

# aFTER



**ENERGIBESPARENDE STANDARDLØSNINGER  
FOR DRIFT OG VEDLIGEHOLDELSE  
AF ALMENE BOLIGER**



Co-funded by the Intelligent Energy Europe  
Programme of the European Union

# FORORD

AF **JULIEN BONNET**, PROJEKTKOORDINATOR, DELPHIS, PARIS, FRANCE

For nybyggeri og renovering er den efterfølgende drift afgørende for at sikre de projekterede energibesparelser. Men drift og vedligehold indeholder også i sig selv potentialer for yderligere energibesparelser. Med en stigende kompleksitet i byggeriet, installationer, anlæg mv. er det vigtigt, at man i almene boligorganisationer fokuserer på pragmatiske løsninger med henblik på at kunne indfri danske og europæiske mål for energibesparelser i boligejendomme.

EU projektet AFTER, som bliver præsenteret i dette magasin, har identificeret og afprøvet gode energiløsninger, der kan gennemføres efter udførelse af en almen byggesag. Udfordringen har været at finde et "set up", der kan bringe bygningen op på det beregnede energiforbrug og derefter eventuelt yderligere forbedre det.

AFTER projektet dækker over en bred vifte af tiltag, der skal forbedre boligernes energimæssige ydeevne, fx tekniske tiltag i varme-, ventilations- eller brugsvandssystemer. Men der er også tiltag i forhold til kontrakter med forsyningselskaber og beboernes energiforbrug. I forlængelse heraf har det været et fokuspunkt i AFTER at vise, hvordan man i praksis kan håndtere sådanne tiltag.

18 pilotprojekter har været involveret i AFTER med deltagelse af mere end 1000 boliger i 6 forskellige lande. I pilotprojekterne er der dokumenteret 3 til 7 % yderligere energibesparelser i bygninger og boliger. Disse besparelser er alle relateret til forbedringer af allerede gennemførte tiltag såsom totalrenoveringer, udskiftning af varmeanlæg eller opførelse af nye lavenergibygninger. Som eksempler kan nævnes intelligente styringssystemer til varmeanlæg, hybrid ventilation, afbalancering af overdimensionerede varmeanlæg, styring af varmtvandsforbrug i lavenergibyggeri og beboerkampagner.

De gode resultater er opnået med begrænsede investeringer. Resultaterne har også været med til at ændre arbejds gange og rutiner hos de projektdeltagende boligorganisationer og kan således bruges som anbefalinger og en værktøjskasse for andre i den almene boligsektor. Projektets hjemmeside, [www.afterproject.eu](http://www.afterproject.eu) supplerer dette magasin, og detaljerede oplysninger om projektet kan findes her.

## Udgivet af:

**Arkitektskolen Aarhus,  
BL – Danmarks almene boliger, og  
Foreningen Bæredygtige Byer og  
Bygninger.**

Redaktion: Thomas Lesperrier og Julien Bonnet,  
Delphis, Anna Maria Pozzo, Federcasa, Olav  
Kirchhoff og Mikkel Jungshoved BL og Elsebeth  
Terkelsen, Arkitektskolen Aarhus

Oplag: 1500 stk

Layout/sats: reDesign

Fotos: Artiklens forfatter – hvis intet andet  
er angivet

Print: LaserTryk.dk



Som en naturlig konsekvens af projektpartnerens tilgang til miljø har vi valgt at mærke det trykte materiale med det Nordiske miljømærke Svanen. Svanemærket garanterer at papir, blæk osv. er i overensstemmelse med strenge miljøstandarder. Endvidere kan det trykte materiale recikuleres efter brug.



