



Adfærd og forbrugsmønstre ved energirenovering af boliger

Afsluttende rapport for Elforsk projekt nr 347-025

Andersen, Rune Korsholm

Publication date:
2020

Document Version
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

Citation (APA):
Andersen, R. K. (2020). *Adfærd og forbrugsmønstre ved energirenovering af boliger: Afsluttende rapport for Elforsk projekt nr 347-025*. Technical University of Denmark, Department of Civil Engineering.

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

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



Adfærd og forbrugsmønstre ved energirenovering af boliger

Afsluttende rapport for projekt nr. 347-025

Rune Korsholm Andersen

juni 2020

Adfærd og forbrugsmønstre ved energirenovering af boliger

Afsluttende rapport for projekt nr 347-025

Rapport
2020

Af
Rune Korsholm Andersen, DTU
Med bidrag fra Jesper Ring, DOMINIA

Copyright: Hel eller delvis gengivelse af denne publikation er tilladt med kildeangivelse
Forsidefoto: Bebyggelsen efter renoveringen, Foto: Rune Korsholm Andersen
Udgivet af: DTU, Institut for Byggeri og Anlæg, Brovej, Bygning 118, 2800 Kgs. Lyngby
www.byg.dtu.dk

Forord

Denne rapport udgør slutrapporteringen til projekt nr. 347-025 " Adfærd og forbrugsmønstre ved energirenovering af boliger". Projektet er støttet af Elforsk og forløb i perioden 1. januar 2015 til 30 juni 2020. Projektet er blevet forsinket af flere omgange pga. forsinkelser i den renoveringssag, som er blevet fulgt i projektet.

Resultaterne fra projektet er løbende formidlet nationalt til danske virksomheder og internationalt, til forskere inden for emnet, gennem artikler og deltagelse i møder og temadage. Resultaterne er ligeledes blevet formidlet til ingeniørstuderende via undervisningen på DTU.

Lyngby, juni 2020

Indhold

1.	Introduktion.....	7
2.	Bygningen og renoveringen	9
2.1	Informationsskærme.....	10
3.	Skærmenes effekt på forbruget.....	11
4.	Temperatur og energiforbrug før og efter renoveringen	13
5.	Diskussion og konklusion	16

Resume

Efter en gennemgribende renovering af fire boligblokke faldt varmekonsumet med 60%, til et niveau, der var lavere end det som beregningerne havde forudsagt. Temperaturmålinger foretaget før og efter renoveringen viste stor diversitet i beboernes temperaturindstillinger. Hverken diversiteten eller temperaturniveauet ændrede sig med renoveringen. Der var altså ikke tegn på at beboerne vekslede en del af energibesparestiltagene til en højere temperatur i lejlighederne.

Under renoveringen blev der installeret inforskærme i entréen i alle 244 lejligheder.

Inforskærmene viser forbruget af el, vand og varme for den enkelte lejlighed. På skærmene er det muligt for beboerne at sammenligne deres forbrug i forhold til tidligere måneders forbrug og i forhold til andre lejligheder med lignende beboersammensætning (alder og antal beboere).

Inforskærmene tænder når der bliver trykket på skærmen og hver gang dørene til lejligheden åbner. Efter renoveringen var der en periode på op til et år, hvor skærmene var slukket og ikke virkede. Da forbruget i denne periode blev sammenlignet med forbruget i en lignende periode, hvor skærmene virkede, viste det sig at elforbruget var faldet med 15% og forbruget af varmt brugsvand var faldet med 34%, efter skærmene var begyndt at virke.

Selvom der ikke kunne påvises en signifikant sammenhæng mellem beboernes interaktioner med skærmene og forbruget af el, vand og varme, er det værd at bemærke at forbruget af både el, vand og varme faldt, da skærmene begyndte at virke. Specielt reduktionen af varmtvandsforbruget var så stort at det er svært at forklare uden at inddrage skærmene.

Abstract

After a comprehensive renovation of four residential apartment buildings, the heat consumption was reduced by 60%, to a level lower than predicted by calculations made prior to the renovation. Temperature measurements made before and after the renovation showed large diversity in the residents' temperature settings. Neither the diversity nor the temperature level changed with the renovation. As a consequence, there was no evidence that the residents exchanged part of the energy saving potential to higher temperatures in the apartments. During the renovation, in-home displays were installed in the entrance hall in all 244 apartments. The in-home displays show the consumption of electricity, water and heat for each apartment. On the screens, it is possible for residents to compare their current consumption to the consumption in previous months and to other apartments with similar occupant composition (age and number of occupants). The in-home displays turn on when the screen is pressed and every time the apartment doors open. After the renovation, there was a period of up to a year when the screens were off and did not work. When the consumption during this period was compared with the consumption in a similar period with the screens in operation, it was found that electricity use had decreased by 15% and the consumption of domestic hot water had decreased by 34%, after the screens had started to work. Although there was no significant correlation between the residents' interactions with the screens and the consumption of electricity, water and heat, it is worth noting that the consumption of both electricity, water and heat decreased as the screens began to work. In particular, the reduction in hot water consumption was so large that it is difficult to explain without involving the screens.

1. Introduktion

Bygninger står for 36% af det globale energiforbrug og for næsten 40% af de samlede direkte og indirekte CO₂-emissioner [1]. Derfor har forøget energieffektivitet i både eksisterende og nye bygninger stort potentiale for at reducere udledningen af drivhusgasser på globalt plan. I EU kan en forøget energieffektivitet desuden medvirke til at reducere afhængigheden af energiimport og til at nå EU's reduktionsmål af drivhusgasser.

Drivhusgasemissioner relateret til bygningers energiforbrug har ført til en række protokoller, der sigter mod en reduktion af fossile brændsler, at fremme energieffektive teknologier og anvendelse af vedvarende energi [2], især i bygningssektoren.

I EU etablerede direktivet om energieffektivitet (Energy Efficiency Directive - EED) [3] et sæt bindende foranstaltninger til at hjælpe EU med at nå målet om 20% energieffektivitet inden 2020.

