



Aalborg Universitet

AALBORG UNIVERSITY
DENMARK

Bedre indeklima gennem energirenovering

Evaluering af tre energirenoveringer og deres effekt på indeklimaet

Klint, Jakob; Scanlon, Philippe; Kolarik, Barbara; Rønnow, Gert; Løck, Sebastian; Aalling, Lenette; Gunnarsen, Lars

Publication date:
2021

Document Version
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

Citation for published version (APA):

Klint, J., Scanlon, P., Kolarik, B., Rønnow, G., Løck, S., Aalling, L., & Gunnarsen, L. (2021). *Bedre indeklima gennem energirenovering: Evaluering af tre energirenoveringer og deres effekt på indeklimaet*. Institut for Byggeri, By og Miljø (BUILD), Aalborg Universitet. BUILD Rapport Bind 2021 Nr. 33

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 2021:33

Bedre indeklima gennem energirenovering

Evaluering af tre energirenoveringer og deres
effekt på indeklimaet





BEDRE INDEKLIMA Gennem ENERGIRENOVERING

Evaluering af tre energirenoveringer og deres effekt på
indeklimaet

Jakob Klint, Philippe Scanlon, Barbara Kolarik,
Gert Rønnow, Sebastian Løck, Lenette Aalling, Lars Gunnarsen

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

TITEL	Bedre indeklima gennem energirenovering
UNDERTITEL	Evaluering af tre energirenoveringer og deres effekt på indeklimaet
SERIETITEL	BUILD Rapport 2021:33
UDGIVELSEÅR	2021
UDGIVET DIGITALT	December 2021
FORFATTERE	Jakob Klint, Philippe Scanlon, Barbara Kolarik, Gert Rønnow, Sebastian Løck, Lenette Aalling, Lars Gunnarsen
REDAKTION	Lenette Aalling
SPROG	Dansk
SIDETAL	92
LITTERATURHENVISNINGER	Side 88-90
EMNEORD	Renovering, Energirenovering, Energieffektivitet, Energisignatur, Energimærkning, Indeklima, Indeklimamålinger, Indeklimaklassificering, Lejeboliger, Udlejningsboliger, Varmeforbrug, Boligdrift, Bygningsdrift, Bygningsreglementet, Energiforbrug
ISBN	978-87-563-2017-7
ISSN	2597-3118
OMSLAGSILLUSTRATION	Lars Gunnarsen
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.build.dk

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

INDHOLD

FORORD	6
1 BAGGRUND FOR RAPPORTEN	8
1.1 Indledning	8
1.2 Afgrænsning	9
1.3 De vidtgående renoveringer	12
1.4 Case-ejendomme	13
2 METODE	18
2.1 Energimærkningsordningen	18
2.2 DS 3033 Frivillig klassificering af indeklimaets kvalitet i boliger, skoler, daginstitutioner og kontorer	19
2.3 Interviews	21
2.4 Datahåndtering og validering	21
2.5 Databearbejdning og analyse	22
2.6 Graddagesystemet, GUF og GAF	22
3 BESKRIVELSE AF DE TRE CASES	26
3.1 Case 1: Almene rækkehuse i Albertslund Syd	26
3.2 Case 2: Privat udlejningsejendom, Gammel Jernbanevej, Valby	36
3.3 Case 3: Andelsboligforening på Vesterbro i København	44
4 OBSERVATIONER OG RESULTATER	50
4.1 Case 1: Almene rækkehuse Albertslund Syd	50
4.2 Case 2: Privat udlejningsejendom, Gammel Jernbanevej, Valby	60
4.3 Case 3: Andelsboligforening på Vesterbro i København, AB Bustrup	65
4.4 Opsummering for de tre cases	71
5 DISKUSSION	78
5.1 Betydningen af kvalificeret driftspersonale og beboernes adfærd	79
5.2 Anvendelse af DS 3033 som værktøj for at sikre et godt indeklima ved energirenovering.	79
6 ANBEFALINGER	82
6.1 Generelle anbefalinger	82
6.2 Idefasen	82
6.3 Projekteringsfasen	83
6.4 Udførelsesfasen	84
6.5 Driftsfasen	84
7 KONKLUSION	86
8 LITTERATUR	88

FORORD

Vi ønsker, at denne rapport skal være en håndsrækning og inspiration ved fremtidige renoveringsprojekter i udlejningsboliger for bolig- og ejendomsselskaberne og deres rådgivere.

Målgruppen er således ejere og administratorer af udlejningsboliger samt beslutningstagere indenfor regulering af markedet for udlejningsboliger og regulering af byggeriet.

Projektgruppen takker beboerne for samarbejdet og for at give os adgang til deres hjem. Vi takker også bolig- og ejendomsselskaberne for samarbejdet og at vi måtte følge forløbene i følgende tre case-ejendomme:

- Bjørnens Kvarter / Fiskens Kvarter / Hjortens Kvarter, Albertslund Syd,
- AB Bustrup, København V,
- Gammel Jernbanevej 4-6, Valby.

Denne rapport har været undervejs siden 2013. Efter flere projektoverdragelser, forsinkelser og mange udskiftninger af de involverede personer undervejs, skylder vi alle de tidligere involverede en stor tak for bidragene. Håbet, om at rapporten kan vise en vej mod mere energieffektive boliger, og hvor der samtidig også er forbedringer i indeklimaet, er opretholdt.

Det er muligt at renovere ældre etageboliger så livet i boligerne bliver bedre, så boligerne er til at betale, og så miljøaftrykket fra driften bliver reduceret. Det er gode nyheder, at den gamle angst fra 1970'ernes energikrise, om at energibesparelser fører til dårligt indeklima, kan tilbagevises eksemplificeret ved de tre klogt gennemførte og afbalancerede renoveringsprojekter, der gennemgås i denne rapport.

Grundejernes Investeringsfond og Landsbyggefonden har givet økonomisk støtte til projektet.

December 2021

Tine Steen Larsen sektionsleder
Sektionen for Bæredygtighed, Energi og Indeklima

The background of the page is filled with a pattern of thin, dark blue, wavy lines that create a sense of movement and depth. These lines are arranged in concentric, slightly irregular curves that flow across the entire page.

1

BAGGRUND FOR RAPPORTEN

1 BAGGRUND FOR RAPPORTEN

1.1 Indledning

Denne rapport omhandler energirenovering og indeklima i lejeboliger. Tre renoveringsprojekter følges med vurdering af energieffektiviteten før og efter, og med brug af standarden DS 3033 til vurdering af indeklimaets kvalitet i boligerne før og efter renoveringen. Baggrunden for dette fokus er, at flere boligejere har oplevet en række udfordringer med indeklimaet og energiforbruget efter energirenovering af ældre boliger. De fleste energirenoveringer ændrer varme- og fugtforholdene i de renoverede bygningsdele. Hvis ikke man tager sine forholdsregler, er der stor risiko for fugtskader, som kan give råd, svamp og skimmelvækst (Brandt 2009). Renoveringsprojekter med det sigte at nedsætte boligens energiforbrug som reaktion på energiprisstigninger i midt 1970'erne og i 1980'erne gav således dårlige erfaringer. I nogle tilfælde har det medført et betydeligt forringet indeklima, som man efterfølgende måtte rette op på med f.eks. skimmelsvamperenoveringer.

”Korrekt efterisolering kan forlænge en bygnings levetid, forbedre indeklimaet og spare energjudgifter. Forkert efterisolering kan i første omgang betyde nedsatte energjudgifter, men på længere sigt resultere i et usundt indeklima og i visse tilfælde nedbryde konstruktionerne.” SBI-anvisning 240 (Møller 2012)

De ældre og dårlige erfaringer før 2013 med forværret indeklima som resultat af energirenoveringer understreger, at der er behov for at sætte fokus på resultaterne af energirenoveringers virkning på indeklimaet i en bredere sammenhæng. Flere ejere af udlejningsboliger har derfor udtrykt et behov for at kvalificere og dokumentere indsatsen for energibesparelser og indeklimatiltag før og efter renoveringsprojekter.

Projektet har derfor fulgt tre typer af renoveringsprojekter af udlejningsboliger, for at belyse hvad der sker ved boligernes indeklima og energimæssige ydeevne og diskutere beslutnings- og byggeprocesser ved en energirenovering. Her har der, ud fra standardiserede værktøjer, bl.a. været undersøgt klassificering af hhv. indeklima og energimærke af boligerne før og efter renoveringsforløbet.

Rapporten, som hovedsageligt er baseret på ovenstående renoveringsprojekter, forsøger at belyse muligheder, barrierer og metoder ved at sammentænke energioptimering og indeklima ved renovering af udlejningsboliger. Endvidere undersøges om klassificering efter DS 3033 er anvendeligt i forhold til at sikre et godt indeklima i forbindelse med renovering.

Som fundament for denne rapport er ovenstående bevæggrunde og hensigter formuleret i følgende problemformulering:

Kan man ved hjælp af klassificeringsværktøjer som DS 3033 fremadrettet undgå indeklimaforringelser ifm. vedligeholdelses- og renoveringssager, og hvilken betydning har det for energiforbruget?

For at gøre problemformuleringen mere håndgribelig er den delt op i følgende fem hovedspørgsmål:

- Med DS 3033 blev der udarbejdet et klassificeringsværktøj til indeklima i boliger. Kan DS 3033 være det efterlyste klassificeringsværktøj til at dokumentere og højne det gode indeklima?
- Har målsætninger for en forbedring af indeklimaklasse iht. DS 3033 en indflydelse på målet for energibesparelser og muligheden for at opnå målet?
- Hvad er bygningsejerens motivation for at igangsætte en renovering af udlejningsboliger?
- Hvilken indflydelse har bygningsdrift og lejernes brug på både indeklimaklassificeringen og energiforbruget?
- Hvordan oplever, accepterer og bruger beboerne de renoverede boliger?

Efter færdiggørelsen af undersøgelserne til denne rapport er DS 3033 blevet trukket tilbage, se mere i kapitlet 'Anvendelse af DS 3033 som værktøj for at sikre et godt indeklima ved energirenovering'.

1.2 Afgrænsning

Projektgruppen har i denne undersøgelse valgt at se på tre ejendomme. To ejendomme er omfattet af meget vidtgående renoveringer rent energimæssigt og i forhold til moderniseringer og forbedringer i øvrigt. I den tredje ejendom foregår der en mere moderat indsats, hvilket er typisk i forhold til den renovering, der generelt løbende sker af bygninger. Hvilken betydning har renoveringerne haft på indeklimaet – og hvilken betydning vil den store fokus på energireduktion for bygninger have for indeklimaet?

En meget stor del af samfundets energiforbrug bruges i bygninger, og ud fra en klimamæssig betragtning er det fornuftigt at have fokus på det forbrug og få reduceret udledningerne af CO₂.

Rådet for Grøn Omstilling (2020) har præciseret, at der i 2017 blev brugt 306 PJ til opvarmning, drift og øvrigt forbrug herunder apparater og belysning. Dette svarede til 48 % af Danmarks samlede energiforbrug i 2017. Bygningernes energiforbrug stod dermed for 32 % af de samlede CO₂-udledninger uden medregning af andre drivhusgasser som metan fra landbruget. I rapporten defineres energiforbruget som leveret energi til matriklen, alle forbrug til belysning og apparater medtages, og der medregnes ikke tab i produktion og distribution.

Energistyrelsen i Danmark anbefaler i deres opgørelsesmetode, at man kun medtager energi brugt direkte til klimatisering af bygninger samt for erhvervsjendomme også belysning. Energistyrelsens opgørelsesmetode giver lidt lavere andele på 39 % og 23 % for henholdsvis bygningernes løbende energiforbrug og deres CO₂-udledning i 2017 (Rådet for Grøn Omstilling 2020).

Opførelse og renovering af bygninger giver også et klimaaftryk, fordi produktion af byggematerialer og drift af byggepladserne bruger energi og udleder CO₂. På verdensplan har World Green Building Council (2019) anslået, at opførelse og renovering af bygninger giver anledning til 11 % af CO₂-udledningerne. I Danmark menes 10 % af CO₂-udledningen at stamme fra produktion af byggematerialer samt bygge- og anlægsprocessen (Regeringens klimapartnerskab for bygge- og anlægssektoren 2020).

Zimmerman, Andersen, Kanafani & Birgisdóttir (2020) har beregnet, at for nyopførte danske bygninger er klimaaftrykket 2-4 gange større for opførelsen end forbruget til driften summeret over de følgende både 50 og 80 år.

Energirenovring af den eksisterende bygningsmasse har mulighed for at føre til væsentlig reduktion af klimabelastningerne fra bygningsdriften, modsat de meget store klimabelastninger, der er ved at rive ned og bygge nyt.

En række offentlige initiativer har særligt siden midt 00'erne haft fokus på at reducere byggeriets CO₂-udledninger. Ikke mindst initieret af EU, er bygningsreglementet løbende blevet revideret for at fremme lavenergibyggeri og renoveringer, der fører til energibesparelser. For nybyggeriet er forbruget af primærenergi i driftsfasen i løbet af de seneste 15 år blevet reduceret til næsten en tredjedel af, hvad det tidligere var.

For den eksisterende bygningsmasse er indsatsen mere træg, alene af den grund at bygningsreglementets virkemidler her er mindre effektive og kun kommer i spil, når der sker renoveringer. Kun en meget begrænset del af bygningsmassen er berørt af renoveringer, og reglementet påvirker blot de bygningsdele, der bliver udskiftet og renoveret. De konkrete energimæssige besparelser er således ikke særligt vidtgående. Derudover er tilbagebetalingstiden for de fleste tiltag meget lang, hvilket minimerer det økonomiske incitament til at foretage energirenovringer, medmindre der er andre årsager til at renovere. Med en beregnet tilbagebetalingstid, der er større end 75 % af investeringens regningsmæssige levetid, ophæves kravet om energiforbedring i bygningsreglementet, medmindre der er tale om en udskiftning af en bygningskomponent.

I den offentlige debat har der længe været stort fokus på energirenovring og indsatser, der skal nedbringe den eksisterende bygningsmasses energiforbrug. Men ifølge EU-Kommissionen (European Commission 2019) havde Danmark i 2012-2016 den næstlaveste energirenovringsrate af boliger i hele EU.

Trods statslige initiativer de seneste 10 år til at minimere den eksisterende bygningsmasses energiforbrug, oplever både byggeriets parter og bygningsejere stadig barrierer, der hæmmer indsatsen. Det drejer sig især om manglende viden, manglende krav, samt at de nuværende energikrav iflg. Energistyrelsen (2021) opleves som vanskelige at forstå for mange aktører i byggebranchen.

Mange af landets kommuner spiller en meget aktiv rolle ved at opstille forskellige energi- og klimamæssige målsætninger og implementere initiativer, der omfatter en nedbringelse af bygningsmassens energiforbrug for både deres egne bygninger og bygninger i øvrigt.

For bygningsejere og beboere kan der være sund fornuft i at nedbringe energiforbruget i bygningerne, da det ikke alene kan reducere driftsomkostningerne, men også medvirke til at skabe et bedre indeklima og større komfort, under forudsætning af korrekt udført arbejde.

Til trods for dette fokus på energibesparelser i bygninger, er det vores erfaring, at der er langt mellem de indsatser, hvor man ud fra en helhedsorienteret betragtning ser på mulighederne for at nedbringe en bygnings energiforbrug. Der gennemføres forholdsvis få dybtgående renoveringer, hvor man analyserer den samlede energibelastning og alle de mulige tiltag for at opnå et lavt energiforbrug.

Det meget lave energiforbrug, som kendes fra nybyggeri, er vanskeligt at opnå for den eksisterende bygningsmasse. De tekniske løsninger til opnåelse af et lavt energiforbrug er kendte, men i praksis har det vist sig vanskeligt, da det kræver relativt store investeringer. Andre barrierer som en øget kompleksitet i processen, involvering af mange parter, og manglende inkludering af indeklima og socioøkonomiske fordele ved dyb renovering af lejlighedskomplekser spiller også ind.

Indsatsen for at nedbringe energiforbruget i boliger er hovedsageligt præget af arbejder, hvor enkelte elementer eller bygningsdele bliver udskiftet med nye, mere energirigtige i forbindelse med vedligeholdelses- og forbedringsarbejder. Den typiske indsats er, at der ved vinduesudskiftninger vælges vinduer med bedre isoleringsevner end de oprindelige, at der ved tagudskiftninger sker en efterisolering af taget, at der ved renovering af betonfacader sker en efterisolering af facaderne, etc.

Bygningsreglementet specificerer nu, at der skal foretages en rentabel efterisolering, når investeringen er tjent ind på mindst 1,33 år, medmindre det ikke er fugtteknisk forsvarligt – i så fald vælges en løsning, der er mindre omfattende til at nedbringe energiforbruget. Specielt for vinduer gælder dog, at selv de billigste vinduer på markedet overholder kravene i bygningsreglementet på grund af storproduktion.

Men systematiske energirenoveringer med anvendelse af hele paletten af værktøjer til energiforbedringer kommer sjældent i anvendelse. Vi vurderer, at dette skyldes, at helhedsorienterede renoveringer med fokus på energi generelt medfører meget omfattende investeringer, der ikke er rentable for den enkelte bygningsejer i forhold til de opnåede energibesparelser. Dermed er det vanskeligt at få truffet beslutninger i boligforeninger til at få igangsat sådanne arbejder. Selv i den nuværende periode med meget lave renter har indsatsen været relativt begrænset.

De implementerede forbedringer er typisk trin for trin forbedringer, som også karakteriserer den typiske og mest almindelige måde at vedligeholde boliger på. Arbejderne sker, når taget er utæt, vinduerne rådner, ventilationsanlægget stopper osv.

Derudover sker der i øvrigt investeringer i energibesparelser, når investeringen er lille og energibesparelsen stor. Det vil sige arbejder, hvor den simple tilbagebetalingstid er kort, hvilket ofte vil sige med en tilbagebetalingstid på mindre end 5 år. Det kan handle om forbedringer og optimering af varmecentralen, isolering af varmtvandsrør, forbedringer af lys på fællesarealer, vandbesparende armaturer, m.m. Den type energiforbedringer er sket løbende gennem mange år, og er i mange tilfælde igangsat af offentlige kampanjer rettet mod beboere eller de servicevirksomheder som de benytter. Men det sker også på baggrund af fornyelsen af energimærker og energiscreeninger, hvor besparelsesmuligheder bliver synliggjort for beboere og bygningsejere.

Og alligevel er der i private udlejningsboliger en risiko for, at selv energiforbedringer med kort tilbagebetalingstid ikke bliver gennemført, da besparelsen tilfalder beboerne og investeringen ofte ikke kan modregnes i huslejen. Udlejeren har dermed ikke altid en direkte økonomisk interesse i at gennemføre sådanne investeringer.

Med udgangspunkt i ønsket om bedre indeklima gennem energirenovering kan det være bekymrende, at energiforbedringer sker som mindre tiltag, da det kan øge risikoen for, at indeklimaet forværres. Dette kan f.eks. ske som følge af en øget tæthed af boligerne samtidig med dårlig ventilation, og dermed en potentiel risiko for en forværring af indeklimaet.

1.3 De vidtgående renoveringer

Omfanget af vidtgående energioptimeringer af flerfamilieboliger er i høj grad betinget af alderen på byggeriet og ejerformen, og dér hvor man gennem de seneste 10-15 år har set omfattende energirenoveringer er i forbindelse med almene betonbyggerier (se for eksempel Lehrskov et al. (2011) og Thomsen et al. (2016)).

Dette skyldes, at den almene sektor er begunstiget af nogle meget gode finansieringsvilkår for renovering af deres bygningsmasse. Der sker en akkumulation af midler til vedligeholdelse i de enkelte afdelinger, i deres boligorganisation og ikke mindst i Landsbyggefonden. Dette muliggør nogle meget omfattende renoveringstiltag i form af 'fremtidssikring' af almene boligafdelinger, afhjælpning af byggeskader, m.m. Såvel den almene boligsektor som skiftende regeringer har fremskyndet og styrket initiativer til fremtidssikring af almene boliger, og især de større almene planbebyggelser fra 1960'erne har og er omfattet af den indsats. Denne indsats har også omfattet en nedbringelse af energiforbruget.

Det samme er generelt ikke tilfældet for boliger med andre ejerformer, dvs. privat udlejning, andelsboliger og ejerboliger. Dette skyldes til dels, at det i højere grad er muret byggeri, og her har behovet for renoveringer været mindre presserende, som følge af en byggeteknisk høj kvalitet, og at den ældste del af det murede byggeri i stort omfang blev renoveret i 1980'erne og 1990'erne i forbindelse med den omfattende byfornyelsesindsats. Byfornyelsesindsatsen førte også til, at ældre bygninger med lav kvalitet blev revet ned, mens de gamle huse med høj kvalitet blev bevaret. Byfornyelsesindsatserne for nu 25-35 år siden betyder samtidig, at bygningerne i dag ikke står over for en generel opgradering – og yderligere forbedringer af energiforbruget er derfor sværere at få gennemført.

Baggrunden for den omfattende indsats i den almene sektor er et ønske om at sikre boligernes konkurrencedygtighed på boligmarkedet, udbedre byggeskader og vedligeholdelses efterslæb og et politisk ønske om at fremme beskæftigelsen i byggeriet efter finanskrisen i 2008.

Med opsparingen i Landsbyggefonden blev der bl.a. prioriteret midler til udbedring af byggeskader samt renovering i sammenhæng med boligsociale indsatser. Man startede fra bunden, således at de byggerier, hvor der var udlejningsproblemer og vedligeholdelses efterslæb, blev prioriteret højest.

Dermed er den almene sektor på mange måder gået foran mht. bygningsrenovering sammenlignet med private udlejningsboliger, andelsboligforeninger og ejerlejligheder, hvor finansieringsforholdene ofte er vanskeligere. Dette til trods for at den almene sektor især huser den del af den danske befolkning med de laveste indkomster.

I den almene sektor sker der ikke blot en opsparing til renovering og fornyelse via Landsbyggefonden, men der er også mulighed for at modtage støtte, hvis kapitalomkostningerne fører til højere husleje. Dermed er det muligt at få gennemført beslutninger med opbakning fra beboerne, hvor man går langt mht. renovering, da beboerne i de enkelte almene afdelinger ikke skal bære de fulde omkostninger via huslejestigninger.

Generelt er det betydeligt vanskeligere at få gennemført tilsvarende beslutninger i andels- og ejersegmentet, såvel som i den private udlejning. Dé hvor der typisk er igangsat

vidtgående projekter er f.eks. i Københavns Kommune, hvor byfornyelsesmidler har kunnet understøtte bygningsforbedringer af især private udlejningsejendomme og andelsboligfor- eninger.

Erfaringer fra de seneste 10-15 års arbejder med helhedsplaner i den almene sektor har vist, hvor bygningsforbedringer og udbedringer af byggeskader har kunnet og kan spille sammen med energirenovering: Det er typisk dér, hvor der har været behov for klimaskærm- forbedringer, som følge af betonbyggeskader eller behov for tagvedligeholdelse, og dermed er arbejderne kommet til at berøre hele klimaskærmen. Bygningsreglementet har reguleret energiforbedringsarbejderne i forhold til efterisolering af tag og facader, og energiforbed- ringsarbejderne har kunnet gennemføres med relativt lave marginalomkostninger.

Det har typisk været i betonbyggeriet, hvor der er behov for at udbedre betonskader og 'be- skytte' betonfacaderne mod vind og vejr. I forbindelse med sådanne arbejder har det været hensigtsmæssigt at efterisolere facaderne, og ofte er taget også blevet udskiftet og efteriso- leret, ligesom vinduerne er blevet skiftet. Det er f.eks. sket med Gyldenrisparken på Amager, Hornemanns Vænge i Valby, Langkjærparken i Aarhus, Varbergparken i Haderslev, Vapna- gård i Helsingør, m.fl.

I det murede byggeri har facaderne ofte en meget lang levetid og lider ikke på samme måde af byggeskader, og en efterfugning af facaderne er ofte tilstrækkelig vedligeholdelse. Der- med bliver en efterisolering af facaderne ikke aktuell, ligesom den også kan være problema- tisk af æstetiske årsager - selvom murstensfacader kan være lige så dårligt isolerede som betonfacader. Nogle gange foretages en udvendig efterisolering af de murede gavle, på grund af problemer med kolde gavle og de deraf følgende problemer med skimmelsvamp i boligerne.

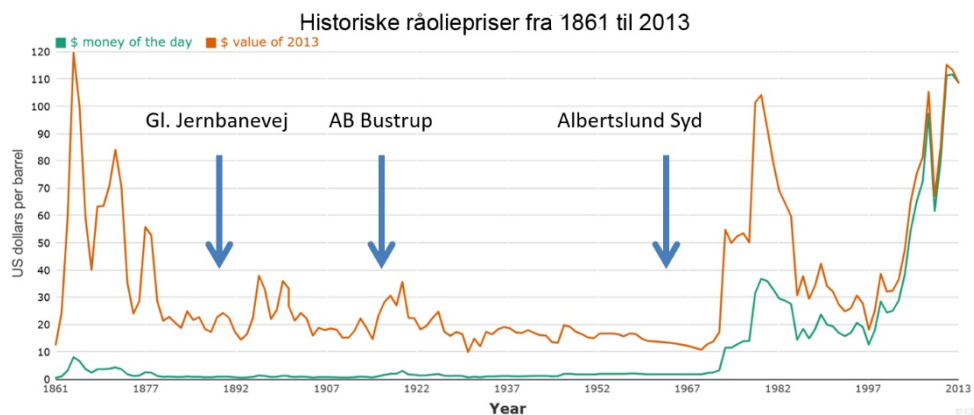
1.4 Case-ejendomme

Til trods for at energirenoveringer ofte sker som mindre tiltag i forbindelse med udskiftning af bygningsdele, har vi alligevel valgt at fokusere på to byggerier, hvor der er gennemført hel- hedsorienterede renoveringer med fokus på hele paletten af energibesparelser. Dette sup- pleret med ét byggeri, hvor der er lavet energiforbedringer med begrundelse i udskiftning af en enkelt bygningsdel. Det er et centralt spørgsmål, om indeklima og energiforbedringer går hånd i hånd, og medvirker til at bygninger og i særligt grad boligers kvalitet forbedres til glæde for mennesker og miljø.

Udvælgelsen er sket med baggrund i et ønske om at se på erfaringer med de vidtgående re- noveringer men også medtage en mindre vidtgående renovering som reference. Det har været centralt at analysere både konsekvenser for energiforbruget, og hvilken indflydelse renoveringen har på indeklimaet i boligerne.

I undersøgelsen koncentrerer vi os om flerfamilieboligerne. Det vil sige boliger, der typisk er administreret af professionelle administratorer og halvprofessionelle bestyrelser, og hvor der er anvendt professionelle rådgivere. Vi ser på to tilfælde af murede flerfamilieboliger, som er det typiske byggeri før 1960, og et betonbyggeri opført i 1960'erne, som repræsenterer byg- geriet efter 1960. Man kunne også sige det håndværksmæssige byggeri versus det industri- elle.

De tre case-egendomme er således opført i hver deres tidsperiode, men undersøgelsen omfatter udelukkende byggeri opført før oliekrisen i 1970'erne (figur 1), hvor stigende energipriser medførte, at bygningsreglementet satte en række nye krav til bygningers energiforbrug og U-værdier for vinduer og klimaskærm. Albertslund Syd ses at være opført i perioden hvor energipriserne var på et historisk lavpunkt, mens de to etagebygninger blev opført tidligere i en tid med højere energipriser.



FIGUR 1. Opførelsestidspunktet for de tre case-egendomme i forhold til udviklingen i olieprisen (BP, 2014).

1.4.1 Udvalgelsen

Udvalgelsen af de tre egendomme med planlagt energirenovering skete i december 2013 ud fra følgende kriterier:

- En moden bygherreorganisation, der har de fornødne ressourcer til rådighed.
- Ejendommen skulle være repræsentativ for Landsbyggefondens og Grundejernes Investeringsfonds øvrige egendomme.
- Byggeriet skulle både repræsentere fuldmuret etageboligbyggeri (muret) og elementbyggeri (beton).
- Projektet skulle have færdiggjort idestadiet, dog skulle der ikke foreligge et forprojektet. For alment boligbyggeri svarende til skema A niveau, med en hovedtidsplan.
- Projekterne skulle være gennemførlig inden for det fastsatte tidsrum på to år.
- Projekterne måtte i planlægningsfasen ikke være overskygget af renovering/sanering pga. farlige stoffer (PCB, asbest, mv.). Det er dog muligt, at der i projektets forløb vil opstå problematikker omkring dette.
- Projekterne bør ikke været sat i gang for at føre bygningen til en anden anvendelse, som f.eks. positionering af boliger i andre markedssegmenter såsom ombygning til ældreboliger eller større sammenlægninger.
- Energistyring i ejendommen bliver betragtet som en stor fordel, da det giver større datagrundlag.
- Der skulle være en variation blandt eksemplerne mellem en fuld renovering af store dele af klimaskærm og installationer, og en mindre renovering med enkelte tiltag.