## INHOLD

### Energibesparelser og merværdi i lavenergibyggeri og renoveringer

**E. CIMNAGHI / A. DONGIOVANNI** 3

### Top 10 i AFTER-projektets energibesparelser

**J. BONNET** 5

### AFTER-værktøjer til planlægning, vedligehold og dokumentation af energidata

**E. TERKELSEN / O. KIRCHHOFF** 9

### Vellykket retro-commissioning proces i Lystrup, Denmark

**F. KEJLBERG / E. TERKELSEN** 12

### Optimering af den energimæssige ydeevne i nyrenoverede bygninger i Italien

**M. CAREDDA** 15

### Enkle løsninger på store problemer

**B. ARNŠEK** 18

### Forbedring af fjernvarmekontrakt i L'Aiguillade – Frankrig

**A. GORAGUER / J. BONNET** 20

### On-line monitorering i Havírov – Tjekkiet

**M. Kwapulinska** 22

### Energibesparelser og beboerinvolvering – der er altid noget, der kan forbedres

**I. BEHR** 24

### Energiforbrug - dataindsamling og dokumentation af resultater

**T. VIMMR / M. SKUBIC / M. Š. ZAVRL** 28

# ENERGIBESPARELSER OG MERVÆRD

## – I LAVENERGIBYGGERI OG RENOVERINGER

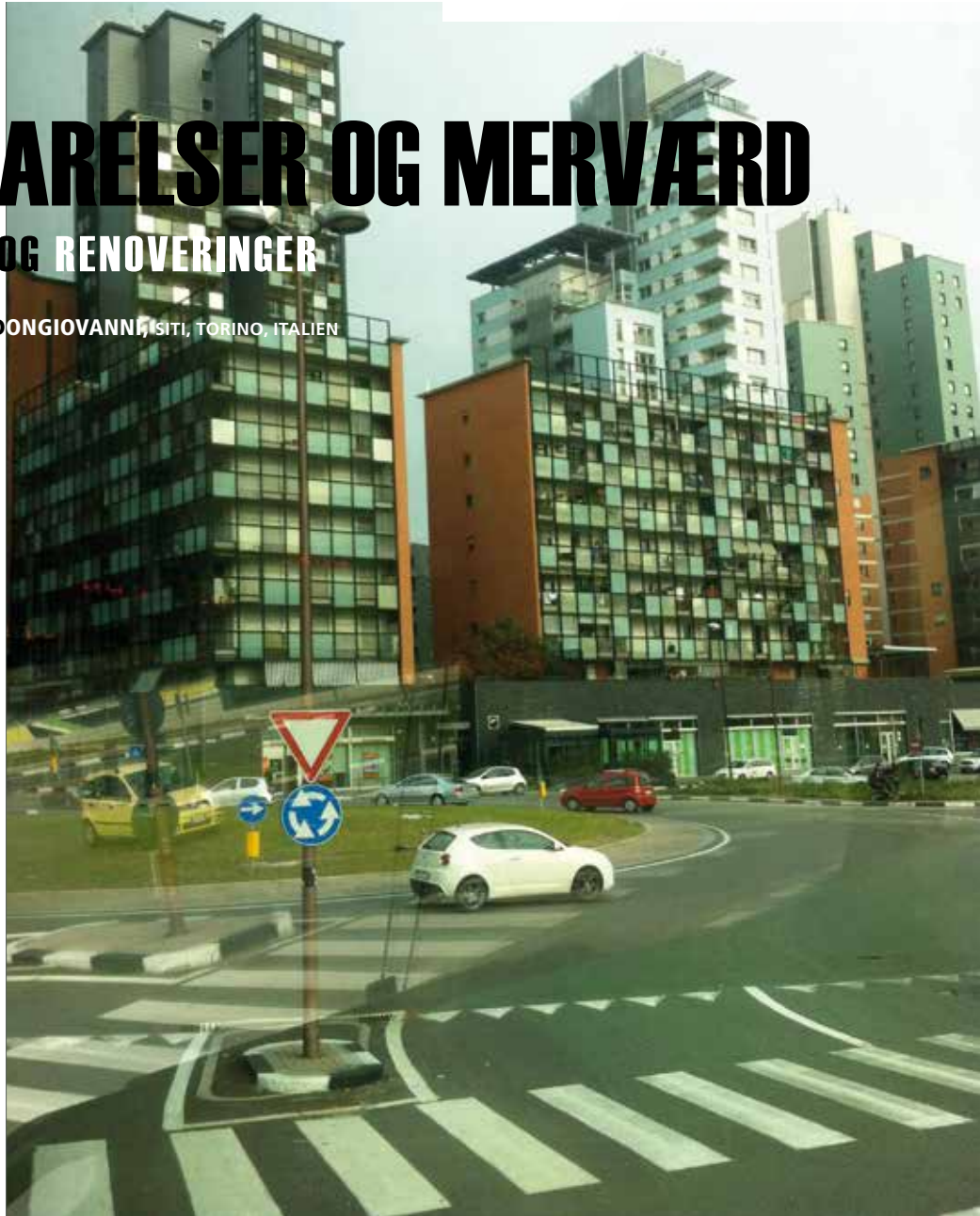
AF ELISABETTA CIMNAGHI OG ARIANNA DONGIOVANNI, SITI, TORINO, ITALIEN

Ejendomssektoren er blevet identificeret som en af de største energiforbrugere (40 % af det samlede energiforbrug i EU).

I Europa tilhører mere end 25 millioner bygninger den almene boligsektor. Det er ca. 12 % af den samlede bygningsmasse.

Hvis sektoren skal opfylde sit mål for 2020 og opnå en energireduktion på 20 % jf. EU's politiske målsætninger, skal der i mange medlemslande findes løsninger på et stort finansieringsbehov. Men samtidig står det også klart, at effekten af renoveringer og lavenergibyggeri må forbedres for at vi skal kunne opnå de ønskede energibesparelser og derigennem også begrænse beboernes energigiffter

I de seneste år har de almene boligorganisationer<sup>1)</sup> spillet en førende rolle i forhold til at forbedre energieffektiviteten i den samlede boligmasse. Den almene sektor har været på forkant med lovgivningen og har været pionerer indenfor fx lavenergibyggeri og innovativ energirenovering. Eksempelvis bruger det almene boligbyggeri i Frankrig 20 % mindre varme og varmt vand end gennemsnittet i den øvrige boligmasse.<sup>2)</sup>



Projektet 'AFTER' - med undertitlen: "Energibesparende standardløsninger for drift og vedligeholdelse af almene boliger" - har udviklet metoder og værktøjer til almene aktører med henblik på at fremme og fortsætte energispareindsatsen. Målet med projektet har således været at styrke den rolle, som almene boligorganisationer har inden

for energieffektiviseringer ved at afprøve omkostningseffektive løsninger (der ikke må koste mere end 400 €/bolig) og formidle dem til hele den europæiske boligsektor.