Med særligt fokus på slutforbruget, er det i artikel 9 i EED beskrevet at medlemsstaterne skal sikre at energimålere giver information om det reelle energiforbrug, mens artikel 10 indeholder bestemmelser om adgang til oplysningerne via energiregningen [4]. Inden for denne ramme har mange EU-lande forpligtet sig til at udrulle smarte målere inden udgangen af 2020, hvilket muliggør en gradvis digitalisering af energimarkedet. Det estimeres at der er potentiale for reduktion af både emissioner fra boliger og energiforbrug med op til 9% [5].

En af de sandsynlige konsekvenser ved bestemmelserne er, at bygninger i højere grad vil blive udstyret med smarte teknologier og få sensorer integreret i energisystemerne. I Storbritannien er energileverandører allerede forpligtet til at installere et gratis display til feedback af elforbrug i realtid, når der installeres smarte elmålere i boliger [6].

Flere undersøgelser viser at adgang til direkte feedback i realtid om energiforbrug har reduceret elforbruget med 6-10% [7-9]. I en gennemgang af 91 internationale feedbackprogrammer fra 2014 rapporterede Lewis et al. [10], at de involverede inforskærme, websteder og informativ fakturering / foldere opnåede en gennemsnitlig energibesparelse på henholdsvis 8,54%, 5,35% og 4,72%. Zangheri et al. [11] gennemgik litteraturen om energibesparelser fra feedback ved at udvælge studier, der brugte en kontrolgruppe og også overvejede kontekstuelle faktorer (f.eks. Husholdningsdemografi, socioøkonomisk kontekst, forbrugsområder, vejr osv.). Analysen viste at der i gennemsnit kan opnås en energibesparelse på 7,8%, med feedback i real tid leveret på en inforskærm eller på et webværktøj. Forfatterne fremhæver, at den endelige indflydelse på energiforbruget i høj grad kan afhænge af, hvordan feedback er tilpasset husstanden og præsenteres på en klar, engagerende måde. Desuden bliver relevante usikkerheder fremhævet om virkningen af feedback på energibrugere i forskellige demografiske og sociale grupper.

I en anden gennemgang af den eksisterende litteratur om energifeedback sætter McKerracher og Torriti [12] spørgsmålstegn ved potentialet for energibesparelser i boliger. De foreslår at 3-5% er et mere realistisk besparelspotentiale for en storstilet udrulning af inforskærme. De fremhæver, at flere af de analyserede undersøgelser mangler detaljerede oplysninger om deres prøveudtagnings- og rekrutteringsmetoder. Ved en sammenligning af de eksisterende studier observerer de, at når prøvestørrelsen stiger, falder besparelsen opnået ved feedback i realtid. Dette bekræftes af en analyse udført af Zvingilaite og Togeby [13], der gennemgik 39 undersøgelser og udvalgte de stærkeste studier ud fra kvantitative kriterier så som en prøvestørrelse større end 100, undersøgelsesperiode over et år osv. Deres gennemgang inkluderede en række forskellige undersøgelser med både direkte og indirekte feedback såvel som forskellige niveauer af informationsdetaljer. På denne baggrund konkluderer de, at besparelspotentialet ved feedback er på 2% - 3%.

I samme kontekst fandt Darby [8], at beboernes forståelse for hvad der bliver vist på skærmene, har betydning for energibesparelspotentialet. Det er vigtigt at beboerne kan forstå den information, der bliver vist og at de kan relatere informationen til deres dagligdag.

I dette ELFORSK projekt havde beboerne mulighed for at få vist deres forbrug af el, vand og varme og havde mulighed for at få et estimat af prisen i kr. for at gøre det mere håndgribeligt.

Boligers energiforbrug og indeklima styres i vid udstrækning af beboernes praksis [14, 15]. I identiske rækkehuse kan varmekonsumet variere med en faktor 20, så det højeste forbrug er 20 gange højere end den laveste [16], hvilket indikerer, at beboernes praksis har stor indflydelse på energiforbruget. Derfor har en ændring i beboernes praksis som et resultat af en bygningsrenovering stort potentiale til enten at forbedre eller hæmme energibesparelser.

Gram-Hansen og Hansen (2016) [17] sammenlignede det målte varmebrug af 135.000 enfamiliehuse i Danmark med deres teoretiske varmekonsum i energimærkerne. Godt isolerede huse (energimærker A, B og C) havde et højere energiforbrug end teoretisk beregnet. I modsætning hertil havde dårligt isolerede huse (energimærker E, F og G) et lavere energiforbrug end det teoretisk beregnede. En lignende undersøgelse udført på 536.000 husstande i Holland fandt lignende konklusioner [18]. Både Gram-Hansen og Hansen (2016) og Aydin et al. hævder, at de observerede forskelle mellem forbruget beregnet i energicertifikatet og den reelle målte forbrug er et tegn på, at temperaturen i opvarmningssæsonen er højere i velisolerede huse end i dårligt isolerede huse. Hvis dette er sandt, vil renovering af boliger ikke medføre så høje besparelser som beregningerne antager, da en del af energibesparelspotentialet vil blive omsat til højere temperaturer. I dette projekt blev energiforbruget målt før og efter en gennemgribende renovering af en lejlighedsbebyggelse. Dette gjorde det muligt at kvantificere reduktionen i det reelle energiforbrug, foranlediget af renoveringen. Ved at måle indeklimaparametre i bygningen før og efter renovering, var det muligt at undersøge, hvordan renoveringen påvirkede indeklimaet og at estimere om en del af energiforbedringerne blev omsat til højere temperaturer.

