vægge mod uopvarmet rum	240.495
1-2-2-1	Massive vægge mod uopvarmet rum	792.609
1-2-3-1	Lette vægge mod uopvarmet rum	498.759
1-2-4-0	Kælder ydervægge	5.510.116
1-4-0-0	Gulve	24.824.679
1-4-1-0	Terrændæk	57.790.701
1-4-2-0	Etageadskillelse	14.811.299
1-4-3-0	Krybekælder	6.016.322
1-4-4-0	Kældergulv	7.645.074
1-4-1-1	Terrændæk med gulvvarme	2.772.120
1-4-2-1	Etageadskillelse med gulvvarme	66.337
1-4-3-1	Krybekælder med gulvvarme	34.968
1-4-4-1	Kældergulv med gulvvarme	121.816



FIGUR 11. Gennemsnitlig virkningsgrad for varmegenvindingen i bygningernes ventilationsløsning i energimærkedatabasen.



FIGUR 12. Dimensionerende varmetab i W/m² for de forskellige bygningskategorier og byggeperioder.



FIGUR 13. Variation i bygningernes dimensionerende varmetab i W/m². Standardafvigelse svarende til +/- 34 pct. af bygningerne i den pågældende bygningskategori og byggeperiode.

Det dimensionerende transmissionstab vist i figur 12 er på samme niveau i de fire ældste byggeperioder før 1960. I byggeperioderne efter 1960 er der et systematisk fald i det dimensionerende varmetab. Standardafvigelsen på det dimensionerende transmissionstab vist i figur 13 er ligeledes på samme niveau i de fire ældste byggeperioder før 1960. I byggeperioderne efter 1960 er der ligeledes et fald i standardafvigelsen på det dimensionerende varmetab.

2.5 Energistatistikken

Modellen for netto varmekonsumet i bygningerne er kalibreret med data for bygningers faktiske netto varmekonsum i Energistatistik 2019 i gennemsnit for årene 2017-19 (Energistatistik 2019, 2020). Varmeforbrugene er vist i tabellen nedenfor. Småhuse er i energistatistikken stuehuse, parcelhuse og rækkehuse samt sommerhuse. Erhverv er i energistatistikken også delvist opvarmede bygninger, som værksteder, lagre mv.

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 sket følgende opdateringer:

- 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.

En del af biomassen anvendes i sommerhusene, nok primært i form af brænde. Det er derfor antaget, at 15 pct. svarende til 1.183 GWh/år af biomasseforbruget i småhusene er i sommerhusene. Energistatistikken indeholder også et mindre bidrag fra solvarme, som her er medregnet under biomasse. Bidraget svarer til 1,5 pct. af biomasseanvendelsen.

Energistatistikens tal for elopvarmning og varmepumper er hentet fra Energinets datahub. Forbrugene omfatter alene bygninger, der er registreret som elopvarmede eller med varmepumpe, og ikke de el- og varmepumpeforbrug, der er i bygninger med anden hovedvarmekilde. Der er tilsyneladende for småhusene ikke korrigeret for det almindelige elforbrug til ikke opvarmningsformål. I det følgende antages det, at udgøre 20-30 pct. af det samlede forbrug i husene. For andre bygningstyper end småhuse er der valgt ikke at lave en tilsvarende korrektion, da forbrugene er meget små og usikre.

Energistatistikken inkluderer tilsyneladende ikke det elforbrug, der er i fx elovne, 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 elforbrug ikke registreres separat, men indgår i det samlede elforbrug i bygningen. Løsningerne er stort set aldrig registreret i BBR. Desuden er der ingen andre oplysninger om, hvor udbredt løsningerne er, eller hvor meget el de bruger i praksis. For dog at få dem med er det antaget, at supplerende elopvarmning udgør 1-2 pct. af det samlede varmekonsum i småhusene.

TABEL 5. Varmeforbrug 2017-19 i GWh/år i Energistatistik 2019.

	Fjernvarme	Gas	El	Olie	Varmerpumpe	Biomasse	Samlet
Småhuse	9.587	5.237	1.316	1.653	2.026	7.890	27.709
Etageboliger	10.684	1.071	130	360	0	102	12.347
Erhverv	6.361	1.191	248	163	0	300	8.264
Institutioner	3.160	709	92	249	0	401	4.612
Samlet	29.793	8.208	1.786	2.425	2.026	8.694	52.932

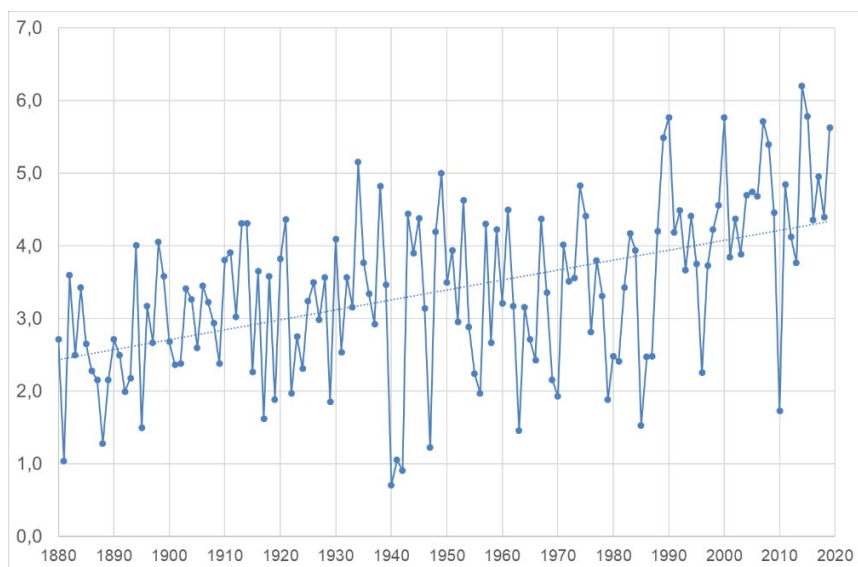
2.6 Vejrdata

Ved beregningen af bygningernes varmekonsum til rumopvarmning inddeles året i tre perioder:

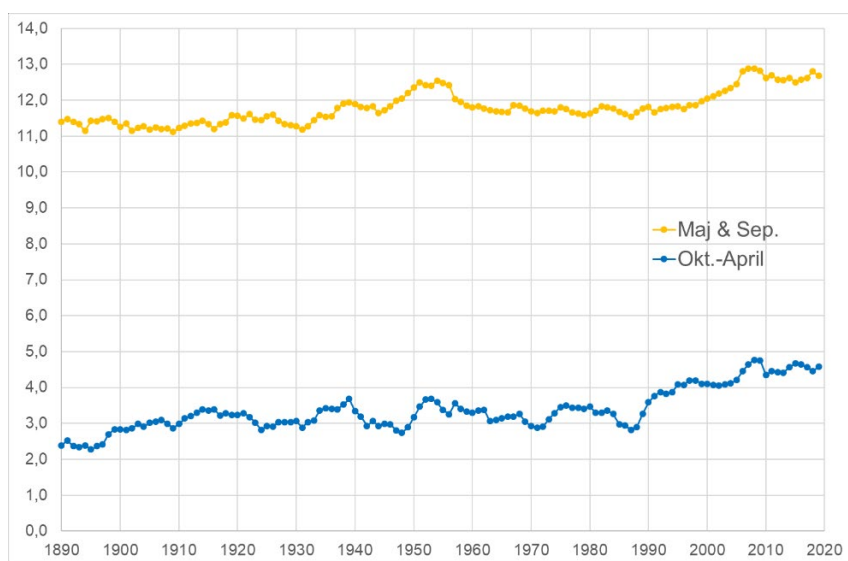
- Sommer
- Overgangsperiode: maj og september
- Opvarmningssæson: oktober – april (inklusive)

Om sommeren antages det, at rumopvarmningen er afbrudt.

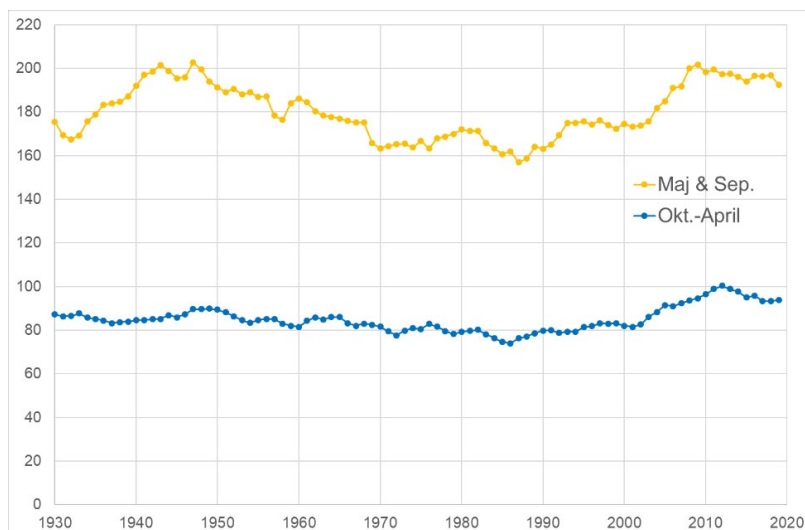
I figur 14 er vist middeludetemperaturen i opvarmningssæsonen oktober-april inklusive i kalenderårene 1880-2019 (DMI Report 20-02, 2020). Opgørelse for kalenderår er valgt for at opnå overensstemmelse med energistatistikens opgørelsesperioder. Den stiplede linje i figuren viser tendensen for middeludetemperaturen i opvarmningssæsonen over årene. Det ses, at fra 1880 til 2019 er udetemperaturen i opvarmningssæsonen steget ca. 1,8 °C.



FIGUR 14. Middeludetemperatur, °C i opvarmningssæsonen oktober – april inklusive. Kalenderår.



FIGUR 15. Udetemperatur, °C i opvarmningssæsonen oktober-april inklusive og i overgangsmånederne maj og september. 10 års middel for årene optil og inklusive det aktuelle år.



FIGUR 16. Solskin, timer/måned i opvarmningssæsonen oktober-april inklusive og i overgangsmånederne maj og september. 10 års middelværdier for årene optil og inklusive det aktuelle år.

I figur 15 er vist udetemperaturen i opvarmningssæsonen oktober-april samt udetemperaturen maj og september 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 derud over er en stigende trend i både middel-udetemperaturen i opvarmningssæsonen og i overgangsperioden maj og september.

I figur 16 er på tilsvarende vis vist 10 års middelværdier for solskintimer pr. måned i gennemsnit for månederne i opvarmningssæsonen oktober-april samt månederne maj og september. 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 overgangsperioden maj og september er der flere op- og nedture i solskintimerne. 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 oktober-april og overgangsperioden maj og september opgjort for forskellige perioder. Det ses, at årene 2017-19 ligger blandt de højeste udetemperaturer og de fleste solskintimer af alle opgørelsesperioder.

TABEL 6. Udetemperatur i °C og solskintimer pr. måned i opvarmningssæsonen oktober-april og overgangsperioden maj og september opgjort for forskellige perioder. Normalåret 1991-2020 er foreløbige tal ekskl. sol. DRY har ikke direkte data for solskintimer.