Det har ikke været muligt at finde projekter, der opfyldte alle kriterier. Især ved de større omfattende renoveringer af klimaskærm m.m. har projekterne en væsentlig længere projekterings- og entreprisetid, og tidsplanen er mere usikker. Følgende egendomme blev valgt:

- Case 1: Rækkehusene, Albertslund Syd
- Case 2: Gammel Jernbanevej, Valby
- Case 3: AB Bustrup, Vesterbro

Rækkehusene i Albertslund Syd repræsenterer det almene betonbyggeri med byggeskader og behovet for en omfattende renovering. Ejendommen på Gammel Jernbanevej 4-6 er en typisk Københavnejendom med privat ejerskab, der skal igennem en omfattende renovering, hvilket muliggøres med byfornyelsesmidler fra Københavns Kommune. Ejendommen er endvidere omfattet af et udviklingsprojekt, hvor vidtgående boligforbedringer skal spille sammen med vidtgående energiforbedringer. Endelig er der en ejendom med en mere 'almindelig' vinduesudskiftning. Der er også her tale om en københavnejendom, men denne gang ejet af en andelsboligforening, og hvor ejendommen får byfornyelsestilskud til vinduesudskiftningen fra Københavns Kommune.

De tre ejendomme er udvalgt med henblik på at undersøge renoveringens betydning for energi og indeklima før og efter, samt de beslutningsprocesser der har haft indflydelse på de valgte løsninger og det endelige resultat. To af ejendommene blev udvalgt før et færdigt forprojekt og den egentlige byggeproces var planlagt. Da projektet afsluttede undersøgelserne, var en af renoveringerne endnu ikke færdig. Der foreligger derfor kun før-målinger og resultater fra processen omkring planlægningen fra denne renovering.

The background of the page is filled with a pattern of thin, dark blue, wavy lines that create a sense of movement and depth. These lines are arranged in concentric, slightly irregular curves that flow across the page. In the center, there is a solid dark blue circle containing the number '2'. Below this circle, the word 'METODE' is written in a bold, dark blue, sans-serif font.

2

METODE

2 METODE

Projektet følger tre renoveringsprojekter for flerfamilieboliger, og undersøger renoveringens betydning for indeklima og energiforbrug for de tre ejendomme. Der er tale om ejendomme med tre forskellige ejerforhold: Privat udlejning, andelsboliger og almene boliger. Privat udlejning og almene boliger kaldes udlejningsboliger i forhold til lejeloven, hvorimod andelsboliger har en særlig status.

De tre cases er blevet fulgt meget tæt gennem Kuben Management, som var bygherrerådgiver i forbindelse med alle tre cases og dermed løbende har haft en dialog med bygherrerne og de kommunale forvaltninger, som har haft indflydelse på renoveringerne og det endelige resultat.

Baggrunden og forudsætningen for renoveringerne bliver beskrevet i kapitlet 'Beskrivelse af de tre cases'.

For at besvare projektets fem hovedspørgsmål er der taget forskellige greb i brug. Der er foretaget interviews med beboere. Interviews baseredes bl.a. på det spørgeskema, som er en del af DS 3033. Endvidere blev der gennemført bredere kvalitative interviews med en række af de involverede beboere.

Både før og efter renoveringerne er der foretaget vurdering af indeklimaets kvalitet i henhold til DS 3033, og bygningernes energimærke før og efter renoveringen er bestemt i overensstemmelse med energimærkningsordningen 2014 (Energistyrelsen 2014).

Projektets foreløbige resultater er tidligere præsenteret af Bonderup, Gunnarsen & Knudsen (2014).

2.1 Energimærkningsordningen

For at belyse boligens energimæssige ydeevne før og efter renoveringen bruges Energimærkningsordningens (EMO) rapporter (Energistyrelsen 2014). De er ligeledes valgt for at kunne håndtere evt. manglede energidata. Med den lovpligtige energimærkning er det synligt, hvor energieffektiv en bolig menes at være. Det afspejler således ikke det faktiske forbrug, men er resultatet af en standardiseret beregning af boligens energimæssige stand. EMO-rapporterne er dog i denne sammenhæng tilstrækkelig til at belyse, om der er sket en energimæssig forbedring.

EMO kan bruges til at bestemme en bygnings energimæssige ydeevne. Det er lovpligtigt at enten udføre en beregning af forbruget jf. retningslinjerne i Håndbog for Energikonsulenter (Energistyrelsen, 2014) eller udføre energi-mærkningen efter målt forbrug. Udviklingen i kravene til energimærket ses i tabel 1.

TABEL 1. Maksimalt årligt varmeforbrug i energimærkesystemet for bygninger

Mærke	A2020	A2015	A2010	B	C	D	E	F	G
Varme kWh/m ²	20	30	52,5	70	110	150	190	240	-

Ved en beregning af energiforbruget tages alene afsæt i bygningens standardiserede energimæssige ydeevne. Brugernes energivaner og drift har dermed ingen indflydelse. Denne simple form for modellering kan overordnet kritiseres for ikke at tage hensyn til dynamiske forhold, forskellige temperaturer i forskellige rum og de aktuelle metoder til driftsoptimering.

Ved større udlejningsboligejendomme vil alene det store antal beboere dog være medvirkende til at de forskellige energivaner udligner hinanden, og at det målte forbrug giver et mere retvisende billede. I ejendomme, hvor enkelte lejerers energiforbrug ikke udgør en væsentlig del af det samlede energiforbrug, er det derfor muligt at mærke ejendommen efter målt forbrug (Klima- Energi og Forsyningsministeriet 2020).

Nærværende projekt sammenholder det målte varmeforbrug og det beregnede energibehov iht. Håndbog for Energikonsulenter (Energistyrelsen, 2014). Der blev indhentet døgnforbrugsdata og disse analyseres med henblik på driftstilstande.

En tidligere analyse baseret på sammenstilling af oplysninger fra sundhedsregistre og energimærkningsordningen har ikke vist en entydig sammenhæng mellem boligens energistandard og forekomst af sygdomme hos beboerne (Cowi 2016). Rapporten viser dog at sygdomme i luftvejene har lav forekomst i boliger med både lavt (E og F) og højt energimærke (A og B) mens den højeste forekomst findes i boliger med energimærke i mellemklasserne (C og D).

2.2 DS 3033 Frivillig klassificering af indeklimatets kvalitet i boliger, skoler, daginstitutioner og kontorer

På initiativ af daværende Erhvervs- og Byggestyrelsen blev en ekspertgruppe nedsat, der i 2011 formulerede en mærkningsordning til klassificering af indeklimatets kvalitet. Dette initiativ resulterede i standarden DS 3033 'Frivillig klassificering af indeklimatets kvalitet i boliger, skoler, daginstitutioner og kontorer'.

Klassificeringen er baseret på singulære målinger og vurderinger af væsentlige byggetekniske forhold, der påvirker indeklimaet. I modsætning til mærkning af de enkelte byggematerialer blev der her for første gang givet en mærkning af det resulterende indeklima.

DS 3033 er ikke et projekteringsværktøj og giver ingen vejledning til projektering eller dimensionering som f.eks. DS 474 'Norm for specifikation af termisk indeklima' og DS/EN 16798-1:2019 'Bygningers energieffektivitet – Ventilation i bygninger – Del 1: Indeklimamæssige inputparametre til beregning og evaluering af bygningers energieffektivitet i forbindelse med indendørs luftkvalitet, termisk miljø, belysning og akustik – Modul M1-6'.

Standarden var tænkt som et værktøj ved nybyggeri og omfattende renoveringer, som bygningsejere og –brugere kan bruge til at vurdere indeklimaet i de nævnte bygningstyper. Med standarden blev det muligt at synliggøre indeklimatets kvalitet i kategorier, der ligner energimærkningens.

Hvornår er der opnået et sundheds- og sikkerhedsmæssigt tilfredsstillende indeklime? Det afhænger af den enkelte bygning – konstruktion, byggematerialer, indretning, mv. samt af den enkelte bygningsbruger. Definitionen på godt indeklime i denne rapport derfor afgrænset til de faktorer, der er beskrevet i DS 3033.

I DS 3033 indgår ni parametre for indeklimeklassificering:

1. Ventilationsraten: måles ved brug af sporgas. Der benyttes enten metoden for henfald, konstant emission eller konstant koncentration.
2. CO₂-koncentration: beregnes ud fra det målte luftskifte, angivet standardpersonbelastning og udekonzentration.
3. Termiske forhold: bestemmes ud fra bygge- og installationstekniske forhold. I vurderingen indgår vinduesrammernes og yderdørenes vedligeholdsmæssige stand, rudetyper, varmeanlæg, varmekildernes placering, individuel termostatstyret temperaturregulering, sikring mod kuldeneffald fra vinduer og solafskærmning. Disse forhold indgår i en samlet vurdering af, hvorvidt der er risiko for gener i form af træk, kuldeneffald eller høj temperatur på grund af solindfald. For institutioner og kontorbygninger suppleres vurderingen af en brugertilfredshedsundersøgelse.
4. Radon: bestemmes ved måling over mindst to måneder ved brug af mindst to samplere placeret i opholdszonen i beboelsesrum. Radonmålinger er ikke relevante for separate boliger, skoler, daginstitutioner og kontorer beliggende over 1. sals niveau.
5. Formaldehyd: bestemmes ved spotmåling i et eller flere repræsentative opholdsrum. Koncentration måles og analyseres som middelværdi over en periode på 30 minutter.
6. Partikler: bestemmes ud fra ejendommens afstand til hovedfærdselsåre og installations-tekniske forhold.
7. Fugt og skimmelsvampe: bestemmes ved visuel, ikke-destruktiv inspektion af bygningen og måling af indholdet af svampesporer i opsamlede luftprøver. Hvor der er anvendt træ i konstruktionen, foretages fugtmålinger ved brug af indstiksmålere.
8. Dagslys: bestemmes ud fra geometriske proportioner af glasareal/gulvareal og rudernes lystransmittans.
9. Akustiske forhold: bestemmes ved måling.

For boliger gælder at CO₂-koncentration og akustiske forhold ikke bestemmes men evt. kan tilføjes i senere versioner. Det efterlader syv parametre relevante for indeklimevurdering af boliger.

Bortset fra radonmålingen udføres alle målinger som punktmålinger på ét tidspunkt. Vurderingstidspunktet skal derfor så vidt muligt fremstå som ved normal anvendelse, for at sikre at indeklimeforholdene - herunder temperatur, ventilationsforhold, rengøring og lignende - afspejler de forhold, som beboerne normalt er udsat for. I nogle enkelte tilfælde (f.eks. radon) korrigeres de målte værdier efter årstiden.

Hver enkelt dimension klassificeres, og det samlede resultat bestemmes på en skala (C, B, A, A+, A++) ved afrunding af gennemsnittet. Et samlet A++ kan kun opnås, såfremt der er givet A++ på samtlige parametre og et samlet A+ eller A gives kun såfremt der ikke er givet karakteren B eller C for ventilationsrate, radon, formaldehyd eller fugt/skimme. Ydermere gives et samlet A+ kun, hvis der er opnået mindst A+ for ventilationsrate (og CO₂ hvis relevant), og i tilfælde af skoler og daginstitutioner hvis der ikke er givet karakteren B eller C for akustik. Det samlede resultat klasse A svarer til daværende bygningsreglement 2015.

2.3 Interviews

Der er blevet gennemført interviews med beboerne i de tre ejendomme. Interviewrunderne har taget udgangspunkt i brugernes anvendelse og tilfredshed med deres bolig, og hensigten har været at få dataindsamlingen suppleret med mere kvalitative vurderinger fra brugere.

Den ene interviewrunde er gennemført før renoveringen, og omhandler brugernes anvendelse af boligerne før renoveringen, og deres holdninger til den kommende renovering. Der er en konkret del om boligens kvaliteter og brugen af den, samt en lidt mere spekulativ del, der handler om deres holdning til de fremtidige løsninger, baseret på det projektmateriale der er blevet præsenteret for. Projektmaterialet er udarbejdet af rådgiverne og består hovedsageligt i visualiseringer af boligerne samt facade- og plantegninger.

De to øvrige interviewrunder er gennemført efter ibrugtagelse af de renoverede boliger.

Rækkehusene i Albertslund Syd kan efter renoveringen betegnes som egentlige lavenergi-boliger med de særlige kvaliteter og karakteristika sådanne boliger har. Interviewene supplerer en spørgeskemaundersøgelse gennemført af SBI (Knudsen og Jensen 2015), der undersøger beboeres tilfredshed med boliger, der er blevet renoveret til lavenergi-boliger. I den undersøgelse indgår rækkehusene i Albertslund Syd, og resultaterne herfra refereres i denne rapport. Ønsket med de kvalitative interviews har været at få et mere nuanceret billede af brugernes anvendelse af boligerne, og deres kendskab til det særlige forhold der gælder for lavenergi-boliger.

Interviewene i AB Bustrup er gennemført efter afleveringen og efter en halv varmesæson i boligen.

Projektets dataindsamling stoppede før det var muligt at lave interview efter renoveringen af Gammel Jernbanevej.

2.4 Datahåndtering og validering

Efter dataindsamlingen blev de forskellige data struktureret og valideret. Når det drejer sig om energi og indeklima, er det projektgruppens erfaring, at det ikke altid er muligt at indsamle en ensartet kvalitet og fyldestgørende data. De undersøgte cases er tre forskellige typer af udlejningsboliger og deres tilgang til registrering af eksempelvis energidata er meget varierende. Der er en vis risiko for at dette data ikke er fyldestgørende. Ligeledes er det heller ikke muligt at lave før og efter målinger i de samme lejligheder, da der renoveres etapevis og alle bygninger ikke står færdige ved projektets afslutning.

For at få adgang til data for varmemeforbrug af ejendommene AB Bustrup og Gammel Jernbanevej 4-6 har projektgruppen købt adgang til forsyningselskabet HOFORs datawarehouse. I HOFORs webadgang til datawarehouse stilles de fjernaflæste målerdata til rådighed. Data for volumen, energi og afkølingen samples hver time og websiden kan vise dem per time, dag, måned og år. Hjemmesiden kan generere alarmer, når det målte energiforbrug afviger fra det forventede i brugerdefinerede intervaller. Døgnforbrugsdata for årene 2013 til 2015 er downloadet fra HOFORs datawarehouse. De indhentede forbrugsdata anses som valide og

af tilstrækkelig kvalitet, da de er foretaget med samme udstyr og metode som benyttes til afregningsformål.

Data for varmekonsumet i rækkehusene i Albertslund Syd har ikke været fjernaflæste. Der er installeret en fjernvarmeenergimåler i hver bolig. Der foreligger ikke andet end forbrugernes egne årsaflæsninger, valideret af fjernvarmeselskabet fra tiden før renoveringen. Ved renoveringen blev der monteret fjernaflæste målere og døgnforbrugsværdier står til rådighed. De indhentede forbrugsdata anses som valide og af tilstrækkelig kvalitet, da de er foretaget med samme udstyr og metode, som benyttes til afregningsformål.

For at normalisere varmekonsumsdata for beboeradfærd anvendes data for hele ejendommen/bebyggelsen. Projektgruppen anser ikke varmekonsummålinger som præcise nok til at bestemme varmekonsumet i en bolig.

2.5 Databearbejdning og analyse

Registrering af energikonsumet og dataindsamling er vigtigt for at kunne verificere det korrekte energikonsum. Det kan gøres med både manuel og fjernaflæst måling. Manuel aflæsning er den billigste, men er behæftet med størst risiko for fejl. Manglende registrering og forkert aflæsning eller indtastning kan give et misvisende billede af det faktiske forbrug. Fjernaflæsning er derimod dyrere, men mere præcis. Fælles for dem begge er dog, at det er vigtigt at kunne dokumentere historiske data digitalt, for at data nemmere kan sammenlignes og analyseres - om det så er i et regneark, energistyringsprogrammer eller en tredje løsning.

Perioden mellem de forskellige aflæsninger er også væsentlig for at kunne kortlægge de forskellige udsving og afvigelser der måtte være. Fejl og utilsigtet forbrug og udsving i energibehovet er nemmere at opfange og håndtere jo oftere der logges data.

2.6 Graddagesystemet, GUF og GAF

Bygningens energikonsum påvirkes af mange forskellige parametre, hvorfor det i første omgang kan være vanskeligt at adskille vejrelateret variationer fra det faste forbrug. Man opererer derfor med et begreb som graddage, der opdeles i GUF (graddage uafhængigt forbrug) og GAF (graddage afhængigt forbrug). Følgende gennemgår kort graddagesystemets funktion, og betydningen af GUF og GAF.

2.6.1 Graddagesystemet

Når energikonsumet til opvarmning skal sammenlignes fra år til år, bliver man nødt til at lave en korrektion i forhold til udetemperaturen i perioden. Meget kolde vinterperioder skal kunne sammenlignes med varmere perioder, hvor bygningen ikke bruger lige så meget energi til opvarmning. Hertil bruges graddagesystemet.

Graddagesystemets basistemperatur er i Danmark 17 °C og er valgt ud fra en antagelse om 'normal' rumtemperatur, normale bidrag fra sol og brugen af bygningen, og en fastsat kvalitet af bygningen. Graddagesystemet måler det enkelte døgn's belastning ud fra forskellen på døgnets middeltemperatur og basistemperatur, når man ikke længere kan klare sig med det 'gratis' energibidrag til rummet som erstatning for den energi, der forlader bygningen. Man beregner herefter graddagetallet for en periode ved at summere graddagetallene for de enkelte døgn i perioden.

Afhængigt af muligheden for indsamling af datagrundlaget for graddagene (lokale vejrstationer, logning af data, mv.), kan kortlægningen af det graddageafhængige forbrug gøres mere eller mindre præcist. Lokale vejrstationer på bygningerne vil give det mest præcise grundlag for antallet af graddage. Såfremt dette ikke er muligt, kan der med god tilnærmelse bruges dataopsamling fra tjenester som DMI fordelt på dagsniveau eller erfaringsbaserede fordelingsstal hen over året til at definere de forskellige graddage for året.

I denne rapport har vi brugt vejrdata fra vejrstation EKCH - Kastrup Lufthavn i METAR-format. METAR vejrdatas kvalitet er standardiseret gennem International Civil Aviation Organisation (ICAO) og anses som tilstrækkelig. Når vi ikke måler temperaturforholdene direkte på ejendommen, kan der dog opstå mikroklimatiske afvigelser. Projektgruppen vurderede, at det ville være for omfattende at opnå samme præcision og sikkerhed i dataene ved egne målinger på ejendommene.

Det er graddagesystemets svaghed at både den aktuelle rumtemperatur og bygningens energieffektivitet - og dermed betydningen af varmetilskuddet fra bygningens brug - varierer meget fra bygning til bygning. Omvendt er det graddagesystemets styrke, at det er simpelt og håndterbart uden automatisk registrering af forbrug.

2.6.2 GUF og GAF

Graddagesystemet bliver brugt til at korrigere til et tænkt forbrug, som ville have optrådt, hvis den forløbne periode havde været tilsvarende den periode, der ønskes sammenlignet med. Under en sådan korrektion skelnes der mellem GUF (graddage uafhængigt forbrug) og GAF (graddage afhængigt forbrug). GUF er således den del af energiforbruget, som ikke skal korrigeres for belastningen i form af graddagetallet. GAF er den del, der skal korrigeres i form af graddagetallet. Med andre ord er det samlede forbrug lig summen af GUF og GAF.

For de perioder, hvor der foreligger fjernaflæste energiforbrugsdata, blev der udført analyser af det graddagsuafhængige (GUF) og det graddagsafhængige (GAF) forbrug, med en tærskelværdi på 17 °C døgnmiddeltemperatur. Både GUF- og GAF-forbrug blev specificeret ift. BBR boligareal og temperaturen for at kunne sammenligne mellem ejendommene.

The background of the page is filled with a pattern of thin, dark blue, wavy lines that create a sense of movement and depth. These lines are arranged in concentric, slightly irregular curves that flow across the page. In the center, there is a solid dark blue circle containing the number 3.

3

BESKRIVELSE AF DE TRE CASES

3 BESKRIVELSE AF DE TRE CASES

I det følgende beskrives de tre ejendomme der blev udvalgt og undersøgt, og som udgør daggrundlaget for rapportens resultater og konklusioner.

Renoveringen af rækkehusene i Albertslund og baggrunden for renoveringen beskrives forholdsvis udførligt, da der er tale om en renovering, der har været meget vidtgående både i forhold til det energimæssige ambitionsniveau og i forhold til det endelige resultat, og som derudover har omfattet et meget stort antal boliger.

Det er samtidigt første gang resultaterne fra denne renovering undersøges grundigt i forhold til energi og indeklime. Projektet har været omfattet af et EUDP-udviklingsprojekt, hvor en lang række større virksomheder i den danske byggebranche medvirkede, og derfor fortjener denne sag at baggrunden for renoveringen, de indledende arbejder og gennemførelsen bliver grundigt beskrevet og udfoldet.

Beskrivelserne består af status og beskrivelse før renoveringen, baggrunden for renoveringen, samt processen og resultatet efter renoveringen.

3.1 Case 1: Almene rækkehuse i Albertslund Syd

3.1.1 Beliggenhed og historisk baggrund

Rækkehusene ligger i Albertslund Kommune. Det er en ung kommune, som i lighed med mange af Vestegnens kommuner i hovedstadsområdet, blev udbygget i 1960-1970'erne. I løbet af ganske få år voksede kommunens indbyggertal fra nogle få tusinde til dens nuværende størrelse på ca. 28.000 indbyggere.

Hovedparten af kommunens ca. 12.000 boliger er således fra 1960'erne og 1970'erne, og udgøres overvejende af industrielt præfabrikeret betonelementbyggeri opført over en meget kort periode. Der blev eksperimenteret med nye bebyggelsesformer. Albertslund blev på den tid særlig kendt for sine mange gårdhuse, der var inspireret af traditionelle bebyggelsesplaner i middelhavsområdet. Differentieret trafikplanlægning hvor biler og bløde trafikanter blev adskilt, klar funktionsopdeling mellem boliger og erhverv, og nye grønne rekreative arealer som Vestskoven og 'kunstige' bakker som 'Dansktoppen' var en vigtig del af de nye ideer til landskabsplanlægning.

Bygningsmassen i Albertslund er dermed omkring 55 år gammel, og en stor andel har behov for renovering. Dels som følge af alvorlige byggeskader og nedslidning, og dels for at sikre at boligerne også fortsat er tidssvarende og attraktive for nye generationer af familier.

Området omkring Albertslund station og indkøbscenteret er planlagt med kun tre forskellige typer af boliger: 650 etageboliger i varierende størrelse mest centralt og langs jernbanen, 550 rækkehuse og 1.000 gårdhuse i klynger syd og nord for etagehusene, og alt sammen opført som almene boliger. Over 60 % af bydelen boliger udgøres af almene boliger.

Byggeriet er en repræsentant for den periode, som nogen har kaldt 'den store fest', hvor byggeriet for alvor tog fart og blev industrialiseret med beton som det nye byggemateriale. Montagebyggeriet afløste det murede byggeri og afskaffede efterkrigstidens boligmangel, samtidig med at parcelhusbyggeriet overhalede etageboligen som den almindeligste boligform. Spillerummet for arkitekterne blev mindre, ensformigheden større og en dansk byggetradition forsvandt til fordel for mere internationale retninger. Hovedparten af det byggeri, der blev opført i beton i Danmark i den periode, ligner alt andet betonbyggeri i verden.

Festen fører også til en del tømmermænd. Dels har mange af periodens store planbebyggelser udlejningsproblemer, da konkurrencen fra parcelhusene er stor, dels er byggerierne omfattet af byggeskader.

I Albertslund melder de første byggeskader sig i forbindelse med de flade tage, som viser sig at have en begrænset levetid, og senere kommer skavanker med degradering af betonfacaderne, og risiko for at armeringsjernet rustet og får betonelementerne til at smuldre.

I begyndelsen af år 2000 står det klart, at boligerne i Albertslund Syd har behov for at blive renoveret. Området ligger centralt i Albertslund, syd for togforbindelsen mellem København og Roskilde.

Udfordringen handler om områdets fysiske kvaliteter, men der er også en boligsocial indsats, der skal sikre at området forbliver attraktivt for såvel de eksisterende beboere som for nye beboere. Boligerne og friarealerne er nedslidte, og der er behov for fornyelse og forbedringer af alle bebyggelser i området: etagehuse, rækkehuse og gårdhuse. I alt 2.200 boliger skal renoveres.

Masterplan Syd

Masterplan Syd udstikker rammerne for renoveringen af de 2.200 boliger i et partnerskab med boligorganisationer og Albertslund Kommune. Der er behov for en overordnet koordinering af arbejdet, da renoveringen også er en del af en kommunal indsats i forhold til Albertslund Syd, hvor ikke mindst centerområdet omkring Albertslund Station og de mange forskellige offentlige arealer og institutioner i området indgår.

"Målet med planen er at udvikle Albertslund Syd fysisk og socialt, så det også i fremtiden er et attraktivt boligområde for flest mulige. Der skal i tide gennemføres renoveringsprojekter, så vi ikke risikerer, at området forslumrer," står der i planen.

Den første etape var renoveringen af 650 etageboliger i Kanalens Kvarter i Albertslund Syd, som stod færdig i foråret 2009. Det blev i den forbindelse synligt, at boligerne rent energimæssigt ikke blev renoveret til et særligt højt niveau.

Bygningsreglements energiregler for renovering var i begyndelsen af år 2000 ikke så skrappe som i dag. Samtidigt var det nødvendigt at kommunen sikrede et lavt energiforbrug.

De gik derfor i dialog med boligorganisationer og Landsbyggefonden, men mulighederne for at finansiere investeringer i energiforbedringer var vanskelige. De besparelser, der kunne opnås ved et lavere energiforbrug, kunne ikke på kort sigt finansiere de nødvendige investeringer i energiforbedringerne. Landsbyggefonden havde heller ikke mulighed for at finansiere energi-forbedringer udover det lovpligtige.

Ligeledes blev det vurderet, at de nødvendige investeringer ikke kunne finansieres via huslejestigninger, da beboerne ikke havde de nødvendige ressourcer, og dermed forventedes at ville nedstemme renoveringsforslagene, hvis huslejen kom til at stige for meget.

På den baggrund blev der taget initiativ til et udviklingsprojekt, med det formål at udvikle nogle renoveringsløsninger, hvor man kunne opnå bedre energistandarder.

Energistyrelsens Energiteknologiske Udviklings- og Demonstrationsprogram (EUDP-programmet) blev ansøgt, og der blev opnået støtte til et projekt, der skulle medvirke til at nå målet (se afsnittet Renoveringsprocessen).

3.1.2 Beskrivelse af ejendommene

Området med case-egendommene betegnes som tæt/lav bebyggelse, opført i 1963-1965 og gennemgribende renoveret i 2013-2015. Boligerne er på 4 rum. I alt 552 næsten ens rækkehuse fordelt på 92 blokke med 6-7 boliger i to plan (se figur 2). Vridsløselille Andelsboligforening har 280 boliger og Albertslund Boligselskab 272 boliger, administreret af BO-VEST.

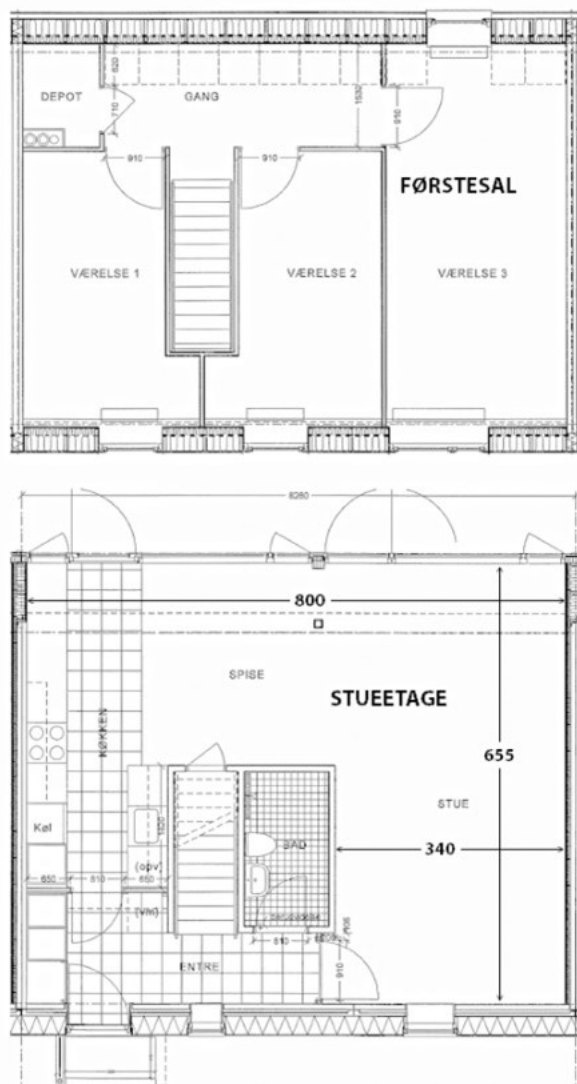


FIGUR 2. Rækkehusene før renovering. Kilde: BO-VEST.