2. Bygningen og renoveringen

Projektet fokuserede på fire lejlighedsbygninger i Ballerup, uden for København. De fire bygninger blev opført i 1961 og blev renoveret i perioden 2015-2019. Før renoveringen bestod bygningerne af 248 ens treværelseslejligheder med et samlet gulvareal på 19 248 m². I nogle af lejlighederne, blev layoutet ændret under renoveringen, hvilket resulterede i 56 lejligheder med nem tilgængelighed og adgang til en elevator samt 188 lejligheder i forskellige størrelser (to-værelses, tre-værelses eller fire-værelses). Renoveringen af den første bygning begyndte i december 2015 og blev afsluttet i november 2016. Under renoveringen blev bygningens facader flyttet ud tættere på kanten af tagets udhæng, hvilket skabte en yderligere lejlighedsdybde på hver side af bygningen. Der blev bygget altaner på den ene side af bygningen, og lejlighederne i stueplan fik private haver. Udearealerne blev også renoveret for at gøre dem mere attraktive at bruge. Midt i bygningerne blev der lavet passager til fællesarealerne for at gøre adgangen nemmere. Taget blev renoveret i slutningen af 90'erne og indgik derfor ikke i renoveringen.



Figur 1: På bagsiden af bygningen, blev der etableret altaner og private haver.

Både køkkener og badeværelser blev erstattet af nye, og der blev etableret gulvvarme i badeværelserne. Badeværelserne blev lavet større, og der blev etableret nye faldstammer og vandrør. Varmesystemet blev ændret fra et et-strengt system til et to-strengt system med nye radiatorer placeret ved facaden. Et balanceret mekanisk ventilationssystem med varmegenvinding blev installeret i den nye facade og tilsluttet den eksisterende udsugning i badeværelset og køkkenet. Fjernvarmeinstallationer og rørledninger i og mellem alle fire bygninger blev også renoveret.

Renoveringen omfattede solceller på taget. De oprindelige renoveringsplaner omfattede et stort solcellesystem, der kunne forsyne lejlighederne med elektricitet som kunne afregnes vha. bi-målere i hver lejlighed. Planerne blev nedskaleret til et system, der udelukkende forsyner elforbruget i fællesarealer, såsom belysning i trapper, kældre og udvendige områder.

2.1 Informations-skærme

Som en del af renoveringen, blev der installeret en skærm i entréen i hver lejlighed. Formålet med skærme var at øge beboernes fokus på deres brug af energi og vand såvel som deres indeklime. Hensigten var, at dette ville føre til en reduktion af energiforbruget og vandforbruget i bygningerne.

Skærmene viser data fra temperatur- og fugtighedsfølere samt el-, vand- og varmemålere i lejlighederne på timebasis. Skærmene blev installeret i entréen og blev specifikt designet til at informere beboerne om deres forbrug på en engagerende måde. Timedataene bliver præsenteret på skærmene, så det er muligt for den enkelte beboer at følge udviklingen af forbruget og indeklime over tid. Oplysningerne er tilgængelige via forskellige menuer, kaldet kort, som giver adgang til yderligere information, hvis beboerne klikker på dem.

Skærmene har en række kort med forskellige funktioner. Ét kort giver adgang til en samling tip til at sænke forbruget og/eller forbedre indeklimate, så som at huske at slukke for lyset, når du forlader lejligheden eller huske at lufte ud. Et andet kort underretter beboerne, hvis der f.eks. er et usædvanligt højt vandforbrug og endnu et kort viser vejrudsigten. Skærmene har også kort, der gør det muligt for beboere at visualisere deres daglige, ugentlige og månedlige forbrugsdata for koldt og varmt vand, elektricitet og opvarmning. Beboerne har også muligheden for at sammenligne deres forbrug med andre brugere i bygningen med lignende beboersammensætning. De kan også sammenligne data med deres historiske forbrugsdata, hvilket gør det muligt at se, om der er brugt mere eller mindre energi den aktuelle uge sammenlignet med de foregående uger. Desuden gør kortene det muligt at se et skøn over udgifterne til deres forbrug i kr.

Lejlighedens temperatur og relative luftfugtighed vises som øjeblikkelige værdier på skærmen. Et eksempel på et nogle af skærmens kort, kan ses på figur 2.



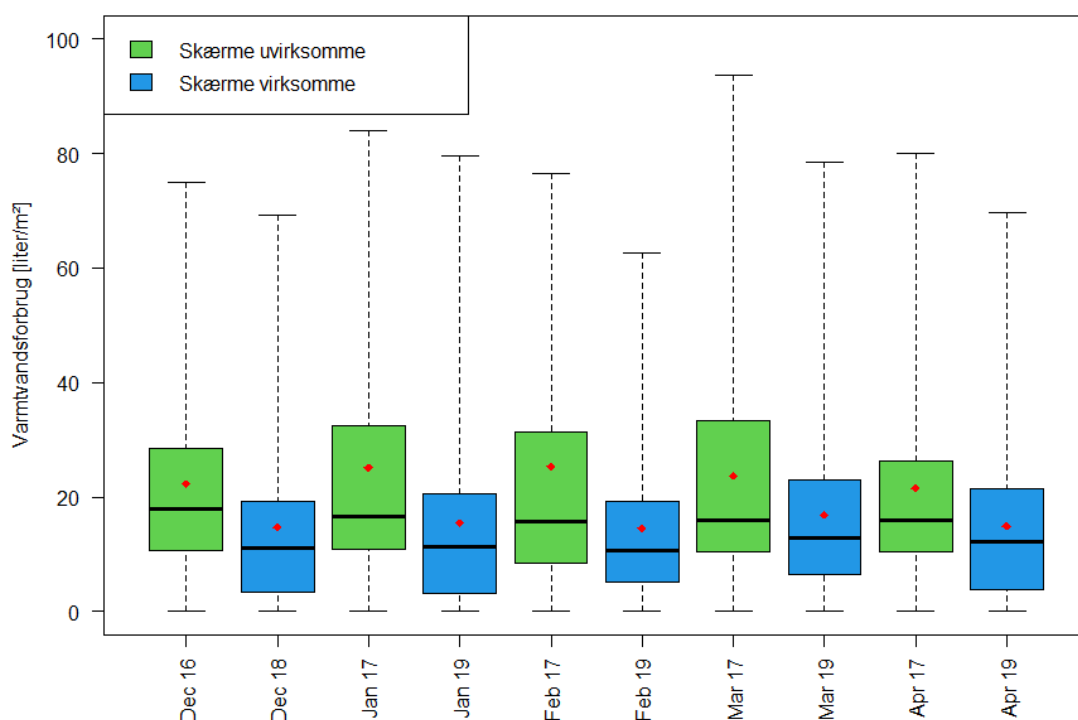
Figur 2: Et eksempel på de kort, der vises på skærmene. Eksemplet stammer fra hjemmesiden keepfocus.dk [19] og er gengivet med tilladelse fra KeepFocus.