	Udetemperatur, °C		Solskin, timer/måned	
	Opvarmningssæson, oktober-april	Overgangsperiode, maj og september	Opvarmningssæson, oktober-april	Overgangsperiode, maj og september
Normalåret 1961-1990	3,3	11,7	81	169
Normalåret 1991-2020	4,5	12,5		
DRY (2001-2010)	3,1	13,0		
1961-90	3,3	11,7	80	166
2001-10	4,4	12,6	96	198
2010-19	4,6	12,7	94	192
2017-19	5,0	12,9	90	201

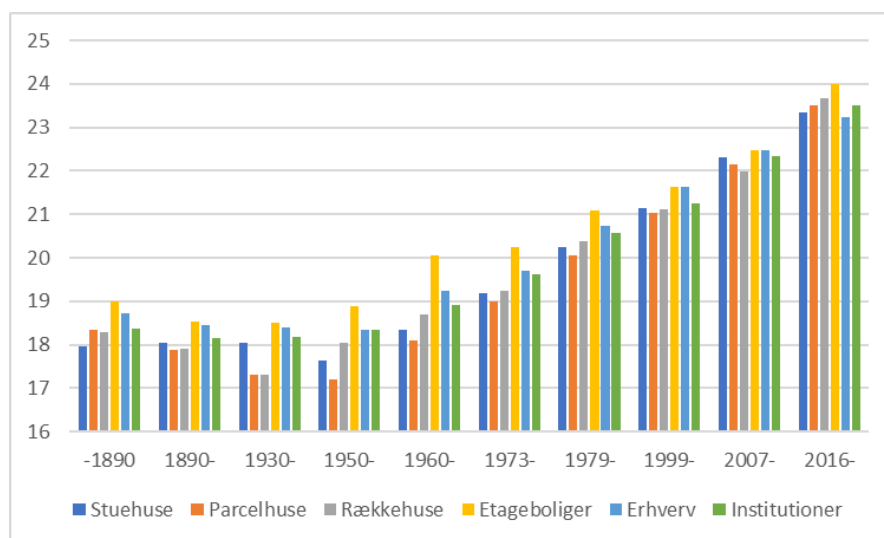
2.7 Indetemperatur

Den beregningsmæssige middel indetemperatur i bygningerne i opvarmningssæsonen antages at afhænge af bygningernes dimensionerende varmetab efter formlen:

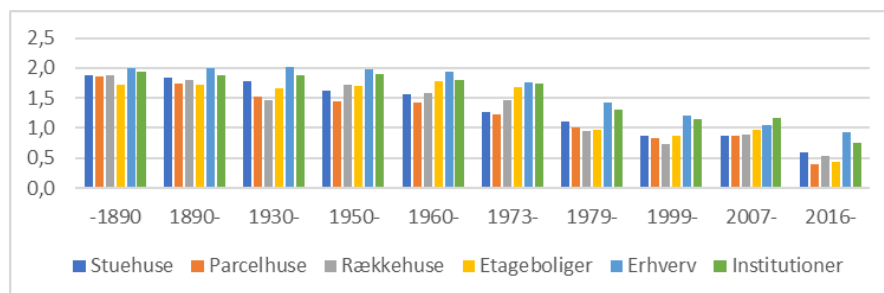
$$T_{\text{inde}} = 26 \text{ °C} - 0,1233 \times P_{\text{dim}}, \text{ hvor } P_{\text{dim}} \text{ indsættes i W/m}^2 \quad (01)$$

Formlen sikre, 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 oktober-april for de forskellige bygningsskategorier og byggeperioder er vist i figur 17. 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. I figur 18 er vist den beregningsmæssige standardafvigelse på middel indetemperaturen relateret til bygningens isoleringsniveau og varmetab. Den samlede variation i indetemperaturen i de forskellige bygningsskategorier og byggeperioder kan formodentligt være større eller anderledes fordelt på grund af brugernes indflydelse. Det ligger uden for denne analyses mulighed at undersøge dette.



FIGUR 17. Middel indetemperatur i bygningerne i °C.



FIGUR 18. Variation i middel indetemperatur i bygningerne i °C. Standardafvigelse svarende til +/- 34 pct. af bygningerne.

2.8 Varmeforbrug

Ved beregning af bygningernes netto varmekonsum 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 oktober-april og i overgangsperioden maj og september bestemmes varmekonsumet efter formlen:

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

Varmeeffekten P_{varme} i W/m^2 ganges op med timerne i perioderne for at bestemme varmekonsumet i kWh/m^2 pr. år. Hvis varmetabet er mindre end summen af solindfaldet P_{sol} og det interne varmetilskud P_{int} , bliver $P_{\text{varme}} = P_{\text{vbw}}$, som også anvendes om sommeren juni-august. Det kan i princippet også ske for velisolerede bygninger i overgangsperioden maj og september. 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 varmekonsum 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 overgangsperioden. 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.

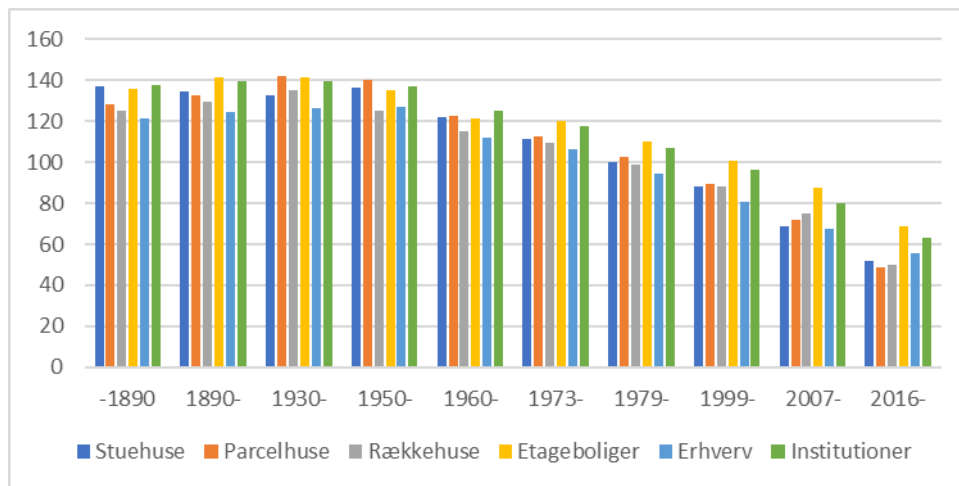
Solindfaldet gennem vinduerne bestemmes ud fra det samlede vinduesareal i bygningen uden mulighed for hensyntagen til den konkrete vinduesorientering eller skyggeforholdene ved den enkelte bygning. Solindfaldet bestemmes med udgangspunkt i solskinstimerne i perioden henholdsvis i opvarmningssæsonen og i overgangsperioden. 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 $\frac{1}{2}$ -del af det teoretiske solindfald reelt bidrager til rumopvarmningen.

Modellen er for alle bygningskategorierne kalibreret til at stemme med det samlede varmekonsum i bygningskategorien i energistatistik 2019 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 varmekonsumet 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 varmekonsumet 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.

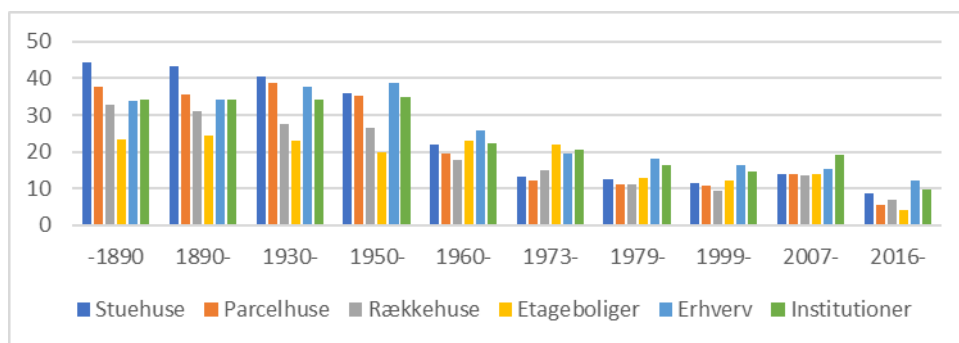
De således beregnede enhedsforbrug til opvarmning i de forskellige bygningskategorier og byggeperioder er vist i figur 19. Det samlede varmekonsum fås ved at gange enhedsforbruget med det tilsvarende opvarmede etageareal fra BBR.

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

Bygningskategori	kWh/m^2 pr. år
Småhuse	15,0
Etageboliger	35,8
Erhverv	15,0
Institution	26,2



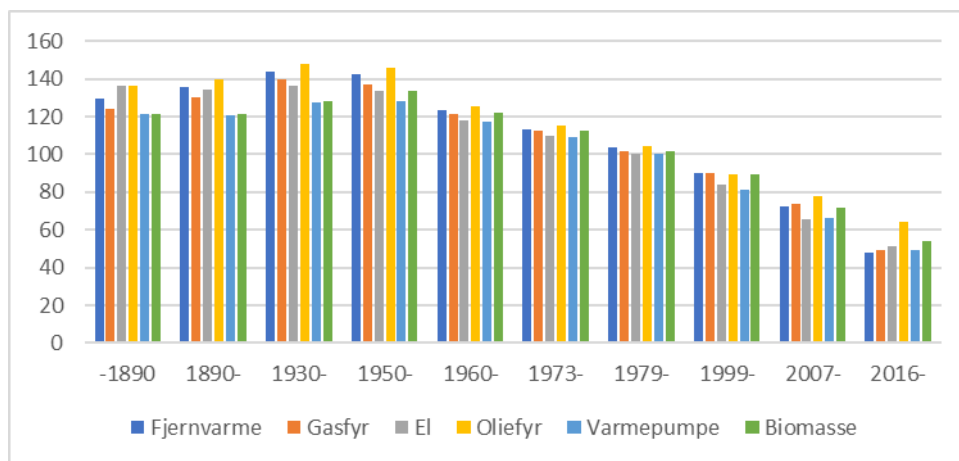
FIGUR 19. Enhedsforbrug i kWh/år for de forskellige bygningskategorier og byggeperioder.



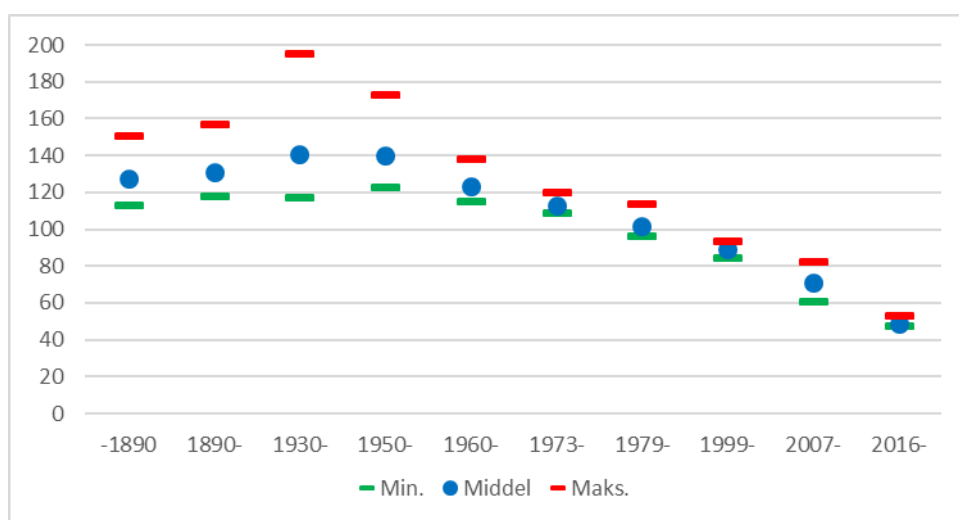
FIGUR 20. Variation i enhedsforbrug i kWh/år. Standardafvigelse svarende til +/- 34 pct. af bygningerne.