I den følgende udvalgte case undersøges to forskellige kvarterer/rækkehuse for at undersøge en før- og eftersituation. Rækkehusene er byggeteknisk ens. Renoveringen gennemførtes i etaper, og Hjortens Kvarter kunne ikke nå at blive færdigrenoveret med f.eks. energimærkning. Derfor inkluderes Fiskens Kvarter også.

Rækkehusene i kædehusbebyggelsen er hver på ca. 588 m² iflg. BBR. Et lejemål er på 98-106 m² og inddelt i følgende rum (se også figur 3):

- stue med entre
- badeværelse
- køkkenalrum
- sal med fordelingsgang med walk-in closet
- tre værelser, hvoraf det mindste har et walk-in closet.



FIGUR 3. Plantegning før renoveringen.

Renoveringen har været planlagt gennem længere tid, og før renoveringen fremstod flere bygningsdele med et stort vedligeholdelsesefterslæb. Dvs. uden væsentlige opgraderinger af klimaskærmen eller installationer siden opførelsen.

Rækkehusene var opført med randfundamenter og en krybekælder hvor ringe isolerede fjernvarmerør fremføres. Gulvene var uisolerede. Stueetagen er opbygget af betonsandwich-elementer. 1.sal var opført i lette konstruktioner med et build-up tag.

Vinduerne var inden renoveringen i koblede rammer med utætheder mellem ramme og karm samt mellem ramme og ruder. Det samlede vinduesareal er ifølge energimærkningsrapporten efter renoveringen vurderet til ca. 32 m², det svarer til at vinduer og døre i forhold til facade og gavl udgør ca. 39 %. Før renoveringen var det areal 22 m² og en andel på 28 %.

I 'før-byggeriet' blev der konstateret skimmelsvampe i tagvinduet over gangen på 1.sal og i nedre ydervægshjørner i endegavlen i enhed 1A. Det er oplyst at der i andre bygninger, som er opført byggeteknisk ens, blev konstateret skimmelsvamp i de lette vægkonstruktioner og i build-up taget. Vinduet i tagdækket er udført som to-lags kuppelplastvindue.

3.1.3 Beskrivelse af nuværende varmeanlæg og drift

Ejendommen ejes af Albertslund Boligselskab afdeling Syd og administreres af BO-VEST. Det er ligeledes BO-VEST, som drifter anlæggene.

Ejendommen opvarmes med fjernvarme og installationen er udført som et direkte anlæg. Det betyder, at fjernvarmeinstallationen benytter det varme vand fra fjernvarmeledningerne direkte i ejendommens fordelingsanlæg. Fjernvarmestregene løber efter renoveringen under stræderne på forsiden af husene.

Den primære opvarmning af ejendommen sker via et centralvarmeanlæg af fabrikatet Danfoss. Det opvarmede vand fra varmforsyningen føres rundt i et lukket rørsystem til gulvvarmekredse i de opvarmede rum i stueplan samt radiatorer på 1. sal. Radiatorer er tilsluttet et tostrengssystem.

Til regulering af varmeanlægget er der monteret en automatisk styring, som gør det muligt at stoppe varmeanlægget inkl. cirkulationspumpe, når ude-temperaturen kommer over den indstillede grænse. Denne automatik overstyrer reguleringen i de enkelte rum.

Varmt brugsvand stilles til rådighed ved en veksler per boligenhed uden cirkulation. Varmt brugsvand produceres via en Redan gennemstrømnings-vandvarmer.

3.1.4 Bygningsejerens motivation for at igangsætte en renovering af udlejningsboliger

Rækkehusene i Albertslund fremstod tidssvarende fra opførelsesdato og uden nævneværdige opgraderinger. Renoveringen var planlagt over flere år, og nogle påtrængende vedligeholdelsesopgaver blev tilsidesat pga. den planlagte totalrenovering. Den vigtigste målsætning var at bringe boligerne til dagens standard for nybyggeri og endog videre, inden for de økonomiske rammer. Denne målsætning blev understreget i udvælgelsen som EUDP-forskningsprojekt. Projektet skulle undersøge de tekniske og økonomiske muligheder for at løfte den renoverede boligs energiramme til Lavenergi-klasse 1 eller bedre, og om man dermed kunne opnå en bedre totaløkonomi end Lavenergi-klasse 2.

Balanceret mekanisk ventilation med varmegenvinding var en del af energi-konceptet for renoveringen. Bygherren anså dette som et middel til at sikre luftskifte og derigennem kontrollere uønskede stoffer og fugtbelastningen af boligen. Bygherren oplyste at ville skabe et 'robust' indeklima.

Den oprindelige gulvkonstruktion var ikke udført efter dagens krav til radon-sikring. Dog forelå der ikke systematisk måling af radon i boligerne. Der blev ikke stillet krav til målopfølgning i form af definerede kontrolmålinger i de dimensioner som DS 3033 formulerer.

Samtidig var det en udtalt målsætning at den socioøkonomiske beboer-struktur ikke skulle ændres. Rækkehusene skulle bebos af den samme type mennesker efter renoveringen. Det var udtalt, at det byarkitektoniske udtryk skulle bevares, dog blev tre forskellige vinduestyper i gårdfacaden en tilvalgs mulighed for beboerne. Dette medførte livlige diskussioner blandt beboerne om indbliksgener.

3.1.5 Renoveringsprocessen

Forarbejdet med rækkehusene og EUDP-projektet

Der blev opnået støtte til projektet fra Energistyrelsens Energiteknologiske Udviklings- og Demonstrationsprogram (EUDP-programmet). Projektets formål var ikke alene at medvirke til renoveringen af boliger i Albertslund men at udvikle et kommercielt koncept, der generelt kunne anvendes ved renovering af boliger. I projektet deltog en lang række rådgivere og leverandører af byggematerialer: Albertslund Kommune, Albertslund Forsyning, BO-VEST, VELUX, Danfoss, ROCKWOOL, NIRAS, CENERGIA, Teknologisk Institut, Kuben Management, NOVA 5 Arkitekter og RUBOW Arkitekter. Derudover var boligorganisationer i Albertslund repræsenteret ved BO-VEST.

Det blev besluttet at lave en prøveblok, hvor seks rækkehuse blev renoveret til seks forskellige energistandarder, og i samarbejdet mellem partnerne nåede man frem til de potentielt mest hensigtsmæssige løsninger i forhold til et lavt energiforbrug og en hensigtsmæssig byggeproces, og dermed også lave omkostninger til renoveringen.

Et særligt problem knytter sig til rækkehusene, da de er opført på punkt- eller randfundamenter og med krybekælder uden et egentligt terrændæk. For at undgå fugt i krybekælderen og undgå at gulvene føles kolde, er de opført med uisolerede fjernvarmerør ført under gulvene i alle rækkehuse. Da også fjernvarmerørene skulle fornyes var det et særligt problem, der skulle løses i forbindelse med renoveringen.

Forud for EUDP-projektet var der allerede lavet to prøveboliger i samarbejde med rådgiverne NOVA 5 arkitekter, NIRAS, og bygherrerådgiveren Kuben Management. Der havde været brand i to boliger, hvilket gav mulighed for at lave prøveboligerne, som indledning til den fremtidige renovering.

Allerede her blev der arbejdet med forskellige boligforbedringer i kombination med løsninger, der skulle nedbringe energiforbruget. En glaskarnap mod gårdhaven blev etableret, hvilket udvidede stue og køkken samt tilførte mere lys til rummene. Ligeledes blev overetagen gennemlyst ved at etablere vinduer mod havesiden, hvilket der ikke var i de oprindelige boliger. I den ene af boligerne flyttede man trappen ud i et trappetårn på forsiden af bygningen, hvilket gav mulighed for en større bolig med toilet i både over- og underetage. Der blev også arbejdet med efterisolering af boligerne, nye vinduer, bedre ventilation, m.m. Endelig blev udearealerne også renoveret.

Prøveboligerne blev anvendt i dialogen med beboerne omkring de fremtidige boliger og ønsker til forbedringer, ligesom de blev brugt i udviklingen af løsningerne for de seks nye prøveboliger i forbindelse med EUDP-projektet og i renoveringen som helhed.

Fra beboerne var der stor modstand over de nye vinduer mod havesiden, da det gav mulighed for indblik til haven og stuen fra genboerne. Rækkehus-blokkene er parvis opført spejlvendt, således at de har haver og stræder mod hinanden ligesom det kendes fra mange andre rækkehusbebyggelser som f.eks. kartoffelrækkerne. Derudover var haverne omgivet af over to meter høje plankeværk.

Fra boligorganisation og kommune var der et ønske om at åbne boliger, stræder og haver lidt mere op, blandt andet fordi man gerne ville gøre dem attraktive også for nye beboere. Løsningen endte med, at der kom flere vinduer i overetagen, og at plankeværk blev delvist erstattet med hække.

En meget stor del af arbejdet handlede om at finde løsninger, som beboerne kunne bakke op om, og som ville sikre at boligerne blev tidssvarende. Det omfattede især gennemlyste boliger, glaskarnapper, indretning af bad og køkken, hegn og gårdhaver, m.m. Med andre ord forhold, der ikke havde meget med energi- og CO₂-reduktion at gøre, men som fyldte betydeligt mere i dialogen med beboerne, hvilket er afgørende for at sikre gode og tidssvarende boliger.

Så det handlede ikke alene om energi, men især om boligernes indretning. Dette er typisk og ganske naturligt i en renoveringsproces, da boligens energiforbrug kun er én blandt mange ting, der er afgørende for en vellykket renovering. Et godt køkken og et godt badeværelse er ofte vigtigere for beboerne end et lavt energiforbrug. Det er også en velkendt erfaring fra renovering og modernisering af parcelhuse. Vidtgående renoveringer åbner til gengæld op for mulighederne for energireduktion; et potentiale der her blev udnyttet.

I 2007 var en vidtgående energirenovering nyt for hovedparten af rådgiverne og partnerne i EUDP-projektgruppen, og det nye Be06 beregningsprogram, der blev anvendt til energirammeberegninger, var også nyt for de fleste. Der blev derfor arrangeret ekskursioner til Salzburg, Holland og Sverige for at se på passivhusbyggeri og lavenergirenoveringer, og gennemført et utal af workshops og møder, hvor de nye løsninger og den nye teknologi blev diskuteret.

Løsningerne i de to første prøveboliger blev optimeret energimæssigt og økonomisk i forhold til de kommende seks nye prøveboliger. En særlig diskussion udspandt sig om 'retten' til at have vinduet åbent i soveværelset i varmesæsonen. Blandt dem, der fokuserede på energibesparelser, var dette ikke en hensigtsmæssig adfærd, da det ville give et unødvendigt varmetab, fordi ventilationsanlægget med varmegenvinding i forvejen ville sikre det nødvendige luftskifte. Blandt andre var det 'en menneskeret' at have en lav temperatur og masser af frisk luft i soveværelset. En lavenergiklasse med naturlig ventilation kom derfor med som en af de seks nye prøveboliger.

I 2010 var konceptet for de seks boliger udformet og arbejdet med at realisere prøveboligerne kunne igangsættes. Energimæssigt drejede det sig om følgende løsninger:

- En bolig, der opfylder kravene i bygningsreglement 2008 (BR08), som indtil årsskiftet 2010 var den gældende energiklasse ved nybyggeri.
- En bolig til daværende Lavenergiklasse 2 / Lavenergiklasse 2010 (LEK 2010) som dengang var den gældende energiklasse til nybyggeri. Den reducerede BR08s energiramme med ca. 25 %.
- To boliger til daværende Lavenergiklasse 1 / Lavenergiklasse 2015 (LEK 2015) som reducerede BR08 energirammen med yderligere 25 %. Den ene med mekanisk ventilation med varmegenvinding og den anden med naturlig ventilation og solvarme (5 m²).
- En bolig til daværende Energiklasse 2020, hvilket gav yderligere 25 % energireduktion. Her er der tilføjet et større solvarmeanlæg (7 m²) og et uisoleret vindfang ved hoveddøren for øget tæthed.
- En nulenergi bolig, hvor det årlige energiforbrug dækkes af et solcelleanlæg.

Med udvikling af de seks niveauer og realiseringen af boligerne blev der opnået praktiske erfaringer med de forskellige energiniveauer, og større kendskab til hvilke omkostninger de forskellige niveauer ville indebære.

I sommeren 2010 kom prøveblokken med de seks boliger (Fiskens Kvarter 1A-1F) i licitation, og resultatet af licitationen viste, at de seks boliger kunne renoveres til en pris af knap 10 mio.kr., hvilket var ca. 1,65 mio.kr. per bolig. På dette grundlag blev der lavet en vurdering af, hvad de 544 øvrige rækkehuse kunne renoveres til, og hvilke omkostninger der var ved de forskellige niveauer for energiforbedringer.

Det blev vurderet, at når alle 550 boliger skulle renoveres, kunne der opnås 30 % rabat på renoveringen, således at prisen ved renoveringen til BR08 kunne gøres til lige knap 1,09 mio.kr. per bolig. De yderligere omkostninger til at opnå en bedre energiklasse end BR08 fremgår af tabel 2.

TABEL 2. Omkostninger til at opnå en bedre energiklasse ift. BR08

Energiklasse	BR08	LEK 2010	LEK 2015 VGV	LEK 2015 Nat.V.	LEK 2020	NUL- ENERGI
Øget omkostning i forhold til BR08	0,0 %	4,5 %	7,8 %	8,4 %	17,5 %	22,1 %

VGV: ventilationsanlæg med varmegenvinding

Nat.V.: naturlig ventilation

LEK: lavenergibygnings klasse 2010 mv. LEK 2020 er taget ud af bygningsreglement 2018 (BR18) men svarer nogenlunde til den nye, frivillige lavenergiklasse. BR18 har dog lidt strammere krav til bygninger opvarmet med fjernvarme som brugt i case-egendommene.

De øgede omkostninger til LEK 2020 og Nulenergiboligerne skyldes især bedre U-værdier for vinduer, etablering af vindfang og solfanger for LEK 2020 plus solceller for nul-energiboligen. Beregningerne bygger på NIRAS' vurdering af licitationsresultatet; de var rådgiver for BO-VEST i forbindelse med renoveringen.

Teknologien for solceller, solvarme og vinduer har udviklet sig meget siden 2010 og priserne er faldende, så det prismæssige spring fra LEK 2015 (hvilket nogenlunde svarer til minimumskravet for nybyggeri i BR18) til LEK 2020 er blevet mindre. Fra bygningsreglement 2015 har det kun været muligt at modregne en vis mængde solceller. Energirammen er 30,0 kWh/m² per år tillagt 1.000 kWh per år divideret med det opvarmede etageareal.

EUDP-projektet og de nye prøveboliger løb dog ind i et paradoks: de udviklede prisbillige energirenoveringsmetoder ville ikke nødvendigvis sikre, at der også kunne opnås en lavenergiklasse ved renoveringen i Albertslund. De ville kun sikre, at der kunne opnås en billigere renovering, der opfyldte BR08, og det var ikke ambitiøst nok for boligorganisationen og kommunen.

For at overvinde dette problem blev byggeentreprisen udbudt i omvendt licitation, så prisen lå fast og byggekonsortierne konkurrerede om at nå den lavest mulige energiklasse - og den strategi lykkedes.

Energimæssigt blev det udbudt til minimum BR10, hvilket var 54 kWh/m², og design og udførsel endte med at opnå BR15, hvilket var 38 kWh/m².

Totalentreprisen og renoveringsprocessen

I 2012 blev renovering af rækkehusene udbudt i totalentreprise til en værdi af 520 mio. kr. og med en byggeperiode fra 2012 til 2015. Et konsortium af MT Højgaard A/S, RUBOW Arkitekter A/S, Opland Landskabsarkitekter ApS., Torkil Laursen A/S og Gert Carstensen A/S vinder opgaven med renovering af 544 rækkehuse i Albertslund Syd for boligorganisationerne Albertslund Boligselskab og Vridsløselille Andelsboligforening ved BO-VEST.

Af bedømmelsesnotatet fremgår bl.a.: "Forslaget udviser en god forståelse for bebyggelsens arkitektoniske kvaliteter og formår at balancere hensynet til historien med behovet for fornyelse. Forslagene respekterer de arkitektoniske hovedgreb i EUDP-husene (prøvehusene) og introducerer mange forbedrende tiltag, både æstetisk og funktionelt. Forslagets beskrivelse indikerer respekt for bebyggelsen og boligernes oprindelige kvaliteter samtidig med en forståelse for, hvordan der kan tilføres yderligere kvaliteter, der giver beboerne individuelle muligheder for at præge egen bolig."

Renoveringen var meget omfattende og bestod i en total facaderenovering, nyt tag, ændring fra krybekælder (randfundament) til terrændæk, nyt køkken, nyt badeværelse og en glaskar- nap, der udvider boligarealet med 8 m². Herudover blev der i forbindelse med renoveringen etableret nye kloaker, nyt LED-belysningsanlæg, fælles affaldssorteringsøer, og friarealerne blev genetableret med nye belægninger, beplantninger mv.

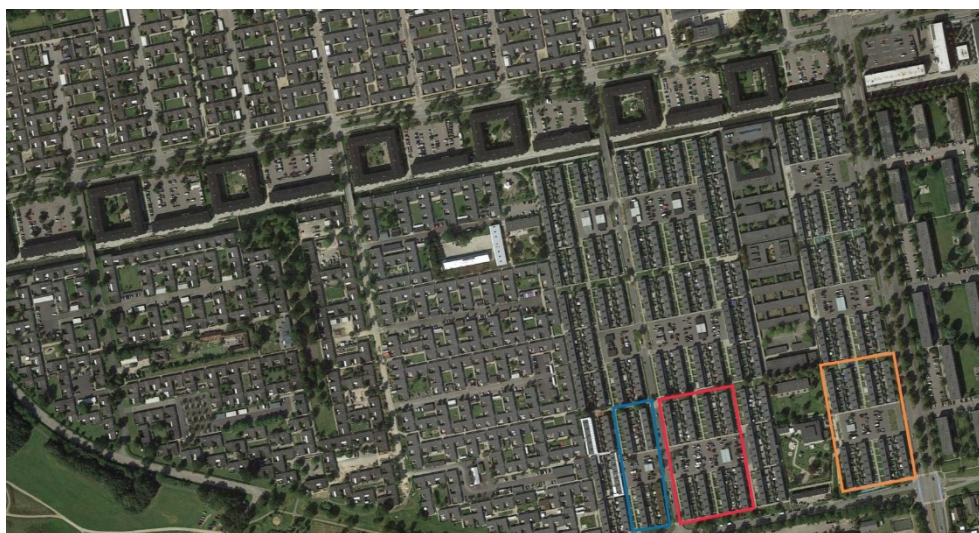
Rent energimæssigt blev boligerne isoleret med 300 mm mineraluld, fik nye tre-lags energiruder, gulvvarme i stueetagen og ventilation med varmegen-vinding.

Derudover etablerede Albertslund Fjernvarme nye lavtemperatur fjernvarmerør i stræderne mellem husene og nye varmevekslere i boligerne, hvilket lå uden for totalentreprisen og blev finansieret af fjernvarmeselskabet.

Renoveringen blev gennemført i tre etaper som startede i 4. kvartal 2012 og var færdig i 3. kvartal 2015 med en rullende tidsplan:

- 1. etape afleveret i marts 2014 (Fiskens Kvarter)
- 2. etape afleveret i januar 2015 (Bjørnens Kvarter)
- 3. etape afleveret i juli 2015 (Hjortens Kvarter)

Kvartererne er indplaceret på kortet i nedenstående figur 4.



FIGUR 4. Luftfoto af Albertslund Syd med Fiskens Kvarter (blå), Bjørnens Kvarter (rød) og Hjortens Kvarter (orange) - Google Maps

Renoveringen gik hurtigere end forventet, og var færdig næsten et halvt år tidligere end planlagt. Efter afleveringen foregik forskellige typer af mangel-arbejder. Et særligt problem var anvendelsen af MgO vindspærreplader i facaderne. Disse pladers problem med fugtophobning blev kendt i marts 2015, og entreprenøren indstillede på det tidspunkt anvendelsen

af pladerne, men 191 boliger i etape 1, 211 boliger i etape 2 samt 78 boliger i etape 3 havde MgO vindspærreplader, som skulle udskiftes.

Indeklimamålingerne blev lavet i boliger i Bjørnens Kvarter, som blev renoveret i 2. etape.

Indeklima og energiforbrug

Renoveringen af bygningerne var meget omfattende idet overetagen blev revet ned, og facaderne i underetagen var det eneste fra de oprindelige bygninger der blev bevaret, se figur 5. Herefter kom der nyt støbt terrændæk, ny isolering og facadebeklædning, nye etageadskillelser og nye præfabrikerede overetager, nye vinduer i tre-lags glas, nye badeværelser, nye tekniske installationer og gulvvarme i underetagen samt balanceret ventilation med varmegenvinding. Ligeledes var alle indvendige overflader nye.



FIGUR 5. Den udførte renovering var meget omfattende.

Kuldebroer og kuldenedfald fra kolde flader blev elimineret og de nye løsninger virker til at have øget boligernes tæthed. Den øgede tæthed nødvendiggør den balancerede ventilation for at sikre et godt indeklima og et lavt energiforbrug.

I stueetagen er vinduesarealet øget med den nye karnap mod havesiden, der nu udgøres af glas i hele boligens brede og fra gulv til loft. I overetagen er der kommet vinduer mod havesiden efter tilvalg. De er generelt placeret så højt, at de kun tilfører lys til forbindelsesgangen til soveværelserne, men ikke giver mulighed for kig til naboerne. Værelserne har bevaret de samme vinduesstørrelser som tidligere, og der er kommet et ovenlys i taget.

Varmesystemet blev totalt fornyet og baseret på lavtemperaturfjernvarme med varmeveksler i hver bolig. Styringen af systemet blev først varetaget af de to boligafdelinger, men blev siden overtaget af Albertslund Fjernvarme. Der er gulvvarme i stueetagen og radiatorer på 1. sal. Der er balanceret ventilation med varmegenvinding med udsugning i bad og ved køkken, samt indblæsning af luft i stue og de tre værelser på første sal.

Der blev valgt sunde materialer ved bygningsrenoveringen og i beskrivelserne står at materialer som PCB, asbest og skimmelramte bygningsdele er fjernet. De nye overflader er

gipsplader med filt og malet med plastmaling uden afdampning af konserveringsmiddel og ammoniak, gulvene er lakeret bølgeparket, og der er flisebelægning i entre, køkken og bad. Der er foreskrevet anvendelse af en-komponent akrylfugemasse, og silikone hvor vinkelrette fuger mellem væg og gulv møder hinanden i køkken og bad. Det er foreskrevet at der ikke anvendes fugemasser med isocyanater.

Både valg af materialer og ventilationssystemet er med til at sikre et godt indeklima ift. afdampning fra byggematerialer og luftskifte. Ligeledes er der gjort meget for at undgå skimmelsvamp, da kuldebroer og kolde flader i boligen er minimeret via isolering af boligen. Der kan dog potentielt være kolde flader i forbindelse med kanalerne til ventilationsluftens indtag og afkast, hvis kanalerne er mangelfuldt isoleret - med deraf følgende risiko for skimmelsvamp.

"Renoveringen af Rækkehusene skaber mere plads og mere lys. Det bliver sundere at leve i boligerne og sjovere at være beboer," skrev BO-VEST på deres hjemmeside (BO-VEST 2016). Overordnet set er der ingen tvivl om, at boligerne på alle niveauer er blevet renoveret til en meget høj standard. Der er næsten tale om nybyggeri, og man er på det energimæssige område gået længere end de gældende regler på det tidspunkt, hvor man ansøgte om byggetilladelse. Dette var netop også intentionen.

Totalentreprisen havde en værdi af 520 mio. kr. og prisen per bolig inkl. moms blev 1,2 mio. kr. Der blev gennemført ekstraarbejder på 140 mio. kr. som følge af PCB, asbest og miljøsanering, samt ekstra individuelle tilvalg fra beboerne i form af køkkener, gulve, indretning, dørpartier og farver. De samlede gennemsnitlige omkostninger per bolig blev knap 1,5 mio. inkl. moms, hvilket svarer til ca. 14.000 kr. per m². Så mange midler er der sjældent til rådighed ved en almindelig renovering.

De mange midler og behovet for en vidtgående renovering har som nævnt betydet, at man har fået meget energieffektive boliger. Udover de valgte materialer og løsninger har følgende forhold også været medvirkende årsager til dette resultat:

- Betonbyggeri med behov for fornyelse af klimaskærm og terrændæk, hvilket giver mulighed for at optimere hele klimaskærmen.
- Alment byggeri, hvor Landsbyggefonden blandt andet giver mulighed for at finansiere byggeskader og med et stort rammebeløb til renoveringen.
- En ambitiøs bygherre og kommune, der har prioriteret energibesparelser som et vigtigt indsatsområde.
- En stor grad af gentagelse (550 boliger) som muliggør en optimering af renoveringsprocessen og et grundigt forarbejde.
- Mulighed for at optimere den endelige renovering via prøveboliger og et udviklingsprojekt på et tidspunkt hvor erfaringerne med lavenergi-byggeri var begrænsede.

3.2 Case 2: Privat udlejningsejendom, Gammel Jernbanevej, Valby

3.2.1 Beliggenhed og historisk baggrund

Ejendommen Gammel Jernbanevej 4-6 er beliggende i bydelen Valby i Københavns Kommune og opført i 1899. Ejendommen er opført på et tidspunkt, hvor Valby endnu ikke var en del af Københavns Kommune.

Omkring 1980 blev byøkologi introduceret som et nyt begreb, der på forskellige måder satte fokus på miljø, energibesparelser, solenergi og bæredygtighed i form af materialevalg m.m., men indsatsen døde i nogen grad ud samtidigt med at den offentlige byfornyelsesindsats blev væsentligt reduceret i slutningen af 1990'erne, og økologi blev herefter nedprioriteret i forbindelse med offentlig byfornyelse.

Den byfornyelsesindsats, der blev gennemført i 1980'erne og 1990'erne, og de løsninger, der blev arbejdet med i de centrale byområder i hovedparten af de større danske byer, har bidraget til en stor erfaring og viden om renovering af muret byggeri. Ikke mindst på Vesterbro i København blev der gennemført meget omfattende renoveringer af ældre ejendomme, og indsatsen kom til at omfatte hele byområder, der blev gennemgribende renoveret.

Udgangspunktet var en 'bevarende byfornyelse', hvor ejendommen blev gennemgribende renoveret, og der blev tilført bad og toilet, nye installationer, nye køkkener og vinduer, centralvarme, samt renovering af tag og facade. Baghuse blev nedrevet og nye gårdanlæg etableret.

Dette meget omfattende arbejde, som startede i slutningen af 1960'erne med byfornyelsesloven, og som i betydeligt mindre omfang fortsat pågår, skabte en tradition og metode til fornyelse af eksisterende murede ejendomme. Erfaringerne fra den periode har påvirket hele byggebranchen lige fra producenter af bygningsmaterialer over rådgivere og entreprenører til de mange håndværkere, der udfører arbejdet. Ligeledes blev der skabt en praksis for inddragelse af beboerrepræsentanter i beslutningsprocessen for renoveringerne, og byfornyelsesloven regulerer at denne inddragelse fortsat skal ske ved offentligt støttet byfornyelse.

Rent byggeteknisk blev der ikke tilført mange nye løsninger; der var tale om en bevarende byfornyelse, hvor man fastholdt de oprindelige materialer og løsninger. Energimæssigt var de væsentligste ændringer at kakkellovne og petroleumsovne forsvandt, og fjernvarme overtog. Tillige fik bygningerne termoruder eller energiruder frem for enkeltlagsglas og koblede rammer. Derudover blev der efterisoleret hvor det var muligt: tag, brystninger under vinduerne og kælder. De nye tekniske installationer begrænsede sig til etablering af udsugningsventilation, og at el- og VVS-installationer blev udbygget og fornyet.