Italien, hvor der findes ca. 820.000 almene boliger, er et slående eksempel på projektets relevans. Ifølge Federcasa (national paraplyorganisation) er mindst halvdelen af





dem renoveringsmodne, da de er bygget for omkring 30 år siden – på et tidspunkt, hvor bygningernes energimæssige ”performance” ikke var en prioritet. Disse 400.000 enheder står i dag uden isolering, med enkeltlagsglas i vinduerne, og med installationer og systemer, der er ofte forældet. Fordi de økonomiske ressourcer i Italien er knappe, har billige og energieffektive løsninger en meget høj prioritet.

#### AFTER

Almene boligorganisationer i 6 forskellige lande (Tjekkiet, Danmark, Frankrig, Tyskland, Italien og Slovenien) og deres partnere – herunder landsforeninger, vidensinstitutioner og nationale lejerorganisationer - har samarbejdet i tre år med henblik på at finde og formidle de mest effektive og anvendelige energibesparende indsatser.

De partnere, der har deltaget i projektet, har vist, at en dygtig administration og vedligeholdelse af bygninger, baseret på systematiseret data og fælles metoder, kan bidrage til en betydelig reduktion af energiforbruget. Det betyder både økonomiske og miljømæssige fordele, som kan konverteres

til gevinster for beboerne. De tiltag, der er arbejdet med i løbet af projektet, reducerer energiforbruget, men ikke komforten for beboerne.

De metoder og resultater, som er opnået i projektet, opfylder forskellige nationale krav og behov og arbejder med energibesparelser fra forskellige tilgange: teknologisk optimering via mere effektiv regulering af ventilation og opvarmningssystemer, forhandling med leverandører, intelligent måling af forbrug, brug af termografi før og efter renovering etc., og måske vigtigst: tiltag, der fokuserer på beboernes energiadfærd og øget opmærksomhed på energibesparelser.

Som sådan har AFTER projektet vist, at et

stærkt fokus på energieffektivisering betaler sig og bør være et fast element i almene boligorganisationers forretningsgange. Forbedring af eksisterende bygningers ydeevne vil være en udfordring, der er lige så vigtigt som de tekniske innovationer i nybyggeri, fordi den almene boligsektor ikke har råd til bygninger, der ikke fungerer optimalt.

Dette vil mange steder være en væsentlig ændring i den måde almene boligorganisationer håndterer deres eksisterende bygningsmasse i dag. De skal lære, hvordan man i den daglige ledelse kan kontrollere, vurdere og om nødvendigt optimere bygningerne.

AFTER projektet er et vigtigt skridt i udviklingen af værktøjer og metoder til at støtte almene boligselskaber til at ændre rutiner og indarbejde en konstant overvågning og bedømmelse af en bygningens funktion og ydeevne.

Lad os håbe, at disse værktøjer vil blive spredt over hele Europa og hjælpe til at bygge bro mellem EU's 2020 mål og de begrænsede ressourcer, der er til rådighed i dag.

1) SOCIALT BOLIGBYGGERI DEFINERES SOM EUROPA-KOMMISSIONEN FORESLOG I BESLUTNINGEN AF 20. DECEMBER 2011 SOM: "TILVEJBRINGELSE AF SOCIALE BOLIGER FOR DÅRLIGT STILLEDE BORGERE ELLER SOCIALT DÅRLIGT STILLEDE GRUPPER, SOM PÅ GRUND AF ØKONOMISKE VILKÅR ER UDE AF STAND TIL AT SKAFFE SIG EN BOLIG PÅ MARKEDSVILKÅR" (EFT EU-DEFINITION L07 / 2012)

2) STATISTIK FRA L'UNION SOCIALE POUR L'HABITAT (FR)

# TOP 10 I AFTER - PROJEKTETS ENERGIBESPARELSER

AF **JULIEN BONNET**, PROJEKTKOORDINATOR, DELPHIS, PARIS, FRANKRIG

Ikke uventet har AFTER vist, at det er muligt at opnå en stor energibesparelse i nyt lavenergibyggeri ved at optimere bygningerne efter at disse er sat i drift. Dette dokumenteres også i andre undersøgelser - eksempelvis i USA og Sverige – hvor man har påvist, at dokumentation af energimæssig 'ydeevne' efter opførelse af en bygning (eller en renovering) er af største betydning for at få styr på forbruget og skabe mulighed for yderligere energibesparelser

Som en vigtig del af AFTER-projektet er der blevet foretaget en afprøvning af 18 pilotprojekter. Seks almene boligorganisationer fra seks lande (Danmark, Tyskland, Frankrig, Italien, Slovenien og Tjekkiet) har hver udvalgt og testet tre energibesparende tiltag på grundlag af en dataindsamling og en analyse. De potentielt bedste tiltag er derefter blevet udvalgt, forbedret, målt og evalueret.

## DE BEDSTE BESPARELSESPOTENTIALER

Med udgangspunkt i resultaterne fra de 18

pilotprojekter kan de fem bedste besparelsepotentialer udpeges til at være:

- » **1:** Optimering af nyt lavenergibyggeri - besparelser på op til 21 %
- » **2:** Optimering af den daglige bygningsdrift – besparelser på op til 11,7 %
- » **3:** Optimering af løbende vedligehold og regulering af systemer – besparelser på op til 6,5 %
- » **4:** Optimering af nyligt renoverede bygninger – besparelser på op til 5 %
- » **5:** Optimering systemudskiftninger - besparelser på op til 4 %.

Inden AFTER blev sat i gang var det målsætningen at finde en besparelse mellem 2,5 og 7 %, hvilket altså betyder, at projektet har opfyldt forventningerne.