Det ses i figur 19, at der er et nogenlunde ensartet niveau på enhedsforbruget i de fire ældste byggeperioder før 1960. 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 fokuserer på de ældre bygninger.

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 21. Enhedsforbrug i parcelhuse i kWh/år i afhængighed af varmekilde og byggeperiode.



FIGUR 22. Variation i enhedsforbrug i parcelhuse i kWh/år i afhængighed af kommune og byggeperiode.

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. Kommuner med mindre end 25 huse i en byggeperiode er udeladt af byggeperioden. Antallet af kommuner, som på den måde kommer med i de enkelte byggeperioder varierer mellem 80 og 97 af de 98 kommuner. Det ses, at der kan være betydelige forskelle i enhedsforbruget i de forskellige kommuner især i de ældre byggeperioder.

TABEL 8. Samlet varmemeforbrug i bygningerne, GWh/år fordelt efter bygningskategori og hovedvarmekilde.

	Fjernvarme	Gasfyr	El	Oliefyr	Varme-pumpe	Biomasse	Samlet
Stuehuse	22	92	118	1.118	447	979	2.776
Parcelhuse	8.884	4.936	1.047	2.227	1.261	1.403	19.758
Rækkehuse	2.631	844	196	90	71	160	3.992
Etageboliger	10.869	825	73	201	52	327	12.348
Erhverv	4.081	966	85	318	66	237	5.754
Institutioner	3.350	731	63	171	49	249	4.612
Samlet	29.837	8.395	1.582	4.125	1.945	3.356	49.240

I tabel 8 er vist det samlede varmemeforbrug i bygningerne fordelt efter bygningskategori og hovedvarmekilde. Hvor det i tabel 5 var forbruget af de forskellige brændselstyper i henhold til energistatistikken, er det i denne tabel 8 det samlede varmemeforbrug for bygninger med en bestemt hovedvarmekilde. I tabellen har det desuden været muligt at udskille forbrugene i stue-, parcel- og rækkehuse separat, da de er baseret på de tidligere beregnede BBR-arealer og enhedsforbrug.

Summen af varmemeforbruget i fx småhuse med fjernvarme som hovedvarmekilde i tabel 8 er større end selve fjernvarmemeforbruget fra energistatistikken i tabel 5, hvilket skyldes supplerende opvarmning med andre varmekilder end fjernvarme i husene. Af samme årsag er fx biomasseforbruget i småhuse med biomasse som hovedvarmekilde væsentligt mindre end det samlede biomasseforbrug i småhusene.

For småhuse, etageboliger og rækkehuse stemmer de samlede forbrug i bygningskategorierne overens. For erhvervsbygninger er tallene i tabel 8 væsentligt mindre end i tabel 5 fordi de delvis opvarmede bygninger er trukket ud.

TABEL 9. Målt og beregnet varmekonsum i SBI 2016:09 og i denne rapport.

Energimærke	SBI 2016:09	Denne rapport
A	1,79	1,45
B	1,16	1,10
C	1,08	0,92
D	0,96	0,80
E	0,82	0,72
F	0,69	0,68
G	0,52	0,65

Der har de senere år været en del debat om forskellen på målt og beregnet varmekonsum i energimærkningsordningen og i energiberegningen i relation til bygningsreglementets energirammer. I SBI 2016:09 (Gram-Hanssen & Rhiger Hansen, 2016) er der foretaget sammenligning mellem målt og beregnet varmekonsum med fokus på eksisterende parcelhus energimærket med B-G samt nye parcelhuse med energimærke A2010. I SBI 2016:08 (Kragh, 2016) er der alene fokuseret på målt og beregnet varmekonsum i nybyggeriet.

I tabel 9 er vist forholdet mellem målt og beregnet varmekonsum i henholdsvis SBI 2016:09 og i denne rapport. I denne rapport er forholdet bestemt ved at ændre i beregningen, således at den i princippet bringes i overensstemmelse med standardbetingelserne i energimærkningsordningen og i energiberegningen i relation til bygningsreglementets energirammer. Det betyder, at der anvendes en fast indetemperatur på 20 °C, at mindstevarmeforbruget i overgangsperioden og opvarmningssæsonen fjernes, at solindfaldet sættes op til det teoretisk mulige og at vejrdata ændres svarende til referenceåret DRY.

Det ses i tabel 9, at denne rapport med indetemperaturen varierende efter husenes varmetab bringer beregningerne i rimelig overensstemmelse med resultaterne i SBI 2016:09. Dette dog under hensyn til, at der skal være overensstemmelse med energistatistikens opgørelse af varmekonsumet i småhusene, og at indetemperaturen skal bevæge sig indenfor nogle rimelige niveauer.

Specifikt for nybyggeriet viser resultaterne i SBI 2016:08 en faktor mellem målt og beregnet varmekonsum i nye A2010 parcelhuse på 1,27. Faktoren er 1,88 for A2015 og 2,06 for A2020. For rækkehuse er faktoren 1,11 for A2010 og 1,27 for A2015. Begge analyser er baseret på tal fra 2012-13, før A2015 blev obligatorisk for nybyggeriet

Med i billedet er også, at tallene ikke med sikkerhed er baseret på de samme forudsætninger. Tallene i denne rapport omfatter fx i princippet alle parcelhuse, også fx dem der ikke er beboede, mens fx SBI 2016:09 har frasortet huse med lavt eller ingen varmekonsum. Anvendelsen af fx brændeovne, forbruget af varmt brugsvand, faktisk ventilation og udluftning samt energimærkning af huse med solceller er andre forhold, som også kan spille ind. Dertil kommer den almindelige statistiske usikkerhed, hvor der generelt er meget stor spredning på middelværdierne for især målt varmekonsum og også på beregnet varmekonsum i SBI 2016:09.

2.9 Brændselsforbrug

Brændselsforbruget i bygningskategorierne er bestemt ud fra enhedsforbrugene, de opvarmede etagearealer i BBR og energistatistikens data for de samlede forbrug af de forskellige brændsler, se tabel 10.

For småhusene er der god overensstemmelse mellem oplysningerne, således at der er overensstemmelse mellem enhedsforbrug x BBR-areal og energiforbrugsdata i energistatistikken inklusive de i afsnit 2.5 omtalte justeringer. Det er dog ret tydeligt, at der anvendes en del biomasse selv i fjernvarme og naturgasopvarmede småhuse, se tabel 11. Det er desuden antaget, at 1,0 pct. af forbruget i etageboligerne og 1,5 pct. af forbruget i småhusene samt erhverv og institutioner i gennemsnit leveres af supplerende, direkte elopvarmning fra fx elovne i tilbygninger, små el-gulvvarmeanlæg og el-håndklædetørrere i badeværelser.

Man kan egentlig undre sig over, at biomasseforbruget i småhuse opvarmet med fjernvarme eller naturgas tilsyneladende er så højt. Opvarmningsforbruget og den nødvendige supplerende opvarmning hænger sammen med den holdte indetemperatur i opvarmnings-sæsonen. 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-håndklædetørrere i badeværelser. Men hvis energistatistikens opgørelse af biomasse til småhuse er bare nogenlunde korrekt, vil det betyde, at biomassen reelt anvendes i andre småhuse med andre hovedvarmekilder. Det er svært at se, hvor det skal være, ud over i sommerhusene. Tallene viser også, at der i småhuse registreret med oliefyr i BBR i udstrakt grad tilsyneladende suppleres med biomasse.

TABEL 10. Brændselsanvendelse i bygningerne, GWh/år.

	Fjernvarme	Gasfyr	El	Oliefyr	Varmer-pumpe	Biomasse	Samlet
Småhuse	9.587	5.237	1.322	1.653	2.013	6.715	26.527
Etageboliger	10.684	817	196	199	51	400	12.348
Erhverv	3.959	937	169	309	64	316	5.754
Institutioner	3.160	709	131	168	48	396	4.612
Samlet	27.390	7.700	1.817	2.329	2.176	7.827	49.240

TABEL 11. Anvendelse af supplerende opvarmning fra biomasse eller varmepumper i bygningskategorierne. Pct. af samlet varmekonsum for bygningskategori og hovedvarmekilde. Kun kombinationer, hvor der generel sker supplement er medtaget i tabellen.

Bygningskategori	Hovedvarmekilde	Biomasse, pct.	Varmepumpe, pct.
Småhuse	Fjernvarme	15,4	0,0
	Naturgas	9,3	0,0
	El	9,2	21,5
	Oliefyr	47,5	2,9
	Varmepumpe	7,3	-
Etageboliger	Fjernvarme	0,7	0,0
Institutioner	Fjernvarme	4,2	0,0
	Naturgas	1,5	0,0

For de fjernvarmeopvarmede etageboliger er der også rigtig god overensstemmelse mellem enhedsforbrug x BBR-areal og energiforbrugsdata i energistatistikken. Biomasseforbruget i de fjernvarmeopvarmede etageboliger kan muligvis undre. Men forbruget er nok ikke i de store boligblokke, men nok snarere i fx tofamiliehusene og i de mindre byhuse. På den baggrund kan det måske endda synes lidt lavt ansat. For naturgasopvarmede etageboliger er der en udfordring i tallene, idet energistatistikens data for varmekildeforbruget er ca. 25 pct. større end enhedsforbrug x areal i BBR for etageboliger med naturgasopvarmning. Problemet skyldes formodentligt, at der i disse år i etageboligerne sker en del konverteringer fra naturgas til fjernvarme og at der derfor ikke er overensstemmelse mellem registreringerne i BBR og i energistatistikken. Noget tilsvarende gælder for de elopvarmede og de oliefyrede etageboliger. Varmekilderne dækker dog en ret lille del af det opvarmede etageareal i etageboligerne, så problemet er uden større betydning for det samlede resultat.

For de fjernvarmeopvarmede og for de naturgasopvarmede institutioner er der også rigtig god overensstemmelse mellem enhedsforbrug x BBR-areal og energiforbrugsdata i energistatistikken. Men for de elopvarmede og de oliefyrede institutioner er der samme problem som i etageboligerne. Også her gælder dog at varmekilderne dækker en ret lille del af det opvarmede etageareal i institutionerne, så problemet er uden større betydning for det samlede resultat.

For erhvervsbygninger er der overensstemmelse mellem enhedsforbrug x BBR-areal og energiforbrugsdata i energistatistikken også for de enkelte varmekilder.

Uanset de pudsigheder, der måtte være i opgørelsen, er tallene uden yderligere justering anvendt i den efterfølgende beregning af CO₂-emissionen og biomasseanvendelsen fra opvarmningen af bygningerne.