I år 2000 blev der formuleret en vision om at 15 % af elforbruget i bydelen Valby skulle dækkes af solceller i 2025. Denne plan ledte til en række udviklingsprojekter med integration af solceller på bydelens bygninger. I perioden 2007- 2013 blev der gennemført et større EU-støttet projekt 'Green Solar Cities', der skulle fremme lavenergibyggeri i Valby. Denne indsats omfattede vedvarende energi som biomasse, solceller og solvarme, samt energibesparelser ved renovering af eksisterende bygninger.

Green Solar Cities projektet fik direkte økonomisk støtte fra Københavns Kommune, og kommunen prioriterede tillige at de centrale og ældste dele af Valby blev omfattet af områdefornyelse. Områdefornyelse gav mulighed for at yde byfornyelsesstøtte til renovering af ældre ejendomme i området Gammel Valby (det centrale område af Valby omkring Tingstedet) efter de daværende regler for byfornyelse.

De valgte løsninger og betydningen for energiforbrug og indeklima

Desværre blev renoveringsprojektet forsinket, da bygningshøjden og bebyggelsesprocenten var for høj i forhold til den gældende lokalplan for området. Men ønsket om at gennemføre projektet førte til et tillæg til lokalplanen, så byggetilladelsen kunne gives. Renoveringen blev realiseret efter undersøgelserne til denne rapport var afsluttet. Renoveringsprojektet indgår

derfor kun i undersøgelsen med en før-undersøgelse og de første faser af renoveringsprocessen.

Ud fra en energimæssig betragtning opnås en lav energiramme i denne renovering ved at anvende de almindelige virkemidler: Bedre klimaskærm, højere tæthed, kontrolleret luftskifte, vedvarende energi og undgåelse af strafpoint til køling i sommerhalvåret.

Til trods for at den oprindelige facade mod gadesiden blev bevaret, blev en stor del af bygningens klimaskærm fornyet, herunder med nye vinduer med en bedre isoleringsevne end de oprindelige. Mod gårdsiden fik den nye facade en langt bedre u-værdi. Den nye tagetage blev isoleret med 300 mm mineraluld, og der blev anvendt glas og vinduer med lave u-værdier.

Det forventes at bygningens tæthed forøges, og luftskiftet bliver derfor kontrolleret med individuelle ventilationsanlæg med en høj genvindingsgrad.

Derudover blev der opsat solceller på den flade del af taget samt den østvendte side mod gaden. Der blev arbejdet meget indgående med at finde løsninger til at undgå overophedning i sommerhalvåret som følge af den nye glasfacade mod gårdsiden, og simuleringværktøjer for indeklima viste meget tilfredsstillende resultater i forhold til de projekterede løsninger.

3.2.2 Beskrivelse af ejendommen

Ejendommen er opført 1899 som fuldmuret etageboligbebyggelse beliggende på Gammel Jernbanevej 4-6, 2500 Valby. Ejendommen fremstår generelt set alderstilsvarende, men har et mindre vedligeholdelseefterslæb.

Bygningen er på 5 etager, eksklusiv tagetage og kælder. I stueetagen er der butikker og resten er boliger. Ejendommen har 2 opgange og i alt 16 boliger (se figur 6). Bygningsarealet er ifølge BBR 1.139 m², hvoraf 800 m² er opvarmet areal. Størstedelen af lejlighederne er ca. 50 m².

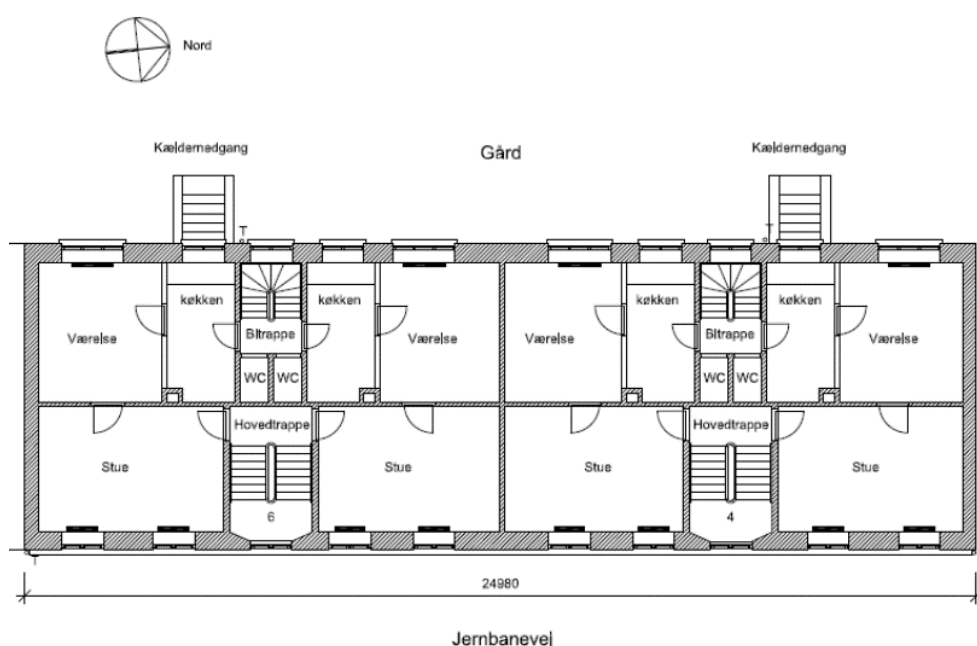


FIGUR 6. Ejendommen før renovering.

Vinduer i lejligheder og trappeopgange var oplukkelige vinduer med to-lags termoruder. Hoveddøre i trappeopgange samt køkkendøre var med to lag termoglas. Vinduer og døre i erhvervslejemål var generelt monteret med et lag glas. Enkelte termoruder var punkterede. Det samlede vinduesareal var ifølge energimærkningsrapporten før renoveringen vurderet til ca. 200 m², det svarer til at vinduer og døre i forhold til facade og gavl udgør ca. 37 %.

Ydervæggene er massivt murværk. Murværket er vurderet til at være ca. 60 cm tykt i stueetagen faldende til 24 cm i øverste etage. Tagets skrå del var skifferdækket, og der var tagpap på den flade del. Både det skrå og det flade tag var isoleret med 100 mm isolering.

Etageplanet adskilte sig fra de typiske toværelseslejligheder i København ved den manglende fordelingsgang eller entre ved indgangsdøren fra hovedtrappen (se plantegningen i figur 7). Boligerne havde udeliggende wc'er på bagtrappen. Der var ikke bad i lejlighederne men fælles bad i kælderen.



1. sals plan, eksist. forhold

FIGUR 7. Plantegning før renovering.

Kælderen var uopvarmet, og ned mod kælderen var der en traditionel etageadskillelse med lerindskud som eneste isolering.

Der var naturligt aftræk fra køkkener og i toiletter.

Ejendommen skulle udvikles med en tagudbygning, som forstørrede ejendommens rumfang, og en form for udbygning af klimaskærmen mod gården. De tekniske installationer skulle herefter opgraderes med mekanisk ventilation med varmegenvinding.

3.2.3 Beskrivelse af nuværende varmeanlæg og drift

I 1994 blev der installeret fjernvarme i ejendommen, og de forskellige lejligheder er tilsluttet fælles varmecentral beliggende i kælderen. Den daglige drift af varmecentralen udføres af

ejendommens VVS-firma og en beboer fra ejendommen. Oplysninger omkring drift af selve anlægget har dog været meget sparsomme.

Forsyningsselskabet HOFOR står for levering af fjernvarme til centralvarme-systemet. Anlægget styres af en elektronisk Danfoss styring med udeføler/ vejrkompensering. Stige-strengene styrer vandmængder gennem TA flowventiler (strengreguleringsventiler). De enkelte varmegivere i lejlighederne styres ved termostatventiler. Om disse ventiler er indreguleret vides ikke. Pumper er af fabrikat Grundfos og er alle af ældre dato.

Ejendommen har et tostrengt vandbåret varmesystem, med en varmecentral med beholdere til indirekte fjernvarme. Ejendommen forsynes med varmt vand via to varmtvandsbeholdere fra 1994 placeret i kælderen.

Varmeregningen fordeles efter elektroniske målere på radiatorerne. Der er ikke individuelle vandmålere på varmt og koldt vand.

3.2.4 Bygningsejerens motivation for at igangsætte en renovering af udlejningsboliger

For ejendommen i Valby var den mest udtalte målsætning at skabe mere boligareal ved en udvidelse af bygningens volumen. Bygherren forkastede et arkitektonisk udkast, fordi øvrige rådgivere anså projektet som værende svært at realisere. Efterfølgende blev der antaget en anden arkitekt, der udarbejdede nogle for bygherren mere acceptable arkitektoniske greb.

Projektteamet valgte at følge principperne fra International Active House Alliance under projekteringen og at vurdere projektideen indenfor:

- komfort
 - dagslys
 - termisk komfort
 - luftkvalitet
- energi
 - energibehov
 - energiforsyning
 - primær energi
- miljø
 - miljøbelastning
 - vandforbrug
 - bæredygtige materialer.

Projekteringsmøderne bar præg af at Active House vurderingsværktøjet (i hvert fald den gang) ikke var tilpasset tilstrækkeligt de danske forhold. Det blev diskuteret mere hvordan en score skulle defineres og opfyldes end hvor høj målsætningen skulle være. Det blev bemærket, at der ikke blev stillet krav til de energimæssige forhold, ud over at bygningen skulle kunne overholde lovmæssige forhold.

Inden for dette projekt var det desværre ikke muligt at iagttage de projekterendes arbejde med det materiale-kemiske kompleks. Det har derfor ikke været muligt at vurdere eventuelle målsætninger indenfor indeklimate-målinger som radon, formaldehyd og partikler.

3.2.5 Renoveringsprocessen

I 2010 ansøgte ejeren af ejendommen på Gammel Jernbanevej 4-6 om by-fornyelsesstøtte til at renovere ejendommen, og fik tildelt byfornyelsesmidler af Københavns Kommune med en ramme på ca. 20 mio. kr.

På baggrund af et samarbejde mellem ingeniørrådgiveren Ishøj & Madsen, der er rådgiver for den private udlejer, og Kuben Management blev der fundet midler hos Boligministeriet til udarbejdelse af et bæredygtigt byfornyelsesprogram for ejendommen. Fra december 2012 blev programmet udarbejdet af en projektgruppe bestående af DOVISTA, VELUX, Svendborg Architects, CENERGIA, Ishøj & Madsen og Kuben Management. I samarbejdet deltog udlejeren, repræsentanter fra ministeriet, Københavns Kommune og Grundejernes Investeringsfond, der også bevilgede midler til projektet.

I projektgruppen tog man udgangspunkt i erfaringer fra arbejdet med byøkologi samt nyere erfaringer med lavenergibyggeri. Samtidigt ønskede partnerkredsen at udfordre den hidtidige renoverings- og byfornyelsesindsats, der næsten udelukkende havde haft fokus på bevaring, ved at gå længere rent formgivningsmæssigt. Netop inddragelse af Svendborg Architects skete ud fra ønsket om at bruge en ny og ung tegnestue, der ikke havde sine rødder i byfornyelsen. Der måtte gerne ske en transformation af bygningen. Ikke en transformation af bygningens anvendelse, men forstået som et nyt udtryk og nye kvaliteter med respekt for bygningsarven.

Erfaringerne fra blandt andet EU-projektet Green Solar Cities havde vist, at lavenergiløsninger var meget vanskelige at realisere i forhold til ældre muret byggeri. Investeringer i energibesparelser havde meget lange tilbagebetalingstider og var vanskelige at finansiere, og beboerne i andelslejligheder og ejerlejligheder ønskede ikke at få huslejestigninger til lavenergiløsninger, hvis ikke de kunne finansieres af lavere omkostninger til varme og el. Der var behov for noget nyt, hvis man skulle kunne løse opgaven. Samtidig måtte boligforbedringerne være i fokus, da de ville kunne legitimere indsatsen og skabe grundlag for en finansiering af forbedringerne.

Arbejdsmetoden blev at sætte mennesket i centrum og fokusere på lys, indeklima og bæredygtighed, og lade energibesparelser underlægge sig denne dagsorden, men fortsat også være ambitiøs på det område.

Byfornyelsesejendommen på Gammel Jernbanevej var en mulighed for at afprøve nye løsninger, og udgangspunktet for arbejdet med et bæredygtigt byfornyelsesprogram tog udgangspunkt i at de vidtgående boligforbedringer også skulle skabe vidtgående energiforbedringer, og det blev til konceptet 'Living in Light'.



FIGUR 8. Visualiseringer af Gammel Jernbanevej 4-6 baseret på ideerne fra Svendborg Architects.
Kilde: Domus Arkitekter.

Living in Light - programmet

Renoveringskonceptet 'Living in Light' er udviklet med det mål at skabe gode, sunde og lyse boliger ud af den eksisterende bygningsmasse, og på den måde tilføje noget mere og bedre end ved en traditionel renovering. Konceptet bygger for det første på en tanke om at sætte mennesket i centrum og lade bygningen underlægge sig denne dagsorden, og dermed at fokusere på sundhed, trivsel og menneskets samspil med omgivelserne i forhold til både kultur og natur. For det andet på en idé om at bæredygtigt byggeri til stadighed kræver udrulning af ambitiøse forsøgsprojekter for at afprøve og udvikle nye løsninger, ny teknologi og nye samarbejder. Ikke mindst er det afgørende at få vist sådanne ideer i 1:1, men også at få vurderet resultaterne på grundlag af praktiske erfaringer fra beboere, bygherre og de udførende.

Det bærende element i konceptet er, at den eksisterende bygning får tilført en ny aktiv facade, der kan ændres over året i forhold til sol, vind og vejr. Samtidig lægger den nye facade flere kvadratmeter til den eksisterende bygning: Det udvider bygningen i højden fra tagets kant og to etager op, henover taget, ud over gården og ned i gårdniveau to meter fra den eksisterende facade (se også figur 8 og 9). Det udnyttede etageareal bliver dermed 50 % større. I mange år har man sammenlagt mindre boliger i København; det giver større boliger, men uheldigvis også færre boliger.

Den nye facade består af en glasfacade mod gården og en ekstra etage med lejligheder i to etager på toppen og solceller. Facaden giver en rigtig god isolering og energitilførsel til ejendommen. Det betød at ejendommen med renoveringen ville kunne opfylde de daværende energikrav til nybyggeri.

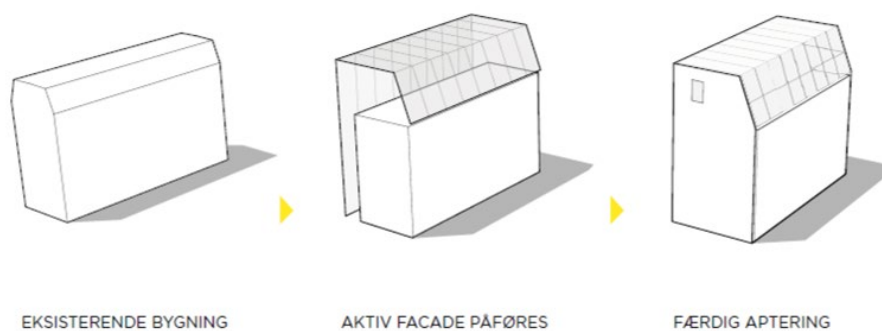
Samtidigt spejlvendes bygningen så den i stedet for at orientere sig mod gadesiden nu orienterer sig mod havesiden. Soveværelserne orienteres mod øst og gadesiden og får vinduer med lydglas, mens opholdsarealerne (køkken-alrum) vendes mod haven og det sociale liv.

Mange byboere efterspørger et liv med adgang til byens tilbud og til egne eller semi-private udearealer, hvor man f.eks. kan nyde solen, være sammen med familier og venner, bidrage til biodiversiteten i byen og dyrke lidt grønt til husholdningen i krukke og højbede. Living in Light-konceptet giver beboerne mulighed for at leve dette attraktive liv i byen: De ekstra kvadratmeter mod gården vil i sommerhalvåret fungere som store balkoner eller små haver, hvor beboerne kan have et udeliv, og samtidig giver glasfacaden mere lys inde i selve lejlighederne, hvilket ikke mindst er vigtigt i vinterhalvåret.

Living in Light handler ikke kun om at tilføje bygningen noget nyt. Den bymæssige kvalitet og kvarterets egenart var med i udviklingen af forsøgsprojektet. Arkitektoniske kvaliteter og bygningsarv i det mere end hundrede år gamle byggeri var også et element, der blev indarbejdet og bevaret som et væsentlig værdiskabende parameter ved renoveringen. Det er vigtigt rent miljømæssigt at bruge og genbruge de mange håndværkstimer og gode materialer, der er anvendt i bygningen allerede. Derfor bevaredes bygningens facade mod gaden og de mange håndværksmæssige detaljer i opgangene, rummene, m.m., ligesom butikkerne i stueetagen blev fastholdt.

Forsøgsprogrammet førte til en forsøgsansøgning om udvikling af en glas-facadeløsning mod gårdrummet, decentrale ventilationsløsninger, bygnings-integration af solceller, 'smart meters' til energistyring af ejendommen, m.m. Dette gav mulighed for at få konkretiseret og færdigudviklet de mange ideer, så der kunne ske en realisering af projektet.

Glasfacaden mod gårdrummet var en udfordring, hvis den både funktionelt, indeklimamæssigt og energimæssigt skulle være velfungerende. Særligt den glasfacade, som skaber den nye rumlighed mod vest, er et nyt element med nye kvaliteter for alle boligerne. Den dobbelte glasfacade trækker maksimalt med lys og luft ind i boligerne, og den eksisterende facade på gårdsiden åbnes op.



FIGUR 9. Visualisering af den renoverede bygning Gammel Jernbanevej 4-6. Kilde: DOMUS Arkitekter.

Ved hjælp af værktøjerne fra Active House blev der arbejdet intensivt med at finde løsninger til, hvordan denne facade skal fungere, så der ikke sker en overophedning af boligerne i sommerhalvåret, og så facaden er velisoleret i vinterhalvåret.

Resultatet af dette arbejde blev en løsningen med 'bolighaver'. Om sommeren kan en ny tre-lags glasfacade skydes til side, og det tilførte areal bliver en 'bolighave' – en stor åben balkon mod vest. I det oprindelige facadeplan afskærmes boligen med en sommerfacade, der kan skydes for, når den yderste facade er åben. Den indre glasfacade er en et-lags glas-løsning, og kan dermed ikke udgøre klimaskærmen i vinterhalvåret.

For at kunne holde varmen og undgå et stort energiforbrug lukkes den ydre tre-lags glasfacade om vinteren og skaber en fleksibel udvidelse af de små boliger med nye kvadratmeter. Glasfacaden tilfører samtidig boligerne maksimalt med lys i de mørke måneder.

Bygningens oprindelige facadeudtryk mod Gammel Jernbanevej blev bevaret, hvilket vil sige den blanke mur og nye dannebrogsvinduer, og de fire butikslejemål blev bevaret i stueetagen. Taget blev rejst i to etager og i samme højde som hjørneejendommen nord for. Taget fik et mørkt udtryk bestående af vinduer og solceller, der ligger i samme plan. Det er roligt i sin form, men levende i forhold til størrelse og placering af vinduer og solceller, og om det er nat eller dag.

Mod gårdsiden følger den nye facade naboejendommen mod nord og fremstår med en glasfacade, der afgrænses af mørke teglsten til naboerne og ned mod gårdplanet. Den begrønnes af planter der vokser op langs facaden, samt af den begrønning som beboerne i øvrigt ønsker at have på balkonerne.

Den sydlige fritliggende gavl over den eksisterende nabobygning blev planlagt med tegl som overflade.

Med dette renoveringsprojekt interagerer de nye arealer og nye bygnings-overflader i større grad med omgivelserne, og tilfører de eksisterende bygninger nye kvaliteter i form af dagslys, solenergi, adgang til udearealer, bedre isolering mod kulde, begrønning, osv. Klimaskærmen og de nye arealer er således aktive sammenlignet med den eksisterende klimaskærm og de mere traditionelle renoveringer, hvor bygningsdele udskiftes og klimaskærmen blot isoleres. Boligerne er desuden mere fleksible i forhold til hvornår de er 'åbne', og hvornår de er 'lukkede', afhængigt af beboernes anvendelse af boligerne over døgnet og året, og variationen i vind og vejr.

3.3 Case 3: Andelsboligforening på Vesterbro i København

3.3.1 Beliggenhed og historisk baggrund

Ejendommen på ydre Vesterbro indgår i en samlet bebyggelsesplan udarbejdet af Stadsingeniørens Direktorat i 1905. På det tidspunkt var man blevet bevidst om manglerne ved spekulationsbyggeriet, der blev opført fra 1856 efter København ophørte med at være fæstningsby, og som havde sat sit præg på indre Nørrebro og Vesterbro. Man ville undgå de mange baghuse og små baggårde, der næsten ikke tillod dagslys at komme ned til de nederste etager. Ligeledes ville man undgå baggårdserhverv i gårdene.

Nu ønskede kommunen at skabe gode sol- og lysforhold for boligerne, hvilket blandt andet kom til udtryk ved, at man gjorde de nordvendte facader for bygningerne så korte som muligt ved udformning af karreerne (se figur 10). Derudover er karreerne netop uden baghuse, som det også kendes fra karreerne på Østerbro i København, og der blev arbejdet med små pladser i gaderummet.

I dag opleves gårdrummene alligevel som relativt små sammenlignet med gårdrummene på indre Vesterbro. Det skyldes at indre Vesterbros meget tætte karreer har fået saneret deres bag- og mellemhuse væk, og nu fremstår med meget store grønne gårdrum.

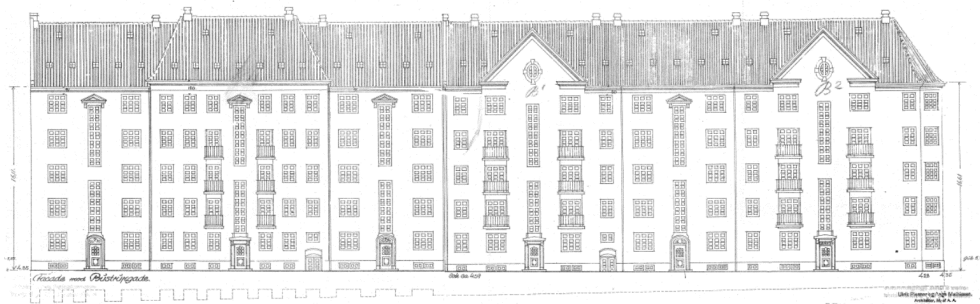


FIGUR 10. Luffoto af ejendommen hvor karreen ses i midten af billedet – Google Maps.

3.3.2 Beskrivelse af ejendommene

AB Bustrup er en andelsboligforening fra 1918 med i alt 87 boliger fordelt på 5 etager og 9 opgange, og med et samlet opvarmet beboelsesareal på 5.585 m² på adresserne Bustrupgade 2, 4, 6, 8, 10 og 10a, Bevtoftgade 5 samt Stenderupgade 7 og 7a. AB Bustrups boliger består af to- og trerumsboliger fra 55 m² til 71 m² samt nogle ganske få over 100 m².

Bebyggelsen er tegnet af Ulrik Plesner og Aage Mathiesen, to af datidens toneangivende arkitekter (se figur 11). Ulrik Plesner er blandt andet kendt for at frigøre arkitekturen fra historismen, som ellers prægede den tid. Han har opført en lang række bygninger rundt omkring i Danmark, herunder ikke mindst et stort antal i Skagen og omegn.



FIGUR 11. Bygningen med facade mod Bustrupgade, tegnet af arkitekterne Ulrik Plesner og Aage Mathiesen.

Ejendommen er opført i blank mur mod gadesiden og pudset facade mod gårdsiden. Ejendommen fremstår alderstilsvarende og uden større vedligeholdelsesefterslæb eller skader (se figur 12). Ejendommens tegltag er oprindelig sadeltag med røde teglsten.

De oprindelige vinduer blev udskiftet til PVC-vinduer i 1970'erne, og der er etableret altaner i 1980'erne mod Bustrupgade. Det samlede vinduesareal var ifølge

energimærkningsrapporten før renoveringen vurderet til ca. 1.440 m², det svarer til at vinduer og døre i forhold til facade og gavl udgør ca. 31 % for alle tre bygninger.

Ejendommene er opført med naturlig ventilation, men har sidenhen fået mekanisk udsugning fra bad med aggregat på spidslofterne. Der er ingen fælles udsug fra køkkenerne. Enkelte lejligheder har etableret udsug gennem facaden. Der er ingen ventilation i kældrene.

3.3.3 Beskrivelse af nuværende varmeanlæg og drift

Ejendommen har et tostrengt vandbåret varmesystem, med to varmecentraler med beholdere til indirekte fjernvarme.

Forsyningselskabet HOFOR står for levering af fjernvarme til centralvarmesystemet. Der er installeret Schneider Electric styring med udeføler / vejrkompensering. Stigstrengene reguleres af strengreguleringsventiler. De enkelte varmegivere i lejlighederne styres ved termostatventiler. Det vides ikke om disse ventiler er indreguleret. Grundfos-pumperne er alle af nyere dato og lavenergipumper. Elektrolyseanlæg til varmtvandsbeholdere er af fabrikat Krüger.

Den daglige drift står varmemesteren for, og anlægget finjusteres løbende. Hvis en beboer melder at det er køligt, hæves anlægstemperaturen/varmekurven lidt. Ifølge varmemesteren er det de samme to-tre beboere, som hvert år klager over varmen. Andelsforeningen får af-syret veksler samt rensset beholder efter behov.

3.3.4 Bygningsejerens motivation for at igangsætte en renovering af udlejningsboliger

I 2012-2013 blev Kuben Management kontaktet vedrørende en isolering af etageadskillelsen mod loft og kælder. På den baggrund blev der gennemført en energiscreening og udarbejdet en drifts- og vedligeholdelsesplan. Dette forarbejde førte til et forslag om vinduesudskiftning af ejendommens PVC-vinduer, og i den forbindelse søgte foreningen om byfornyelsesmidler til støtte af arbejdet.

Kommunen var positiv men stillede krav om at det skulle være koblede rammer og med et-lags glas udadtil, og med kitfals og to-lags energirude indadtil. Dermed ville bygningen få et udtryk, der var mere i overensstemmelse med det oprindelige udtryk, og samtidigt ville de fuldt-ud leve op til de daværende bedste energistandarder for vinduer.

For foreningen betød det, at vinduesudskiftningen kom til at koste nogenlunde det samme, som hvis de ikke havde fået byfornyelsesmidler, da den type vinduer er dyrere end vinduer uden koblede rammer. Til gengæld ville de få et smukkere hus samt nogle bedre vinduer i forhold til levetid og isoleringsevne.

Beboerne fik samtidig mulighed for tilvalg af en altan mod gården.



FIGUR 12. En af opgangene før renoveringen.

3.3.5 Renoveringsprocessen

Renoveringsprocessen er betydelig mindre omfangsrig end de to foregående projekter. I april 2014 kom arbejdet i udbud. Ud over vinduesudskiftningen omfattede udbuddet også en facaderenovering, lidt altaner og en række mindre vedligeholdelsesarbejder, som var relevante i forbindelse med at man havde et stillads. Det vil sige reparation af inddækning på tag, afrensning og reparation af pudsede facader mod gård og gade, reparationsarbejder af sætningskader og sålbænke, m.m. I alt en byggesum på 11 mio. kr.

Af betydning for indeklima og energiforhold, skete der også en efterisolering af vinduesbørstninger og udbedring af manglende isolering mellem kælder og stueplan, udbedring af isolering af rør, og udskiftning af cirkulationspumper.

Renoveringsarbejdet blev sat i gang i efteråret 2014, og var så godt som færdigt ved årsskiftet. I alt blev der udskiftet 450 vinduer og udskiftet 30 altandøre.

OBSERVATIONER OG RESULTATER

4 OBSERVATIONER OG RESULTATER

I det følgende kapitel gennemgås de enkelte case-ejendomme, hvor der er indsamlet data. Der er lavet en analyse af datamaterialet i form af eksempelvis målinger, nøgletal på energi og indeklimate samt energisignaturer.

4.1 Case 1: Almene rækkehuse Albertslund Syd

4.1.1 Energimærke

Energimærkningen blev foretaget for Hjortens Kvarter 2A-F (før-situation) og Fiskens Kvarter 2A-F (efter-situation), da det ikke var muligt at udføre en før-og-efter måling på det samme kvarter. De to kvarterer er fuldstændig ens og Energimærkningsordningens (EMO) rapporter vurderes derfor fuldt ud sammenlignelige, se tabel 3.

