



TEKNOLOGISK
INSTITUT

Reelle energibesparelser ved energirenovering af etageejendomme

Hovedrapport

August 2018

Projekt

Reelle energibesparelser ved energirenovering af etageejendomme

Rapporttitel

Hovedrapport

Udarbejdet af

Kasper Furu Nielsen (projektleder)

Peter Svendsen

Lasse Skammelsen Trankjær

Babette Peulicke Slott

Teknologisk Institut

Energieffektivisering og Ventilation

Gregersensvej 1

2630 Taastrup

Udarbejdet for

Grundejernes Investeringsfond

Realdania

Indhold

1	Forord.....	3
2	Projektformål.....	3
3	Opsummering.....	3
4	Metodik.....	4
4.1	Ejendomme.....	4
4.2	Målinger og databehandling.....	5
4.2.1	Energiforbrug.....	6
4.2.2	Indeklima (temperatur og relativ luftfugtighed).....	6
4.2.3	Bygningstæthed.....	6
4.2.4	Energisignatur.....	7
4.3	Driftspersonale og beboere.....	7
5	Resultater.....	8
5.1	Forudsigelse af varmebesparelsen.....	8
5.2	Varmeforbrug.....	8
5.3	Energisignatur.....	9
5.4	Fortolkning af bygningstæthed.....	9
5.5	Usikkerhed og korrektion af beregninger.....	10
6	Diskussion.....	11
7	Fremtidige perspektiver.....	12

1 Forord

Dette projekt er grundlagt og udført med økonomisk støtte fra:

- Grundejernes Investeringsfond
- Realdania
- Green Labs Energy Efficient Buildings - GLEEB

En special tak gives til:

Rambøll A/S og Statens Byggeforskningsinstitut for at bidrage med data og beregningsmetoder samt løbende sparring til projektets helhed.

DEAS A/S, Arup&Hvidt og Enemærke & Petersen for at stille ejendomme til rådighed, for uden dem havde dette projekt ikke været muligt.

2 Projektformål

Renoveringer af etageejendomme formår i dag ikke at leve op til de energimæssige forventninger, og det er en klar tendens, at der forbruges langt mere energi end hensigten. Der eksisterer mere detaljeret og dyr teknologi, som simuleringssystemer, der kan øge nøjagtigheden i store komplekse byggerier. Det er dog for omkostningstungt i mindre komplekse byggerier, såsom etageboligrenoveringer, hvor der i stedet typisk kun bliver anvendt simple og hurtige energiberegninger, der kan medføre en unøjagtighed som resulterer i et uønsket merforbrug.

Formålet med projektet er at opstille en hurtig prisbillig metode, der kan skabe bedre overensstemmelse mellem den forventede energibesparelse og den reelle energibesparelse. Projektet har undersøgt bygninger før renovering, under renovering og efter renovering, for at få den fulde forståelse af de faser, hvor antagelser tages og ændringer laves samt hvordan det færdige resultat lever op til forventningerne.

Projektets metode har til formål at skabe bedre klarhed og beregningssikkerhed i energiberegningerne med mindst mulig gene for byggeprocessen og beboere i ejendommen. Projektet har derfor fokus på de absolutte kritiske parametre for energiberegningen, hvor nuværende antagelser kan skabe store beregningsusikkerheder.

Metoden skal være let tilgængelig for bygherre og rådgiver, og derfor benyttes der beregningsværktøjer, som forventes at være til rådighed for denne målgruppe.

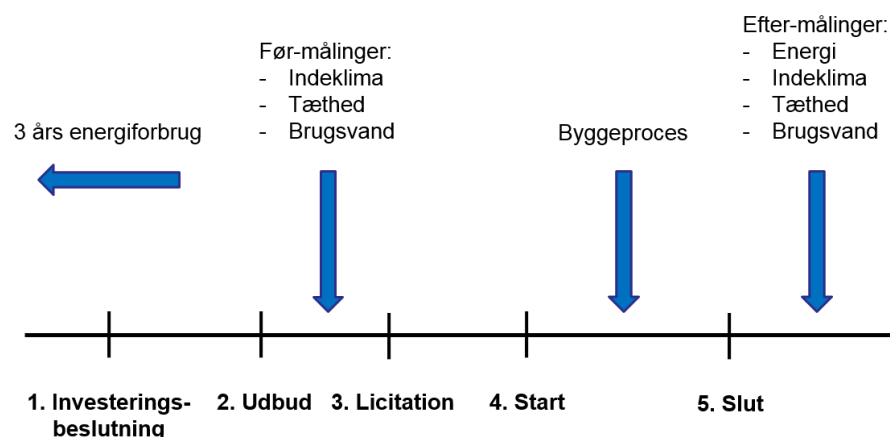
3 Opsummering

Projektet har vist, at ved at undersøge og dokumentere de fire parametre infiltration, ventilationsmængde, indetemperatur og varmt brugsvand, så har det været muligt markant at reducere forskellen mellem forventet energibesparelse og reel energibesparelse. Metoden har til formål at opdage og agere på den enkelte bygnings usikkerheder i relation til standardantagelserne for en typisk energiberegning. Et øget kendskab til infiltration og ventilationsmængde før renovering kan være med til at sikre den rette fokus og forventning til energibesparelsen.