2.10 CO₂-emission og biomasseanvendelse

I tabel 12 er vist CO₂-emissionen fra det samlede danske energiforbrug i henhold til opgørelsen for 2017-19 i Energistatistik 2019. I energistatistikken opgøres emissionen, der hvor CO₂'en udledes, og ikke der, hvor forbruget foregår. Den del af bygningsopvarmning som sker med fjernvarme, el eller varmepumper opgøres således under el- og fjernvarmeproduktion i konverteringssektoren. I det følgende fordeles CO₂-emissionen fra konverteringssektoren ud på bygningsopvarmningen under antagelse af samme CO₂-emission pr. energienhed for alle anvendelser både bygningsopvarmning og andet. Energistatistikken medregner kun den direkte CO₂-emission, og ikke den CO₂-emission der kommer fra udvinding og transport af brændslerne (fx fældning af træer og indsamling af halm eller transport af biomasse) eller fra at opføre og vedligeholde energiforsyningsanlæggene (fx etablering af vindmølle- eller solcelleanlæg).

I tabel 13 er vist data for CO₂-emissioner og biomasseanvendelse ved varmeproduktionen samt virkningsgrader og tab ved produktion og fordeling af varmen. Data for CO₂-emission og biomasseanvendelse er basale data, før hensyn til virkningsgrad og tab. Værdierne kommer fra Energistatistik 2019. Værdierne for naturgas og olie er basale tabelværdier. Værdierne for biomasse er for småhusene og bestemt som et vægtet gennemsnit af anvendelsen af brænde, træpiller, skovflis, træaffald og halm i småhusene inklusive stuehusene. Værdierne for el og fjernvarme er bestemt ud fra de anvendte brændsler ved produktionen.

TABEL 12. CO₂-emission fra energiforbruget i 1.000 tons/år. Middel for 2017-19 i Energistatistik 2019.

Kilde	CO ₂ -emission	
Energisektoren	2.074	
Olie		495
Naturgas		1.579
Konverteringssektoren	8.441	
Elproduktion		5.848
Fjernvarmeproduktion		2.563
Endeligt forbrug	22.898	
Transport		15.377
Produktion		4.899
Handel og service		617
Enfamiliehuse		1.682
Etageboliger		646
I alt	33.413	

TABEL 13. CO₂-emissioner og biomasseanvendelse ved varmeproduktionen samt virkningsgrader og tab ved produktion og fordeling af varmen.

Forsyning	kg-CO ₂ /GJ	GJ/ton biomasse	Virkningsgrad	Nettab
Fjernvarme, småhuse	19,24	23,72	1,00	0,20
Fjernvarme, store bygninger	19,24	23,72	1,00	0,15
Naturgas	56,54	0,00	0,95	0,01
El	55,60	15,99	0,97	0,10
Olie	74,00	0,00	0,90	0,00
Biomasse	0,00	17,99	0,75	0,00
Varmepumpe			3,00	

TABEL 14. CO₂-emissioner og biomasseanvendelse ved varmforsyningen opgjort på forbrugsstedet i bygningerne.

Forsyning	kg-CO ₂ /MWh	kg biomasse/MWh
Fjernvarme, småhuse	87	190
Fjernvarme, store bygninger	81	179
Gas	216	0
El	229	258
Olie	296	0
Biomasse	0	267
Varmepumpe	76	86

TABEL 15. CO₂-emission i afhængighed af bygningskategori (i energistatistikken) og hovedvarmekilde, kg-CO₂/MWh.

	Fjernvarme	Gasfyr	El	Oliefyr	Varmer-pumpe	Biomasse	Samlet
Småhuse	75	196	175	148	73	3	110
Etageboliger	82	217	229	295	78	2	94
Erhverv	82	213	226	291	78	3	115
Institutioner	80	213	229	295	79	3	107
Samlet	79	202	183	172	74	3	106

TABEL 16. Biomasseanvendelse i afhængighed af bygningskategori og hovedvarmekilde, kg-biomasse/MWh.

	Fjernvarme	Gasfyr	El	Oliefyr	Varmer-pumpe	Biomasse	Samlet
Småhuse	203	29	222	133	102	267	155
Etageboliger	180	3	258	3	88	267	168
Erhverv	181	8	258	8	91	267	146
Institutioner	183	8	258	4	89	267	153
Samlet	189	22	227	112	101	267	157

I tabel 14 er vist de resulterende CO₂-emissioner og biomasseanvendelser ved varmforsyningen opgjort på forbrugsstedet i bygningerne. Værdierne er således inklusive konverterings og nettab.

Olie-, gas- og elopvarmning har væsentlig større CO₂-emission end de andre opvarmingskilder. Elopvarmning medfører desuden en ret høj biomasseanvendelse. Fjernvarme og varmepumpeopvarmning har begge væsentligt lavere CO₂-emission. For fjernvarmen dog på bekostning af en høj biomasseanvendelse.

I tabel 15 og tabel 16 er tilsvarende vist henholdsvis CO₂-emissionen og biomasseanvendelsen i afhængighed af bygningskategori i energistatistikken og hovedvarmekilde. Forskellen til værdierne i tabel 14 skyldes, at der i bygningerne også anvendes andre varmekilder end hovedvarmekilden. Fx bliver CO₂-emissionen i de fjernvarmeopvarmede småhuse mindre, fordi der også i gennemsnit anvendes en del biomasse til opvarmning af husene. Som det kan ses i tabel 16, gør det så også biomasseanvendelsen større. Specifikt for småhuse med oliefyr gør biomasseanvendelsen, at CO₂-emissionen bliver halveret i forhold til alene olieopvarmning, men det udløser så selvfølgelig også en betydelig biomasseanvendelse. Modsvarende bliver der også lidt CO₂-emission i bygningerne med biomasse som hovedvarmekilde, fordi der også i gennemsnit er lidt el-opvarmning.

TABEL 17. Samlet CO₂-emission fra opvarmning af bygningerne fordelt på bygningskategori og hovedvarmekilde, 1.000 tons-CO₂/år.

	Fjernvarme	Gasfyr	El	Oliefyr	Varme-pumpe	Biomasse	Samlet
Stuehuse	2	18	21	166	33	3	242
Parcelhuse	670	970	184	330	92	5	2.250
Rækkehuse	198	166	34	13	5	1	418
Etageboliger	896	179	17	59	4	1	1.155
Erhverv	337	206	19	92	5	1	660
Institutioner	269	156	14	50	4	1	494
Samlet	2.371	1.694	289	711	143	11	5.220

TABEL 18. Samlet biomasseanvendelse ved opvarmning af bygningerne fordelt på bygningskategori og hovedvarmekilde, 1.000 tons-biomasse/år.

	Fjernvarme	Gasfyr	El	Oliefyr	Varme-pumpe	Biomasse	Samlet
Stuehuse	5	3	26	149	46	261	489
Parcelhuse	1.800	142	232	296	128	374	2.973
Rækkehuse	533	24	44	12	7	43	663
Etageboliger	1.956	2	19	1	5	87	2.069
Erhverv	739	8	22	3	6	63	840
Institutioner	614	6	16	1	4	66	708
Samlet	5.647	184	359	461	196	895	7.742

I tabel 17 er vist den samlede CO₂-emission fra opvarmning af bygningerne fordelt på bygningskategori og hovedvarmekilde og i tabel 18 er vist den samlede biomasseanvendelse ved opvarmning af bygningerne.

Den samlede CO₂-emissionen fra olie-, gas- og elopvarmede parcelhuse er 1.484.000 tons CO₂/år. CO₂-emissionen fra disse parcelhuse vil kunne reduceres med 2/3-dele til 1/3-del ved konvertering til fjernvarme eller varmepumpeopvarmning.

I stuehusene er der en CO₂-emission fra oliefyring på 166.000 tons CO₂/år. Konvertering til varmepumpeopvarmning vil kunne reducere CO₂-emissionen til 1/3-del. Konvertering til alene biomasseopvarmning vil kunne fjerne CO₂-emissionen helt i disse stuehuse, men vil samtidig betyde en væsentlig forøgelse af biomasseanvendelsen.

I de gasopvarmede rækkehuse, etageboliger, erhverv og institutioner er der en samlet CO₂-emission på 706.000 tons CO₂/år. Konvertering til primært fjernvarme vil kunne reducere denne udledning til 1/3-del.



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, & Aggerholm, 2017).

3.1 Opgradering af bygningsdelene

Bygningsreglement 2018 stiller mindstekravene i tabel 19 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 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.

På baggrund af BR18 og vejledningen antages det, at konstruktionerne i klimaskærmen i forbindelse med kommende renoveringer opgraderes, som vist i tabel 20. 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 19. 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 20. 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.

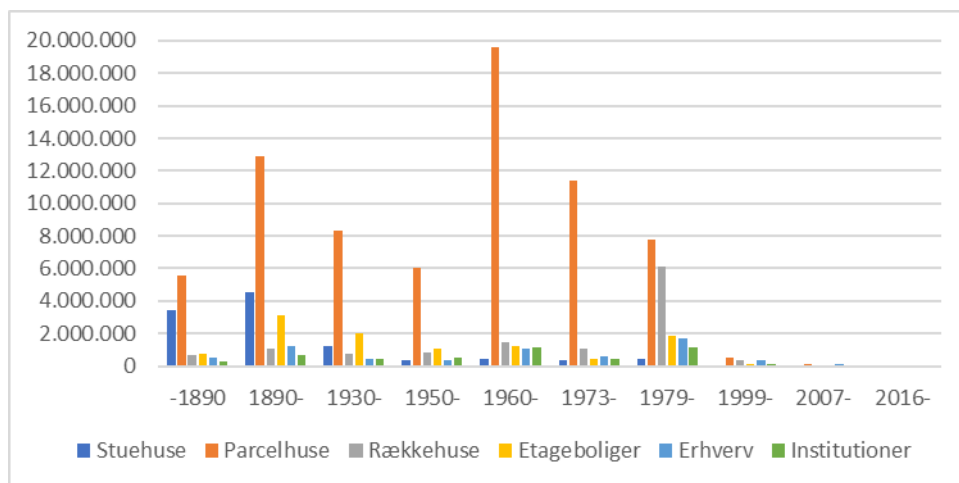
Kode	Type	Grænse W/m ² K	Opgrad. til W/m ² K	Areal, m ²	Andel, pct.
1-1-0-0	Tag og loft	0,35	0,15	7.585.528	23
1-1-1-0	Loft	0,18	0,12	47.186.252	62
1-1-2-0	Fladt tag	0,35	0,12	4.748.867	25
1-2-0-0	Ydervægge	0,60	0,40	12.546.515	33
1-2-1-0	Hule ydervægge	1,00	0,60	5.008.860	8
1-2-2-0	Massive ydervægge	1,50	0,30	1.981.667	8
1-2-3-0	Lette ydervægge	0,30	0,18	4.477.013	42
1-2-1-1	Hule vægge mod uopvarmet rum	1,00	0,60	20.488	9
1-2-2-1	Massive vægge mod uopvarmet rum	1,50	0,30	507.484	64
1-2-3-1	Lette vægge mod uopvarmet rum	0,30	0,18	335.290	67
1-2-4-0	Kælder ydervægge	1,50	0,18	468.149	8
1-4-0-0	Gulve	0,50	0,30	7.159.107	29
1-4-1-0	Terrændæk	0,50	0,10	5.903.360	10
1-4-2-0	Etageskillelse	0,70	0,40	7.144.001	48
1-4-3-0	Krybekælder	0,35	0,10	4.665.801	78
1-4-4-0	Kældergulv	0,50	0,15	960.099	13
1-4-1-1	Terrændæk med gulvvarme	0,40	0,10	42.516	2
1-4-2-1	Etageskillelse med gulvvarme	0,70	0,40	8.370	13
1-4-3-1	Krybekælder med gulvvarme	0,35	0,10	7.042	20
1-4-4-1	Kældergulv med gulvvarme	0,40	0,15	5.319	4

* Under hensyn til rentabilitet.