På grund af tekniske problemer var skærmene ude af drift i længere perioder efter installationen og begyndte først at fungere ordentligt i begyndelsen af december 2018. I perioden før december 2018 fungerede registreringen af energiforbrug, vandforbrug og indeklime og denne periode blev anvendt som grundlag for de primære analyser af skærmens indvirkning på forbruget.

Skærmene er som standard slukkede og tænder, når der bliver trykket på dem. Desuden virker de som dørtelefon og tænder også hver gang døren til lejligheden åbner.

3. Skærmenes effekt på forbruget

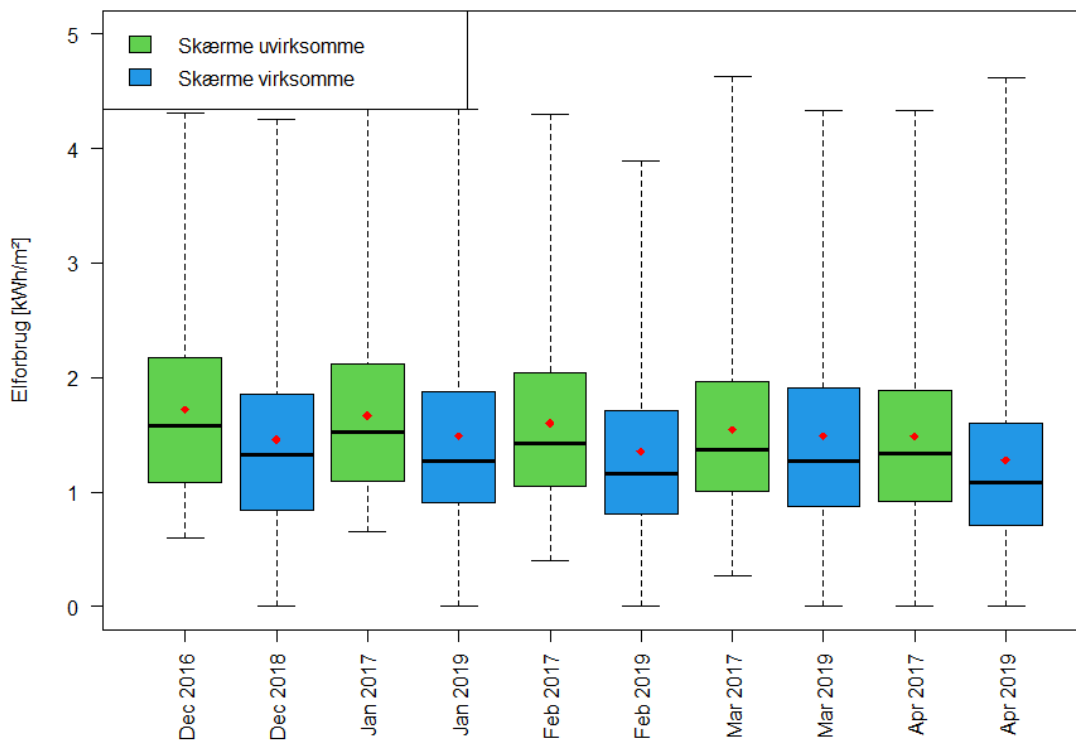
Figur 3 giver et overblik over varmtvandsforbruget i perioder efter renoveringen hvor skærmene hhv. virkede og ikke virkede. Både gennemsnittet og medianforbruget var lavere i månederne hvor skærmene virkede sammenlignet med da de var ude af drift. Forskellen i gennemsnittet var statistisk signifikant i alle måneder (t-test). I gennemsnit faldt varmtvandsforbruget med 7,6 liter/(m²·måned) (fra 22,3 til 14,7 liter/(m² · måned)), svarende til 91,4 liter/(m² · år), da skærmene begyndte at virke. Det svarer til et fald på 34 %.



Figur 3: Sammenligning af forbruget af varmt vand i perioden, hvor skærmene ikke fungerede med en lignende periode, hvor skærmene virkede. Boxplottene viser lejlighedernes månedlige varmtvandsforbrug. De sorte streger viser medianforbruget. Kasserne repræsenterer intervallet med 50% af lejlighederne, og de stiplede linjer angiver det højeste og laveste forbrug for den pågældende måned. De røde prikker angiver månedens gennemsnitlige forbrug.

Elforbruget var også lavere i de perioder, hvor skærmene virkede, sammenlignet med perioder, hvor de ikke virkede (Figur 4). Det gennemsnitlige månedlige elforbrug faldt 15 % fra 1,72 kWh/(m² · måned) til 1,46 kWh/(m² · måned). Denne forskel var dog kun statistisk signifikant i 2 af de 5 måneder (t-test).

Varmeforbruget var også kraftigt reduceret i perioden med virksomme skærme, i forhold til da skærmene ikke virkede. I samme periode, blev der lavet ændringer på ventilationsanlægget og isoleringen på taget. Derfor kan denne ændring ikke udelukkende tilskrives skærmene.