Erfaringen fra dette projekt har vist, at infiltration ikke har været på dagsordenen i nogen af renoveringerne. Derfor anbefaler dette projekt, på baggrund af disse renoveringerfaringer, at der altid skal udføres kontrol af bygningstæthed før og efter renovering. Det kan altså konstateres, at med få korrektioner af input i beregningskernen, er det muligt at tilnærme sig det reelle output med langt større præcision. Projektet mener derfor at have belæg for at konkludere, at vi fortsat kan benytte SBI's Be-kerne til energiberegning af etageejendomme.

4 Metodik

I projektet er der udvalgt syv bygninger, som stod foran en større renovering. For at kunne sammenholde data for bygningerne før og efter renovering var det vigtigt, at få skabt en god baseline. Til at opbygge denne blev der indsamlet 3 års energiforbrug samt foretaget før-målinger af termisk indeklime, se Figur 4-1. Under byggeprocessen blev ændringer fulgt i forhold til udbud og licitation, som kunne have energimæssige følger. Slutteligt blev der udført eftermålinger af varmemeforbrug og termisk indeklime, og sammenlignet mellem de beregnede besparelser og de reelle besparelser.



Figur 4-1 - Tidslinje for et typisk renoveringsprojekt

Der er i løbet af projektet blevet undersøgt mange målemetoder, parameterindflydelser, renoveringsbeskrivelser, byggeprocesser samt beboer- og driftsoplevelser. Dette har ledt til den endelige metodik, som har til formål at styrke:

- 1) Rådgivers beregningsgrundlag samt troværdighed ved aflevering af renoveringsprojekter
- 2) Bygherrens forsikring for, at der bliver leveret den aftalte renovering
- 3) Beboerens og driftspersonalets forståelse og inddragelse i den nye bygning, som de skal leve og arbejde i efter renoveringen.

Metodikken er afprøvet på en række etageejendomme, og anvendelsen på andre bygningstyper er derfor ikke undersøgt.

4.1 Ejendomme

De undersøgte bygninger er fordelt over Sjælland med forskellige byggeskikke, renoveringstiltag og formål med renoveringerne. Der er opstillet en eksempelsamling med beskrivelse og opsummering af hver bygning, så det er muligt for bygherrer og rådgivere at skabe sig et overblik over de erfaringer, der er gjort for bygnings- og renoveringstyperne. eksempelsamlingen kan være med til at identificere typiske faldgruber, som bør adresseres allerede ved renoveringsprojektets begyndelse. Nedenfor kan læses en kort beskrivelse af hver af de undersøgte bygninger, og eksempelsamlingen kan findes på hjemmesiden www.reelenergi.teknologisk.dk.

Skoleparken, blok A4 og B4

- Alment boligbyggeri opført i 1970'erne
- Betonsandwichelementer, tegltag, ældre vinduer
- Centralt mekanisk udsugning fra bad og naturligventilation
- Lidt eller nedslidt isolering

Ryesgade

- Ældre københavnejendom opført før 1940
- Nedslidt indvendigt
- Murstensfacade, ældre vinduer, skiffertag

- Lidt eller ingen isolering
- Aftrækskanaler fra køkken og bad

Gadehavegård

- Alment boligbyggeri opført i 1980'erne
- Betonsandwichelementer, tegltag, ældre vinduer
- Centralt mekanisk udsugning fra køkken og bad, ellers naturligventilation
- Lidt eller nedslidt isolering

Holbergsgade

- Ældre københavnerejendom opført før 1900
- Murstensfacade, blandet vinduer, skiffertag
- Lidt eller ingen isolering
- Aftrækskanaler fra køkken og bad

Hjortegården

- Alment boligbyggeri opført i 1970'erne
- Betonsandwichelementer, tegltag, ældre vinduer
- Mekanisk udsugning fra bad og naturligventilation
- Lidt eller nedslidt isolering

Kildegårds Plads

- Murstensbyggeri fra efterkrigstiden
- Murstensfacade, ældre vinduer, gammelt slidt tegltag
- Lidt eller nedslidt isolering
- Udsugningsventilation fra køkken og bad

4.2 Målinger og databehandling

Metoden skal skabe større tryghed i beregningen af energirenoveringens energibesparelse i forhold til den traditionelle metode, der typisk bliver benyttet i dag, hvor en energiberegning under standardantagelser (typisk Energimærket for ejendommen) danner grundlag for bestemmelsen af energiforbruget før renovering. Renoveringens energibesparelse bliver derefter typisk bestemt ud fra en mere gennemarbejdet energiberegning, der udføres i forbindelse med renoveringsprojektet. Denne beregning bygger typisk på mange af de samme standardantagelser, som også benyttes i Energimærket, og disse antagelser giver ofte relativt store forskelle mellem den forventede varmebesparelse og den reelle varmebesparelse.