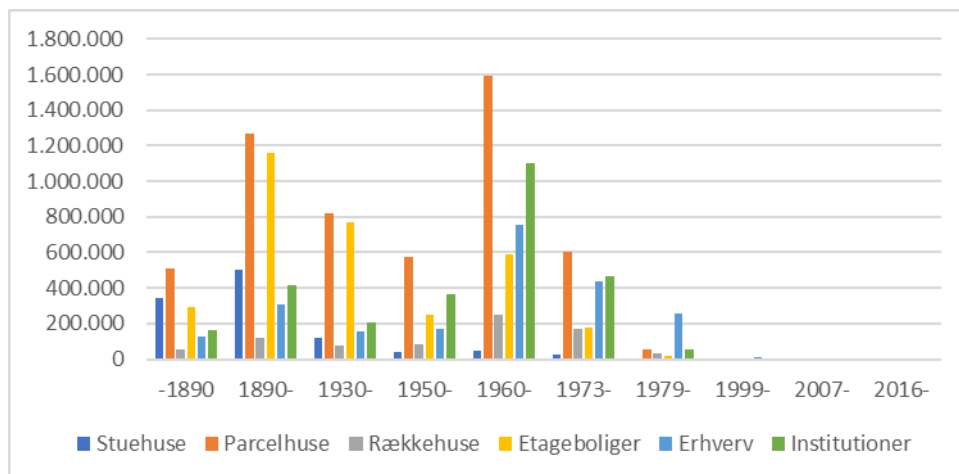
Omsat til hele bygningsmassen vil renoveringerne omfatte opgradering af samlet:

- 117.576.038 m² loft
- 15.537.455 m² tag
- 8.276.028 m² flade tage
- 11.430.374 m² hulmure
- 2.773.559 m² massive ydervægge
- 5.255.105 m² lette ydervægge
- 16.160.600 m² vinduer

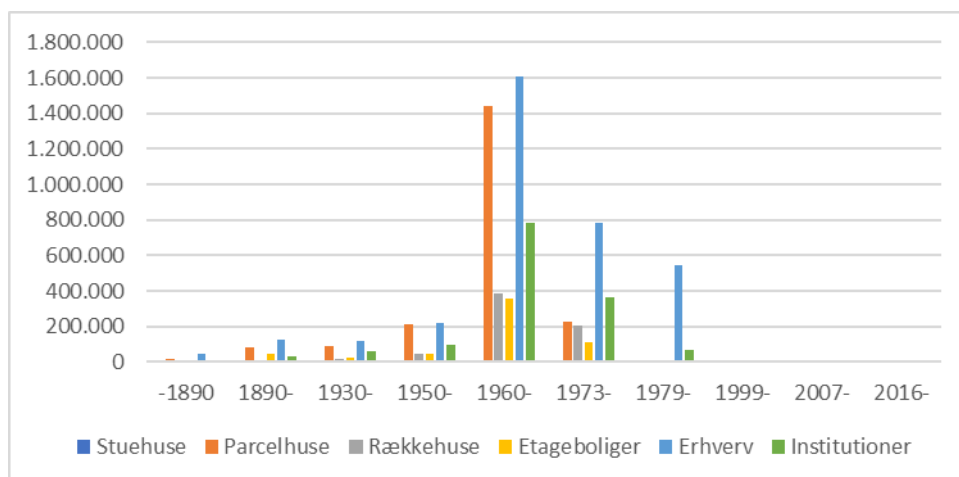
Fordelingen af opgraderingen af bygningsdelene på bygningskategorier og byggeperioder er vist i figur 23 til figur 29.



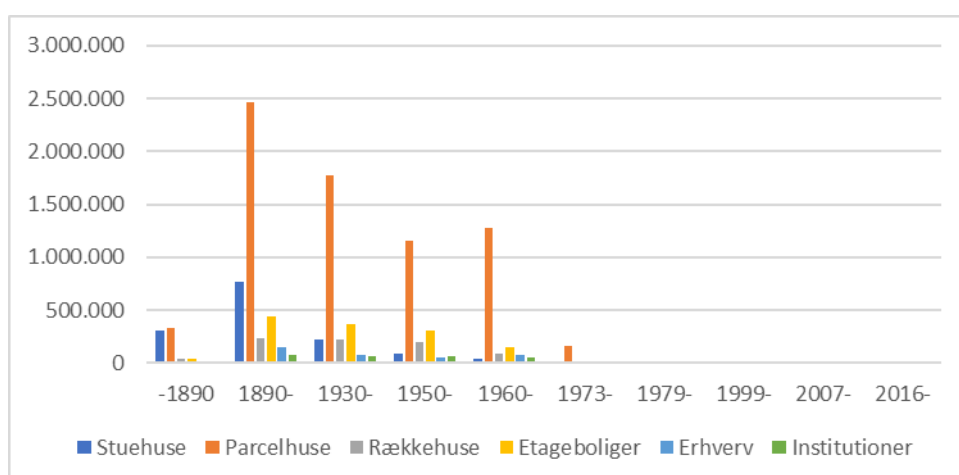
FIGUR 23. Opgradering af loft, m².



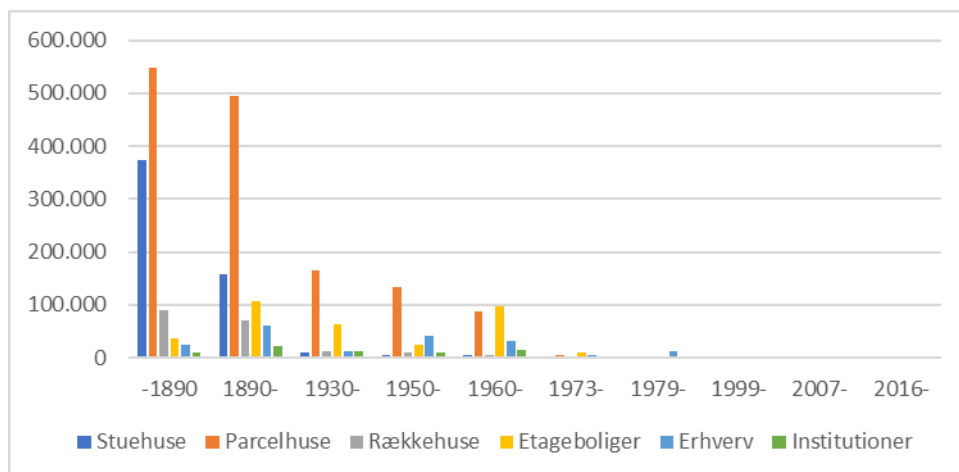
FIGUR 24. Opgradering af tag, m².



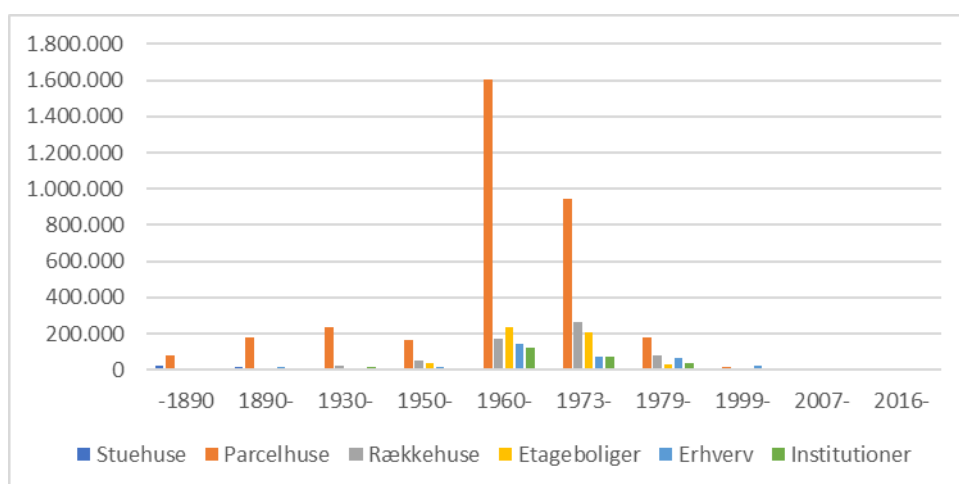
FIGUR 25. Opgradering af flade tage, m².



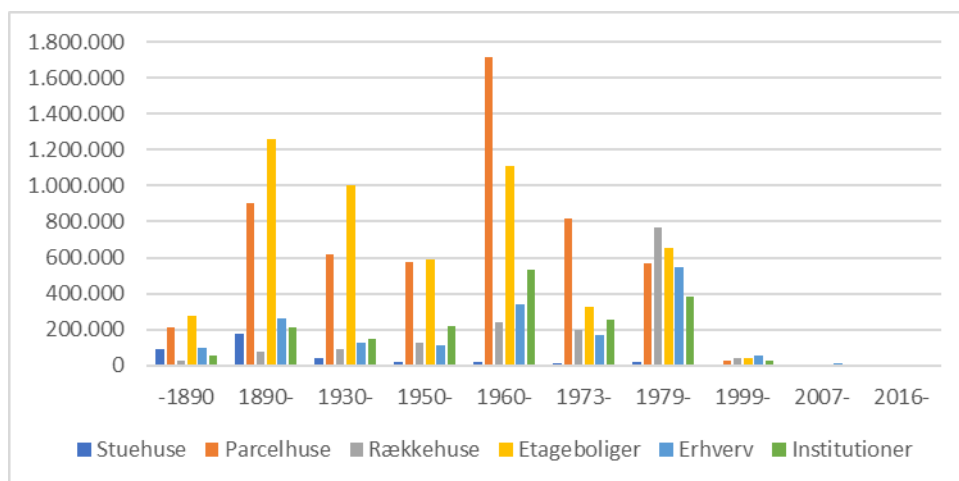
FIGUR 26. Opgradering af hulmure, m².



FIGUR 27. Opgradering af massive ydervægge, m².



FIGUR 28. Opgradering af lette ydervægge, m².

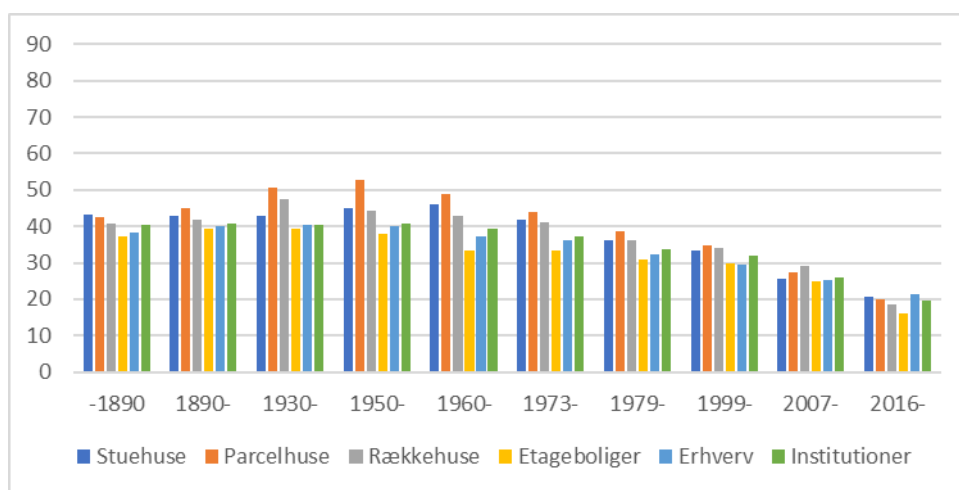


FIGUR 29. Opgradering af vinduer, m².