TABEL 3. Energimærke før og efter renovering

Energimærkning	Før (Hjortens Kvarter) D	Efter (Fiskens Kvarter) A2010
----------------	-----------------------------	----------------------------------

Sammenlignes før og efter har mærket rykket sig 3 trin på energimærkningsskalaen, hvilket er en meget væsentlig forbedring. Disse tiltag er lavet i Fiskens Kvarter (A, B, C, D, E, F henviser til de seks forskellige boliger):

- Tag: Efterisolering med 200-250 mm ROCKWOOL stenuld (A-F)
- Vinduer, døre:
- Nye vinduer med tre-lags lavenergiruder (A-F)
- Ovenlys med automatisk styring (A-F)
- Ydervægge: Efterisolering med 200-250 mm ROCKWOOL stenuld (A-F)
- Terrændæk: Isolering med 250 mm ROCKWOOL stenuld (A-F)
- Ventilation: Danfoss mekanisk ventilation med varmegenvinding. Naturlig ventilation (B-F)
- Opvarmning: Danfoss lavtemperatur fjernvarmeunits. Gulvvarme i stue-plan, radiatorer på første sal (A-F)
- Vedvarende energi: 4 m² solvarmeanlæg (E), 10 m² solceller (F)
- Styring: Danfoss varmeregulering og styring af VELUX ovenlysvinduer (A-F)

Under forløbet har fokus været på velafprøvet teknologi med kombination af præfabrikerede og traditionelle løsninger. Hensigten med de valgte løsninger har været at reducere energiforbruget, men også at opnå et væsentligt forbedret indeklimate gennem de bolig-mæssige forbedringer. Herunder mere dagslys, lavere luftfugtighed og godt termisk indeklimate, forbedret komfort med hurtig-regulerende gulvvarme og ingen vækstbetingelser for skimmelsvamp.

4.1.2 Energiforbrug og nøgletal

Der er indhentet varmemeforbrugsdata fra Albertslund Varmeværk. Historiske forbrugsdata fra Albertslund Syd foreligger primært som årsaflysninger. Der er kun årsaflysninger for Hjortens Kvarter frem til 2015 samt dagsværdier fra perioden 02-06-2015 til 20-06-2016. For Fiskens Kvarter er der kun årsværdier frem til 2013 og dagsværdier for 2014 samt 2015. Hvor der kun er årsaflysninger, er der ikke udregnet det faktiske graddage afhængigt forbrug

(GAF) og graddage uafhængigt forbrug (GUF) eller klimakorrigeret varmeforbrug. Pga. periodisering af data for Hjortens Kvarter er GUF-andel og afkøling skønnet for 2014 og 2015.

Det ses i tabel 4, at der i 2013 er et stort fald i varmeforbruget i Fiskens Kvarter bestående af ca. 54 boliger i alt hvoraf 6 boliger indgik i undersøgelsen. Det har ikke været muligt at forklare hele faldet, men den ene af boligerne har kun været delvis beboet i det år. For 2014 og 2015 ser forbruget dog ud til at stabilisere sig og virke mere repræsentativt.

TABEL 4. Varmeforbrug før og efter renovering

	2012	2013	2014	2015
Hjortens Kvarter (før renovering)				
Varmeforbrug	94 MWh	87 MWh	69 MWh	45 MWh
Varmeforbrug (graddagekorrigeret)	94 MWh	86 MWh	85 MWh	51 MWh
GUF-andel (skønnet 2014 og 2015)	-	-	9 %	12 %
Afkøling (skønnet 2015)	28 °C	29 °C	-	25 °C
Fiskens Kvarter (efter renovering)				
Varmeforbrug	42 MWh	18 MWh	30 MWh	30 MWh
Varmeforbrug (graddagekorrigeret)	42 MWh	18 MWh	37 MWh	34 MWh
GUF-andel	-	-	21 %	23 %
Afkøling	31 °C	28 °C	27 °C	27 °C
Graddage	2.591	2.626	2.100	2.278

Afkølingen synes ikke optimal ift. energiforbruget såfremt der sammenlignes med afkølingskrav fra andre forsyningsområder. Denne skulle gerne ligge over 30 °C. I Albertslund betales der ikke strafafgift ved dårlig afkøling, i stedet betales efter m³ forbrug, hvilket kan være en del af forklaringen. Ligeledes kan det skyldes manglende indregulering efter renoveringen af ejendommen.

Det faktiske forbrug inden renoveringen var lavere end det beregnede forbrug baseret på energimærket. Dette var lidt overraskende også tilfældet umiddelbart efter renoveringen. Beboerne og driftspersonale opretholdt altså en adfærd, der gav anledning til et lille energiforbrug. Der blev således ikke observeret den såkaldte 'rebound'-effekt, hvor mere energieffektive bygninger ofte bruges på en måde, så energiforbruget ender med at blive større end forventet.

For at sammenligne med en lignende bygning vises i nedenstående tabel m²-nøgletal for det graddagekorrigerede varmeforbrug samt nøgletallet fra EMO-rapporten på Fiskens kvarter efter renoveringen.

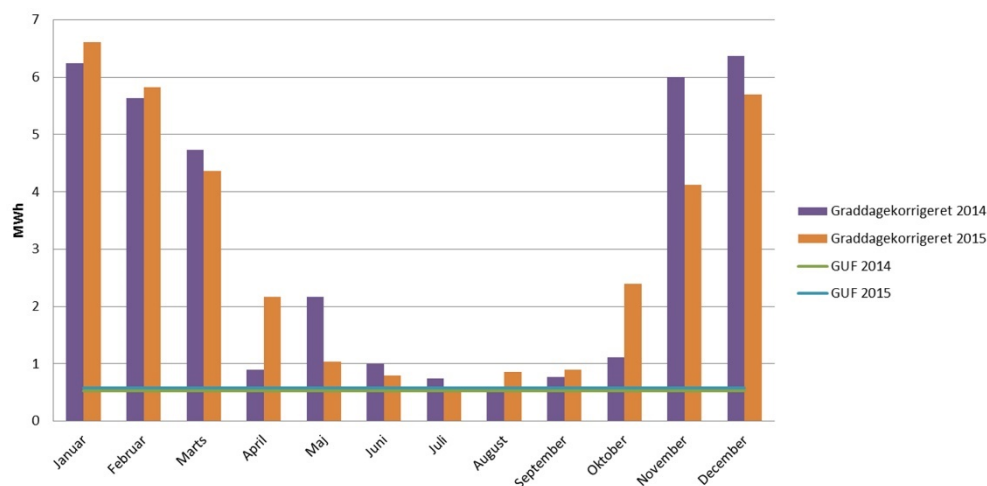
Det ses i tabel 5 at m²-nøgletallet ligger 18 % lavere end referencebygningen. Nøgletallet er ikke fordelt på forsyningsformer, hvilket man skulle tage højde for, hvis boligen eksempelvis var el-opvarmet. Referencebygningen er rækkehus med nøgletal for bygninger opført efter 1999.

TABEL 5. Varmeforbrug nøgletal

	Fiskens Kvarter Faktisk forbrug	Referencebygning Beregnet behov	EMO Beregnet behov (primær energi)
Varmeforbrug 2015	53 kWh/m ²	65 kWh/m ²	63 kWh/m ²

Nøgletallet for det beregnede behov for primær energi i referencebygningen er fra Dyrelund et al. (2008) baseret på en model udviklet af Wittchen (2004).

Figur 13 viser det graddagekorrigerede varmeforbrug fordelt på månedsbasis for 2014 og 2015.



FIGUR 13. Graddagekorrigeret forbrug for 2014-2015 og GUF-andel. Fiskens Kvarter.

Månederne april, maj, oktober og november er meget forskellige i de to år. Det giver anledning til at undersøge, om der skulle være yderligere potentiale i f.eks. varmestyringen. I det følgende afsnit undersøges dette nærmere ved gennemgang af energisignaturen.

4.1.3 Energisignatur

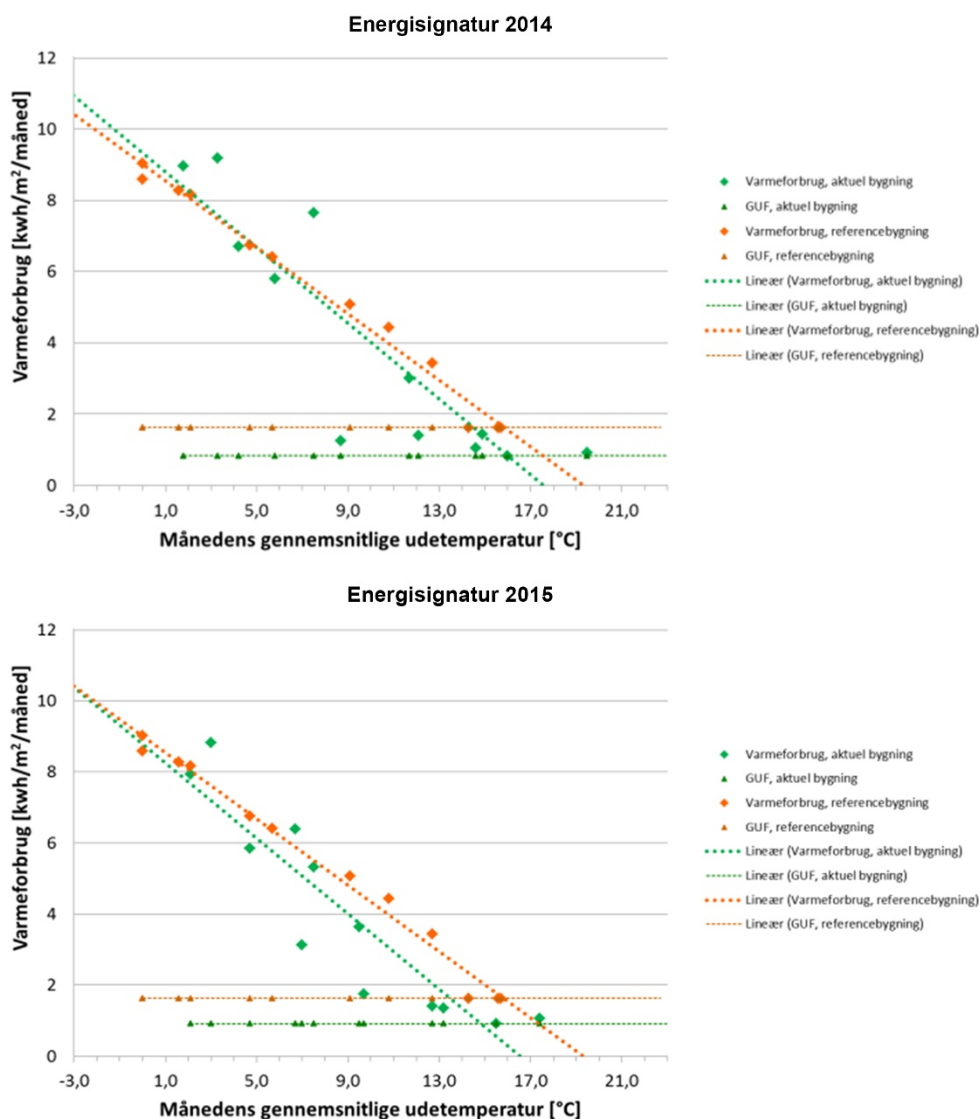
Figur 14 viser energisignaturen for Fiskens Kvarter. For 2014 krydser tendenslinjerne for varmeforbruget i den aktuelle bygning og referencebygningen hinanden, så tendenslinjen for den aktuelle bygning ligger under tendenslinjen for referencebygningen i de varmeste måneder, mens den ligger over tendenslinjen for referencebygningen i de koldeste måneder. Det kan skyldes:

- Varmereguleringskurven er ikke korrekt indstillet
- For høj indetemperatur i de koldeste måneder.

Da der er foretaget en større sanering af klimaskærmen, vil det dog med størst sandsynlighed betyde, at styringen på varmeanlægget skal optimeres. For 2015 ser billedet dog bedre ud, og de to linjer krydser ikke hinanden. For både 2014 og 2015 ses det også, at punkterne for de månedlige varmeforbrug i den aktuelle bygning ligger meget spredt omkring tendenslinjen. Det kan skyldes:

- Varmereguleringen i bygningen er defekt
- En u hensigtsmæssig sommerstopstyring
- En u hensigtsmæssig og måske tilfældig varmestyring.

Der vil derfor være potentiale for at kigge på varmestyringen og bedre indregulering af anlægget. Både det beregnede og det aktuelle energiforbrug er faldet ganske betydeligt efter energirenoveringen. Bygningerne har bevæget sig fra energimærke D til energimærke A 2010, og forbruget af energi er faldet til det halve vurderet på de udførte undersøgelser.



FIGUR 14. Energisignatur 2014 og 2015. Fiskens Kvarter.

Dette bekræftes af Albertslund Fjernvarme, der har gennemført tilsvarende undersøgelser. Bygningernes forbrug kan optimeres yderligere gennem en bedre drift af anlæggene i de enkelte boliger, når disse er blevet kørt ordentligt ind, og procedurerne ved driften er veletablerede

4.1.4 Indeklimamåling efter DS 3033

Der blev udført en klassificering af indeklimaets kvalitet iht. DS 3033 både før og efter renoveringen af ejendommen. Klassificeringen før renoveringen blev udført i boliger, der var fraflyttede, og den mekaniske udsugning fra køkken og bad var stoppet. Ventilationsraten var bestemt ved lukkede vinduer, dog med åbnede ventilationsåbninger i vinduerne. På måledagen (07.05.2014) var der svag til let vind 3-4 m/s, solskinsvej og udetemperatur omkring 18 °C. Efter renoveringen blev målingerne gennemført i beboede lejligheder. Der var i forbindelse med renoveringen etableret ventilationsanlæg. Ventilationssystemet var under målingen i drift på komfortprogram indstillet af beboerne. Indeklimamålingen efter renoveringen blev gennemført 28.10.2015 på en dag med ligeledes svag vind 2-3 m/s, tørt vejr og udetemperatur på 14 °C. Resultaterne er vist i tabel 6.

TABEL 6. Indeklimaklassificering for Albertslund Syd

	Før						Efter					
	Bolig 1		Bolig 2		Bolig 3		Bolig 1		Bolig 2		Bolig 3	
	Måle- resultat	Klasse	Måle- resultat	Klasse	Måle- resultat	Klasse	Måle- resultat	Klasse	Måle- resultat	Klasse	Måle- resultat	Klasse
Ventilationsrate (l/s/m ²)	0,17	C	0,15	C	0,2	B	0,37 / 0,36 ³	A ⁺⁺	0,37	A ⁺⁺	0,46	A ⁺⁺
Termiske forhold		A ⁺⁺		A ⁺⁺		A ⁺⁺		A ⁺⁺		A ⁺		A ⁺⁺
Radon (Bq/m ³)	- ¹	-	- ¹	-	- ¹	-	- ²	-	- ²	-	- ²	-
Formaldehyd (mg/m ³)	0,0054	A ⁺⁺	0,0216	A ⁺⁺	0,054 ³	A ⁺⁺	0,092	A ⁺⁺	0,021	A ⁺⁺	0,014	A ⁺⁺
Partikler		A ⁺⁺		A ⁺⁺		A ⁺⁺		A ⁺⁺		A ⁺⁺		A ⁺⁺
Fugt og Skimmel (Mycometer værdi)	2.500 / 3.500 ⁴	C	550 / 490 ⁴	B	550 / 855 ⁴	B	5.794 / 4.654 ⁴	C	1.760 / 4.107 ⁴	C	901 / 1.124 ⁴	B
Dagslys		B		B		B		B		B		B
Samlet klassificering		B		B		B		B		B		B

¹ På grund af den igangværende renovering var det ikke længere muligt at gennemføre radonmålinger. ² Målingerne blev ikke foretaget.

³ Måling af formaldehyd blev gennemført i en nærliggende tilsvarende bolig, der endnu ikke var under renovering. ⁴ Måleresultater fra to forskellige rum.

Den samlede klassificering blev klasse B både før og efter renoveringen, svarende til indeklima dårligere end minimumskravene i det daværende bygningsreglement. Der var dog nogle enkelte forskelle mellem før og efter renoveringen. Med renoveringen blev der indført balanceret mekanisk ventilation med varmegenvinding med aftræk i køkken, bad, stue samt værelse 1, 2 og 3. Det har resulteret i en væsentlig forbedring af ventilationen i alle tre undersøgte boliger, fra kategori B og C til den bedste kategori A⁺⁺.

Umiddelbart kom der desværre ingen væsentlige forbedringer vedrørende fugt og skimmel efter den omfattende renovering – snarere det modsatte. Før renoveringen var klassificeringen for skimmel af de tre boliger C, B og B.

I bolig 1, som var et enderækkehus, var der synlig skimmelsvampevækst i stuen ved yderhjørnerne. Boligen havde også et højt niveau af svamperester i luften og blev derfor delklassificeret som klasse C for fugt/skimmel.

Efter renoveringen var niveauet af svamperester i luften steget væsentligt i alle boliger, trods der ikke længere var tegn på skimmel i nogen af boligerne.

I bolig 1 steg koncentrationen af svamperester i luften, og den blev fortsat delklassificeret som klasse C for fugt/skimmel. De to andre boliger blev nu også delklassificeret som klasse C og B pga. de højere koncentrationer af skimmelsvampesporer i luften. Der var også en mindre stigning i fugtindholdet i trækonstruktioner efter renoveringen sammenlignet med før renoveringen. Der er dog ikke observeret alvorlige tegn på fugtproblemer, der kan forklare de høje koncentrationer af skimmelsvampesporer efter renoveringen. For at afklare årsagen til de høje værdier blev der foretaget supplerende målinger.

Dagslysforholdene blev både før og efter renoveringen delklassificeret til klasse B. Den manglende forbedring på trods af de nye muligheder, der ligger i moderne vinduer med langt bedre isoleringsevne, skyldes en mindre lystransmittans. Endvidere skyldes det formodentlig, at et forøget vindues-areal på øverste etage blev droppet efter modstand fra nogle beboere, som var bekymret for indblik til haven fra genboerne.

Supplerende målinger af skimmelsvampe og fugt

For at undersøge kilden til de høje koncentrationer af skimmelsvampesporer i indeluften, blev der lavet supplerende målinger i alle tre boliger. Målingerne blev taget efter det samme princip og i de samme værelser, som de tidligere målinger før og efter renoveringen.

I bolig 2 var værelserne dog blevet lavet om siden sidste måling. Stuen var blevet delt i to rum, et køkken/alrum og soveværelse, mens to soveværelser oppe på første etage var blevet slået sammen til en stue. Målingerne blev taget omtrent de samme steder som de tidligere målinger, dvs. i det nye soveværelse i stueetagen og et lille soveværelse på første etage (dvs. det tredje værelse på første etage, som ikke var blevet lavet om).

For at underbygge sammenligningen blev Mycometer Air-testen suppleret med en DNA-analyse (HouseTest) af en støvprøve taget på overflader, der sjældent rengøres. De supplerende skimmelmålinger ses i tabel 7. DNA-analysen viser både forekomsten af typiske svampearter der vokser inden døre, og svampe der typisk vokser udendørs. Testen er dermed egnet til at afgøre, om der er vækst af skimmelsvamp i den pågældende bygning.

De supplerende målinger blev taget 09.08.2016 på en dag med let til frisk vind 7-10 m/s, tørt vejr og udetemperatur på 17 °C. Resultater vises i tabel 7. Mycometer testen viste væsentligt lavere resultater end umiddelbart efter renoveringen svarede til klasse A++, med kun et enkelt værelse på middel niveau svarede til klasse B. Resultaterne fra DNA-analysen tyder dog på tilstedeværelsen af indendørs skimmelsvampevækst i bolig 1 og 3.

Der var ingen synlig skimmel, lugt eller anden tegn på skimmel i boligerne. I bolig 1 har beboerne rapporteret at ventilation virker som den skulle, og samtidig lufter de meget ofte ud. De har hverken oplevet synlig skimmel, jordslået/kælderagtig lugt eller haft indeklima/skimmel-relaterede symptomer. To år tidligere havde de dog vandskade i stuen ved et af yderhjørnerne. I den forbindelse blev der bl.a. skiftet gulvbelægning. Prøven med højt niveau af skimmelsvampe i støvet blev taget i stuen. Da støvet i prøven blev klassificeret som ældre støv, som har ligget der i nogle måneder, kunne det højere niveau målt i DNA-testen skyldes den gamle skade.

Der blev dog også fundet nogle våde pletter af nyere dato på væggen under ventilationsrørene. Pletterne var tørre nu, men kunne tyde på tidligere vandskade og måske skjult skimmelsvampevækst. Der blev målt de samme arter af skimmelsvampe i den anden prøve taget i bolig 1, dog med lavere niveauer. Nogle af disse arter forekommer kun i et meget lavt niveau i naturen, hvilket også her kunne tyde på en kilde i huset. På grund af de lavere niveauer blev prøven dog klassificeret som kategori C på DNA-testens skala, svarede til en vis usikkerhed om, hvor de forhøjede skimmelniveauer stammer fra, da hverken udendørs- eller indendørsbidrag kan afvises.

I bolig 2 rapporterede beboerne, at de kun bruger ventilationen periodisk, f.eks. efter bad. De lufter dog meget ofte ud, da altandøren står åben nærmest konstant pga. en kat som går ind og ud. Der er også to mindre hunde i huset. Der var hverken vandskader eller skimmelproblemer i boligen. Der er dog usædvanligt mange stueplanter i køkken/alrum, som kan gøres ansvarlig for de lidt forhøjede niveauer af skimmelsvamp i både luften og støvet. DNA-analysen af støv fandt nemlig forhøjede niveauer af de arter som ofte findes i jord og dødt plantemateriale og kan derfor komme fra pottedplanter eller fra hunde og katte, der bringer jorden ind i boligen på poterne.

I bolig 3 havde ventilationen ikke virket i flere uger ifølge beboerne. Selv om de luftede meget ud, oplevede de jordslået/kælderagtig lugt i hele huset, kondens på indersiden af vinduerne, og de forbandt oplevet svimmelhed med deres dårlige indeklima. En af beboerne havde høfeber. På selve må-ledagen kunne vi ikke mærke lugten. Luften var dog meget tung og følte fugtig, muligvis pga. en meget høj temperatur i hele huset (27 °C). I stuen viste DNA-analysen forhøjet skimmelsvampevækst i støvet, der beskrives som ældre støv

som kunne have ligget i flere måneder. Selv om der ikke var nogen synlig skimmelsvampevækst i huset, tyder de fundne arter på et skimmelproblem eller vandskade.

Den lave Mycometer værdi kunne måske forklares med en meget god rengøringstandard i huset. I soveværelset på første sal viste både luftmåling og støvmåling ingen tegn på skimmelsvamp.

Tages de nye skimmelmålinger i betragtning, ville to ud af tre boliger blive klassificeret som klasse A+, svarede til bedre indeklimate end minimumskravene i bygningsreglement. Bolig 2 ville fortsat være klassificeret som B for indeklimaet, pga. det forhøjede skimmelniveau i stueetagen.

TABEL 7. Resultater fra supplerende skimmelmålinger i Albertslund Syd

	Supplerende målinger					
	Bolig 1		Bolig 2		Bolig 3	
	Måle- resultat	Klasse	Måle- resultat	Klasse	Måle- resultat	Klasse
Skimmel - Mycometer værdi	336 / 283 ¹	A++	516 / 1.132 ¹	A++ / B	223 / 586 ¹	A++
Skimmel - DNA-analyse	E / C ²		C / C ²		E / B ²	
Samlet klassificering (de nye Mycometer værdier)	A+		B		A+	

¹ Måleresultater fra to forskellige rum. ² DNA-test (HouseTest) skala A-F, hvor A svarer til normal, lav forekomst af skimmelsvampe og F svarer til meget forhøjet forekomst af skimmelsvampe.

4.1.5 Selvoplevet indeklimate før og efter renovering

I et parallelt projekt blev et spørgeskema om selvoplevet indeklimate før og efter renoveringen udfyldt af 56 beboere (svarprocent 23 %; Knudsen og Jensen, 2015). Undersøgelsen blev gennemført i februar 2015, på et tidspunkt hvor 400 ud af 550 familier var vendt tilbage til deres renoverede boliger. Beboerne blev spurgt om temperatur, træk, luftkvalitet, støj og dagslys. Adspurgt om den samlede tilfredshed med renoveringen svarede 63 % af beboerne, at resultatet af renoveringen levede op til deres forventninger, mens 20 % svarede at det gjorde den ikke.

Luftkvalitet

Den væsentlige forbedring af ventilationen blev også afspejlet i spørgeskemaundersøgelsen. Adspurgt om tilfredshed med ventilationen efter renoveringen svarede 66 % af beboerne, at den var tilfredsstillende eller meget tilfredsstillende, hvor kun 18 % svarede, at den ikke var tilfredsstillende.

Den oplevede luftkvalitet blev også forbedret efter renoveringen, muligvis som resultat af bedre ventilationsforhold. Før renoveringen oplevede 27 % indelukket luft, og 24 % oplevede ubehagelig lugt. Det blev reduceret efter renoveringen til henholdsvis 5 % og 7 %, mens 84 % rapporterede ikke at have nogen problemer med luftkvaliteten i deres bolig.

De mest hyppige kommentarer i forholdt til luftkvaliteten før renoveringen drejede sig om luftfugtighed, skimmel og ubehagelig lugt. Efter renoveringen var ubehagelig lugt stadigvæk nævnt i nogle tilfælde, hvor skimmel og luftfugtighed ikke længere blev nævnt. Dette strider lidt mod resultaterne af skimmelmålingerne, hvor højere koncentrationer af skimmelsvampesporer i luften blev målt efter renoveringen end før renoveringen i alle undersøgte boliger (Tabel 6). Som tidligere nævnt kunne årsagen dog - som antydtes af de supplerende målinger - være en manglende slutrengøring ved første måling og ikke en faktisk vækst af skimmelsvampe i boligerne.

Dagslys

I modsætning til resultaterne fra indeklimaklassificeringen af ejendommen, hvor en mindre forbedring af vinduesarealet blev opvejet af dårligere lystransmittans, rapporterede beboerne en forbedring i deres dagslysforhold. 33 % af beboerne mente at have for lidt dagslys før renoveringen, og kun 2 % havde det samme problem efter renoveringen.

Den forøgede tilfredshed med dagslysforholdene kan skyldes, at vinduesrammerne nu er hvide indvendigt, hvor de før renoveringen var sorte, og at vinduerne er blevet større. En mere detaljeret vurdering af dagslyskvaliteten indeholder parametre som lysstyrke (den mørkeste flade i rummet er tillagt stor betydning), udsigt (udsigt til himmel er tillagt stor betydning), tiden med direkte sollys, og endelig blænding. Trods dårligere lystransmittans giver større vinduer positive ændringer for udsigt og blænding, og skift fra sorte til hvide rammer giver også en positiv ændring for blænding (prEN 17037). Disse parametre, som ikke er omfattet standarden DS 3033, kan muligvis forklare den markante forbedring af de oplevede dagslysforhold.

Temperatur og træk

Indeklimaklassificeringen vurderede de termiske forhold som gode eller meget gode både før og efter renoveringen. Også de oplevede termiske forhold blev væsentlig forbedret med renoveringen. Før renoveringen angav 58 % af beboerne at have for lav temperatur i deres boliger, og mange klagede over utætte døre og vinduer samt kulde og træk. Utilfredsheden med temperaturforholdene faldt efter renoveringen til 5 %, og den generelle tilfredshed med temperaturforhold i boligerne steg fra 15 % til 68 %. Ligeledes steg andelen af beboere, der var tilfredse med trækforhold i deres boliger fra 13 % før renoveringen til 83 % efter renoveringen.

De forbedrede oplevede termiske forhold hænger formentlig sammen med udskiftning af døre og vinduer, som nu er blevet tættere og derfor reducerer følelsen af træk, men også med en forbedret isolering. Varmeudgifterne var en betydelig udgift for beboerne før renoveringen, og driften søgte at holde fremløbstemperaturen så lav som muligt for at reducere varmetabet i det ringe isolerede distributionssystem. Efter renoveringen blev energiuudgifterne langt mindre, og beboerne kan dermed i højere grad tillade sig at opretholde komfortable temperaturer. Her skal understreges, at DS 3033 klassificeringen ikke tager højde for udgifter til opvarmning, men kun om gode termiske forhold kan opretholdes med de installationer der findes. Både før og efter renoveringen var det med varmeinstallationerne muligt at opretholde komfortable forhold.