Figur 4: Sammenligning af elektricitetsforbruget i perioden, hvor skærme ikke fungerede med en lignende periode, hvor skærmene fungerede. Boxplottene viser de månedlige elforbrug i lejlighederne

På grund af faldet i både el og varmt brugsvand i forbindelse med at skærmene begyndte at virke, var det nærliggende at undersøge sammenhængen mellem beboernes brug af skærmene og energi- og vandforbruget. Beboernes interaktioner med skærmene blev registreret og opgivet i antallet af klik på skærmen pr. uge. Data for perioden december 2018 til april 2019 blev analyseret både ved hjælp af multivariat lineær regressionsanalyse og ved hjælp af "mixed effects" modellering. Målet med begge analyser var at fastslå sammenhængen mellem antallet af klik på skærmen og forbrug af el, vand og varme. Den lineære regressionsanalyse undersøgte sammenhængen mellem klik og forbrug imellem lejligheder. Analysen baseret på mixed effects, undersøgte sammenhængen mellem klik og forbrug over tid. Begge analyser undersøgte først antallet af ugentlige klik og derefter antallet af uger, hvor der blev klikket mindst én gang på skærmen. Den lineære regressionsanalyse er beskrevet i detaljer i Kildemoes [20] og analysen med mixed effects er beskrevet i Canale et al. [21]. Det overordnede resultat var at der ikke kunne påvises en statistisk signifikant sammenhæng mellem beboernes brug af skærmene og forbruget af el, vand og varme – hverken set over tid eller mellem lejligheder.

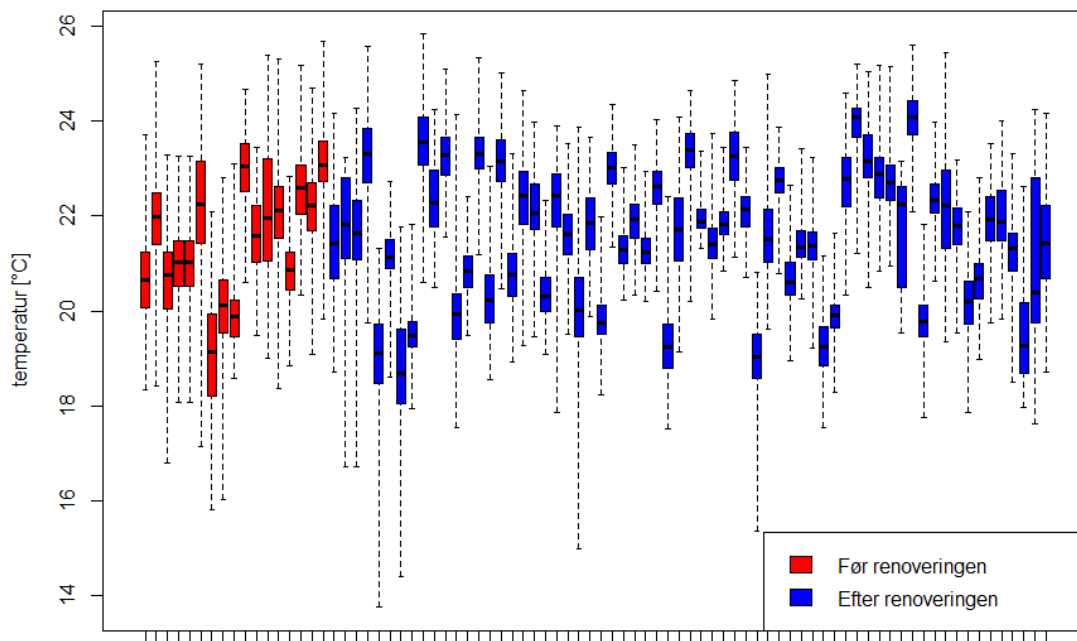
4. Temperatur og energiforbrug før og efter renoveringen

Beregninger foretaget inden renoveringen gik i gang, viste at renoveringen forventeligt ville medføre et markant fald i varmekonsumet. Denne forventning var baseret på en antagelse om, at alle lejligheder blev opvarmet til 20 °C både før og efter renoveringen. For at undersøge om antagelsen holdt stik og for at analysere effekten af renoveringen på energiforbruget blev indeklima og energidata fra før og efter renoveringen af én bygning sammenlignet. Før renoveringen blev der gennemført detaljerede indeklimamålinger i 17 lejligheder. Målingerne omfattede temperatur og relativ fugtighed målt med fem minutters intervaller i soveværelset, stuen og køkkenet. Desuden blev CO₂-koncentration målt i stuen og soveværelset (Tabel 1). Under renoveringen blev der installeret temperatur- og fugtighedssensorer i lejlighedernes centrale gang. Udetemperaturen blev registreret ved hjælp af en vejrstation beliggende på DTU, 12 km fra lejlighedsbygningerne.

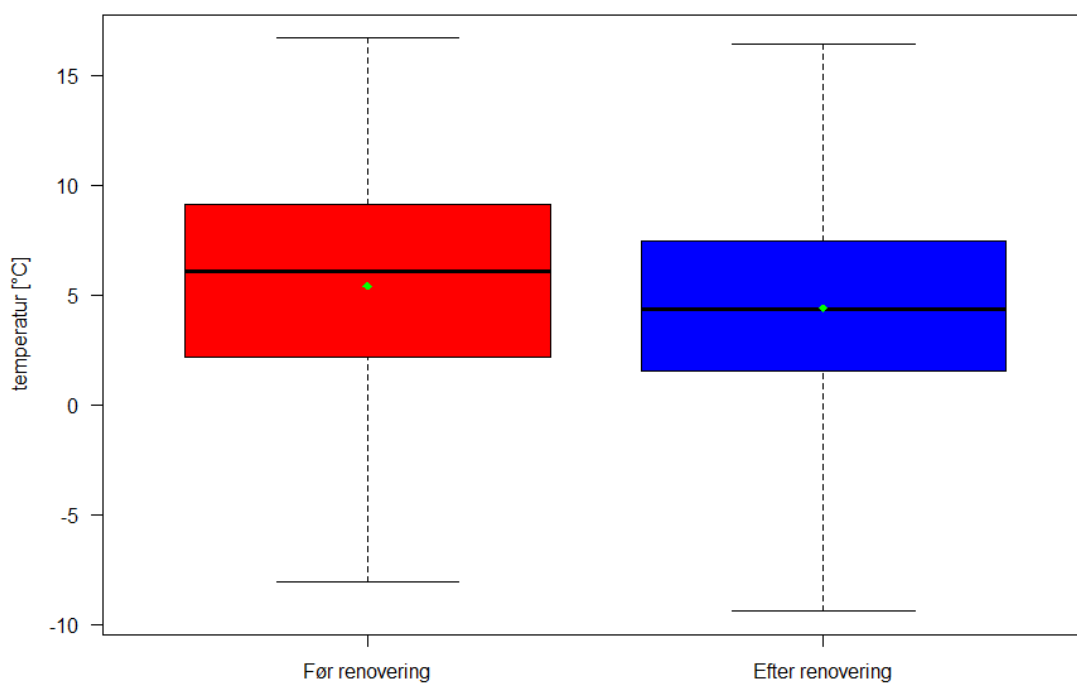
Tabel 1: Overblik over målinger før og efter renoveringen. Målingerne efter renoveringen blev foretaget i den bygning, der blev renoveret først.