Metodens formål er, at øge nøjagtigheden af besparelsesberegningerne på en hurtig, nem og prisbillig måde med færrest mulige gener for bygherre og beboere. Derfor er det få lettilgængelige målinger, der skal indsamles for at kunne korrigere de oprindelige beregningers standardforudsætninger. Måleparametrene er bestemt ud fra påvirkningen på varmeforbruget.

Parametrene, der almindeligvis foreslås målt til denne metodik, er:

- **Infiltration** - Denne anbefales udført med en multizone blowerdoortest med dertilhørende termografering til bestemmelse af utæthedernes placering i facaden. Afvigelser i infiltrationsmængde har stor indflydelse på renoveringen, da infiltrationsluft ikke er varmegenvundet luft. Infiltrationsmålingen kan ligeledes dokumentere behov for øget fokus på bygningstæthed i forbindelse med renoveringen, da dette ofte lader til at være et overset forbedringstiltag for indeklima og varmeforbrug.
- **Mekanisk ventilation** - Hvis der er mekanisk ventilation, så skal denne måles som en hovedluftmængde for bygningen. Ældre anlæg, der forventes at levere luftmængder svarende til nutidige krav, kan betyde store afvigelser i beregnet varmeforbrug.

- **Indetemperatur** - Temperaturen bør måles i et udsnit af bygningens lejligheder, for at kende beboernes gennemsnitlige temperaturpræference. Dette kan udlades ved tidspres, hvor der så anbefales at benytte en indetemperatur på 22 °C.
- **Varmt brugsvand** - Opsætning af måler til bestemmelse af varmt brugsvand inkl. rørtab. Dette er en vigtig driftsmæssig optimering til at kontrollere og trimme varmeanlægget. Varmtvandsmåleren kan bl.a. være med til at afsløre utilsigtet varmemeforbrug i sommerperioden.
- **Ændret standardantagelse for intern varmebelastning** - Projektmetodikken har foretaget en beregningsmæssig antagelse om at varmebelastningen fra apparater og personer bør reduceres i forhold til de nuværende standardantagelser.

4.2.1 Energiforbrug

Til at beregne energiforbruget benyttes enten Energimærke for bygningen eller den opstillede energiberegning, som er udført af rådgiver. Energimærket og rådgiverens energiberegning regner med samme beregningskerne, nemlig SBI's Be-kerne. Metodikken undersøger udelukkende indflydelse af de fem beskrevne parametre ovenfor, og der korrigeres derfor aldrig for andre parametre. Heller ikke selvom der eksempelvis optræder åbenlyse fejlindtastninger i arealer, setpunkter eller andet. Dette gør metoden hurtig og prisbillig, da der ikke kræves uddybende granskning af energiberegningen. Til at sammenligne de beregnede forbrug benyttes der en energisignatur for den enkelte bygning. Energisignaturen benyttes til at temperaturkorrigere det målte forbrugsår til et referenceår. Til hver bygning er de lokale udetemperaturer for den nærmeste DMI-vejstation benyttet. Der kan læses mere om hvordan energisignaturen opstilles og benyttes i afsnit 4.2.4, hvor der også er link til DMI's temperaturarkiv.

4.2.2 Indeklima (temperatur og relativ luftfugtighed)

Indeklimaundersøgelsen af temperaturforhold og relativ luftfugtighed udføres for at sammenligne forholdene før og efter renovering. Der er en forventning om, at indetemperaturen er højere end energiberegningens standardantagelse på 20 °C, men det er ydermere interessant at undersøge, om indetemperaturforholdene stiger efter renovering, da det er alment kendt, at varmemeforbruget øges med 5-10 % pr. forøget 1 °C. En energirenovering kan ydermere forventes at resultere i mere stabile temperaturer i hele opvarmningsperioden.

Det er desuden interessant at undersøge den relative luftfugtighed, da ét af fokuspunkterne for mange renoveringer er, at nedbringe risikoen for skimmelvækst i boligen. Målingerne dokumenterer forholdene, og metoden ønsker ydermere at undersøge indflydelsen på den relative luftfugtighed ved etablering af mekanisk balanceret ventilation, da tør luft ofte opleves som en negativ sideeffekt ved mekanisk ventilation i f.eks. kontorbygninger.

4.2.3 Bygningstæthed

Der undersøges bygningstæthed ved blowerdoortest med tilhørende termografering og ved passiv sporgasmåling. Begge metoder afprøves for at se, hvilken der giver det bedste resultat med færrest gener for beboeren og renoveringsprocessen.