Støj

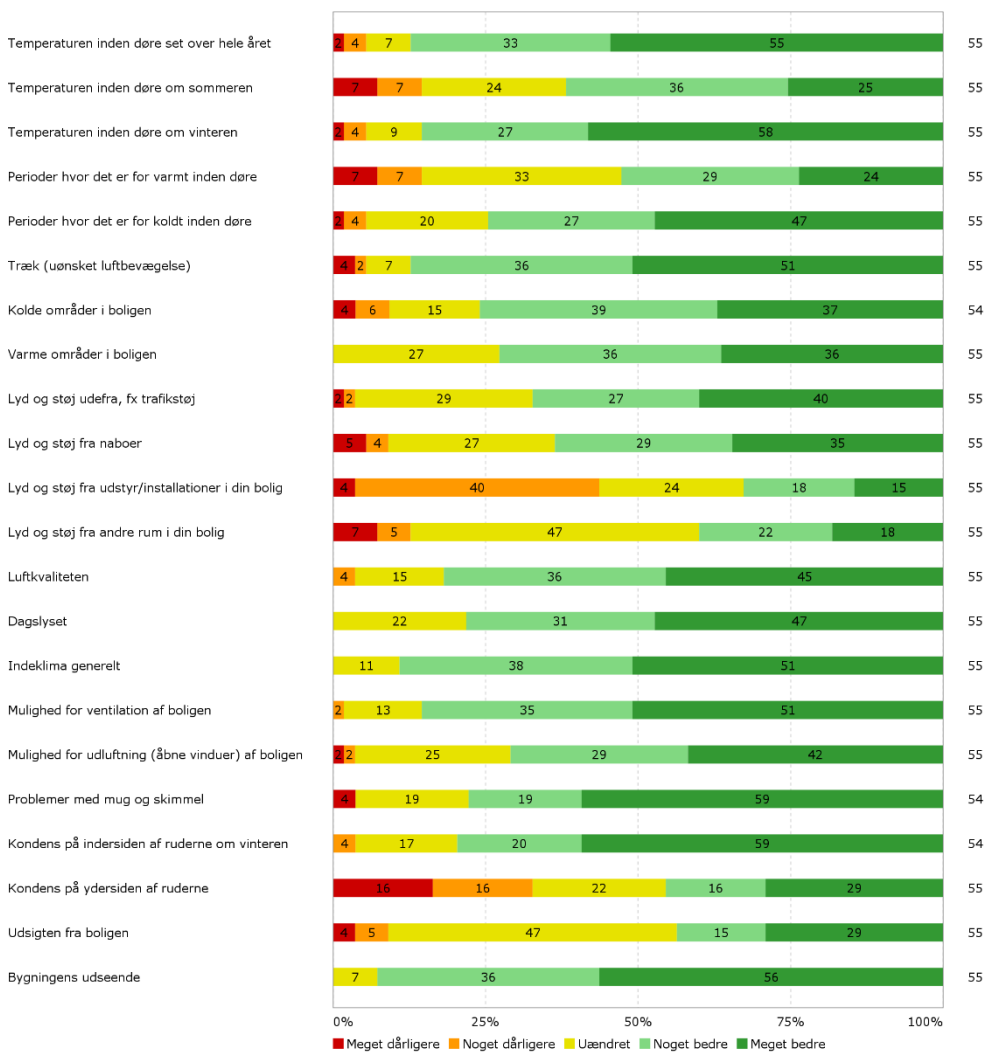
I forhold til støj, som ikke er inkluderet i DS 3033 indeklimaklassificering af boliger, kom der også en del forbedring bortset fra installationsstøj. Støj udefra som f.eks. trafikstøj og støj fra aktivitet inde i bygningen blev betydelig reduceret efter renoveringen i forhold til før renoveringen.

Der var dog flere, der rapporterede støj fra de tekniske installationer (35 % efter renovering og 9 % før renovering) hvilket nok var forårsaget af den nye mekaniske ventilation. Trods den stigende opmærksomhed på støj fra de tekniske installationer, steg den overordnede tilfredshed med støjforhold fra 27 % til 71 %.

Samlet oversigt

Figur 15 viser resultaterne af beboernes vurdering af renoveringen på spørgsmålet "i hvilken grad er følgende forhold blevet dårligere eller bedre efter renoveringen". De grønne farver betyder forbedring, gul betyder uændret, og de orange og røde farver betyder forværring.

Ud fra figuren er det tydeligt, at langt de fleste parametre blev vurderet bedre efter renoveringen, hvilket understreger den generelle tilfredshed med renoveringen blandt beboerne. Projektets resultater er detaljeret beskrevet i SBI-rapporten fra Knudsen og Jensen (2015).



FIGUR 15. Resultater fra beboernes vurdering af renoveringen i Albertslund Syd. Spørgeskemaundersøgelse blandt 56 beboere (Knudsen og Jensen, 2015).

4.1.6 Supplerende brugerundersøgelse

Ovennævnte spørgeskemaundersøgelse blev suppleret med interviews af et mindre antal beboere, med det formål at nuancere tilfredsheden og få beboernes subjektive erfaring med de nyrenoverede boliger. Der blev foretaget to interviews i boliger renoveret i etape 1, to interviews i etape 2 og et interview i etape 3. Alle interviews blev foretaget sommeren 2016, dvs. halvandet år efter den ovennævnte spørgeskemaundersøgelse.

Overordnet set var beboerne meget glade for deres nye boliger. Indeklimaet var godt og de opfattede deres boliger som lyse og lækre. Dermed bekræfter interviewene resultaterne fra Knudsen og Jensen (2015).

Beboerne var generelt tilfredse med indeklimaet efter renoveringen, og beskrev det som mere tørt end tidligere. Nogle oplevede dog kulde og træk fra ventilationen.

Rumtemperaturen var god, men i sommerhalvåret oplevede de overophedning i overetagen, og der var behov for meget udluftning for at holde temperaturen nede. De flere vinduer og den gode isolering er nok baggrunden for denne overophedning, hvilket ofte et problem i lavenergiboliger.

En beboer bemærkede, at der forekom overtemperaturer, som dog ikke var generende, da disse kunne bortventileres vha. vinduerne. Samme beboer benyttede udelukkende den forindstillede komfortindstilling på automatikken. Beboeren havde tidligere boet i en anden lejlighed af samme type og havde luftvejsproblemer, der forsvandt efter flytningen. Beboeren bemærkede positivt at udsuget i badeværelset effektivt fjernede fugt og dug på badeværelset. Boligen beboedes af et ældre par uden hjemmeboende børn.

Hos et yngre par med et hjemmeboende barn forklarede beboerne, at der kunne blive for koldt, og at de som reaktion justerede varmen. Varmestyringen var også her sat til den forindstillede komfortindstilling. Parret boede før i en anden lejlighed i bebyggelsen og oplevede renoveringen som en stor forbedring.

En tredje lejlighed blev beboet af en familie med teenagebørn. Familien greb løbende aktivt ind i ventilations- og varmestyringen for at sikre sig en høj komfort. Familien bemærkede overtemperaturer, dog ikke i generende omfang da vinduesventilation vurderedes som tilstrækkelig til at fjerne over-temperaturen. Familien var tilflytter og havde boet uden for bebyggelsen, før de flyttede ind i den nyrenoverede bolig.

Hvad angår udvidelsen af vinduesarealet gengav de beboere, der havde boet i Albertslund Syd før renoveringen, diskussionerne om indbliksgener i baghaven fra genboerne. De nuværende beboere havde fravalgt vinduerne, da de ikke tillagde dem en værdi svarende til merudgiften.

Der var dog også en række kritiske bemærkninger til boligerne og deres indeklima. Det er ganske tydeligt, at beboerne er usikre i forhold til boligernes nye teknologi og betjeningen af den, og de har ringe indsigt og forståelse for, hvordan en lavenergibolig er indrettet. Det må forventes, at det manglende kendskab har betydning for indeklimaets kvalitet og for energiforbruget, og sikkert også for deres oplevelse og erfaringer med at bo i en lav-energibolig. Lavenergiboliger er karakteriseret ved at være meget velisolerede, meget lufttætte og have et ventilationsanlæg med varmegenvinding.

Særligt ventilationsanlægget og den integrerede energistyring skabte usikkerhed. Beboerne fortalte, at selvom der var en skriftlig introduktion til anlægget, mente de ikke, det var tilstrækkeligt, og de forstod ikke logikken bag ventilationsanlægget. Helt basalt forstod de ikke at anlægget trækker luft fra de fugtbelastede rum og blæser frisk luft ind i opholdsrummene. Det viste sig f.eks. ved, at de ikke vidste om døren til badeværelset skal stå åben eller være lukket efter et bad. Og ved at de fortsat luftede ud ved at åbne døre og vinduer, selvom anlægget i langt de fleste situationer er tilstrækkeligt til at sikre et godt indeklima. Samtidigt var der nogen, der reducerede ventilationsanlæggets luftskifte, og endda en enkelt der slukkede det helt for at spare på elektriciteten. Og de er usikre på filterskift på anlægget. Der er helt klart behov for mere vejledning om, hvordan boligerne fungerer og anvendes, og om den teknik der er i boligerne.

Der var også bemærkninger om at ventilationsanlægget larmede, at emhættefunktionen var begrænset og utilstrækkelig, og der var mere støvet i boligerne. Oplevelsen af mere støv var uventet, da ventilationsanlægget netop skulle reducere mængden af støv.

Derudover var der en del utilfredshed med entreprisens udførelse og kommentarer til fejl og mangler, som beboerne observerede efter ibrugtagningen. F.eks. fugernes finish og løse fuger i gulvklinter. Disse bemærkninger har generelt ingen direkte relation til indeklimaet, men hvis de ikke udbedres, kan det medføre indtrængende vand i gulvkonstruktionen og skabe grobund for skimmelsvampe mv. Sluttelig var der en kommentar om mangelfuld afvanding af karnap, som førte til vandskade.

4.2 Case 2: Privat udlejningsejendom, Gammel Jernbanevej, Valby

4.2.1 Energimærke

Da projektet ikke var færdigt ved undersøgelsens afslutning, var der ikke noget energimærke efter renoveringen. Det seneste energimærke (tabel 8) var dengang fra 11. februar 2011.

TABEL 8. Energimærke før renovering

Energimærkning	Før E
----------------	----------

Energimærkningsrapporten lægger op til forskellige løsninger for ejendommen. Løsningerne falder inden for følgende kategorier:

- Teknisk isolering af rør og pumper
- Udskiftning af vinduer og yderdøre
- Udvendig isolering af tag og facade
- Udskiftning af pumper og belysning.

Ved en implementering af løsningsforslagene forventedes det at bygningen ville ryge ned i en lavenergiklasse. Dette vurderedes i EMO rapporten at koste omkring 1 mio. kr.

4.2.2 Energiforbrug og nøgletal

Der er indhentet varmemeforbrugsdata fra HOFOR i månedsopløsning for perioden 2013 til 2016. Varmeforbruget (inkl. graddagekorrigeret forbrug) per år og afkølingen over de tre år ses i tabel 9. Forbruget er inkl. de erhvervslejemål, som er placeret i stueetagen.

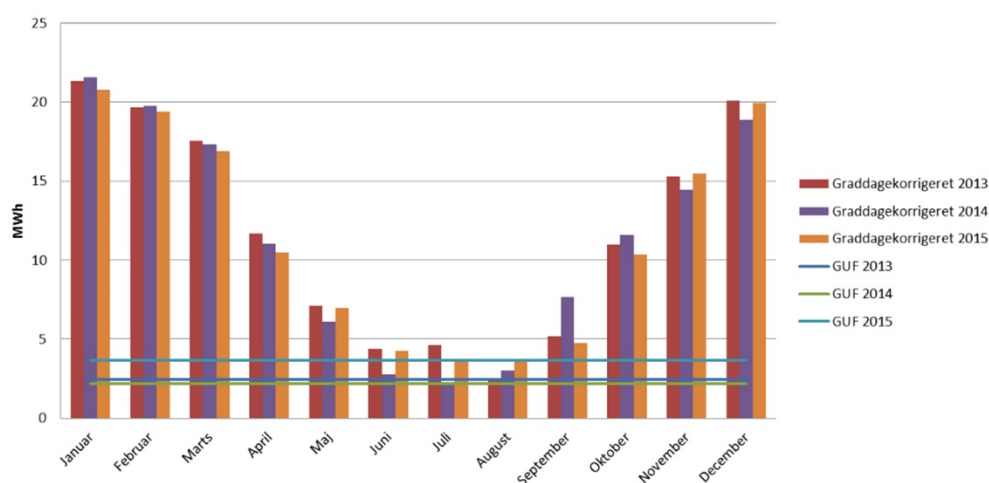
TABEL 9. Varmeforbrug før og efter renovering

	2013	2014	2015
Varmeforbrug	134 MWh	113 MWh	121 MWh
Varmeforbrug (graddagekorrigeret)	141 MWh	137 MWh	133 MWh
GUF-andel	22 %	23 %	36 %
Afkøling	23 °C	21 °C	27 °C

Som det ses, ligger varmemeforbruget forholdsvis jævnt hen over de tre år, også ved sammenligning med det graddagekorrigerede forbrug. Her er der dog en svag faldende tendens i forbruget.

Ejendommen mangler afkøling på fjernvarmevandet. Afkølingen er forbedret over de tre år, men den er stadig for lav ift. kravene. Afkølingskravet i HOFORs område var for 2016 på 33 °C, og med en afkøling på 26 °C modtog ejendommen det år en ekstraregning på 4.000 kr. Hvis afkølingen over året i gennemsnit var over 38 °C udbetaltes en bonus. Omvendt opkrævede HOFOR ekstrabetaling, hvis afkølingen i gennemsnit havde været under 28 °C.

GUF-andelen er dog markant højere i 2015 og er steget med over 10 %. Forskellen ses også tydeligt i nedenstående graf (figur 16), der viser det graddagekorrigerede forbrug per måned samt GUF-andelen for de tre år. Den stigende GUF-andel kunne hænge sammen med at GAF-forbruget faldt og dermed påvirker den procentmæssige del af GUF. GAF-forbruget falder normalt i et varmt år, hvor ejendommen bruger mindre varme. I 2015 var det dog ikke varmere end i 2014, så det kan ikke forklare den stigende GUF-andel. I stedet kunne det indikere en fejl i styringen af anlægget.



FIGUR 16. Graddagekorrigeret forbrug for 2013-2015 og GUF-andel.

Nedenstående oversigt (tabel 10) viser antallet af graddage for de pågældende år. Tabellen indikerer, hvor varm udendørstemperaturen var de pågældende år. Jo færre graddage jo varmere.

TABEL 10. Graddage 2013-2015

	2013	2014	2015
Graddage	3.207	2.664	2.921

For at sammenligne med en lignende bygning vises i tabel 11 m²-nøgletal for det graddagekorrigerede varmeforbrug. Det seneste årsvarmeforbrug ligger 20 % lavere end referencebygningen.

TABEL 11. Varmeforbrug nøgletal inkl. erhvervslejemål

	Gammel Jernbanevej Faktisk forbrug	Referencebygning Beregnet behov	EMO Beregnet behov (primær energi)
Varmeforbrug 2015 (inkl. erhverv)	135 kWh/m ²	168 kWh/m ²	186,6 kWh/m ²

Nøgletallet for det beregnede behov for primær energi i referencebygningen er fra Dyrelund et al. (2008) baseret på en model udviklet af Wittchen (2004).

Det udarbejdede nøgletal er inkl. arealet af erhvervslejemålene i stueetagen, dvs. et samlet opvarmet areal på 990 m².

Ud fra varmeregnskabet fordelt på bygningerne vurderes erhvervslejemålene til at stå for 20 % af varmekonsumet. Undersøges kun beboelse er det samlede opvarmede areal på 800 m² og energiforbruget for 2015 (fratrullet de 20 %) er 115 MWh/år. Det giver følgende nøgletal (tabel 12):

TABEL 12. Varmeforbrug nøgletal ekskl. erhvervslejemål

	Gammel Jernbanevej Faktisk forbrug	Referencebygning Beregnet behov	EMO Beregnet behov (primær energi)
Varmeforbrug 2015 (uden erhverv)	144 kWh/m ²	168 kWh/m ²	233 kWh/m ²

Nøgletallet for det beregnede behov for primær energi i referencebygningen er fra Dyrelund et al. (2008) baseret på en model udviklet af Wittchen (2004).

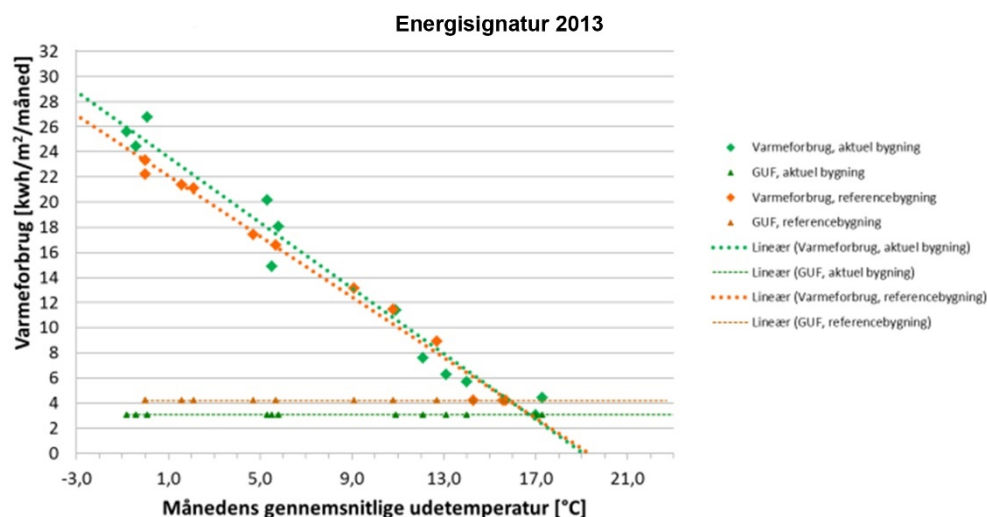
Varmeforbruget stiger med 9 kWh/m² og ligger dermed 14 % lavere end referencebygningen.

For EMO-nøgletallet er arealet fra erhvervslejemålene fjernet, så det samlede opvarmede areal ender på 800 m². Der er ikke ændret på andre input. Nøgletallet er ikke fordelt på forsyningsformer, hvilket man skulle tage højde for, hvis boligen eksempelvis var el-opvarmet. Referencebygningen er en etage-boligbebyggelse med nøgletal for bygninger opført før 1930. Der er taget udgangspunkt i det år, da huset ikke er renoveret kraftigt siden.

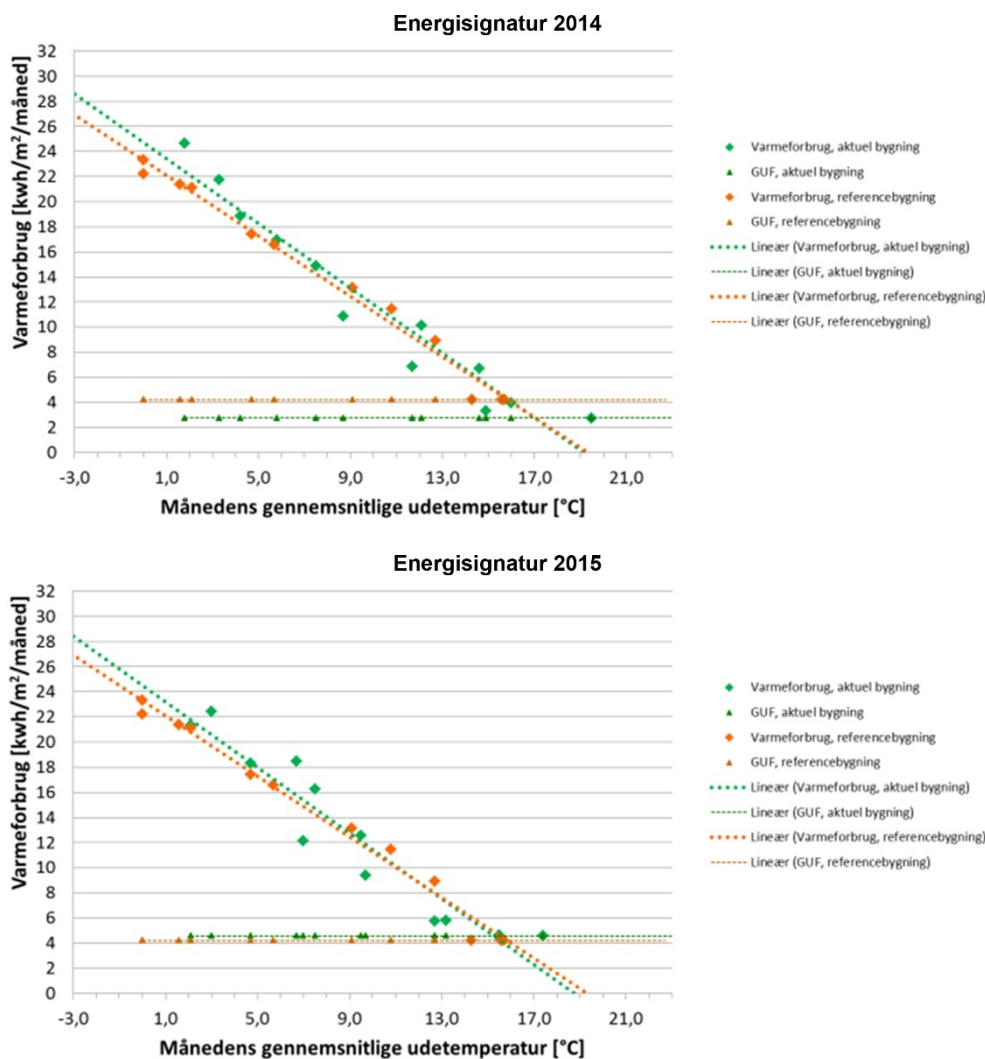
4.2.3 Energisignatur

Energisignaturerne er udført for 2013-2015 på baggrund af tilgængelige månedsværdier fra HOFOR og ses i nedenstående figur 17.

Generelt ligger forbruget meget tæt på referenceforbruget og signaturen (forbruget) over de tre år er ikke ændret så meget, at kurvernes forløb er væsentligt ændret.



FIGUR 17. Energisignatur 2013, 2014 og 2015 - figuren fortsætter på næste side.



FIGUR 17. Energisignatur 2013, 2014 og 2015 - fortsat.

Selvom varmeprofilen for den aktuelle bygning er meget lig referencebygningen, og man ikke umiddelbart kan identificere uhensigtsmæssig drift af bygningen eller potentiale for besparelser, er dette ikke et udtryk for, at der ikke kan hentes besparelser. Det kan sagtens være, at eksempelvis isoleringsniveauet for klimaskærmen, driftsstyringen, belysningsanlæg og pumper kan forbedres. Dette er også blandt de løsningsforslag EMO-rapporten beskriver.

Det ses på energisignaturen, at tendenslinjerne for varmekonsumet i den aktuelle bygning og referencebygningen lige akkurat krydser hinanden for 2015, så tendenslinjen for den aktuelle bygning ligger under tendenslinjen for referencebygningen i de varmeste måneder, mens den ligger over tendenslinjen for referencebygningen i de koldeste måneder. Det kan skyldes, at varmereguleringskurven i bygningsautomatikken ikke er korrekt indstillet. Ligeledes kan det skyldes høj indetemperatur i de koldeste måneder – eksempelvis hvis man bliver nødt til at kompensere med en højere indetemperatur på grund af kuldestråling fra dårligt isolerede ydervægge eller dårlige vinduer samt evt. træk.

Spredningen af værdierne er generelt store, og det ses især for 2015. Årsagen kan skyldes flere ting herunder en fejl i styringen af fremløbstemperaturen, fejl i vejrkompenseringen (styringen) samt manglende sommerstop.

Anlægget er tidligere blevet gennemgået, hvor der blev påpeget en række muligheder for optimering. Herunder at vejrkompenseringen (følere, styre-boks eller motorventil) ikke virker som den skal, hvilket medfører manglende afkøling samt et højere varmeforbrug. I den forbindelse bør anlægget blive funktionsafprøvet og indstillet. Det er ligeledes også blevet konstateret, at der ikke er noget sommerstop på anlægget, dvs. lukket for varmen til varmeanlægget udenfor fyringssæsonen. Her kan der erfaringsmæssigt årligt spares op til 5 % på det årlige opvarmningsforbrug.

Som tidligere beskrevet er GUF-værdien i 2015 væsentlig større end i 2013 og 2014. Årsagen bør her ligeledes afdækkes. En årsag kan være, at varmtvandstemperaturen fra varmtvandsbeholderen er over 55 °C, og at temperaturen på brugsvandcirkulation er over 50 °C. Det anbefales her at styre efter de overnævnte værdier på hhv. 55 °C og 50 °C. Det store grad-dagsuafhængige forbrug kan endelig også skyldes fejl ved anlæggets motorventiler og manglende rørisolering.

4.2.4 Indeklimamåling efter DS 3033

Der blev kun udført klassificering af indeklima iht. DS 3033 før renoveringen af ejendommen, da renoveringsarbejdet ved afslutningen af denne undersøgelse endnu ikke var sat i gang. Målinger blev gennemført i beboede lejligheder. Ventilationsraten var bestemt ved lukkede vinduer, dog med åbnede ventilationsåbninger i vinduerne (findes kun i køkken). I køkkenet og på toiletet var der monteret mekaniske ventilatorer koblet på ældre ventilations-skakker oprindeligt til naturlig ventilation. Disse var ikke i drift under målingerne. På måledagene (30.06. og 01.07.2015) var der svag til let vind 3-5 m/s, lidt regn og temperaturen omkring 18-24 °C. Resultaterne er vist i tabel 13.

TABEL 13. Indeklimaklassificering for Gammel Jernbanevej

	Bolig 1		Før Bolig 2		Bolig 3	
	Måle- resultat	Klasse	Måle- resultat	Klasse	Måle- resultat	Klasse
Ventilationsrate (l/s/m ²)	0,36	A++	0,39	A++	0,13	C
Termiske forhold		A+		A+		A+
Radon (Bq/m ³)	27 ¹	A++	27	A++	27	A++
Formaldehyd (mg/m ³)	0,028	A++	0,026	A++	0,016	A++
Partikler		A		A		A
Fugt og Skimmel (Mycometer værdi)	5.040	C	430	A+	3.780	C
Dagslys		B		B		C
Samlet klassificering (de nye Mycometer værdier)		B		A+		B

¹ Ingen måling. Det er blevet vurderet at værdien fra bolig 2 kan overtages, da boligene ligger på samme etage.

Samlet set var indeklimaet i to boliger klassificeret som kategori B, hvilket er dårligere end minimumskravene i daværende bygningsreglement, mens en bolig var klassificeret med et godt indeklima kategori A+. Forskellen skyldes de høje koncentrationer af skimmelsporer målt i bolig 1 og 3.

Ventilationsraten var sammenlignelig i to boliger, men meget lavere i den tredje bolig, hvor ventilationsraten svarede til den dårligste klasse C i DS 3033.

De termiske forhold blev vurderet som god i alle tre boliger, dog var vinduerne utætte og der var ingen radiator under køkkenvinduerne. Der manglede også solafskærmning i stuen i lejlighed 1 og 3. Endvidere manglede der emhætte over komfur i alle boliger.

Der blev målt høj koncentration af skimmelsvampesporer med Mycometer Air testen i både bolig 1 og 3. Hverken i bolig 1 eller 3 blev der observeret synlige tegn på fugtproblemer, der

kunne forklare de høje koncentrationer af skimmelsvampesporer i luften. Der var ydermere et lavt fugtindhold i de undersøgte trækonstruktioner. De høje koncentrationer af skimmelsvampesporer indikerer, at der er risiko for forekomst af skjult skimmelvækst i to af de undersøgte boliger.

Dagslys og glasareal ift. gulvareal var lavt i alle tre lejligheder, og ruderne havde dårlig lystransmittans. Bolig 3 er en tagbolig med karnapper og tagvinduer og mindre rudeareal per gulvareal end de to andre lejligheder.

4.2.5 Brugerundersøgelse

Der blev gennemført en grundig interviewundersøgelse blandt beboerne i ejendommen med udgangspunkt i deres hverdagsperspektiv, og hvordan de oplevede og brugte boligerne før renoveringen, samt deres holdninger til den kommende renovering.

Beboerne var generelt meget glade for, at boligerne er meget lyse, og det var kun de, der boede på første sal, der ønskede sig mere lys og udsyn. De vestvendte vinduer gav meget lys om eftermiddagen, men blev også meget varme i sommerhalvåret, hvilket især var et problem i tagetagen på varme sommerdage.