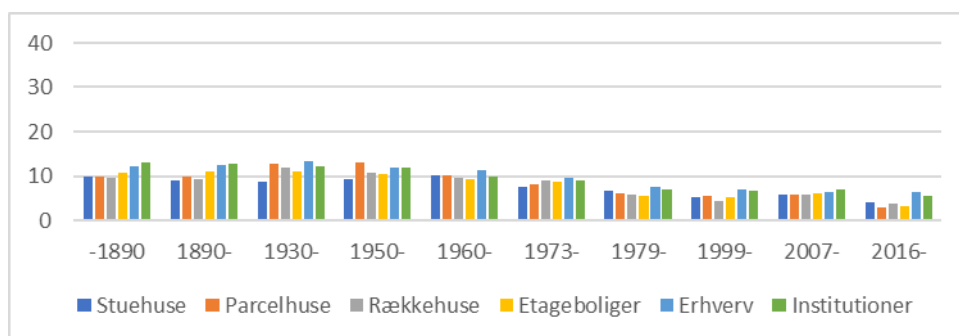
3.2 Reduktion af varmetabet

Opgraderingen af konstruktionerne i forbindelse med renovering af bygninger reducerer det dimensionerende varmetab til værdierne vist i figur 30. Værdierne i figur 30 kan umiddelbart sammenholdes med de tilsvarende værdier for det dimensionerende varmetab før renovering i figur 12. 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.

I figur 31 er vist spredningen i bygningernes dimensionerende varmetab efter renovering. Værdierne kan sammenholdes med de tilsvarende værdier før renovering vist i figur 13. Det ses, at også spredningen på det dimensionerende varmetab bliver mindre og mere ensartet for de forskellige byggeperioder.



FIGUR 30. Dimensionerende varmetab i W/m² efter renovering for de forskellige bygningskategorier og byggeperioder.



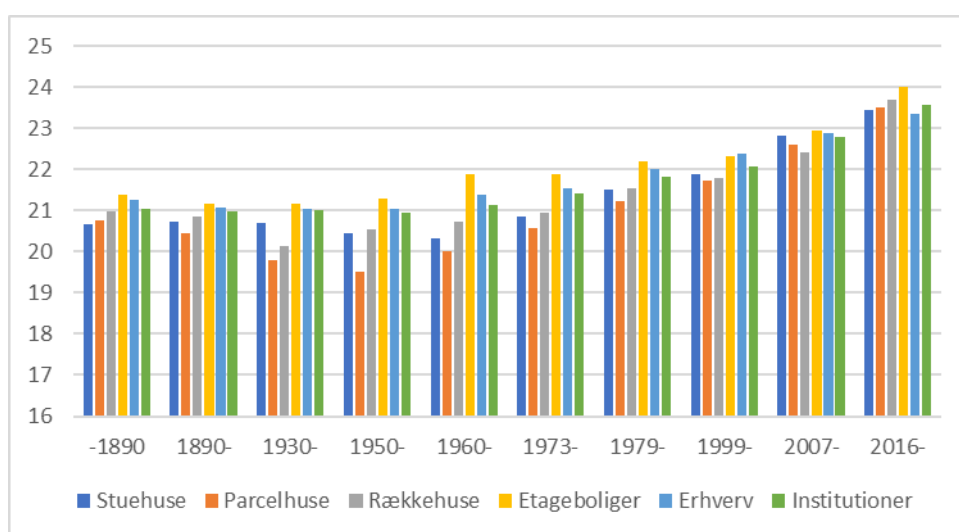
FIGUR 31. Variation i bygningernes dimensionerende varmetab efter renovering i W/m². Standardafvigelse svarende til +/- 34 pct. af bygningerne.

3.3 Ændring i indetemperatur

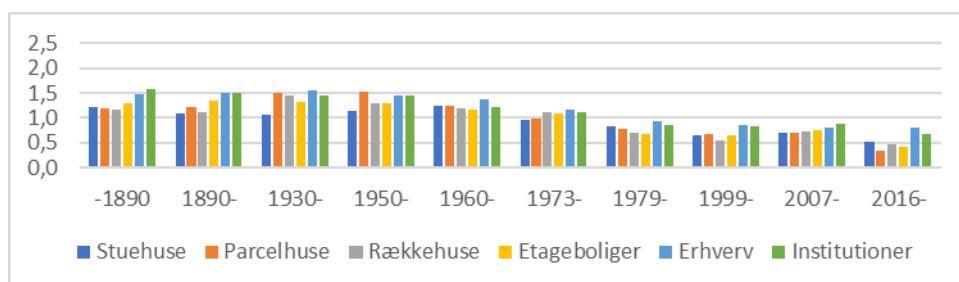
Den umiddelbare antagelse er, at indstillingen af indetemperaturen i bygningerne efter renovering vil følge samme afhængighed af varmetabet, som før renoveringen. Det gør, at en del af forbedringen af bygningernes klimaskærm ikke udmøntes i varmebesparelser, men bliver udnyttet til at forbedre komforten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

I figur 32 er vist indetemperaturen i bygningerne efter renovering. Indetemperaturene i figur 32 kan sammenholdes med indetemperaturene før renovering i figur 17. 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 19,5 °C.

I figur 33 er vist spredningen i middel indetemperatur i bygningerne efter renovering. Ved sammenligning med spredningen i indetemperatur før renoveringen i figur 18, ses det, at også variationen i indetemperaturen falder efter renovering.



FIGUR 32. Middel indetemperatur i bygningerne efter renovering i °C.

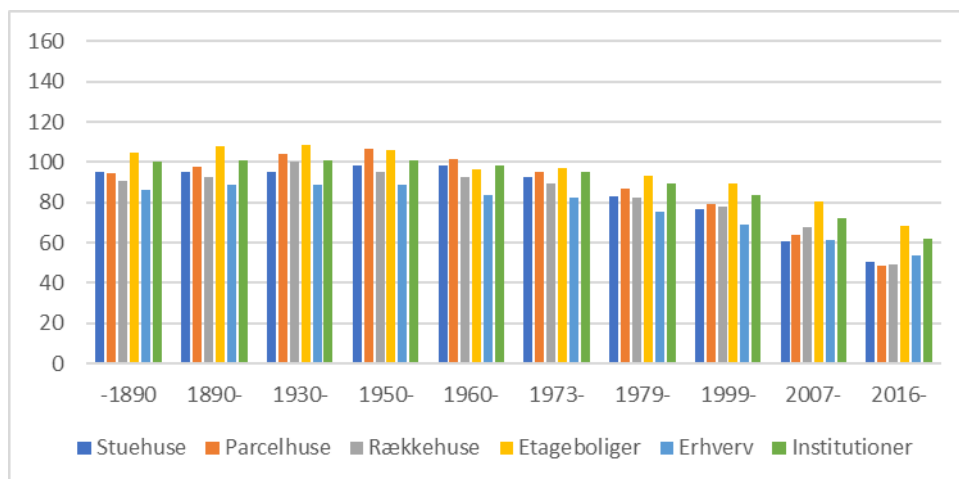


FIGUR 33. Variation i middel indetemperatur i bygningerne efter renovering i °C. Standardafvigelse svarende til +/- 34 pct. af bygningerne.

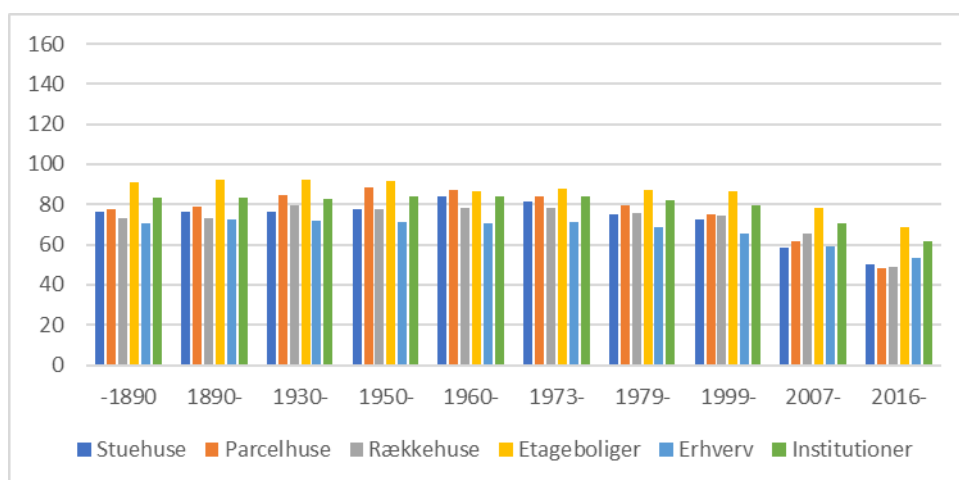
3.4 Varmebesparelse

Enhedsforbrugene i de forskellige bygningskategorier og byggeperioder efter renovering er vist i figur 34. Ved bestemmelse af enhedsforbrugene efter renovering i figur 34 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 34, at der efter renovering er et forholdsvist ensartet enhedsforbrug over de forskellige byggeperioder på op til ca. 100 kWh/m² pr. år. Værdierne i figur 34 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 bygninger, da det ikke vil være relevant at opgradere klimaskærmen i fredede bygninger.

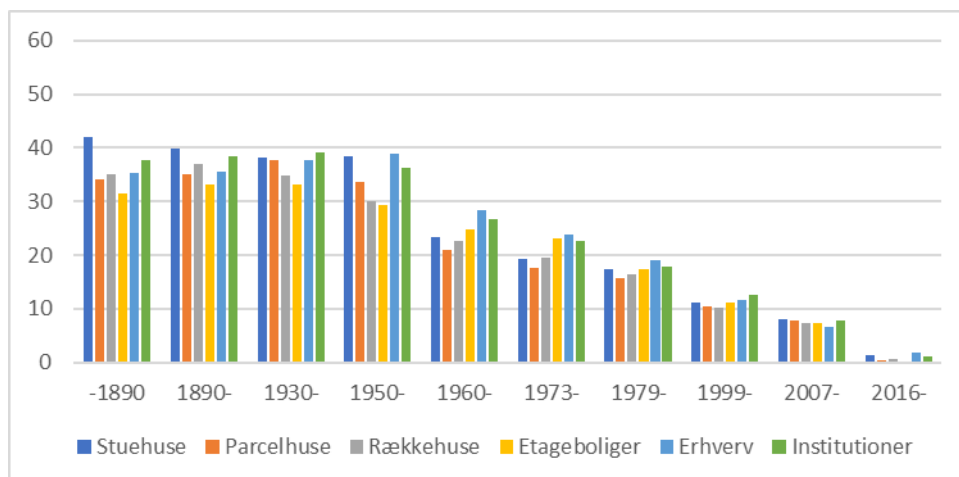
Hvis det for sammenligningens skyld i stedet antages, at indetemperaturen i bygningerne efter renovering fastholdes på samme niveau som før renovering, bliver enhedsforbrugene som vist i figur 35.