Bygningens luftskifte er genereret af både mekanisk og naturligventilation inkl. infiltration igennem bygningens klimaskærm. Naturlig ventilation via dør- og vinduesåbninger er ikke undersøgt, men ejendommenes tæthed/infiltration er dokumenteret ved udførelsen af blowerdoortest før og efter renoveringen. Blowerdoortesten foregår ved 50 Pa over-/undertryk, hvormed utætheder i klimaskærmen påvises. For at kunne måle utætheder er det vigtigt, at alle åbninger som f.eks. udsugningsspjæld, emhætte og yderdøre tætsluttet med tape eller lignende. Friskluftsventiler i vinduer skal lukkes, men behøves ikke tætsluttet, da de anses som en del af klimaskærmens infiltration.

I bygninger, hvor klimaskærmens lufttæthed er undersøgt ved trykprøvning med 50 Pa, bestemmes infiltrationen i brugstiden som (for bolig antages det, at den altid er i brug):

$$q_{infiltration} = 0,04 + 0,06 \cdot q_{50} \text{ [l/s pr. m}^2\text{]}$$

Hermed kan der både sammenholdes med bygningsreglementets forskrifter og den reelle tilførsel af infiltrationsluft.

4.2.4 Energisignatur

En energisignatur er et udtryk for en bygnings udetemperaturafhængige varmeforbrug. Denne metode benyttes i stedet for graddagemetoden, da det er let at fremskaffe månedsmiddeltemperaturer med kort varsel fremfor at fremskaffe graddage. Varmeforbruget inkluderer typisk varmeforbrug til opvarmning og varmt brugsvand inkl. cirkulationstab, men i enkelte tilfælde kan der også være målt direkte på radiatorstrengen, hvormed energisignaturen udelukkende er for opvarmningsforbruget. Forbruget til varmt brugsvand er naturligvis ikke afhængig af udetemperatur, men indgår som en relativ konstant forbrugsmængde hele året rundt.

Energisignaturen kan benyttes til at estimere ejendommens varmtvandsforbrug ved at aflæse kurvens flade stykke, som typisk svarer til varmeforbruget i sommerperiodens tre måneder juni, juli og august.

4.2.4.1 Varmt brugsvand

For at undersøge, om der er utilsigtet varmeforbrug om sommeren til andet end varmt brugsvand, bør der monteres separat bimåler på det varme brugsvand, hvormed forskellen mellem det målte forbrug på hovedmåleren og bimåleren kan afsløre potentielle uønskede varmeforbrug.

Utilsigtet forbrug kan være en dyr og unødigt udgift, som nemt kan kontrolleres og undgås ved at få monteret en bimåler på det varme brugsvand. Derudover giver det også et tydeligt overblik over bygningens reelle besparelspotentiale på opvarmningen, som typisk er det forbrug, der energirenoveres for at nedbringe.