Boligerne havde på mange måder de typiske karakteristika for ældre boliger. Der var træk og kuldenedfald, og støj fra naboer og gaden. Udluftning kunne kun ske ved at åbne vinduerne, da den naturlige utæthed af boliger ifølge Mortensen og Bergsøe (2017) sjældent giver tilstrækkelig ventilation. Beboerne kendte boligernes styrker og svagheder, og havde kreative løsninger til at indrette sig hensigtsmæssigt.

Beboerne var blevet introduceret til at ejendommen skulle byfornyes, og var ligeledes blevet præsenteret for forslagene til moderniseringen. Et stort flertal bakkede op om fornyelsen, men der var også en vis skepsis. F.eks. blev det planlagte køkken-alrum oplevet som meget stort. Nogle var glade for de daværende små køkkener, hvor man kunne lukke døren og undgå mados i resten af boligen. Beboerne understregede behovet for gode emhætter. Der var også bekymring for indretningen af det større rum, og hvorvidt deres møbler ville passe til det nye. Ligeledes var de store glasarealer mod gården lidt skræmmende både i forhold til indblik og indretning, og mulighederne for afskærmning blev ønsket af mange. Der var stor opbakning til at forene det gamle med noget nyt, og mange af boligernes daværende skavanker kunne de se ville forsvinde med renoveringen.

4.3 Case 3: Andelsboligforening på Vesterbro i København, AB Bustrup

4.3.1 Energimærke

Der blev lavet et energimærke for ejendommen både før og efter vinduesrenoveringen. Som det ses i tabel 14, betød renoveringen, at ejendommen rykkede et trin op af energimærkningsskalaen.

TABEL 14. Energimærke før og efter renovering

	Før	Efter
Energimærkning	D (2009)	C (2016)

Fra 2009 til 2016 er der gennemført følgende energimæssige løsninger:

- Erstatning af uisolerede brystninger med tre-lags altandøre
- Nye lavenergivinduer
- Udskiftning af belysning
- Efterisolering af kælder.

Såfremt ejendommen skal bringes yderligere energiklasser ned, er der foreslået installation af solceller i EMO-rapporten.

4.3.2 Energiforbrug og nøgletal

For de to varmecentraler tilknyttet Bustrupgade 8 og Stenderupgade 7 er der indhentet varmemeforbrugsdata fra HOFOR i en opløsning per måned for perioden 2013 til 2016. Varmeforbruget (inkl. graddagekorrigeret forbrug) per år og afkølingen over de tre år ses i nedenstående tabel 15.

Der ses en klart faldende tendens i varmemeforbruget for de to varmecentraler også for det graddagekorrigerede forbrug. Omvendt ses også en stigende GUF-andel for begge centraler.

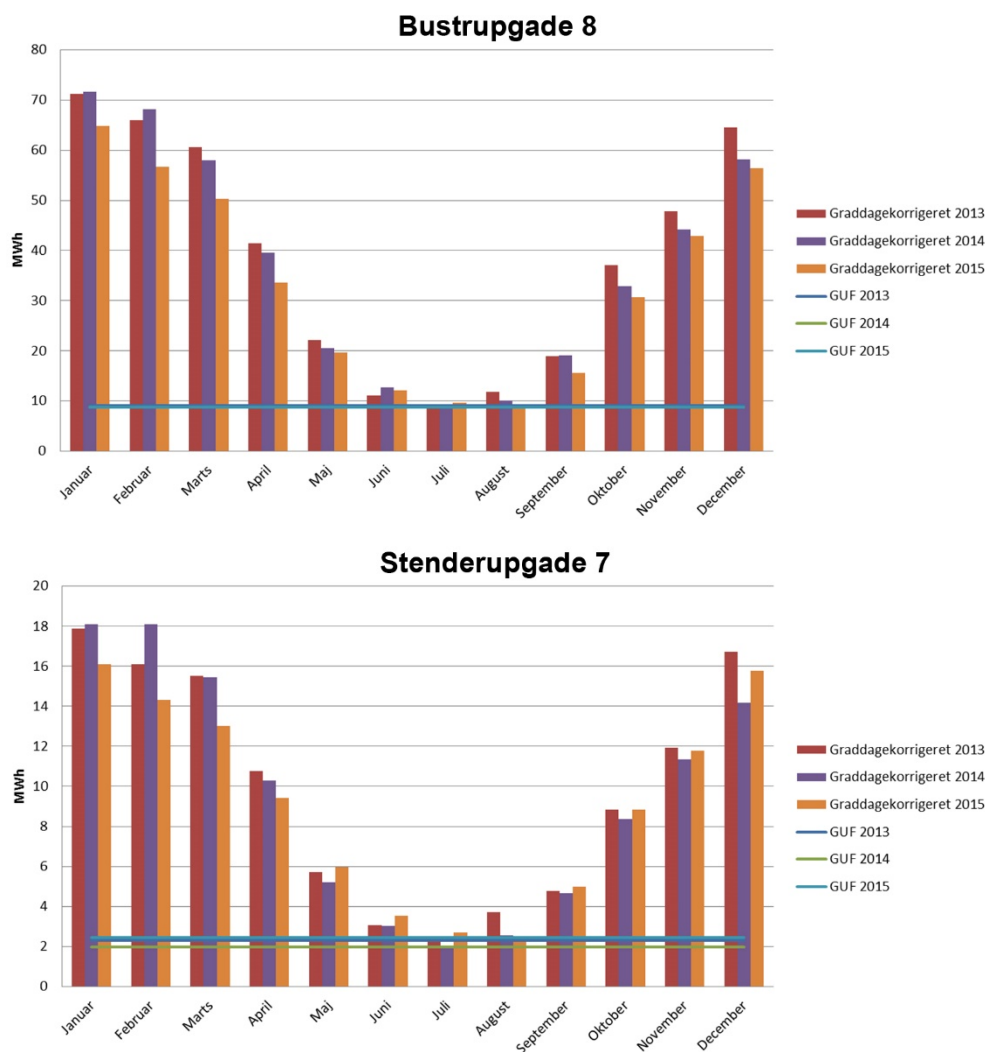
Afkølingen for begge centraler ligger rigtig fint med en afkøling på 38,6 °C, hvilket betyder at andelsforeningen får udbetalt en bonus på ca. 12.000 kr. årligt. Hvis afkølingen over året i gennemsnit er over 38 °C udbetales der bonus. Omvendt opkræves der ekstra betaling hvis afkølingen i gennemsnit har været under 28 °C.

TABEL 15. Varmeforbrug før og efter renovering

	2013	2014	2015
Bustrupgade 8			
Varmeforbrug	447 MWh	374 MWh	355 MWh
Varmeforbrug (graddagekorrigeret)	465 MWh	446 MWh	394 MWh
GUF-andel	24 %	28 %	30 %
Afkøling	43 °C	39 °C	42 °C
Stenderupgade 7			
Varmeforbrug	113 MWh	95 MWh	97 MWh
Varmeforbrug (graddagekorrigeret)	118 MWh	114 MWh	107 MWh
GUF-andel	24 %	25 %	30 %
Afkøling	46 °C	43 °C	44 °C

Når det månedlige forbrug for de tre år undersøges, ligger kurverne nogenlunde ensartet hvert år. Vinduesudskiftningen blev foretaget i efteråret 2014, hvilket stemmer fint overens med det faldende varmemeforbrug for begge centraler omkring det tidspunkt. Omvendt var varmemeforbruget højere i starten af året for 2014. For varmecentralen tilknyttet Bustrupgade fastholdes det faldende forbrug tilsyneladende i 2015, hvorimod forbruget i Stenderupgade stiger igen i 2015 efter faldet i 2014.

Figur 18 viser det graddagekorrigerede varmemeforbrug fordelt på månedsbasis for 2013-2015.



FIGUR 18. Graddagekorrigeret forbrug for 2013-2015 og GUF-andel. Bustrupgade 8 og Stenderupgade 7.

Det lave nøgletal for bygningen (tabel 16) kan sammenlignes med bygninger, som er opført i perioden omkring 1970. Ejendommens forbrug ligger ca. 47 % under referencebygningen.

TABEL 16. Varmeforbrug nøgletal inkl. erhvervslejemål

	Bustrupgade 8 (og Bevtogtgade 5) Faktiske forbrug	Stenderupgade 7 Faktiske forbrug	Referencebygning Beregnet behov	EMO (hele ejendommen) Beregnet behov (primær energi)
Varmeforbrug 2015	90 kWh/m ²	88 kWh/m ²	168 kWh/m ²	80 kWh/m ²
Opvarmet areal	4.365 m ²	1.220 m ²	-	5.582 m ²

Nøgletallet for det beregnede behov for primær energi i referencebygningen er fra Dyrelund et al. (2008) baseret på en model udviklet af Wittchen (2004).

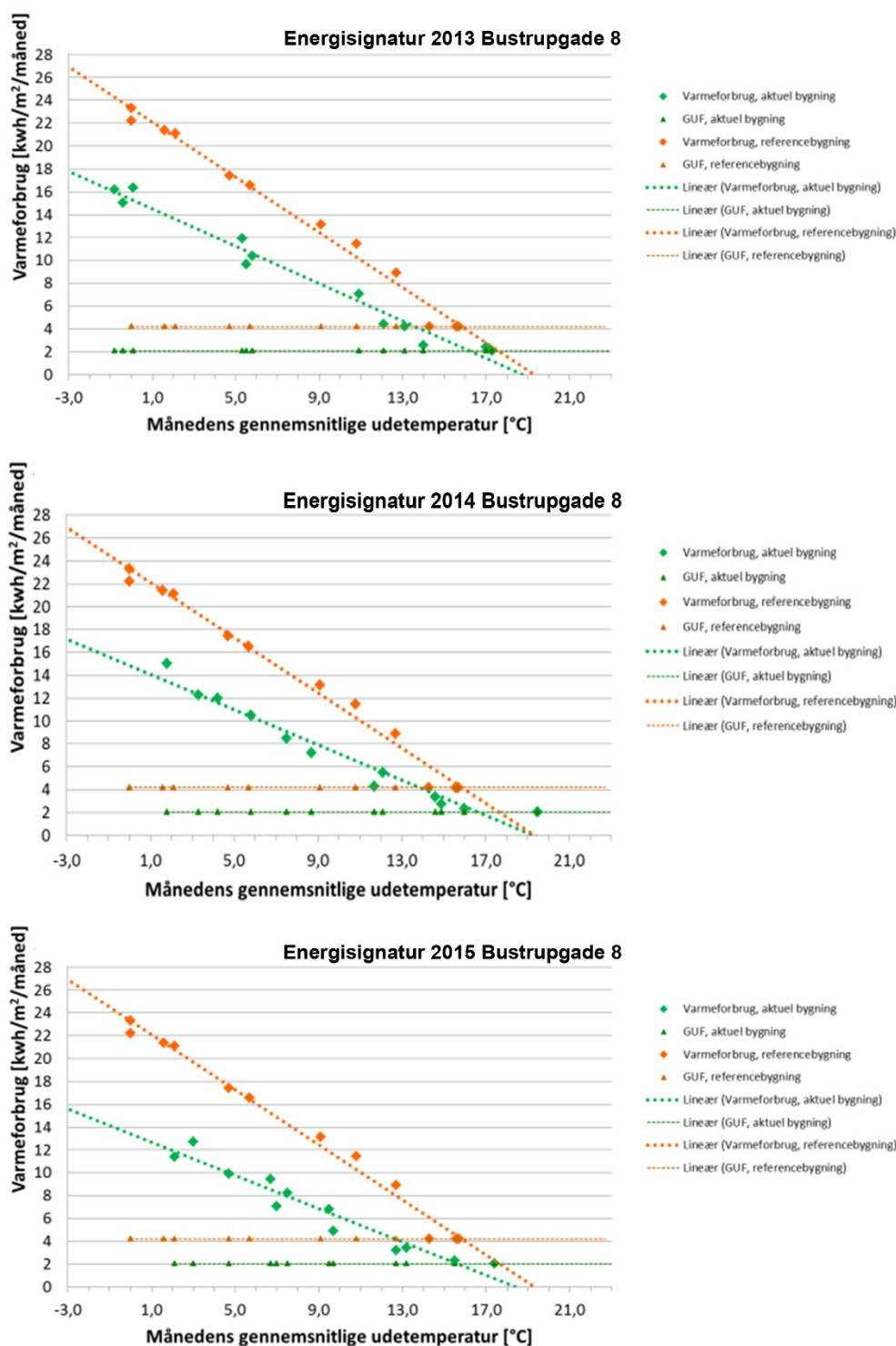
4.3.3 Energisignatur

Energisignaturerne, som ses i figur 19 og 20, er udført for 2013-2015 for de to varmecentraler på baggrund af tilgængelige månedsværdier fra HOFOR.

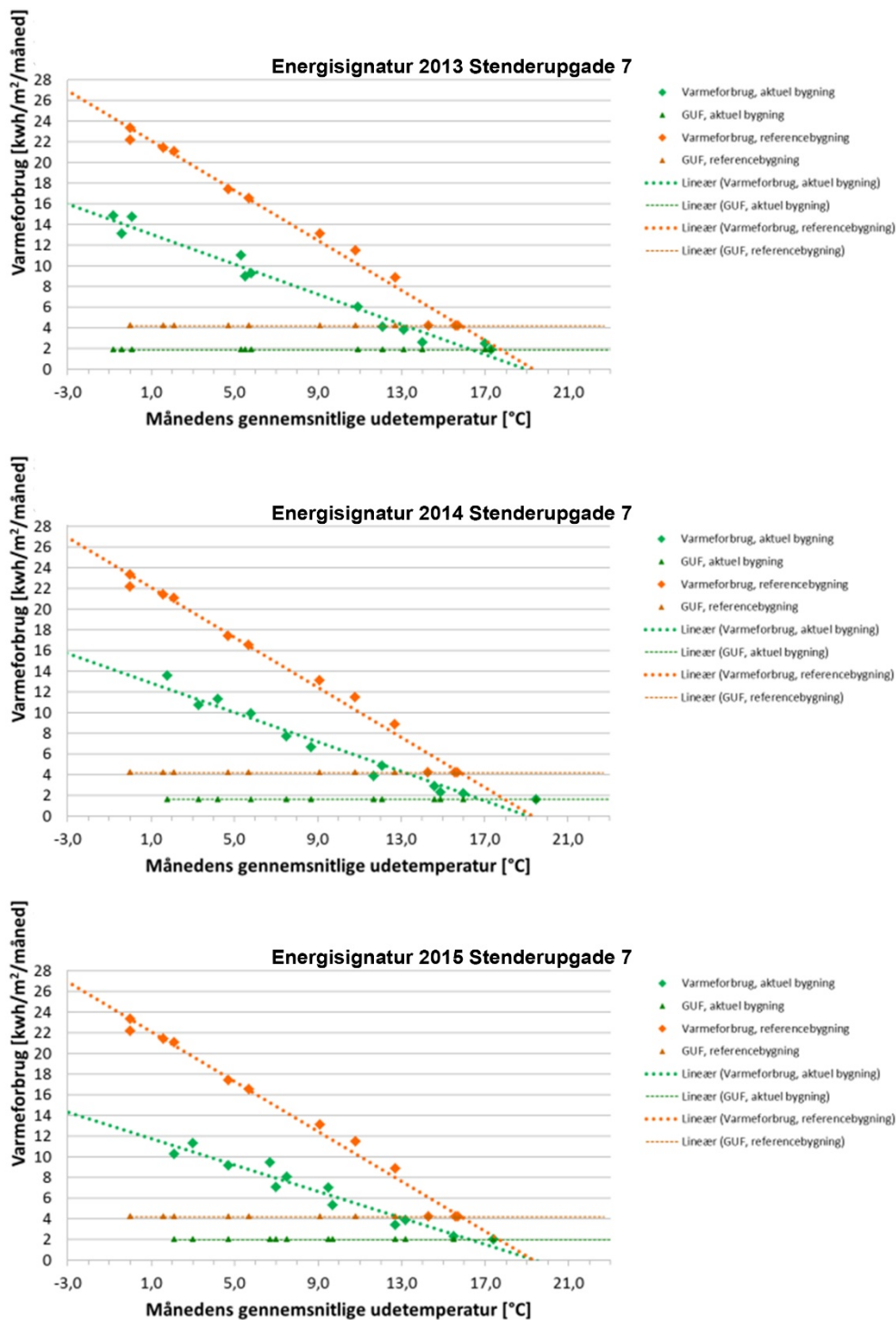
Tendenserne for energisignaturerne for begge varmecentraler over alle år ser forholdsvis ensartet ud. Tendenslinjen for varmeforbruget i den aktuelle bygning ligger under tendenslinjen for varmeforbruget i referencebygningen i alle årets måneder. Hældningen af tendenslinjen for varmeforbruget i den aktuelle bygning er også mindre end hældningen af

tendenslinjen for varmeforbruget i referencebygningen. Punkterne for de månedlige varmeforbrug i den aktuelle bygning ligger også meget tæt omkring tendenslinjen.

Dette betyder som udgangspunkt, at der er en god driftsstyring. En sådan signatur kan også betyde en mere energieffektiv bygning i forhold til klima-skærm, ventilation og lufttæthed samt større intern varmelast og lavere inde-temperaturer. Energisignaturerne viser desuden at m²-nøgletallene falder for den aktuelle bygning for perioden 2013-2015.



FIGUR 19. Energisignatur 2013-2015 for Bustrupgade.



FIGUR 20. Energisignatur 2013-2015 for Stenderupgade.

4.3.4 Indeklimamåling efter DS 3033

Der blev udført en klassificering af indeklima iht. DS 3033 både før og efter renoveringen af ejendommen. Målingerne blev gennemført i beboede lejligheder. Ventilationsraten var bestemt ved lukkede vinduer, dog med åbnede ventilationsåbninger i vinduerne. På måledagen før renoveringen (17.06.2014) var der vindstille og solrig med temperaturer lidt over 20 °C. Indeklimamålingen efter renoveringen blev gennemført 25-26.08.2015, hvor vinden var let 4-5 m/s, temperaturen var på 18 °C med nogen regn. Resultaterne er vist i tabel 17.

TABEL 17. Indeklimaklassificering for AB Bustrup

	Bolig 1		Før		Bolig 2		Bolig 3		Efter		Bolig 3	
	Måle- resultat	Klasse	Måle- resultat	Klasse	Måle- resultat	Klasse	Måle- resultat	Klasse	Måle- resultat	Klasse	Måle- resultat	Klasse
Ventilationsrate (l/s/m ²)	0,21	B	0,8	A++	0,2	B	0,31	A++	0,35	A++	0,22	B
Termiske forhold		A++		A+		A+		A++		A+		A+
Radon (Bq/m ³)	77	A++	22	A++	40	A++	57	A++	21	A++	24	A++
Formaldehyd (mg/m ³)	0,023	A++	0,018	A++	0,026	A++	0,023	A++	0,007	A++	0,015	A++
Partikler		A		A		A		A		A		A
Fugt og Skimmel (Mycometer værdi)	3.610	C	2.380	C	1.180	B	2.260	C	2.163	C	4.154	C
Dagslys		B		B		B		C		C		C
Samlet klassificering		B		B		B		B		B		B

Ud fra den samlede klassificering havde renoveringen hverken en positiv eller negativ indflydelse på indeklimaet. Såvel før som efter renoveringen blev indeklimaet klassificeret som klasse B, svarende til et indeklima dårligere end minimumskravet i det daværende bygningsreglement. Der var dog nogle enkelte forskelle mellem før og efter renoveringen.

Ventilationsraten i bolig 1 steg fra klasse B til klasse A++, formodentlig som følge af udskiftningen af vinduerne. Før renoveringen var der kun én ventilationsåbning i vinduet i alrummet, hvor der efter renoveringen var ventilationsåbninger i alle vinduer dog ikke i altandøren. Alle ventilationsåbninger var åbne under målingen.

I bolig 2 havde udskiftningen af vinduerne den modsatte virkning på ventilationsraten: Vinduerne var før renoveringen utætte, og ventilationsraten efter renoveringen faldt derfor, dog stadig indenfor rammerne af klasse A++.

Renoveringen havde til gengæld ingen målbar indflydelse på ventilationsraten i bolig 3.

De termiske forhold var gode både før og efter renoveringen i alle tre boliger. Der manglede en radiator under vinduet i køkkenet, som i stedet var placeret på væggen over udgangsdøren til bagtrappen (bolig 2 og 3) eller fjernet (bolig 1).

De målte radon- og formaldehyd-koncentrationer var lave i alle tre boliger, både før og efter renoveringen. Den højeste radonkoncentration blev målt i bolig 1, som var en stuelejlighed. Der var en del trafikforurening omkring boligerne, da der ligger en trafikeret vej ca. 80 m fra ejendommen. Iflg. Københavns Kommunes trafiktal kom der mellem 15.800 og 20.900 biler i døgnet (Årsdøgns trafik) i 2016. Der var endvidere recirkulationsemhætte uden afkast til det fri i bolig 1 og 3, mens emhætten var fjernet i bolig 2 af æstetiske årsager. Dette resulterede i klasse A for partikelforurening.

Der var ingen synlig skimmelvækst i de undersøgte boliger på nær små områder ved vindueskarme (bolig 1 og 3), og fugtafregninger på loft og misfarvning på væg i badeværelset (bolig 3). De høje Mycometerværdier indikerer dog, at der er risiko for forekomst af skjult skimmelvækst. Den næsten fire gange højere koncentration af skimmelsvampesporer efter renoveringen i bolig 3 i forhold til før renoveringen tyder også på manglede slut-rengøring. Efter renoveringen i bolig 1 og 3 blev der endvidere målt let forhøjet fugtindhold i dørkarm, gulv og fodpanel.

Ud fra et arkitektonisk hensyn blev der valgt vinduer med koblede rammer med en håndkittet rude udvendigt og termorude indvendig. De tre lag ruder medførte en så væsentlig nedsættelse af vinduernes lystransmittans, at det førte til lavere klassificering for dagslys.

4.3.5 Brugerundersøgelse

Beboerne havde en dobbeltrolle, da de som medlemmer af bestyrelsen også repræsenterede bygherren.

Bolig 1 var beboet af en enlig, yngre mand. Der blev røget i lejligheden. Beboeren oplevede temperaturen som behagelig, men udtrykte dog samtidig ikke de store forventninger til en ældre ejendom. Der bemærkedes trækgener ved de gamle vinduer, som ikke længere var generende med de nye vinduer. Ved besøget var et af dannebrogsvinduernes øvre dele åbnet og beboeren var glad for luftkvaliteten, som dog kunne være lidt trang, når der var flere personer på besøg. Lejligheden var istandsat og der var sat en elektrisk ventilator op på badeværelset, hvis afkast var koblet til den ældre kanal for naturligt aftræk. Beboeren klagede ikke over lugtgener. Overtemperaturer havde hverken før eller efter renoveringen været et problem. Vinduerne er ofte skygget af naboejendomme.

Bolig 2 var beboet af en enlig, ældre dame. Der blev ikke røget i lejligheden. Beboeren oplevede temperaturen som normalt tilfredsstillende, og ville gerne være sparsommelig ved brugen af varme. Der bemærkedes væsentlige trækgener ved de gamle vinduer, der også var svære at åbne. Beboeren havde ikke emhætte af æstetiske årsager. De nye vinduer opleves som en forbedring af det termiske indeklima, beboeren var dog lidt tvivlsom, hvad angik renholdelse af de koblede rammer. Overtemperaturer havde hverken før eller efter renoveringen været et emne. Vinduerne er ofte skygget af naboejendomme.

Bolig 3 var beboet af et yngre par. Der blev ikke røget i lejligheden. Beboerne oplevede temperaturen som tilfredsstillende, men udtrykte dog samtidig ikke de store forventninger til en ældre ejendom. Overtemperaturer havde hverken før eller efter renoveringen været et problem, da vinduerne kunne forblive åbne, også når ingen var hjemme. Beboerne oplever luftkvaliteten som tilfredsstillende. Lejligheden havde et mindre vedligeholdelses efterslæb. Der blev bemærket synlig skimmelsvampevækst og fugtskader på badeværelset. Fugtskaden var ikke repareret som del af renoveringen.

4.4 Opsummering for de tre cases

4.4.1 Energiforbrug

Baggrunden og de økonomiske rammer for energirenoveringen var forskellige i de tre cases.

De valgte renoveringsløsninger er også markant forskellige, men alle tre ejendomme opnår en forbedring af energieffektiviteten (tabel 18). For de to ejendomme med den mest gennemgribende renovering, Albertslund Syd og Gammel Jernbanevej, fører dette endvidere til en forbedring af energimærket (tabel 19).

TABEL 18. Energiforbruget før og efter renoveringen

kWh/m ² år	Før		Efter	
	Beregnet	Målt	Beregnet	Målt
Albertslund Syd	192	112	48	24
Gammel Jernbanevej	120	125	39	-
AB Bustrup	147	105	78	93

Det beregnede forbrug er fundet ifølge energimærkebestemmelserne. Det målte forbrug er justeret for graddage base 17 °C.

TABEL 19. Energimærker før og efter renoveringen

Energimærke	Før		Efter	
	Beregnet	Målt	Beregnet	Målt
Albertslund Syd	D-E	C	A2010	A2015
Gammel Jernbanevej	D	D	A2015	-
AB Bustrup	D	C	C	C

Typemæssigt ligger ejendommene AB Bustrup og Gammel Jernbanevej tæt op ad hinanden, men har vidt forskellige energinøgletal. Alle tre ejendomme lå forholdsvis tæt på eller under nøgletallene for tilsvarende ejendomme. Alligevel synes der belæg for optimering af energiforbruget. En del af dette skyldes driften af varmeanlægget.

Der kunne i det hele taget observeres stor variation i driftspersonalets kompetenceniveau.



FIGUR 21. Rækkehusene i Albertslund Syd efter renoveringen.

I Albertslund Syd (figur 21) var der en professionel driftsorganisation med de relevante kompetencer. Men hver bolig havde deres egen varmforsyning uden større involvering af driftspersonale. Varmeforbruget var mindre end det beregnede, men der var markante problemer med at opnå den krævede afkøling af fjernvarmevandet.

Indeklimaklassificeringen var overordnet set uforandret efter renoveringen. Særligt den lave klassificering for fugtproblemer, den væsentligt forbedrede klassificering for ventilation, og den uforandrede og ret lave klassificering for dagslys er bemærkelsesværdige.



FIGUR 22. Andelsboligforeningen Bustrup efter renoveringen.

AB Bustrup (figur 22) havde en dedikeret vicevært, som viste solid forståelse for drift af varme anlæg og komponenternes vedligeholdelse. Den af HOFOR gennemførte gennemgang af varme anlægget viste forbedringspotentialer ved indregulering af temperaturen af det varme brugsvand, som var lidt for høj i den ene og for lav i den anden varmecentral. Ejendommen havde med dens trestrengede varmefordeling ingen problemer med at opnå den krævede afkøling.

I AB Bustrup gav udskiftningen af vinduerne en lidt lavere indeklimaklassificering for dagslys som følge af coatingen af de mere energieffektive ruder, og fugtklassificeringen blev lidt dårligere. Ellers gav renoveringen ikke anledning til ændringer.



FIGUR 23. Gammel Jernbanevej set fra gården efter renoveringen.

I Gammel Jernbanevej (figur 23) var varmemeforbruget 10-20 % højere end i den sammenlignelige bebyggelse AB Bustrup. Varmeanlægget blev her driftet af en beboer. Beboeren oplyste at han somme tider fik klager over manglende varme, som han ikke ville sidde overhørig. Der kunne ikke opnås en tilfredsstillende afkøling trods det tostrengede varmeanlæg. Både fremløbstemperaturen på varmeanlægget og temperaturen af det varme brugsvand var for høj. Den driftsansvarlige beboer oplyste at vejrkompenseringen ikke fungerede tilfredsstillende, hvorfor han oftere måtte efterregulere fremløbstemperaturen.

Udover dårlig afkøling viste der sig også et behov for at undersøge mulighederne for bedre indregulering i Gammel Jernbanevej og Albertslund Syd. Dette kunne iagttages på energisignaturerne.

Indeklimaklassificeringen i Gammel Jernbanevej var generelt i den gode ende. Dog var klassificeringen for dagslys lav. Det var også netop dette forhold, der blev brugt som begrundelse for den planlagte omfattende renovering med fokus på facaden mod gården. Planen var at opnå betydelige forbedringer, men i denne undersøgelse er det endelige resultat ikke indeklimavurderet.