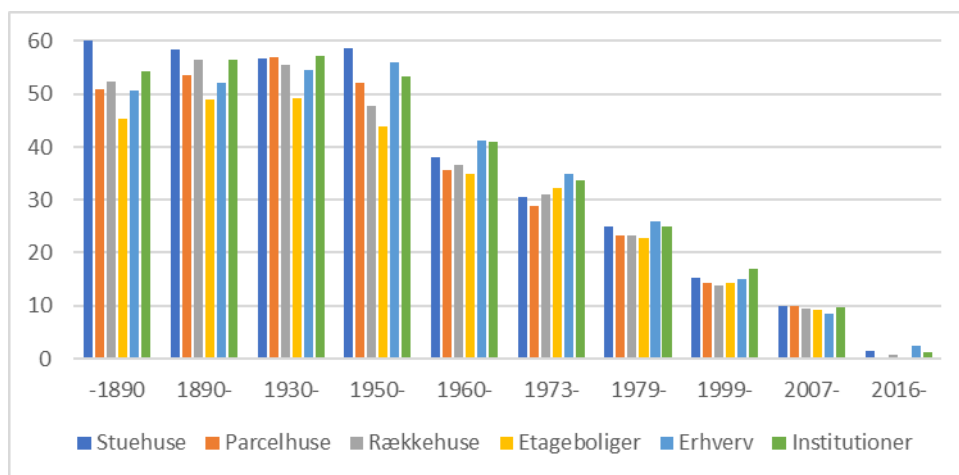
FIGUR 34. Enhedsforbrug efter renovering i kWh/m² pr år for de forskellige bygningskategorier og byggeperioder. Opgradering og komfortforbedring.



FIGUR 35. Enhedsforbrug efter renovering i kWh/m² pr år for de forskellige bygningskategorier og byggeperioder. Opgradering uden komfortforbedring.



FIGUR 36. Reduktion i enhedsforbrug efter renovering i kWh/m² pr. år for de forskellige bygningskategorier og byggeperioder. Opgradering og komfortforbedring.



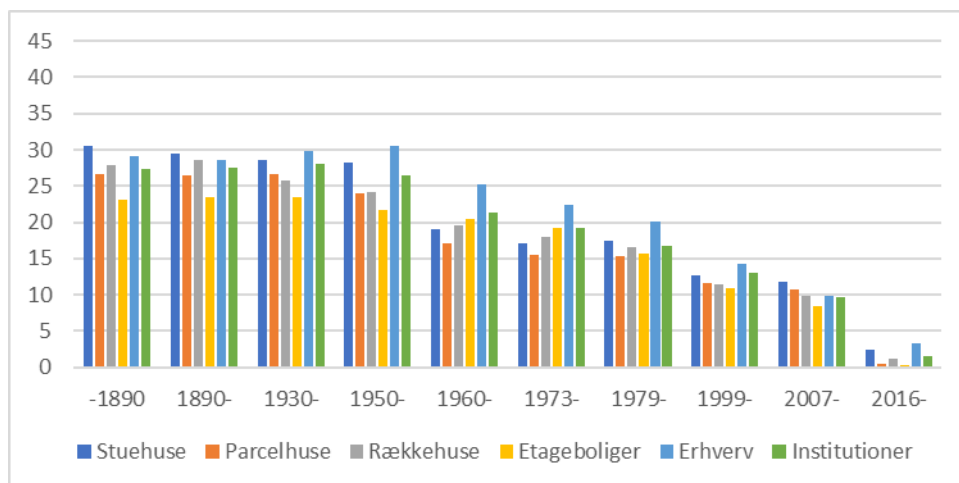
FIGUR 37. Reduktion i enhedsforbrug efter renovering i kWh/m² pr. år for de forskellige bygningskategorier og byggeperioder. Opgradering uden komfortforbedring.

I figur 36 og figur 37 er vist reduktionen i enhedsforbruget efter renovering henholdsvis med og uden komfortforbedring ved hævet indetemperatur.

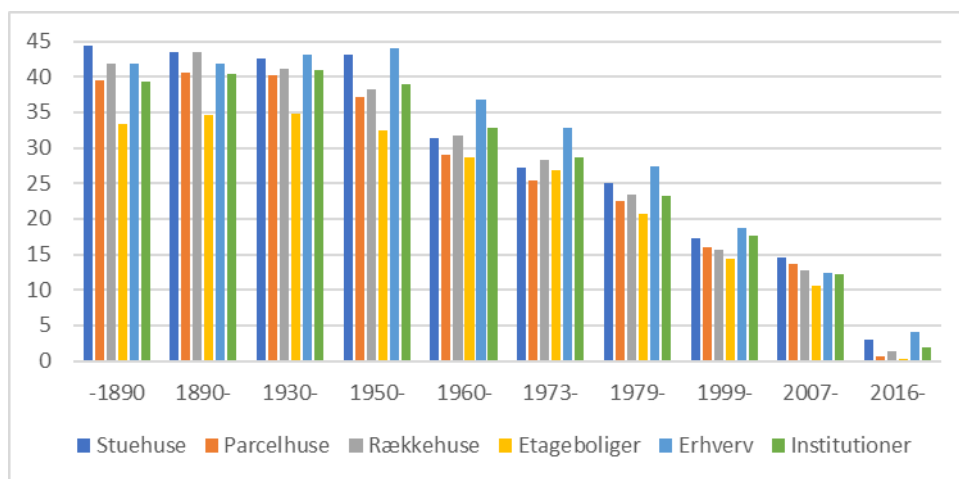
I figur 38 og figur 39 er det samme vist i procent af enhedsforbruget før renovering.

Opgradering af vinduer til A+ eller A++ (vinduer med 6 eller 12 kWh/m² pr. år bedre varmebalance) vil kunne øge reduktionen af varmebehovet ved renoveringen med 1 henholdsvis 2 pct. af besparelsen. Hvis reduktionen fx er 35,0 kWh/m² pr. år, vil den således blive øget til 35,4 kWh/m² pr. år henholdsvis 35,7 kWh/m² år.

Etablering af balanceret mekanisk ventilation med varmegenvinding på 88 pct. virkningsgrad og en rimelig tæt bygning vil i forhold til en naturligt ventileret bygning i gennemsnit kunne øge reduktionen af varmebehovet ved renoveringen med 46 pct. af besparelsen ved renovering, hvor der ikke ændres på ventilationsløsningen.



FIGUR 38. Reduktion i enhedsforbrug efter renovering i pct. for de forskellige bygningskategorier og byggeperioder. Opgradering og komfortforbedring.



FIGUR 39. Reduktion i enhedsforbrug efter renovering i pct. for de forskellige bygningskategorier og byggeperioder. Opgradering uden komfortforbedring.

TABEL 21. Samlet varmekonsum i bygningerne efter renovering, GWh/år. Fordelt efter bygningskategori og hovedvarmekilde. Opgradering og komfortforbedring.

	Fjernvarme	Gasfyr	El	Oliefyr	Varme-pumpe	Biomasse	Samlet
Stuehuse	16	68	81	748	356	742	2.009
Parcelhuse	7.168	4.039	816	1.628	1.046	1.113	15.810
Rækkehuse	2.143	702	160	66	62	137	3.270
Etageboliger	8.682	675	57	155	45	282	9.896
Erhverv	3.186	766	66	234	54	190	4.495
Institutioner	2.658	579	47	129	40	205	3.659
Samlet	23.852	6.828	1.227	2.960	1.603	2.669	39.140

TABEL 22. Samlet varmekonsum i bygningerne efter renovering, GWh/år. Fordelt efter bygningskategori og hovedvarmekilde. Opgradering uden komfortforbedring.

	Fjernvarme	Gasfyr	El	Oliefyr	Varmerpump	Biomasse	Samlet
Stuehuse	13	56	66	591	308	618	1.651
Parcelhuse	6.168	3.507	703	1.325	928	951	13.583
Rækkehuse	1.897	629	143	54	58	127	2.908
Etageboliger	7.728	602	50	131	42	260	8.813
Erhverv	2.814	680	57	195	49	168	3.962
Institutioner	2.342	507	40	109	36	185	3.219
Samlet	20.962	5.981	1.060	2.405	1.420	2.308	34.136

TABEL 23. Reduktion i varmekonsum i bygningerne efter renovering, pct. Efter bygningskategori og hovedvarmekilde samt samlet. Opgradering og komfortforbedring.

	Fjernvarme	Gasfyr	El	Oliefyr	Varmerpump	Biomasse	Samlet
Stuehuse	28,7	26,3	31,8	33,1	20,4	24,2	27,6
Parcelhuse	19,3	18,2	22,0	26,9	17,1	20,7	20,0
Rækkehuse	18,6	16,8	18,6	26,5	12,3	14,3	18,1
Etageboliger	20,1	18,2	22,1	22,9	13,1	13,7	19,9
Erhverv	21,9	20,7	22,3	26,6	17,2	20,0	21,9
Institutioner	20,7	20,8	24,6	24,2	17,8	17,5	20,7
Samlet	20,1	18,7	22,5	28,2	17,6	20,5	20,5

TABEL 24. Reduktion i varmekonsum i bygningerne efter renovering, pct. Efter bygningskategori og hovedvarmekilde samt samlet. Opgradering uden komfortforbedring.

	Fjernvarme	Gasfyr	El	Oliefyr	Varmerpump	Biomasse	Samlet
Stuehuse	42,3	39,2	44,4	47,2	31,2	36,9	40,5
Parcelhuse	30,6	28,9	32,8	40,5	26,4	32,2	31,3
Rækkehuse	27,9	25,5	27,1	39,8	18,1	20,9	27,2
Etageboliger	28,9	27,1	31,4	34,7	19,8	20,6	28,6
Erhverv	31,1	29,6	32,6	38,9	25,9	29,2	31,1
Institutioner	30,1	30,7	35,7	36,0	26,6	25,6	30,2
Samlet	29,7	28,8	33,0	41,7	27,0	31,2	30,7

I tabel 21 og tabel 22 er vist det samlede varmekonsum i bygningerne efter renovering fordelt efter bygningskategori og hovedvarmekilde. Værdierne i tabel 21 er inklusive at indetemperaturer hæves efter renoveringen, hvor værdierne i tabel 22 er med fastholdt indetemperatur. Ved opgørelse af det samlede varmekonsum i bygningerne efter renovering er der taget hensyn til, at der ikke kan ske opgradering af klimaskærmen i de fredede bygninger.

I tabel 23 og tabel 24 er reduktionen i det samlede varmekonsum i bygningerne efter renovering vist i procent af forbruget før renovering fra tabel 8.

3.5 Brændselsforbrug

Ved opgørelse af brændselsforbruget efter renovering er det antaget, at fordelingen af opvarmningen på brændselstyper under de forskellige hovedvarmekilder er som før renoveringen. Når der fx før renovering er 15,4 pct. biomasse i opvarmningen af småhuse med fjernvarme som hovedvarmekilde, betyder det, at der også vil være 15,4 pct. biomasse i opvarmningen af småhuse med fjernvarme som hovedvarmekilde efter renoveringen.

Brændselsforbruget efter renovering er vist i fabel 25 og fabel 26, henholdsvis med og uden komfortforbedring.

I fabel 27 og fabel 28 er reduktionen i brændselsforbruget efter renovering vist i pct. af brændselsforbruget før renovering fra fabel 10.