## TOP 10 AF DE BEDSTE ENERGIBESPARELSER I PROJEKTET

I testperioden har det vist sig vanskeligt at finde såkaldte baseline-data (energiforbrug fx fra de sidste fem år). Der har også været andre tekniske udfordringer, som besværliggør en reel sammenligning på tværs af data. Ikke desto mindre kan der fra de 18 pilotprojekter udtrages følgende "Top 10" inden for de fem forskellige typer af besparelsepotentialer, som er nævnt ovenfor:

## NO 1: SC9B - SLOVENIEN

**Energibesparende foranstaltning:** Regulering af overdimensioneret varmesystem i nyt lavenergibyggeri.

**Om bygningen:** Nyt lavenergibyggeri med 10 cm EPS udvendig isolering, nye vinduer med termoruder og naturlig ventilation. Bygningen er forbundet til fjernvarmenettet gennem en varme transformerstation. Inde i lejlighederne temperaturreguleres med termostatventiler.

**'AFTER' optimering:** Ifølge vurderingen fra en energiekspert, er varmesystemet overdimensioneret med en faktor 4. Der er foretaget en indregulering af indstillingerne og en konvertering til lavtemperatur opvarmning. Det reducerer opvarmningseffekten i radiatorerne til 1/3.

**Nøgletal:** Sammenlignet med det gennemsnitlige forbrug i en 3-årig periode er forbruget på 9 MWh / år eller 12,2 kWh / m<sup>2</sup> / år efter optimering, hvilket svarer til en besparelse på 21 %.

## NO 1: SC9B – SLOVENIEN





NO 2: WOHNART – GERMANY

### NO 2: WOHNART3 – TYSKLAND

**Energibesparende foranstaltning:** Lukning af cirkulationspumpen til varmt vand om natten i nyt PassivHus.

**Om bygningen:** Passivhusbyggeri med en udvendig varmeisoleret facade med 30 cm EPS, dobbelt flow ventilationssystem, vinduer med tredobbelt varmeisoleringsglas og elektrisk varmtvandstank.

**'AFTER' optimering:** Forbedring af energieffektiviteten i varmtvandssystem ved justering af den tid, cirkulationspumper kører natten. Der er blevet gennemført en kollektiv diskussion med beboerne i bygningen for at sikre, at denne foranstaltning sker uden at det influerer på deres generelle oplevelse af komforten i boligerne.

**Nøgletal:** Bygningen er Passivhaus-certificeret med en energimæssige ydeevne: på 43 kWh / m<sup>2</sup>/år. Det energiforbrug, der kan udledes fra aflæsninger af målerne fører til ca. 18 til 20 % lavere energiforbrug.

### NO 3: JABURKOVE – TJEKKIET

**Energibesparende foranstaltning:** Indførelse af web baseret information til beboerne om deres energiforbrug.

**Om bygningen:** Bygningen er opført i 1962 og er et typisk flerfamiliehus efter datidens standard. Det er renoveret i 2009. Web portal og intelligente målere blev installeret for at øge bevidstheden hos beboerne vedr. deres forbrug af varmt / koldt vand og energi til opvarmning.

**'AFTER' optimering:** Forbedring af webportalens funktionalitet og gennemførelse af en energisparekampagne overfor beboerne. Parallelt hermed distribueredes en papirkopi med dokumentation af beboernes forbrug, benchmarking i forhold til andre beboere i ejendommen og supplerende personlig rådgivning.

**Nøgletal:** Forbrug til opvarmning og varmt brugsvand efter optimering = - 11,7 % efter forbedringen af webportalen, kampagne samt personlig rådgivning - herunder Internet service.



NO 3: JABURKOVE – TJEKKIET



NO 4: RIESI – ITALIEN

### NO 4: RIESI – ITALIEN

**Energibesparende foranstaltning:** Ændring af kedlen og installation af intelligent målesystem.

**Om bygningen:** I 2009 - 2010 blev en forældet kedel med højt energi forbrug udskiftet med et nyt varmeanlæg med tre kondenserende kedler.

**'AFTER' optimering:** Installation af et intelligent målesystem med automatisk vedligeholdelse og regulering af det nye varmesystem (regulering af temperaturindstillinger og kalibrering af varmekurver).

**Nøgletal:** Gennemførelsen af det intelligente målersystem har ført til en besparelse svarende til ca. 6,5 % af det eksisterende forbrug til opvarmning.



## NO 5: TOLSTÉHO – TJEKKIET

**Energibesparende foranstaltning:** Gennemførelse af termofotografering efter en totalrenovering med efterfølgende supplerende, punktuelle korrektioner på klimaskærmen.

**Om bygningen:** Bygningen er renoveret, herunder udvendigt isoleret med til 140 mm EPS, tagisolering, vinduer er udskiftet fra trævinduer med enkeltlags-ruder til PVC vinduer med termoruder.

**'AFTER' optimering:** Termofotografi og afhjælpende foranstaltninger omkring vinduesrammer, hvor termiske mangler blev konstateret.

**Nøgletal:** Den gennemsnitlige reduktion af energiforbruget efter renovering dokumenterer besparelser på omkring 32 %. Optimeringen har reduceret varmetabet fra vinduerne med omkring 10 %, hvilket er ensbetydende med yderligere besparelser på energi til varme på 3-5 %.