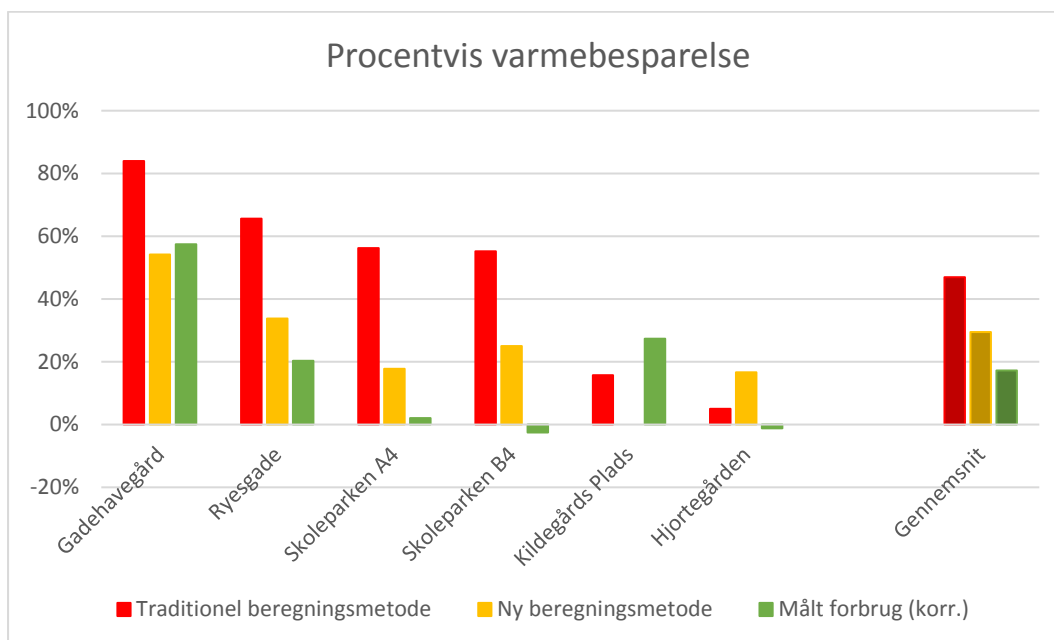
4.3 Driftspersonale og beboere

Som en vigtig del af enhver renovering af etageejendomme, så skal bygningens driftspersonale og beboere kunne se meningen med renoveringen, og forstå de kvaliteter, der følger med. Derfor er der som led i metodikken udarbejdet foldere til bedre dialog mellem driftspersonale og beboere med bl.a. tips til bedre forståelse af en energieffektiv bygning, som også kan benyttes til beboerinddragelse i forbindelse med opstartsmøder. Disse foldere kan findes på hjemmesiden www.reelenergi.teknologisk.dk under Resultater og materialer.

5 Resultater

5.1 Forudsigtelse af varmebesparelsen

Det er undersøgt, hvor pålidelig projektets metode er til at forudsige den reelle varmebesparelse i forhold til den traditionelle metode med standardantagelser uden dokumentation fra den enkelte bygning. Metoden kræver, at der følges op på renoveringen, og at der ageres på eventuelle ændringer mellem forudsætninger og målte værdier.



Figur 5-1 - Procentvis varmebesparelse med traditionelle standardforudsætninger (rød), den nye metode udviklet i dette projekt (gul) samt det målte forbrug jf. energisignatur (grøn)

Det ses tydeligt på figur 5-1, de røde søjler, hvor store energibesparelser, der forventes at blive opnået på baggrund af traditionelle beregninger ved renoveringerne. Det er gennemgående ikke lykkedes at indfri forventningerne, og der er en markant forskel mellem de forventet besparelser og de reelt opnåede varmebesparelser. Den nye metode minimerer differencen betydeligt og tendensen er, at jo mere omfattende energirenoveringer er, jo mere eksakt er den nye metode.

5.2 Varmeforbrug

Forskellen mellem det beregnede varmekonsum og det reelle varmekonsum afviger i gennemsnit kun med 9 % før renovering for henholdsvis den traditionelle beregningsmetode og den nye beregningsmetode. Derimod er afvigelsen langt større efter renovering, hvor det kan konstateres, at den gennemsnitlige afvigelse for den traditionelle metode er på 114 %, mens afvigelsen er reduceret til 28 % ved at benytte den nye beregningsmetode, hvor de fem nøgleparametre fra afsnit 4.2 er dokumenterede og korrigerede.

Tabel 5-1 - Varmeforbrug for de syv bygninger før og efter renovering

	Før renovering			Efter renovering		
	Traditionel beregningsmetode	Ny beregningsmetode	Målt forbrug (korr.)	Traditionel beregningsmetode	Ny beregningsmetode	Målt forbrug (korr.)
Skoleparken A4	106	104	108	47	86	106
Skoleparken B4	104	105	107	47	79	110
Kildegårds Plads	193	-	200	163	-	145
Holbergsgade	114	133	121	94	-	-
Ryesgade	115	141	151	40	93	120
Gadehavegård*	59	83	65	9,4	38	28
Hjortegården	106	98	109	100	82	110

*Varmeforbrug er uden varmt brugsvand

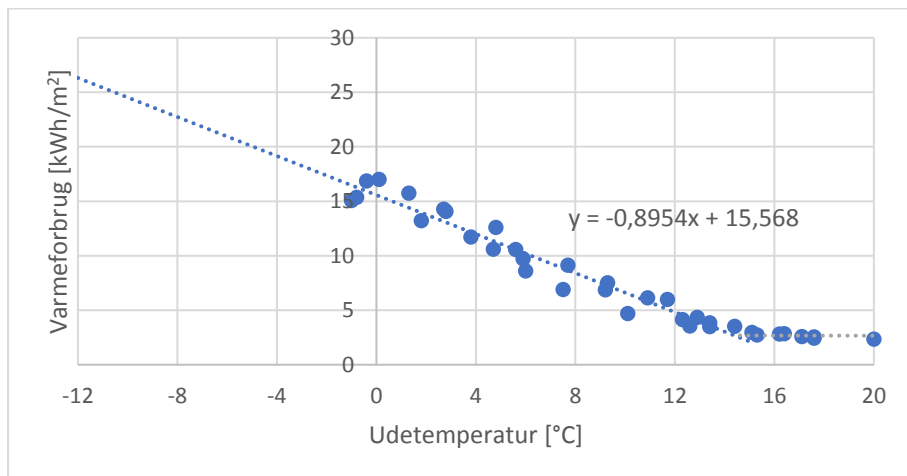
5.3 Energisignatur

Energisignaturen nedenfor bygger på tre års varmeregnskaber for bygningen, hvor udetemperatur er bestemt ud fra DMI's månedsmiddeltemperaturer¹. For hver bygning er udetemperaturmålingen nærmest bygningslokationen valgt. Denne bygning er i Hillerød, og derfor er Sjølsmark (2970) aflæst på DMI's hjemmeside. Månedsmiddeltemperaturen sammenholdes med det korresponderende varmeforbrug for de enkelte måneder. Før renovering vil det typisk være muligt at opstille en energisignatur for tre års varmeregnskaber, mens det efter renovering af naturlige årsager kun er muligt at opstille energisignaturen for den periode bygningen har være færdigrenoveret.