TABEL 25. Brændselsanvendelse i bygningerne efter renovering, GWh/år. Opgradering og komfortforbedring.

	Fjernvarme	Gasfyr	El	Oliefyr	Varmerpumpe	Biomasse	Samlet
Småhuse	7.750	4.289	1.033	1.175	1.631	5.211	21.089
Etageboliger	8.534	668	156	154	45	340	9.896
Erhverv	3.090	743	131	227	53	251	4.495
Institutioner	2.507	562	102	127	40	322	3.659
Samlet	21.881	6.261	1.422	1.683	1.769	6.124	39.140

TABEL 26. Brændselsanvendelse i bygningerne efter renovering, GWh/år. Opgradering uden komfortforbedring.

	Fjernvarme	Gasfyr	El	Oliefyr	Varmerpumpe	Biomasse	Samlet
Småhuse	6.713	3.739	891	948	1.432	4.419	18.142
Etageboliger	7.597	596	138	130	41	311	8.813
Erhverv	2.729	660	115	189	47	222	3.962
Institutioner	2.209	492	88	108	35	287	3.219
Samlet	19.248	5.486	1.232	1.374	1.556	5.240	34.136

TABEL 27. Reduktion i brændselsanvendelse i bygningerne efter renovering, GWh/år. Opgradering og komfortforbedring.

	Fjernvarme	Gasfyr	El	Oliefyr	Varmerpumpe	Biomasse	Samlet
Småhuse	19,2	18,1	21,8	28,9	19,0	22,4	20,5
Etageboliger	20,1	18,2	20,7	22,9	13,1	14,9	19,9
Erhverv	21,9	20,7	22,1	26,6	17,2	20,5	21,9
Institutioner	20,7	20,8	22,5	24,2	17,8	18,7	20,7
Samlet	20,1	18,7	21,8	27,7	18,7	21,8	20,5

TABEL 28. Reduktion i brændselsanvendelse i bygningerne efter renovering, GWh/år. Opgradering uden komfortforbedring.

	Fjernvarme	Gasfyr	El	Oliefyr	Varmerpampe	Biomasse	Samlet
Småhuse	30,0	28,6	32,6	42,6	28,9	34,2	31,6
Etageboliger	28,9	27,1	29,6	34,7	19,8	22,2	28,6
Erhverv	31,1	29,6	31,8	38,9	25,9	29,7	31,1
Institutioner	30,1	30,7	32,8	36,0	26,6	27,3	30,2
Samlet	29,7	28,8	32,2	41,0	28,5	33,1	30,7

3.6 CO₂-emission og biomasseanvendelse

I fabel 29 er vist den samlede CO₂-emission fra opvarmning af bygningerne efter renovering fordelt på bygningskategori og hovedvarmekilde og i fabel 30 er vist den samlede biomasseanvendelse ved opvarmning af bygningerne efter renovering, inklusive komfortforbedring ved hævnning af indetemperaturen efter renovering. I fabel 31 og fabel 32 er det samme vist uden komfortforbedring.

TABEL 29. Samlet CO₂-emission fra opvarmning af bygningerne efter renovering fordelt på bygningskategori og hovedvarmekilde, 1.000 tons-CO₂/år. Opgradering og komfortforbedring.

	Fjernvarme	Gasfyr	El	Oliefyr	Varmerpumpe	Biomasse	Samlet
Stuehuse	1	13	14	111	26	3	168
Parcelhuse	540	793	143	241	76	4	1.798
Rækkehuse	162	138	28	10	5	0	342
Etageboliger	715	146	13	46	4	1	925
Erhverv	263	163	15	68	4	1	514
Institutioner	213	124	11	38	3	1	390
Samlet	1.895	1.378	224	514	118	9	4.137

TABEL 30. Samlet biomasseanvendelse ved opvarmning af bygningerne efter renovering fordelt på bygningskategori og hovedvarmekilde, 1.000 tons-biomasse/år. Opgradering og komfortforbedring.

	Fjernvarme	Gasfyr	El	Oliefyr	Varmerpumpe	Biomasse	Samlet
Stuehuse	3	2	18	99	36	198	357
Parcelhuse	1.452	116	181	217	107	297	2.369
Rækkehuse	434	20	35	9	6	37	541
Etageboliger	1.562	2	15	0	4	75	1.659
Erhverv	577	6	17	2	5	51	657
Institutioner	488	5	12	1	4	55	563
Samlet	4.516	150	278	328	161	712	6.146

TABEL 31. Samlet CO₂-emission fra opvarmning af bygningerne efter renovering fordelt på bygningskategori og hovedvarmekilde, 1.000 tons-CO₂/år. Opgradering uden komfortforbedring.

	Fjernvarme	Gasfyr	El	Oliefyr	Varmerpumpe	Biomasse	Samlet
Stuehuse	1	11	12	87	22	2	136
Parcelhuse	465	689	123	196	68	3	1.545
Rækkehuse	143	124	25	8	4	0	304
Etageboliger	637	130	12	39	3	1	821
Erhverv	232	145	13	57	4	1	451
Institutioner	188	108	9	32	3	1	341
Samlet	1.666	1.207	194	419	104	8	3.598

I fabel 33 er vist reduktionen i CO₂-emission fra opvarmning af bygningerne efter renovering i procent af udledningen før renoveringen fra fabel 17, og i fabel 34 er vist reduktionen i biomasseanvendelsen ved opvarmning af bygningerne efter renovering i procent af biomasseanvendelsen før renoveringen fra fabel 18, begge inklusive komfortforbedring ved hævnning af indetemperaturen efter renovering. I fabel 35 og fabel 36 er det samme vist uden komfortforbedring.

TABEL 32. Samlet biomasseanvendelse ved opvarmning af bygningerne efter renovering fordelt på bygningskategori og hovedvarmekilde, 1.000 tons-biomasse/år. Opgradering uden komfortforbedring.

	Fjernvarme	Gasfyr	El	Oliefyr	Varmerpumpe	Biomasse	Samlet
Stuehuse	3	2	15	79	31	165	294
Parcelhuse	1.250	101	156	176	95	254	2.031
Rækkehuse	384	18	32	7	6	34	481
Etageboliger	1.391	2	13	0	4	69	1.479
Erhverv	509	5	15	2	4	45	580
Institutioner	430	4	10	0	3	49	497
Samlet	3.967	131	240	264	143	616	5.361

TABEL 33. Reduktion af CO₂-emission fra opvarmning af bygningerne efter renovering fordelt på bygningskategori og hovedvarmekilde, pct. Opgradering og komfortforbedring.

	Fjernvarme	Gasfyr	El	Oliefyr	Varmerpumpe	Biomasse	Samlet
Stuehuse	28,7	26,3	31,8	33,1	20,4	24,2	30,6
Parcelhuse	19,3	18,2	22,0	26,9	17,1	20,7	20,1
Rækkehuse	18,6	16,8	18,6	26,5	12,3	14,3	18,0
Etageboliger	20,1	18,2	22,1	22,9	13,1	13,7	20,0
Erhverv	21,9	20,7	22,3	26,6	17,2	20,0	22,2
Institutioner	20,7	20,8	24,6	24,2	17,8	17,5	21,1
Samlet	20,1	18,7	22,5	27,8	17,6	20,7	20,7

TABEL 34. Reduktion af biomasseanvendelse ved opvarmning af bygningerne efter renovering fordelt på bygningskategori og hovedvarmekilde, pct. Opgradering og komfortforbedring.

	Fjernvarme	Gasfyr	El	Oliefyr	Varmerpumpe	Biomasse	Samlet
Stuehuse	28,7	26,3	31,8	33,1	20,4	24,2	27,0
Parcelhuse	19,3	18,2	22,0	26,9	17,1	20,7	20,3
Rækkehuse	18,6	16,8	18,6	26,5	12,3	14,3	18,3
Etageboliger	20,1	18,2	22,1	22,9	13,1	13,7	19,9
Erhverv	21,9	20,7	22,3	26,6	17,2	20,0	21,8
Institutioner	20,7	20,8	24,6	24,2	17,8	17,5	20,4
Samlet	20,0	18,3	22,5	28,9	17,6	20,5	20,6

TABEL 35. Reduktion af CO₂-emission fra opvarmning af bygningerne efter renovering fordelt på bygningskategori og hovedvarmekilde, pct. Opgradering uden komfortforbedring.

	Fjernvarme	Gasfyr	El	Oliefyr	Varme-pumpe	Biomasse	Samlet
Stuehuse	42,3	39,2	44,4	47,2	31,2	36,9	44,0
Parcelhuse	30,6	28,9	32,8	40,5	26,4	32,2	31,3
Rækkehuse	27,9	25,5	27,1	39,8	18,1	20,9	27,1
Etageboliger	28,9	27,1	31,4	34,7	19,8	20,6	28,9
Erhverv	31,1	29,6	32,6	38,9	25,9	29,2	31,7
Institutioner	30,1	30,7	35,7	36,0	26,6	25,6	31,0
Samlet	29,7	28,8	33,0	41,0	27,0	31,6	31,1

TABEL 36. Reduktion af biomasseanvendelse ved opvarmning af bygningerne efter renovering fordelt på bygningskategori og hovedvarmekilde, pct. Opgradering uden komfortforbedring.

	Fjernvarme	Gasfyr	El	Oliefyr	Varme-pumpe	Biomasse	Samlet
Stuehuse	42,3	39,2	44,4	47,2	31,2	36,9	39,9
Parcelhuse	30,6	28,9	32,8	40,5	26,4	32,2	31,7
Rækkehuse	27,9	25,5	27,1	39,8	18,1	20,9	27,4
Etageboliger	28,9	27,1	31,4	34,7	19,8	20,6	28,5
Erhverv	31,1	29,6	32,6	38,9	25,9	29,2	30,9
Institutioner	30,1	30,7	35,7	36,0	26,6	25,6	29,8
Samlet	29,8	28,7	33,0	42,6	27,0	31,2	30,7

4 LITERATURHENVISNINGER

- BBR Bygge og Bolig Registeret.* (2020). Hentet fra BBR: bbr.dk
- Bekendtgørelse om energimærkning af bygninger.* (2020). Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet, Energistyrelsen.
- Bekendtgørelse om Håndbog for Energikonsulenter (HB2019).* (2019). Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet, Energistyrelsen.
- Boligtællingen 1981.* (1982). Danmarks Statistik.
- DMI Report 20-02.* (2020). *Denmark - DMI Historical Climate Data Collection 1768-2019.* Danish Meteorological Institute, DMI.
- Energistatistik 2019.* (2020). Energistyrelsen.
- 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.
- Ofte rentable konstruktioner.* (2021). 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: *Varmebesparelse i eksisterende bygninger – segmentering* er at opnå større viden om, hvor der er de største energi- og CO₂-besparelspotentialer i bygninger ved renovering af klimaskærm og ved skift af varmforsyning. Analysen er udformet, så resultaterne kan anvendes som et generelt grundlag for fokusering af den fremtidige indsats hen mod en energieffektivisering af den eksisterende bygningsmasse.

Rapporten indeholder en detaljeret segmentering af besparelspotentialet efter bygningstype, byggeperiode og varmforsyning. 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.

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

Rapporten er udformet med støtte fra Energistyrelsen gennem bevillingen til Videncenter for Energibesparelse i Bygninger.



BUILD

AALBORG UNIVERSITET