	Før renoveringen	Efter renoveringen
Måle periode	1. oktober, 2015 – 29. februar, 2016	1. oktober 2016 – 28. februar 2017
Antal lejligheder	17	63
Registrerede parameter	Temperatur, Relativ fugtighed og CO ₂ koncentration	Temperatur og Relativ fugtighed
Målepunkter	Stue, soveværelse og køkken (ikke CO ₂)	Centrale gang

Temperaturmålingerne før og efter renoveringen blev sammenlignet ved at beregne gennemsnittet af temperaturmålingerne i køkkenet, stuen og soveværelset. Disse blev sammenlignet med temperaturmålinger fra den centrale gang efter renovering i figur 5. Temperaturene før og efter renoveringen lå i samme interval. Både før og efter renoveringen, var der forskel på temperaturene i lejlighederne - nogle lejligheder havde for det meste lav temperatur, mens andre havde højere temperatur. Fordelingen af temperaturer i lejlighederne før og efter renoveringen var altså nogenlunde ens. F.eks. havde 11 ud af 17 (65 %) lejligheder før renoveringen og 41 ud af 63 (65 %) en mediantemperatur, der var lavere end 22 °C. Temperaturene udenfor var sammenlignelig i begge perioder og forskellen i gennemsnitstemperaturen var lavere end 1°C (Figur 6). Der var altså ingen indikationer af at beboerne vekslede noget af energibesparestiltagene til en højere temperatur, ved at skue højere op for varmen efter renoveringen. Andersen et al. 2019 [22] beskriver temperaturmålingerne nærmere.

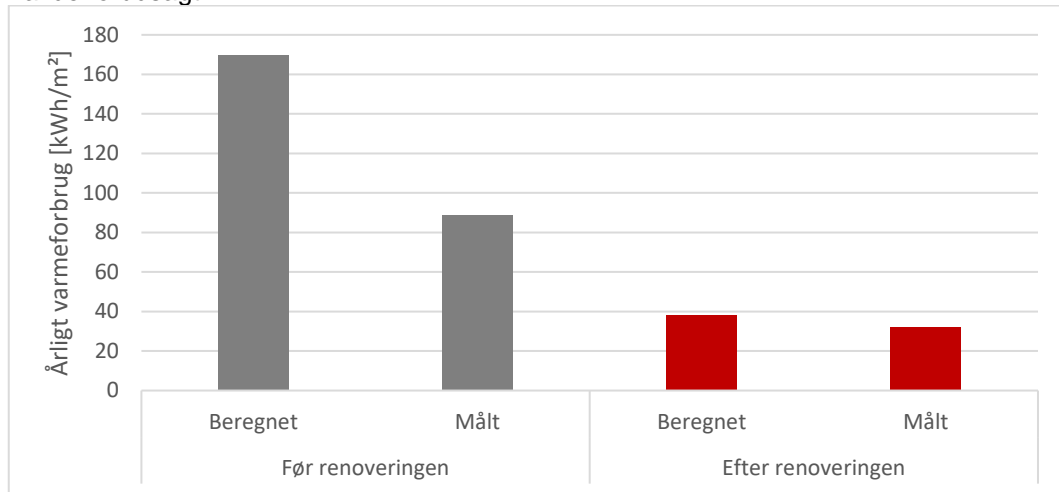


Figur 5: Sammenligning af temperaturerne i lejlighederne før og efter renoveringen. Hver boxplot viser temperaturerne registreret i én lejlighed perioden oktober til marts. De røde viser gennemsnittet af temperaturerne registreret i stuen, soveværelset og køkkenet i 17 lejligheder inden renoveringen. De blå boxplot viser temperaturmålingerne i den centrale gang i 63 renoverede lejligheder.