Denne metode kan typisk også anvendes til registrering af varmtvandsforbruget i de tilfælde, hvor der ikke er en bimåler. Dog vil det ikke være muligt at kontrollere, om ejendommen har et uønsket varmeforbrug til opvarmning, som fejlagtigt kan tolkes som varmtvandsforbrug på energisignaturen.

Projektet monitorerer varmtvandsforbruget med bimålere i flere af projektets syv ejendomme, og det kan være med til at belyse usikkerheden ved sommerforbrugets antagelser. Dermed kan det også belyse, om ejendommene har utilsigtet varmeforbrug til opvarmning i sommerperioden.

For flere af bygningerne er der konstateret uoverensstemmelse mellem estimeret varmtvandsforbrug på energisignatur, og det målte varmtvandsforbrug på bimålere. Dette skyldes, at der også bruges varme til opvarmning i sommerperioden, hvilket må betegnes som et utilsigtet energiforbrug for bygningen.



Figur 5-2 - Eksempel på energisignatur fra Hillerød før renovering

5.4 Fortolkning af bygningstæthed

I projektet var der problemer med måling med passiv sporgas, da prøverne viste lavere luftskifte end målingerne med blowerdoortest. Ved den ene bygning var der også problemer med at referencemålingen viste fejlværdi, hvormed alle målingerne måtte vurderes uegnede at bruge. Der er der primært benyttet blowerdoortest med termografering, hvor termograferingen har afsløret, hvor utæthederne stammer fra, og dermed har det givet mulighed for aktivt at handle på dette, hvis bygherre mente der var behov for det.

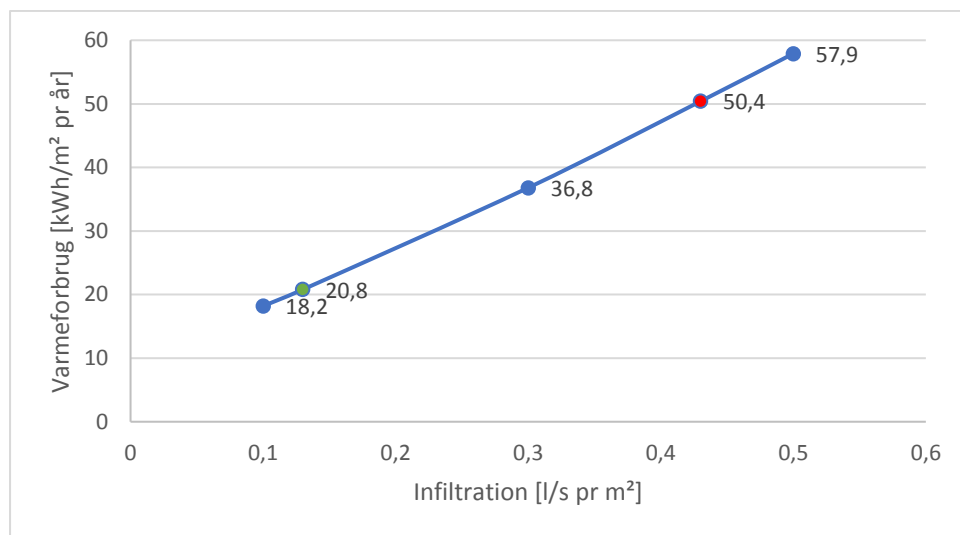
Termografering er en stor styrke, så projekteringsgruppen har mulighed for at handle på de steder i klimaskærmen, hvor utæthederne bestemmes, fremfor bare at kende klimaskærmens samlede tæthed. Derfor anbefales det altid at få udført blowerdoortesten i samspil med termografering.