NO 5: TOLSTÉHO – TJEKKIET



NO 6: HEINHEIMER – TYSKLAND

## NO. 6: HEINHEIMER – TYSKLAND

**Energibesparende foranstaltning:** Hydraulisk afbalancering efter udskiftningen af et varmesystem.

**Om bygningen:** Udskiftning af en central, standardkedel fra 1982 med et nyt naturgas-centralvarmesystem, herunder 3 gaskedler, der opererer med en lavere fremløbstemperatur.

**'AFTER' optimering:** Hydraulisk afbalancering af varmerørledning gennem installation af moderne termostatventiler og justering af volumenstrømmen og pumpehastighed for at sikre, at hver radiator vil få den samme mængde varme. Revision af kontrolteknologi i varmesystem for at opnå en længere køretid til brænderen.

**Nøgletal:** Den hydrauliske afbalancering førte til gennemsnitlige energibesparelser på omkring 4 %.

## NO 7: PASSONI – ITALIEN

**Energibesparende foranstaltning:** Udskiftning af varmeanlæg og ekstra isolering.  
**Om bygningen:** To gamle twin-kedler er blevet erstattet med en ny, kondenserende kedel med naturgas.

**'AFTER' optimering:** Implementering af en ekstra isolering af 'hætten' på varmeveksleren på den kondenserende kedel. Derudover er der gennemført et check af temperaturer i flere boliger .

**Nøgletal:** Udskiftningen af kedlen resulterede i energibesparelser på ca. 26 %. Optimeringen har forbedret ydelsen med yderligere 3,84 %.



NO 7: PASSONI – ITALIEN



NO 9: RAMEAUX – FRANKRIG

#### NO 8: UZAVRENA – TJEKKIET

**Energibesparende foranstaltning:** Hydraulisk afbalancering af varmesystemet

**Om bygningen:** Regulering af flow og tryk i varmesystemet i bygningen.

**'AFTER' optimering:** Kontrol af det afbalancerede varmesystem og teknisk inspektion i driftsperioden, herunder en genberegning af opvarmningskurver og justering af temperatur gradient.

**Nøgletal:** Den hydrauliske afbalancering af varmesystemet blev kun gjort delvist. Varmesystemet er allerede blevet kontrolleret og målt før vedtagelsen af optimeringen. Den tilsvarende optimering har givet en yderligere besparelse på 1,6 % (på trods af det forhold, at fyringssæsonen 2013/2014 var ekstremt varm).

#### NO 9: RAMEAUX – FRANKRIG

**Energibesparende foranstaltning:** Gennemgang af energikontrakt.

**Om baggrunden:** Gennemgang og gentegning af eksisterende energikontrakt. Den nye version af kontrakten omfatter en overskudsdeling mellem den almene boligorganisation og energiudbyderen, baseret på resultatmæssige mål for besparelser i energiforbruget.

**'AFTER' optimering:** Identifikation af de opnåede energibesparelser takket være en regelmæssig opfølgning fra energiselskabet på vedligeholdelse af de gennemførte energibesparelser.

**Nøgletal:** Forbrug til opvarmning og varmt brugsvand efter optimering = - 1 % i forhold til de kontraktmæssige mål (591 MWh). Før optimering var forbruget +4,5% i forhold til det kontraktmæssige mål.

#### NO 10: MÅRSLET – DANMARK

**Energibesparende foranstaltning:** Nye lavenergi-boliger for seniorer.

**Om bygningen:** Meget velisoleret bygning (tag: 445mm, vægge: 330mm EPS), vinduer med triple-ruder og aluminiumsrammer, solpaneler på tage, balanceret mekanisk ventilation med varmegenvinding og by-pass funktion, gulvvarme direkte forbundet til fjernvarmeforsyning.

**'AFTER' optimering:** Varmt vand leveres direkte fra fjernvarmeselskabet gennem en varmeveksler (ingen tank). Man havde justeret ventilen til varmtvandskontrol af komfortmæssige årsager, hvilket betød, at varmeveksleren gik i tomgang med henblik på hurtig produktion og levering af varmt vand. Det oprindelige set-up er blevet genindstillet således at man undgår tomgang. For beboerne betyder det dog lidt ventetid på det varmt vand.

**Nøgletal:** Lavenergi-bygning med en endelig energimæssig ydeevne på 43 kWh/m<sup>2</sup>. Brugsvandsforbrug i 2011 og 2012 blev beregnet til 19,1 og 19,2 kWh / m<sup>2</sup> / år hhv. 216,8 og 217,4 kWh / d.



NO 10: MAARSLET – DANMARK



# AFTER-VÆRKTØJER TIL PLANLÆGNING, VEDLIGEHOJDELSE OG DOKUMENTATION AF ENERGIDATA

For at nå 2020-målene om energibesparelser, skal bygningsdesign og bygningers ydeevne optimeres. 'AFTER' har sat fokus på synergien mellem de to elementer og de ekstra gevinster, der kan opnås. I forlængelse heraf er der udviklet metoder og værktøjer til at identificere problemerne – og dermed mulighederne for at forbedre bygningers energimæssige ydeevne i drift og vedligeholdelse

I 'AFTER' projektet har vi haft en unik mulighed for at analysere, optimere og teste, hvordan bygningerne kan fungere bedre. Samtidig kan denne viden give et grundlag for at forbedre udformningen af de tekniske dele af bygningerne i fremtiden.