Figur 6: udetemperaturen før og efter renoveringen

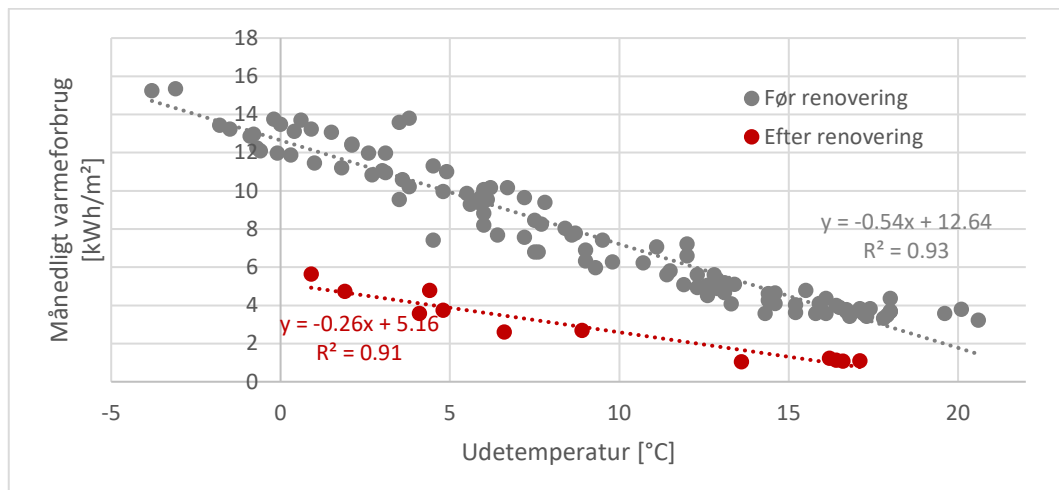
Det beregnede og det reelle varmekonsum før og efter renoveringen er afbildet i figur 7. Det reelle varmekonsum inden renovering var næsten halvt så stort som det beregnede forbrug. I den renoverede bygning faldt forskellen mellem den beregnede og målte forbrug. Det målte forbrug faldt med 60% efter renoveringen og lå lavere end det forbrug som beregningerne havde forudsagt.



Figur 7: Sammenligning af det beregnede og målte varmekonsum før og efter renoveringen.

Det samlede månedlige varmebrug inklusive varmt vand fra 2005 til 2014 (undtagen for 2011), blev brugt til at undersøge hvordan udetemperaturen påvirkede varmekonsumet inden renoveringen. Dette blev sammenlignet med data fra de renoverede lejligheder, herunder brugen af rumopvarmning og varmt vand til de enkelte lejligheder.

Data både før og efter renovering lå tæt på en ret linje. Determinantkoefficient var høj (> 0,9) for begge modeller, hvilket indikerer, at mere end 90% af variationen i det månedlige varmekonsum kunne forklares af den gennemsnitlige månedlige udetemperatur. Som forventet, afhang varmekonsumet før renoveringen mere af udetemperaturen end efter renoveringen.



Figur 8: Det månedlige varmekonsum (til rumopvarmning og varmt brugsvand) som en funktion af den månedlige gennemsnitlige udetemperatur før (grå) og efter (rød) renoveringen.

5. Diskussion og konklusion

Efter en gennemgribende renovering af fire boligblokke faldt varmekonsumet med 60%, til et niveau, der var lavere end det forbrug som beregningerne havde forudsagt.

Temperaturmålinger foretaget før og efter renoveringen viste stor diversitet i beboernes temperaturindstillinger. Hverken diversiteten eller temperaturniveauet ændrede sig med renoveringen. Der var altså ikke tegn på at beboerne vekslede en del af energibesparestiltagene til en højere temperatur i lejlighederne.

Under renoveringen blev der installeret infoskærme i entréen i alle 244 lejligheder. Infoskærmene tænder når der bliver trykket på skærmen og hver gang dørene til lejligheden åbner. Skærmene viser forbruget af el, vand og varme for den enkelte lejlighed. På skærmene er det muligt for beboerne at sammenligne deres forbrug i forhold til tidligere måneders forbrug og i forhold til andre lejligheder med lignende beboersammensætning (alder og antal beboere).

Efter renoveringen var der en periode på op til et år, hvor skærmene var slukkede og ikke virkede. Da forbruget i denne periode blev sammenlignet med forbruget i en lignende periode, hvor skærmene virkede, var elforbruget 15% lavere. På samme måde var forbruget af varmt brugsvand 34% lavere, da skærmene virkede sammenlignet med da de ikke virkede. Der var dog ingen statistisk signifikante sammenhænge mellem brugernes interaktion med skærmene og forbruget af el, vand og varme. På trods af dette er det nærliggende, at skærmene har påvirket beboerne, hvilket har fået forbruget til at falde.

Brugerne interagerede med skærmene på forskellige måder, afhængigt af deres personlige interesse og motivation. Nogle foretrak at klikke gennem de forskellige menuer og tip. For andre var det faktum, at en skærm er permanent installeret i deres lejlighed, nok til at skabe en opmærksomhed. Derfor er beboernes interaktion med skærmene ikke nødvendigvis et mål for hvor meget skærmene har påvirket beboernes opmærksomhed på deres forbrug. Det blev ikke registreret, hvad beboerne klikkede på, men kun hvor mange gange, der blev klikket på skærmen. Derfor er det også muligt, at nogle af de beboere, der klikkede mange gange på skærmen, brugte de andre funktioner uden at kigge på deres forbrug. En beboer, som interagerer meget med skærmen, bliver altså ikke nødvendigvis mere opmærksom på sit forbrug end en beboer, som interagerer lidt med skærmen. Nogle beboere kan f.eks. have lagt mærke til forbruget af det varme brugsvand, når de kom ind ad døren til lejligheden. En sådan påvirkning kræver ikke nogen interaktion med skærmen (den tænder, når døren åbner) og vil altså ikke fremgå af den statistiske analyse. Andre beboere har måske interageret meget med skærmen for at se vejrudsigten eller pga. dens funktion som dørtelefon.

Det faktum at forbruget af varme, varmt brugsvand og elektricitet faldt sammen med at skærmene begyndte at virke peger på, at skærmene bærer en del af skylden. Specielt faldet i forbruget af det varme brugsvand var så stort, at det er svært at forklare uden at inddrage skærmene.