¹ <http://www.dmi.dk/vejr/arkiver/maanedsaesonaar/>

5.5 Usikkerhed og korrektion af beregninger

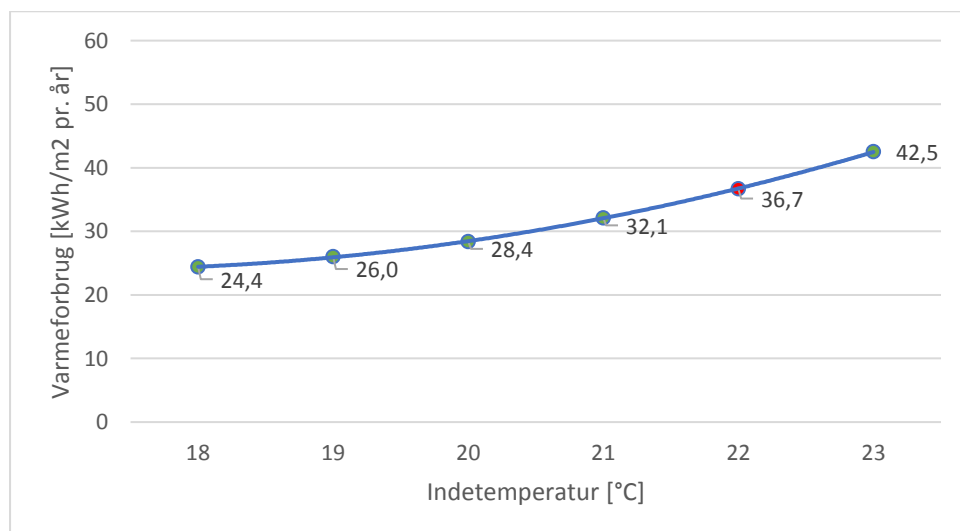
På Figur 5-3 ses et eksempel på hvordan infiltration påvirker energiforbruget til opvarmning. Punktet 0,43 l/s pr. m² er målt for den ene ejendom efter renoveringen, hvor der i beregningen er regnet med BR10-kravet 0,13 l/s pr. m². Dette giver en afvigelse på knap 30 kWh/m² pr. år.

Det kan konstateres, at forbruget til opvarmning, uden ændring eller påvirkning af andre parametre, forøges med en faktor 2,5 når bygningens tæthed går fra kravet, jf. BR10, til det, der reelt er målt efter omfattende energirenovering af klimaskærm. Det kraftigt forøgede forbrug ved øget infiltration skyldes, at bygningens resterende luftskifte via mekanisk ventilationsanlæg har en meget høj varmegenvindingsgrad på 85 %.



Figur 5-3 - Eksempel på infiltrationens påvirkning af rumopvarmning i lavenergibyggeri - grøn prik svarer til BR10-krav, og rød prik svarer til målt infiltration i lavenergietagebyggeri

Figur 5-4 viser opvarmningsens energiforbrug afhængig af brugerens valg af indetemperatur. Energirammen beregnes efter en indetemperatur på 20 °C, og det kan også ses på figuren, at den orange prik stemmer overens med det samlede energibehov til opvarmning inkl. distributionstab, jf. den traditionelle beregningsmetode. Har beboeren derimod eksempelvis 22 °C indetemperatur efter energirenoveringen, så vil energiforbruget være 36,7 kWh/m² pr. år, hvilket næsten er 30 % højere end energirammeberegningen.



Figur 5-4 - Ændring af varmeforbrug inkl. distributionstab ved forskellig indetemperatur, jf. BE10 energiberegning af tiltag

6 Diskussion

Forventningsafstemning bør være af større prioritet i den tidlige idéfase, så energibesparelser opprioriteres eller nedprioriteres afhængig af bygherrens primære ønsker for renoveringen. Dermed kan der bedre ressourceprioriteres og frigøres midler til de centrale områder for renoveringen. Det er oplevet for flere af projektets ejendomme, at denne afstemning ikke har været helt på plads ved renoveringens påbegyndelse, og det har bl.a. afspejlet sig ved at flere af renoveringerne er blevet kraftigt reduceret i deres omfang ift. udbudsmaterialet.

Er energibesparelsen hovedformålet med renoveringen, så skal der muligvis laves endnu mere dybdegående bygningsundersøgelser for at identificere specifikke fokuspunkter, som skal prioriteres for at bygningen kan overholde de forventede energikrav. Der kunne f.eks. indlægges specifikt krav om eftervisning af tæthed efter renovering fra bygherre eller påvisning af afvigende udsugningsluftmængde før renovering ift. energimærkets oplysninger.

Hvad skal vi gøre for at have et bedre beregningsgrundlag af brugeradfærden i energiberegningerne for energirenoverede bygninger. Det er alment kendt at energieffektive bygninger er mere følsomme overfor brugeradfærd, som f.eks. vinduesåbninger, da dette har stor indflydelse på energieffektiviteten af luftskiftet. Det er derfor en vigtig parameter for nøjagtigheden af energiberegningen, som er svær at kvantificere før renoveringen og dyr at måle efter renoveringen, da der skal opsættes følere på alle vinduer i et udvalg af lejligheder for ejendommen. Formålet med dette projekt har til dels været at undersøge muligheden for at opstille en prisbillig metode der generer beboere og byggeproces minimalt. Men derudover har det også været at udvikle simple værktøjer til bedre at kunne formidle, forstå og bruge den enkelte energirenoverede ejendom. Det har bl.a. udmundet i en folder til driftspersonalet, som redegør for deres nye arbejdsopgaver, og hvordan de kan kommunikere disse nye funktioner og begrænsninger bedst muligt ud til beboerne. Dertil er der ligeledes en folder til beboeren, som skal forbedre beboerens kompetencer og forståelse af en energieffektiv bygning. Gode råd og metoder til at skabe et komfortabelt og energieffektivt indeklima skal forsøge at minimere risikoen for store afvigelser mellem forventet energiforbrug og reelt energiforbrug.