## INSPIRATION FRA USA

PROJEKTET har hentet inspiration fra USA vedrørende to centrale elementer i den metodiske ramme for projektet:

- » Retro-Commissioning og
- » Evaluering, måling og dokumentationskoncepter.

Retro commissioning (RCX) er defineret som en ”systematisk proces til forbedring af en eksisterende bygnings funktion ved at

AF **ELSEBETH TERKELSEN**, ARKITEKT MAA OG **OLAV KIRCHHOFF**, UDVIKLINGSKONSULENT I BL



identificere og gennemføre vedligeholdelse og operationelle forbedringer til relativt lave omkostninger og hjælpe med at sikre, at bygningens ydeevne møder ejerens forventninger”. (Se også artiklen om en vellykket retro-commissioning proces i Lystrup).

Metoder til evaluering, måling og kontrol af 'AFTER's pilotprojekter er også udviklet med baggrund i amerikanske erfaringer. 'AFTER' bruger IPMVP (International Performance and Measurement Verification Protocol) som fælles grundlag. IPMVP blev lanceret i 1995 af det amerikanske Department of Energy ("Northamerican Energy Measurement and Verification Protocol"). Dens formål var at give et generelt redskab til at kvantificere og vurdere energibesparelser skabt af ESCOs (Energy Saving Companies).

#### NYE VÆRKTØJER

I 'AFTER' projektet har vi udviklet en metode og afprøvet et sæt "værktøjer" til at identificere problemer, mulige forbedringer og optimeringer vedrørende administration og drift af nye lavenergi og energirenoverede bygninger. Den metodiske ramme for projektet er udviklet i samarbejde mellem de videnskabelige parter og de almene boligorganisationer (samt til dels lejerorganisationer). Som et resultat har 'AFTER' skabt en række værktøjer, der kan hjælpe de almene boligorganisationer med at optimere deres bygningers "performance".

#### HÅNDBOG

Når man arbejder med dokumentation af bygningers ydeevne er det yderst vigtigt at have et sæt af definitioner for at kunne beskrive og sammenligne resultaterne. Projektets håndbog er en fælles platform med definitioner. Håndbogen angiver en specificeret beregning af arealer, måleenheder, moms,

graddage m.v. – med henblik på at hjælpe til en fælles forståelsesramme.

En stor – men også velkendt udfordring – har været at beregne kvadratmeter som grundlag for at finde de rigtige og sammenlignelige data for energiforbruget og økonomien i de energibesparelser, der indgår i projektet. Den måde vi beregner arealer på i de europæiske lande er meget forskellig. Men håndbogen giver et overblik over de forskellige beregningsmetoder og udpeger den, der i projektet anvendes til at sammenligne energibesparelser og økonomisk resultater. Et vigtigt element har også været definition af baseline (antal år med data for forbrug før forbedring) og måleperiode (antal år med data for forbrug efter forbedring) samt graddage. Det er beskrevet nærmere i artiklen "Dataindsamling og dokumentation af resultater".

Håndbogen er tilgængelig på syv sprog på [www.afterproject.eu](http://www.afterproject.eu).

#### FAKTABLADE

I 84 faktaark beskriver vi alle de energibesparende foranstaltninger, der er blevet behandlet i AFTER projektet. Databladene kan defineres som et "katalog af gode idéer" for at optimere bygningernes energimæssige ydeevne. De almene boligorganisationer og videnskabelige eksperter har udviklet faktaarkene i samarbejde. Fokus er ikke alene på de tekniske eller administrative spørgsmål, men også på erfaringer og tips til andre, der er interesserede i gennemførelsen af energibesparende tiltag.

#### RETRO-COMMISSIONING

For mange vil et vigtigt, nyt element i driften og administration af almene boliger være Retro-Commissioning. Det kan beskrives som et bygningscheck i tolv trin og er baggrunden for at udarbejde en 'Master Liste' over mang-

ler og forslag til energibesparende indsatser, forbedringer og optimeringer.

Erfaringerne fra RCX viser, at vigtige punkter er:

- » Registrering af energiforbruget - store udsving i løbet af året viser, om handling er nødvendig. Det kan være teknisk og / eller afhængig af beboernes adfærd og manglende opmærksomhed.
- » Registrering af beboernes klager kan være med til at identificere, om der er nogle tekniske problemer i bygningen, der har brug for at blive løst.
- » Interview med ejendomsfunktionæren kan afsløre større problemer i bygningen
- » En struktureret metode med spørgsmål og dokumentation - ligesom RCX - hjælper processen.

Et eksempel på en RCX er beskrevet i artiklen "Vellykket retro-commissioning proces i Lystrup". I Lystrup afslørede interviewet med beboerne og det lokale driftspersonale nogle konstruktive fejl, hvilket resulterede i problemer med indeklimaet - for lave temperaturer i nogle rum og manglende komfort for beboerne. Heldigvis blev fejlen opdaget før udløbet af garantien og kunne forbedres uden omkostninger for bygningsejeren.