4.4.2 Indeklimaets kvalitet

Trods indeklimaets kvalitet fik en del opmærksomhed ved planlægning og gennemførelse af renoveringerne, blev der kun målt små kvalitetsforbedringer (se tabel 20). Det blev undervejs i projektet tydeligt, at mærkningsordningerne for både energieffektivitet og indeklimakvalitet er grove og robuste systemer, men megen relevant og detaljeret information bliver ikke bedømt. Det betyder, at forbedringer, som beboerne oplever som vigtige, ikke nødvendigvis medfører bedre mærkninger.

TABEL 20. Indeklimamærkning før og efter renoveringen

	Albertslund Syd		Gammel Jernbanevej		AB Bustrup	
	Før	Efter	Før	Efter	Før	Efter
Ventilation	B - A+	A++	A++	-	B - A++	B - A+
Temperaturer	A++	A+ - A++	A+	-	A+ - A++	A+ - A++
Radon	-	-	A++	-	A++	A++
Formaldehyd	A++	A++	A++	-	A++	A++
Partikler	A++	A++	A	-	A	A
Fugt og skimmel	C - B	C - B	C - A+	-	C - B	C
Dagslys	B	B	C - B	-	B	C
Samlet	B	B	A - B	-	B	B

I de to case-egendomme, hvor indeklimaet kunne undersøges både før og efter renoveringen, oplevede beboerne en bedre komfort ved både 'dybe' renoveringer og trin-for-trin renoveringer. Beboernes adfærd er også efter renoveringerne vigtig for at sikre et godt indeklima. Ved energirenoveringer uden installation af ventilationssystem, er regelmæssig udluftning med gennemtræk en nødvendig faktor for at undgå for høj luftfugtighed og risiko for skimmelsvamp i de mere tætte boliger. Bliver et ventilationssystem installeret, er grundig brugeroplæring påkrævet for at systemet bliver udnyttet optimalt og dermed bidrager til en forbedring af både indeklima og varmekonsumet.

The background of the page is filled with a pattern of thin, dark blue, wavy lines that create a sense of movement and depth. These lines are arranged in concentric, flowing patterns that curve across the page, creating a modern and abstract aesthetic.

5

DISKUSSION

5 DISKUSSION

Den eksisterende bygningsmasse afspejler den byggetekniske formåen og samtidens afstemninger af holdbarhed, energieffektivitet og indeklimakvalitet over en periode, der rækker mere end 100 år tilbage i tiden. I samme periode har der været betydelige velstandsstigninger. Energipriserne har udviklet sig fra et højt niveau for mere end 100 år siden over stadigt lavere og mere stabile priser, indtil energikriserne i 1970'erne afsluttede en lang periode med lave priser. Her gav meget bratte stigninger i energipriserne til op mod det tidobbelte en markant ændring af byggeriets rammevilkår. Stigningerne blev dog afløst af fald mod lavere priser og et niveau kun to gange over det lave niveau fra starten af 1970'erne. Et lavpunkt blev nået i 1997, hvorefter priserne steg til efterkrigstidens højeste niveau i 2012-13. Fra midt 2010'erne til 2020 faldt priserne dog noget igen.

For alle tre bygningsejere afspejlede motivation for at igangsætte en renovering, at der var tale om ældre ejendomme med et behov for modernisering og vedligeholdelse. Renoveringer af flerfamilieshuse i starten af 2010'erne var generelt ikke i særlig grad betinget af ønsket om at spare omkostninger til energi, men af behovet for at udskifte bygningsdele og modernisere. Mulighederne for energibesparelser fulgte af de nødvendige forbedrings- og vedligeholdelsesarbejder.

De forskellige typer af ejerskab afspejler samtidigt omfanget af og satte rammerne for de arbejder, der bliver igangsat.

AB Bustrup, der er en andelsboligforening, gennemførte nødvendige arbejder med at udbedre skader på den udvendige del af facaden og øvrige vedligeholdelsesarbejder, når man alligevel havde et stillads tilgængeligt i forbindelse med udskiftningen af vinduer. At der blev valgt koblede rammer og en vinduestype af meget høj kvalitet, skyldtes mulighed for at få byfornyelsesstøtte fra Københavns Kommune. Valget af vinduer havde nok været anderledes uden denne støtte.

Den private udlejningsejendom på Gammel Jernbanevej var uden tidssvarende toilet- og badeforhold, og var derfor en ejendom, som Københavns Kommune gav høj prioritet i forbindelse med byfornyelsesstøtte. Udlejeren ønskede at udnytte den mulighed for at få moderniseret ejendommen, og ejendommen blev tillige omfattet af et forsøgsprojekt om at nedbringe ejendommens energiforbrug. Der var derfor planlagt en meget omfattende modernisering af ejendommen.

Rækkehusene i Albertslund Syd er almene boliger, der var ramt af alvorlige byggeskader og med et behov for fremtidssikring. En sådan fremtidssikring med fysiske og sociale helhedsplaner har været en prioriteret indsats fra Landsbyggefonden i en lang periode, hvilket har ført til modernisering af en lang række almene boligområder over hele landet, bakket politisk op af skiftende folketingsflertal lige siden finanskrisen.

For rækkehusene i Albertslund Syd gik man virkelig langt for at sikre en høj boligkvalitet, men også for at nedbringe boligernes energiforbrug. Dette er sket i et samarbejde mellem boligorganisationer, boligafdelingerne, kommune og fjernvarmeselskab.

I alle tre eksempler er der altså tale om modernisering og energibesparelsesarbejder, hvor arbejdet blev stimuleret af tilskud, der ikke fuldt-ud blev finansieret af beboerne i de pågældende boliger. Disse tilskud har gjort det muligt at træffe nogle beslutninger, der blandt andet har gjort det muligt at gå energimæssigt langt.

5.1 Betydningen af kvalificeret driftspersonale og beboernes adfærd

Det er tydeligt at bygningens drift og beboernes adfærd har stor betydning for såvel indeklima og energiforbrug. Bygningens drift har især betydning for energiforbruget, da en god drift af varmeanlægget kan reducere energiforbruget.

Generelt forsøger fjernvarmeselskaberne at fremme god drift af varmecentraler ved at have en strafafgift på afkølingen. Er afkøling på returvandet ikke tilstrækkelig opkræves en strafafgift, men i stigende omfang tilbyder fjernvarmeselskaberne også overvågning af varmecentraler, hvilket muliggør en bedre drift.

Lige så snart man bevæger sig over i egentligt lavenergibyggeri, hvilket de moderniserede rækkehuse må betegnes som, er der større krav til drift og vedligehold. Det handler især om vedligeholdelse af ventilationsanlæg med varmegenvinding. Filtre skal skiftes og anlæggene overvåges.

I ældre ejendomme uden mekanisk ventilation er beboernes adfærd afgørende for et godt indeklima, og energimæssige forbedringer i form af nye og mere tætte vinduer kan føre til et dårligt indeklima, hvis beboerne ikke samtidigt justerer deres adfærd, så der sker en tilstrækkelig udluftning.

På nogle måder kan energibesparelser og indeklima være hinandens modsætninger, da ringe udluftning også er forbundet med et lavere energitab.

Beboernes adfærd er ikke undersøgt systematisk og dybtgående i denne undersøgelse, men det er observeret at adfærden i de moderniserede rækkehuse ikke altid er hensigtsmæssigt i forhold til indeklima og energiforbrug.

Et eksempel på uhensigtsmæssig adfærd er, når ventilationsanlægget stoppes for at spare på energi, da der i energirenoverede boliger er et meget lille naturligt luftskifte, som følge af en meget lufttæt bolig.

Omvendt er der mange, der tager deres gode adfærd med udluftning gentagne gange om dagen med sig, når de flytter ind i en lavenergibolig. Den adfærd er ikke i samme grad nødvendig, når boligen har et ventilationsanlæg med varmegenvinding. Anlægget sørger for et tilstrækkeligt luftskifte, og sikrer netop et lavt energiforbrug via genvinding af varmen.

5.2 Anvendelse af DS 3033 som værktøj for at sikre et godt indeklima ved energirenovering.

Standarden DS 3033 er ikke dynamisk og forholder sig ikke til måden bygningen anvendes, og kan dermed ikke stå alene som et værktøj til at sikre et godt indeklima ved

energirenovering. Standarden sikrer helt klart nogle minimumskrav, men tydeliggør ikke de komfort- og indeklimateforbedringer, der følger med lavenergirenoveringer.

Mest tydeligt er det i forhold til den oplevede komfort i rækkehusene i Albertslund Syd, hvor beboerne oplevede en betydeligt bedre komfort i de renoverede huse uden træk og kuldednefald fra kolde flader. DS 3033 medtager ikke disse forhold, idet der ikke er krav til en bygnings isolering, men blot at der er et varmeanlæg, der kan opvarme bygningen. Ligeledes kan DS 3033 heller ikke dokumentere et bedre indeklima som følge af et ventilationsanlæg med varmegenvinding, da DS 3033 ikke har nogle dynamiske undersøgelser af indeklimaet.

Ved mindre omfattende energirenoveringer som f.eks. AB Bustrup, er det ikke sandsynligt at en bygningsejer vil anvende DS 3033 som et værktøj til sikring af indeklimaet. En vinduesudskiftning kan meget vel føre til en øget tæthed af bygningen, og dermed en risiko for et dårligere indeklima, men et eventuelt dårligere indeklima er alene betinget af beboernes adfærd, og DS 3033 bliver dermed ikke et velegnet redskab til sikring af indeklimaet.

Det er bemærkelsesværdigt at dagslysforholdene ifølge DS 3033 forringes ved vinduesudskiftningen i AB Bustrup, og at de ikke forbedres i rækkehusene i Albertslund Syd efter renoveringen. Dette skyldes, at AB Bustrup får vinduer med tre lag glas og dermed en mindre lystransmittans, og det øgede vinduesareal i rækkehusene er ikke tilstrækkeligt til at opnå en bedre klassificering, da ikke alle rum i boligen får bedre dagslys.

Dagslyssimulering er sjældent et værktøj, der tages i anvendelse ved renovering - hvilket det måske burde være i større omfang.

DS 3033-standardens efterfølgende blevet kritiseret for at være dyr at anvende, og få har ønsket indeklimarapporter efter DS 3033. Dansk Standard har trukket standarden tilbage. REBUS-partnerskabet (2016-2021) har 'samlet handsken op' og deres arbejde med indeklima har bl.a. resulteret i en ny kortlægning af centrale parametre, der bør indgå ved vurdering af indeklima samt kvantificering og håndtering af parametrene f.eks. ved måling og registrering eller ved brug af spørgeskema. Derudover er værktøjet IK-Kompas (Larsen et al., 2020) til vurdering af indeklimaet blevet udviklet, og i sammenhæng med dette en ny metode til indeklimaklassificering. Det skal bemærkes, at IK-Kompas ikke inkluderer problemer med fugt og skimmelsvamp.

The background of the page is filled with a pattern of thin, dark blue, wavy lines that create a sense of movement and depth. These lines are arranged in concentric, slightly irregular curves that flow across the entire page. In the center, there is a solid dark blue circle containing the white number '6'.

6

ANBEFALINGER

6 ANBEFALINGER

6.1 Generelle anbefalinger

Tager man kun de grundlæggende fysiske forhold i betragtning, står et godt indeklima med komfortable temperaturer og høj ventilation i modsætning til et lavt energiforbrug. Man kan let spare på energien ved at standse opvarmning og ventilation af en bygning. Her er det vigtigt at huske, at det vigtigste formål med et hus er at sikre sunde og trygge rammer om gode liv. Når vi renoverer vores huse, er det således vigtigt at arbejde for at hovedformålet med bygningen opfyldes bedre efter renoveringen end før. Denne rapport viser, at det er muligt, når renoveringen gennemføres klogt.

Bæredygtig renovering omfatter både sociale, økonomiske og miljømæssige aspekter. Vi tænker ofte på forbedret tilgængelighed og en opgradering af nærområdet, når det drejer sig om sociale aspekter. Når indeklimaet bliver sundt og godt efter en renovering, tilgodeser vi både helbreds- (sociale) og økonomiske aspekter. Når fugt, temperatur, ventilation, indendørs partikler, lys og støj bliver håndteret korrekt, øges beboernes velvære, koncentration og produktivitet, og risikoen for træthed, astma, hovedpine, hjerte-kar-sygdomme med meget mere mindskes. Alt sammen noget, der også kan gøres op i kroner og ører (Se for eksempel BPIE 2018).

Det økonomiske aspekt omfatter også, at det kan betale sig at gennemføre renoveringen for den ansvarlige organisation, og at de nyrenoverede boliger kan udlejes til en pris, der sikrer økonomisk bæredygtighed.

Det er desuden vigtigt, at der vælges gode og fremsynede energimæssige løsninger i forbindelse med renovering. Derved sikres, at halve løsninger ikke stiller sig i vejen for økonomisk rentable løsninger på længere sigt. Det kan f.eks. dreje sig om etablering af en minimal isolering (inden for lovens rammer) mod loft, som gør yderligere isolering på et senere tidspunkt urentabel.

Endelig skal den miljømæssige bæredygtighed også tilgodeses, så miljøbelastningen af de gennemførte renoveringsarbejder bliver mindre end reduktionen i de løbende belastninger fra bygningsdriften.

Overvejer en bygningsejer at gennemføre en bygningsrenovering for at få en mere bæredygtig bygning, er det således vigtigt at tænke hele vejen rundt i bæredygtighedsbegrebet.

6.2 Idefasen

Det er vigtigt at tage energihensyn med ind i overvejelserne fra starten. Her kan Bygningsreglementets renoveringsklasser bruges som målestok.

Forbedringer af indeklimaets kvalitet opstilles ofte mindre målbart. Selv om en klassificering i sig selv ikke giver vished for mulige indsatsområder, giver de forskellige parametre og klasser, som DS 3033 anvender, en god rettesnor til at arbejde både målrettet og kvalificeret

under ideudviklingen. Før afgrænsningen af renoveringsprojektet bør det undersøges om ejendommen har indeklima-udfordringer inden for de parametre, som oprindeligt var inkluderet i DS 3033 eller som bruges i IK-Kompasset.

Ændringer, der ligger inden for renoveringsprojektets scope, bør derfor altid vurderes med hensyn til:

- ventilationsraten
- termiske forhold
- radon
- formaldehyd
- fugt og skimmel
- dagslys

Ved betragtninger af dagslysforhold kan der være andre hensyn, såsom indgreb i bygningsarkitektur og indblik, der kan have en væsentlig indflydelse på den endelige udformning.

Andre rapporter bekræfter, at det er muligt at energirenovere så indeklimaet ikke forværres men snarere bliver bedre (Pedersen, Axelgaard, Vorre & Eriksen, 2015 samt Knudsen, Thomsen, Rose & Bergsøe, 2015).

6.3 Projekteringsfasen

Grundlæggende bør valget af detaljeringsgraden være afhængigt af projektets omfang og kompleksitet.

Der kan ikke gives almenlydige kvantitative anbefalinger, der beskriver hvilke af de mere dybtgående energibesparende tiltag er økonomisk mest fordelagtige, og hvilken påvirkning på indeklimaet de vil have, da disse sammenhænge er forskellige fra bygning til bygning.

Det er vigtigt at finde svar på følgende opmærksomhedspunkter:

- At beskrive hvordan ventilationsraten sikres.
- At vurdere de termiske forhold - enten efter kriterierne i DS/EN 16798-1:2019 eller DS 474. Avancerede værktøjer er til rådighed til dynamiske simuleringer af det termiske indeklima.
- Overvågning af om de anvendte materialer overholder gældende standarder og lovmæssige krav om formaldehyd. Dette kan normalt ske ved kontrol af producenternes sikkerhedsdatablade og anden dokumentation. Ved omfattende brug af alternative byggematerialer kan det desuden være relevant med egne kontrolmålinger på materialerne.
- Sikre at omfattende brug af materialer, der afgiver formaldehyd, ikke giver anledning til høje indeluftkoncentrationer (Kolarik, Gunnarsen & Funch, 2010).
- Sikre at materialerne holdes tørre gennem byggeprocessen, og at der er gennemført en egentlig fugtprojektering for at undgå fugt og skimmel.
- Dokumentere dagslysforholdene. Dette kan ske med komparative dagslysberegninger. I en renovering vil det altid være komparativt (før-efter situation). Modellerne behøver ikke være meget sofistikeret med modellering af det omgivende byggeri, m.m.

Projektering og udførelse til en aftalt indeklimaklasse og energiklasse anses som muligt. En placering af ansvaret for om dette opnås er kun mulig, såfremt indeklimaet og energiforbruget kan måles uden at inkludere beboernes adfærd.

6.4 Udførelsesfasen

Her er det sædvanlige fokus på fejl og mangler oplagt. Det er vigtigt at sikre, at fugtfølsomme materialer holdes tørre bl.a. også når det regner på byggepladsen. Af hensyn til den fremtidige drift er det også vigtigt at sikre en god aflevering fra entreprenør til driftsorganisation med forståelige brugsanvisninger og vedligeholdelsesinstruktioner. De tekniske installationer er typisk særligt svære at overdrage ved en aflevering, da visuel kontrol her ikke er tilstrækkelig. De nødvendige ressourcer til en grundig afleveringsforretning skal allokeres fra både drift og entreprenør.

6.5 Driftsfasen

Ny teknologi i form af fjernaflæsning af både energiforbrug og indeklimatekni giver nye og bedre muligheder for at forbedre driften af lejligheder. Såvel driftspersonale som serviceorganisationer i form af f.eks. fjernvarmeselskaber kan sikre en god energimæssig og indeklimatekni drift. Viden om indeklimatekni og energiforhold bør også gives til beboerne, så deres adfærd understøtter et lavt energiforbrug og godt indeklimatekni. Netop muligheden for at følge indeklimatekni online kan medvirke til at forebygge dårligt indeklimatekni, og forbedre mulighederne for at opnå en god adfærd blandt beboerne.

Beboernes ønske om lave omkostninger til varme og strøm kan resultere i et dårligt indeklimatekni, hvilket i værste tilfælde kan føre til skimmelsvampe og fugtskader i boligerne. Mere viden om indeklimatekniets kvalitet, de negative effekter af et dårligt indeklimatekni, samt hvad man kan gøre for at opnå et optimalt indeklimatekni, kan medvirke til at undgå sådanne skader og forbedre indeklimatekni for beboerne.

KONKLUSION

7 KONKLUSION

Renoveringerne af de tre case-egendomme blev først og fremmest gennemført for at rette op på et vedligeholdelseefterslæb og behovet for at sikre bygningernes fortsatte værdi. I realiteten var energibesparelserne ikke særligt vigtige.

Indeklimaets kvalitet fik en del opmærksomhed ved planlægningen og gennemførelsen af renoveringerne.

Der kan opnås markante energibesparelser ved at slukke for varmen og standse ventilatoren. Det vil dog være ødelæggende for indeklimaets kvalitet. Indeklimaets kvalitet var ikke i fare ved de rapporterede tre professionelt gennemførte renoveringer. Men kun små forbedringer kunne måles.

Både energimærket og indeklimamærket (DS 3033) er grove og robuste systemer. Men mange relevante detaljer, som beboerne oplever, kommer ikke med. Det betyder, at de forbedringer i indeklimaets kvalitet, som beboerne rapporterer, ikke nødvendigvis giver et forbedret mærke.

Kvalificeret og opmærksomt driftspersonale kan med simple midler forbedre en bygnings energieffektivitet markant. Mindre ejendomme risikerer dårlig energieffektivitet alene på grund af manglende kvalifikationer eller opmærksomhed blandt driftspersonalet. Fjernvarmeselskabernes serviceordninger, fjernovervågning og deling af viden med beboerne er uudnyttede potentialer i driften af boligejendomme.



8

LITTERATUR

8 LITTERATUR

BO-VEST (2016). Hjemmeside om lejemålene. <https://www.bo-vest.dk/UnikVenteliste/LejemaalGruppe.aspx?ID=287> (besøgt foråret 2016)

Bonderup, S., Gunnarsen, L. B., Knudsen, S.M. (2016). *Comparison of test methods for mould growth in buildings*. CLIMA 2016 - proceedings of the 12th REHVA World Congress: volume 7. <https://vbn.aau.dk/en/publications/sammenligning-af-testmetoder-for-skimmelvaekst-i-bygninger>

bp (2014). *Statistical Review of World Energy June 2014*. <http://bp.com/statisticalreview> (besøgt 21. december 2014)

BPIE (2018) *Building 4 People: Quantifying the benefits of energy renovation investments in schools, offices and hospitals - Methodology and results*. <https://www.bpie.eu/publication/building-4-people-valorising-the-benefits-of-energy-renovation-investments-in-schools-offices-and-hospitals/>

Brandt, E. (2009). *Fugt i bygninger*. SBI-anvisning 224. Staten Byggeforskningsinstitut. <https://build.dk/anvisninger/Pages/224-Fugt-i-bygninger-1.aspx#s=skimmelsvampev%C3%A6kst+2009>

Cowi (2016). *Sammenhængen mellem boligens energistandard og forekomst af sygdomme hos beboerne - Analyse baseret på registerdata*. Energistyrelsen. https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Energibesparelser/sammenhaengen_mellem_boligens_energistandard_og_forekomst_af_sygdomme_hos_beboerne_.pdf

Dansk Standard (2011). *DS 3033 Frivillig klassificering af indeklimaets kvalitet i boliger, skoler, daginstitutioner og kontorer (tilbagetrukket)*. <https://webshop.ds.dk/da-dk/standard/ds-30332011>

Dyrelund, A., Lund, H., Möller, B., Mathiesen, B. V., Fafner, K., Knudsen, S., Lykkemark, B., Ulbjerg, F., Laustsen, T. H., Larsen, J. M., & Holm, P. (2008). *Varmeplan Danmark*. Aalborg Universitet. https://vbn.aau.dk/ws/portalfiles/portal/16591726/Varmeplan_bilagrapport.pdf

Energistyrelsen (2014). *Håndbog for energikonsulenter HB2014*. <https://hbemo.dk/haandbog-for-energikonsulenter-hb2014>

Energistyrelsen (2021) *Analyse af efterlevelse af bygningsreglementets energikrav ved renowering af eksisterende bygninger samt omfanget af renowering*. https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Energibesparelser/analyse_af_overholdelse_af_br_energikrav_ved_renowering_samt_omfanget_af_renowering_2021.pdf

European Commission (2019). *Comprehensive study of building energy renovation activities and the uptake of nearly zero-energy buildings in the EU*. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/97d6a4ca-5847-11ea-8b81-01aa75ed71a1/language-en/format-PDF/source-119528141>

European Standards (2016). *prEN 17037 Dagslys i bygninger*. (Senere DS/EN 17037:2018) <https://webshop.ds.dk/da-dk/s%c3%b8gning/lys-og-belysning/ds-en-170372018>

International Active House Alliance. Hjemmeside <http://www.activehouse.info> (tidligere <http://aktivhusdanmark.dk/>)

- Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet (2020). *Bekendtgørelse om energimærkning af bygninger*. <https://www.retsinformation.dk/eli/ta/2020/1651>
- Knudsen, H.N. and Jensen, O.M. (2015). *Tenant's experiences and satisfaction with renovated and energy retrofitted social housing*. SBI 2015:28. <https://build.dk/Assets/Tenants-experiences-and-satisfaction-with-renovated-and-energy-retrofitted-social-housing/sbi-2015-28-1.pdf>
- Knudsen, H. N., Thomsen, K. E., Rose, J., Bergsøe, N. C. (2015). *Tenants' experiences and satisfaction in social housing subject to comprehensive retrofitting - A Danish case study*. <https://build.dk/Pages/Tenants-experiences-and-satisfaction-in-social-housing-subject-to-comprehensive-retrofitting.aspx>
- Kolarik, B., Gunnarsen, L., Funch, L. W. (2010). *Afgivelse af formaldehyd fra byggevarer og forbrugerprodukter*. SBI 2010:09. Statens Byggeforskningsinstitut. <https://build.dk/Assets/Afgivelse-af-formaldehyd-fra-byggevarer-og-forbrugerprodukter/sbi-2010-09-pdf.pdf>
- Larsen, T. S., Clausen, G., Bekö, G., Heebøll, A., Witterseh, T., Hellgren, E., Knudsen, H. N., Mortensen, L. H., & Rasmussen, B. (2020). *Centrale parametre til karakterisering af bygningers indeklima*. (2. udg.) Realdania Byg. <http://rebus.nu/media/1386/centrale-parametre-til-karakterisering-af-indeklima-ver-201.pdf>
- Lehrskov, H., Øhlenschläger, R., Kappel, K., Kleis, B., Klint, J. & Vejsig, P. (2011). *Energi + Arkitektur*. Solar City Copenhagen's Forlag.
- Mortensen, L. H. og Bergsøe, N. C. (2017). *Lufttæthed og luftskifte i eksisterende enfamiliehuse*. SBI 2017:06. <https://build.dk/Pages/Lufttaethed-og-luftskifte-i-eksisterende-enfamiliehuse.aspx>
- Møller, E. B. (2012). *Efterisolering af småhuse - byggetekniske løsninger*. SBI-anvisning 240. <https://build.dk/anvisninger/Pages/240-Efterisolering-af-smaahuse-byggetekniske-loesninger-1.aspx>
- Pedersen, J. L., Axelgaard, J., Vorre, M. H., Eriksen, M. H. (2015). *Sammenhængen mellem boligens energistandard og komfort – Interviewundersøgelse*. NIRAS A/S. https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Energibesparelser/sammenhaengen_mellem_boligens_energistandard_og_komfort.pdf
- Regeringens klimapartnerskaber - Bygge- og anlægssektoren (2020). *Anbefalinger til regeringen fra Klimapartnerskabet for bygge- og anlægssektoren*. <https://www.ft.dk/samling/20191/almdelel/KEF/bilag/393/2229190.pdf>
- Rådet for Grøn Omstilling, tidligere Det Økologiske råd (2020). *Bygningernes andel af energiforbrug og udledninger*. <https://rgo.dk/wp-content/uploads/2019/09/Bygningernes-andel-af-energi-og-co2-i-Danmark-050320.pdf>
- Thomsen, K. E., Rose, J., Christen Mørck, O., Jensen, S. Ø., Østergaard, I., Knudsen, H. N., & Bergsøe, N. C. (2016). *Energy consumption and indoor climate in a residential building before and after comprehensive energy retrofitting*. Energy and Buildings, 123, 8-16. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S037877881630295X>
- Wittchen, K. B. (2004). *Vurdering af potentialet for varmebesparelser i eksisterende boliger*. By og Byg Dokumentation 057, Statens Byggeforskningsinstitut. <https://build.dk/Pages/Vurdering-af-potentialet-for-varmebesparelser-i-eksisterende-boliger.aspx>
- World Green Building Council (2019). *Bringing embodied carbon upfront*. https://www.worldgbc.org/sites/default/files/WorldGBC_Bringing_Embodied_Carbon_Upfront.pdf

Zimmermann, R. K., Andersen, C. E., Kanafani, K. & Birgisdóttir, H. (2020). *Klimapåvirkning fra 60 bygninger*. Forskning i det byggede miljø, SBI 2020:04. Polyteknisk Boghandel og Forlag ApS. <https://build.dk/Assets/Klimapaavirkning-fra-60-bygninger/SBi-2020-04.pdf>

En bygning bliver normalt renoveret mere eller mindre omfattende flere gange i løbet af den lange brugsperiode, de fleste bygninger har. Årsagerne til renoveringerne er typisk nedslidte bygningsdele, ændret anvendelse, dårligt indeklima eller ændrede rammebetingelser som stigende energipriser, klimaforandringer og støj i omgivelserne. De mere omfattende renoveringer har typisk flere af ovennævnte årsager.

Under de pludseligt kraftigt stigende energipriser i 1970'erne foretog mange bygningsejere renoveringer med et ensidigt sigte på at spare energi under bygningsdriften. Indgrebene resulterede dog ofte i beklumret luft, lave luftskifter og opfugtede byggematerialer. Indeklimaets kvalitet blev dermed ofte kompromitteret, og der har lige siden været tvivl, om man kunne renovere for at spare energi og efterfølgende have et godt indeklima.

I denne rapport gennemgås konsekvenserne for energieffektivitet og indeklimaets kvalitet af tre klogt gennemførte renoveringer. Det vises derigennem, at det er muligt at energirenovere under opretholdelse af god indeklimakvalitet. Men det er oplagt, at den iboende modsætning mellem termisk komfort og god luftkvalitet inden døre på den ene side og det deraf afledte energiforbrug til klimatisering af bygningerne på den anden side kræver, at der anlægges et helhedssyn på indeklimakvalitet, holdbarhed og energiforbrug både ved omfattende og afgrænsede renoveringer af bygninger.



BUILD

AALBORG UNIVERSITET