Er bygningerne i dag for sensitive ift. deres energiforbrug efter større energirenoveringer, så vi bør fokusere på at implementere flere passive energitiltag, der kan forbedre bygningens robusthed overfor brugeradfærd og udeforhold. Her kunne der f.eks. tænkes på hvordan vi kunne reducere den store indflydelse fra ventilation og varmegenvinding, således at der er et bedre samspil mellem det passive energitiltag ved øget tæthed og det aktive energitiltag ved etablering af mekanisk ventilation med varmegenvinding. Ved flere af de undersøgte bygninger i projektet blev der konstateret uoverensstemmelse mellem forventet tæthed og faktisk tæthed efter renovering. Der bør være en bedre korrespondance mellem tiltagets økonomiske omfang og den faktiske effekt på energibesparelsen. Der skal derfor være mere fokus på hvilke parametre der influerer på energitiltagene, og hvor stor effekt det har på den forventede energibesparelse. Så afvigelsen mellem forventet og reelt energiforbrug minimeres.

Be-kernen er for primitiv til at kunne beregne moderne anlægstyper, hvor der bl.a. kan opstå ubalance i ventilationsanlæggets luftmængder samt styring med variabel luftmængde. Be-kernen har også svært ved at håndtere en lukket altan, hvor der både skal medtages solpåvirkning og opvarmning af lukket altan. Det kan dog i en vis udstrækning håndteres med en simpel b-faktor beregning i f.eks. Energy10. Her refereres specifikt til det scenario, hvor den lukkede altan er efterisoleret og monteret med lavenergivinduer.

7 Fremtidige perspektiver

- Hvordan får vi lagt større fokus på bygningstætheden i renoveringerne. Der er ved flere af renoveringerne opnået uændret/lavere bygningstæthed efter renoveringen, hvilket er højest overraskende, da flere af tiltagene indikerede at tætheden blev forbedret, såsom vinduesudskiftning og efterisolering af ydervægge.
- Kan vi bygge mere robuste bygninger, hvor brugeradfærden har mindre indflydelse efter renovering (ved lavenergibyggeri). Her tænkes specifikt på at fokusere på termisk lagring, udhæng som solafskærmning, så der sikres minimeret opvarmning i de varme perioder, samt gratis varmetilførsel i de kolde perioder, hvor udhænget også vil fungere som facadebeskyttelse mod vejrlig.
- Mini CTS system for bedre overblik og mulighed for kontrol i ejendomme med centrale mekanisk ventilationsanlæg. Her er det vigtigt at driftspersonalet bliver uddannet i at anvende og forstå systemet, så det aktivt kan indgå som en styrke i deres arbejdsprocesser.
- Kan energisignatur benyttes som en løbende kontrol af ejendommen når driftspersonalet skal undersøge om bygningen yder som forventet. Ved månedlig aflæsning med energisignatur, vil det være muligt for driftspersonalet at detektere forbrugsændringer med kort varsel, og dermed øge deres mulighed for at fejlsøge på dette. Mulige detekteringer kunne f.eks. være nedsat luftmængde fra ventilationsanlæg, ineffektiv indregulering af varmeanlæg mv.
- Hvilke erfaringer bliver der gjort udenfor Danmark, og hvordan kan vi bruge de erfaringer til at udføre bedre fremtidige etageejendomme med fokus på komfortabelt og energieffektivt indeklima.
- Kan varmemålinger på timebasis afsløre brugeradfærd? Der kan være et behov for at undersøge om måling af varmeforbruget på timebasis kan afsløre brugernes adfærd. Dette kunne undersøges ved kendskab til antallet af personer i bygningen, termostatindstilling, adfærd for vinduesåbning samt overblik over den mekaniske ventilation. Dertil bør der også undersøges hvad deres elforbrug er for den enkelte lejlighed.
- Tager brugeren vanerne med sig ind i den renoverede ejendom? Bør brugeren lære hvordan den nye teknologi anvendes, eller bør teknologien tilpasses til brugerens behov og ønsker til teknologien. Der er et behov for at adressere dialogen mellem beboerne og driftspersonalet, så der kommer et forbedret samspil mellem teknologi og brugervaner.