En nærmere beskrivelse af de tolv trin og RCX processen er integreret i beskrivelsen af projektets metode og kan findes på hjemmesiden [www.afterproject.eu](http://www.afterproject.eu)

#### FÆLLES EVALUERINGSPROTOKOL ELLER 'M & V PLAN'

Et meget vigtigt element i AFTER er dokumentation for bygningens ydeevne. Den fælles evalueringsprotokol eller som det kom til at hedde i projektet - M & V Planen (Measurement & Verification Plan) - beskriver processen med at indsamle de forskellige nødvendige data for at kunne vurdere

bygningers energimæssige ydeevne, den økonomiske ydeevne og den "boligsociale" ydeevne, de nødvendige indikatorer, hvordan de måles, med hvilke midler (målere), baseline og rapporteringsperioder. En M & V Plan består af alle de praktiske oplysninger til måling & kontrol af et energibesparende tiltag. Den følger en generel opbygning af IPMVP (International Performance and Measurement Verifikation Protocol). Nogle af dens aspekter er dog tilpasset og forenklet. Det vigtigste mål er at illustrere en proces med evaluering og dokumentation, der kan tilpasses til enhver type intervention i boligmassen.

## KONKLUSION

Den vigtigste konklusion fra udvikling og afprøvning af værktøjerne i AFTER projektet har været at erfare nødvendigheden af at kontrollere og kvalitetstjekke bygningens ydeevne efter endt nybyggeri eller renovering. Det var selvfølgelig tesen i 'AFTER' projektet, at vi kunne forvente resultater, der kunne forbedre bygningernes ydeevne. Men manglen på værktøjer og systematiserede processer til at måle og kontrollere ydeevnen var overraskende.

Vi havde generelt en stor udfordring i at finde data. Brugen af værktøjerne har også vist vigtigheden af at fokusere på udformningen af tekniske installationer. Designere og arkitekter bør blive langt mere bevidste og bekendt med de teknologier, der findes til drift og vedligeholdelse af bygninger, så de kan have fokus på at gøre det nemmere at se og kontrollere anlæg til varme, vand, ventilation osv. Dataloggere kunne være en integreret del af bygningen - strategisk placeret eksempelvis til at måle forbruget af varmt og koldt vand, både for at informere beboerne og administrationen.

De almene boligorganisationer bør omvendt blive meget bedre til stille krav om

at bygningsdesignet også omfatter den efterfølgende administration og drift af bygninger – både for nybyggeri og renoveringer.

Endelig var der overraskelserne med fejldimensionering af installationer, mangler på opsætning af automatik, dysfunktionelle dele,

som ikke var opdaget ved aflevering. Sidst med ikke mindst må vi konkludere, at der desværre er meget få tilfælde, hvor måling og kontrol af bygningen er inkluderet i ledelse, drift og vedligeholdelse af bygningerne. Det opfordrer til meget mere "AFTER"!







# VELLYKKET RETRO-COMMISSIONING PROCES I LYSTRUP, AARHUS

AF **FRANK KEJLBERG**, BYGNINGSKONSTRUKTØR AARHUS KOMMUNE OG  
**ELSEBETH TERKELSEN**, ARKITEKT MAA

Retro-commissioning (RCX) er defineret som en "systematisk proces til forbedring af en eksisterende bygnings funktion ved at identificere og gennemføre vedligeholdelse og operationelle forbedringer til relativt lave omkostninger og hjælpe med at sikre, at bygningens ydeevne møder ejerens forventninger"

Retro-commissioning metoden har været særligt udviklet i USA med henblik på at forbedre den energimæssige "performance" i store kontor- og industribygninger, især i relation til drift og vedligeholdelse. Den vigtigste eksisterende retro-commissioning litteratur fokuserer derfor også på kontor og industribygninger.

Som en konsekvens heraf har 'AFTER' arbejdet på at bevare de væsentlige målsætninger for Retro-commissioning (forbedring

af den energimæssige ydeevne) men nu i forhold til den almene boligsektor. Proceduren er blevet holdt så enkel som muligt med fokus på formål og tilpasninger i henhold til de almene boligorganisationers behov.

Retro-commissioning modsvarer "commissioning" for nybyggeri, men er for eksisterende bygninger. Hovedformålet med både "commissioning" og "retro-commissioning" er at forstå, hvordan en bygnings udstyr og systemer fungerer med henblik på at kunne styrke bygningens samlede ydeevne.

## LYSTRUP

LYSTRUP ved Aarhus er blevet renoveret i 2011. Den oprindelige bygning blev bygget i 1984 og havde et ganske stort energiforbrug: ca. 150kWh/m<sup>2</sup>/år til rumopvarmning samt en lav komfort, hvor det mest betydelige problem var, at der ikke kunne opretholdes en tilstrækkelig stuetemperatur i de koldeste måneder.

De flade, bølgede radiatorer var sandsynligvis en smule underdimensionerede fra begyndelsen, og da fjernvarmens indløbstemperatur er faldet siden byggeriet blev opført i 1984 på grund af energibesparelsesforanstaltninger, udført af leverandøren på det generelle distributionssystem og i forbindelse med den lokale produktion af fjernvarme, er problemet øget gennem årene.

I klimaskærmen var der mange kuldebroer langs fundamentet og vinduesrammer.

Disse forhold, kombineret med at blandingen af naturlig og enkel mekanisk ventilation i badeværelset ikke var i stand til at fjerne fugten og lugt fra badning og madlavning, resulterede ofte i dårlig indeklimakvalitet. Baderummene var også under nutidig standard hvad angår tekniske faciliteter og var desuden ikke indrettet og udstyret korrekt til ældre / handicappede beboere.

Men behovet for denne type af boliger

i lokalsamfundet, 10 km fra Aarhus, var indlysende. Det arkitektoniske indtryk og kvaliteten af murstensbygningen blev anset for bevaringsværdige, så det blev besluttet at renovere boligerne.