Reference

- [1] International Energy Agency. (2019). Energy Efficiency: Buildings. The global exchange for energy efficiency policies, data and analysis.
<https://www.iea.org/topics/energyefficiency/buildings>.
- [2] S. Yuan, S. Wendell, M. Lic, K. Xud, M. Waitea, D. Zimmerleb, R. Feiockc, A. Ramaswamie, and V. Modia, "Future energy scenarios with distributed technology options for residential city blocks in three climate regions of the United States," *Applied Energy*, 237 (2019) 60–69, 2019.
- [3] Directive 2012/27/EU of the European Parliament and of the Council of 25 October 2012 on energy efficiency, amending Directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC Text with EEA relevance, 2012.
- [4] European Commission, "Directive (EU) 2018/844 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018 amending Directive 2010/31/EU on the energy performance of buildings and Directive 2012/27/EU on energy efficiency," 2018.
- [5] European Commission, "Smart grids and meters. Tilgængelig på:
<https://ec.europa.eu/energy/en/topics/markets-and-consumers/smart-grids-and-meters/overview>" 2019.
- [6] Behavioural Insights Team, "Impacts of alternatives to In-Home Displays on customers' energy consumption - A report from the Behavioural Insights Team for the Department for Business, Energy and Industrial Strategy. Findes her:
https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/829466/smart-meters-in-home-displays-impacts.pdf" 2019.
- [7] W. Abrahamse, L. Steg, C. Vlek, and T. Rothengatter, "A review of intervention studies aimed at household energy conservation," *Journal of Environmental Psychology*, vol. 25, pp. 273-291, Sep 2005.
- [8] S. Darby, "The Effectiveness of Feedback on Energy Consumption" (Kan findes på:
<http://www.eci.ox.ac.uk/research/energy/downloads/smart-metering-report.pdf>" Environmental Change Institute, University of Oxford,, pp. 1-24, 2006.
- [9] C. Fischer, "Feedback on household electricity consumption: a tool for saving energy?," *Energy Efficiency*, vol. 1, pp. 79-104, Feb 2008.
- [10] P. Lewis, A. Bogacka, R. Grigoriou, and S. Xu, "Assessing the Use and Value of Energy Monitors in Great Britain. Kan findes på: <http://www.beama.org.uk/resourceLibrary/assessing-the-use-and-value-of-energy-monitors-in-great-britain.html>" 2014.
- [11] P. Zangheri, T. Serrenho, and P. Bertoldi, "Energy Savings from Feedback Systems: A Meta-Studies' Review," *Energies*, vol. 12, 2019.
- [12] C. McKerracher and J. Torriti, "Energy consumption feedback in perspective: integrating Australian data to meta-analyses on in-home displays," *Energy Efficiency*, vol. 6, pp. 387-405, May 01 2013.
- [13] E. Zvingilaite and M. Togeby, "Impact of Feedback about energy consumption" Kan findes her: https://www.ea-energianalyse.dk/reports/1517_impact_of_feedback_about_energy_consumption.pdf, 2015.
- [14] S. Darby, "The effectiveness of feedback on energy consumption a review for defra of the literature on metering, billing and direct displays, 2006.

- [14] R.V. Andersen, OCCUPANT BEHAVIOUR WITH REGARD TO CONTROL OF THE INDOOR ENVIRONMENT, Technical University of Denmark, 2009.
- [15] R.V. Andersen, J. Toftum, K.K. Andersen, B.W. Olesen, Survey of occupant behaviour and control of indoor environment in Danish dwellings, *Energy Build.* 41 (2009) 11–16. doi:10.1016/j.enbuild.2008.07.004.
- [16] R. Andersen, The influence of occupants' behaviour on energy consumption investigated in 290 identical dwellings and in 35 apartments, in: *Heal. Build.*, Brisbane, 2012.
- [17] K. Gram-Hanssen, A.R. Hansen, *Forskellen Mellem Målt Og Beregnet Energiforbrug Til Opvarmning Af Parcelhuse*, 2016.
- [18] E. Aydin, N. Kok, D. Brounen, Energy Efficiency and Household Behavior: The Rebound Effect in the Residential Sector, *RAND J. Econ.* 48 (2017) 749–782. <http://www.tias.edu/docs/default-source/Kennisartikelen/rebound.pdf?sfvrsn=6>.
- [19] <http://keepfocus.dk/da/keepfocus-cards/> besøgt d. 27. juni 2020.
- [20] L. R. Kildemoes, "Impact of residents' access to indoor climate and consumption data on comprehensive retrofit", Master Thesis, 2020, DTU, <https://findit.dtu.dk/en/catalog/2505351667>
- [21] L. Canale, L. Kildemoes, B.P. Slott, S. Finsdóttir, M. Dell'Isola, G. Ficco, R. K. Andersen, "Do In-Home Displays really affect end-user's consumptions? A field study on 150 residential dwellings over 34 weeks". Indsendes til *Building and Environment* eller *Building Research and Information*
- [22] R.K. Andersen, J.K.K. Petersen, A. Midtstraum, Do occupants change behaviour when their home is renovated ?, in: *Build. Simul.* 2019, 2-4 Sept 2019 Rome, Italy, Rome, 2019.

Tak til

Tak til de studerende, der har valgt at arbejde med projektet som en del af deres uddannelse. De er nævnt i rækkefølge for aflevering af deres projekt neden for. Alle projekterne kan findes her: <https://findit.dtu.dk/en/catalog?author=Andersen%2C+Rune+Korsholm&type=thesis>

Sofie Amalie Dale

Assessment of indoor environment and energy consumption in renovated apartments
MSc project, juli 2020

Lasse Ring Kildemoes

Impact of Residents' Access to Indoor Climate and Consumption Data on Comprehensive Retrofit,
MSc project, Februar 2020

Nagwa Mohamed Abdelbaset Faris

Simulation of energy consumption and indoor environment in apartments - energy consumption and indoor environment
MSc project, Juli 2018

Cecilie Bæksted

Simulation of the influence of occupant behaviour on indoor environment and energy consumption before and after renovation
MSc project, Januar 2018

Jens Koster Kristensen

Energy-management and its influence on building indoor environment and energy performance
MSc project, Juli 2017

Ane Midtstraum

Jens Kristian Kruse Petersen

Energy Consumption, Indoor Climate Occupant Behaviour in a Renovated Apartment Building,
BSc projekt, Juni 2017

Også en stor tak til Laura Canale, som brugte en del af hendes PhD projekt på en gennemgribende statistisk analyse af data fra byggeriet.