Formålet med retro-commissioning processen (RCX) var at identificere nogle svage punkter i forhold til energiforbruget i bygningen med henblik på at forbedre ydeevnen efter renovering.

Et interview med ejendomsfunktionæren og beboerne - alle ældre mennesker - afslørede et problem med kold luft og træk fra det nye ventilationssystem.

Medarbejdere fra Aarhus Kommune gennemførte en undersøgelse, en RCX af bygningen, og HWAC anlægget (ventilationsanlægget). Holdet fandt, at i renoveringsprojektet var gulvvarme og varmegenindvinding i ventilationssystemet gjort delvist indbyrdes afhængige.

Den vandbårne varmefflade i ventilationssystemet var forbundet til kredsløb for lavtemperatur til gulvvarmen. Så der kunne kun komme varmt vand til varmeffladen og forvarme indblæsningsluften, hvis gulvvarmen var på. Selv i dette tilfælde var situationen ikke god nok, fordi den lave temperatur på vandet til gulvvarme ikke kunne forsyne varmeffladen i ventilationsanlægget med nok energi.

For at optimere systemet foreslog Aarhus Kommunes personale at adskille forsyning til varmeffladen i ventilationsanlægget og gulvvarmen. Forsyningen med "høj temperatur" fjernvarme direkte til varmeffladen gennem en allerede eksisterende ventil, der er styret af den automatiske måling af indblæsningsluftens temperatur i ventilationssystemet, gjorde det muligt at få varmeffladen til at fungere ordentligt.

Adskillelsen har forbedret komforten, så der ikke længere bliver blæst kold, ikke korrekt forvarmet luft ind i boligerne. Nogle beboere oplever dog stadig problemer med træk, selvom indblæsningsluften er nu forvar-

met 5-6 grader over rumtemperaturen. Systemerne fungerer nu korrekt efter optimering. Alligevel er der stadig trækproblemer til en vis grad. Man vil sandsynligvis løse dette ved at forsøge at hæve indløbslufttemperaturen yderligere.

#### ERFARINGERNE FRA RCX PROCESSEN I LYSTRUP

En værdifuld erfaring er, at udskiftning af ventilation bør vælges med stor omhu i boligbyggeri, fordi ventilation i princippet giver problemer med træk. Det er især vigtigt i boliger for ældre / handicappede med et lavt fysisk aktivitetsniveau og behov for høje rumtemperaturer.

Som en opfølgning overfor beboerne, er der enighed om, at beboerne kan få personlig assistance fra ejendomsfunktionæren til individuelt at få indstillet den ønskede rumtemperatur. I denne proces bliver det interessant at se, om "on-periode" af gulvvarmesystemet i den kommende varmesæsoner bliver forkortet.

Hvis systemer (som opvarmning) køres automatisk, skal programmeringen være i fokus. Der skal lyttes meget opmærksomt til beboernes anmodninger vedrørende indeklima og generel komfort. Beboere har brug for hjælp til at betjene den automatisk styrede opvarmning og ventilationssystemet, dvs. hjælp til at indstille og programmere automatikken. Det skal integreres i workflow, at der lejlighedsvis er behov for at ændre indstillingerne. Den tætte observation af, hvad der er normalt «beboernes egenkontrol» viser også fejl i konstruktion, dysfunktionelle dele osv. og hjælper til at identificere dem med mulighed for at gøre brug af garantier med og efterfølgende udbedring.

Når man kommunikerer med ældre beboere, bør fokus være på den personlige kontakt via velkendt personale (ligesom viceværten); Hvis deres mening er nødvendig, foretrækker de ansigt-til-ansigt interviews i stedet for spørgeskemaer og undersøgelser. Hvis der er etableret kontakt, skal man være parat til



### **Retro-commissioning (RCX), som det er udviklet i AFTER projektet, kan beskrives som følger:**

EN SYSTEMATISK PROCES TIL FORBEDRING AF EN EKSISTERENDE BYGNINGS YDEEVNE. I AFTER projektet er RCX blevet udviklet til at være meget rettet mod udstyr og systemer i en bygning, som vil kunne øge dens generelle ydeevne. Det er meget pragmatisk og inspireret af de eksisterende rutiner, der gennemføres af almene boligorganisationer for at optimere energiforbruget.

EN SYSTEMATISK PROCES TIL AT IDENTIFICERE OG GENNEMFØRE OPERATIONEL VEDLIGEHOLD OG FORBEDRINGER TIL LAVE OMKOSTNINGER

RCX'en forbinder diagnose og forslag til forbedringer af en bygnings ydeevne. RCX fokuserer primært på "low-cost" drift og vedligeholdelsesforbedringer.

EN SYSTEMATISK PROCES TIL AT SIKRE, AT BYGNINGENS YDEEVNE MØDER EJERENS FORVENTNINGER.

Da vi fokuserer på boliger og især på alment boligbyggeri, skal begrebet "ejerforventninger" udvides til også at omfatte beboerne. Men det omfatter også boligorganisationernes forpligtelser til at sikre energieffektiviteten i deres bygningsmasse.

### **Resultat af RCX processen**

Den positive virkning er fx at være i stand til at:

- » Sikre, at udstyr og systemer har nået deres rette driftsniveau og forventede ydelser (økonomisk / energimæssige ydeevne)
- » Reducere energiomkostningerne (økonomisk ydeevne)
- » Identificere og overvåge beboernes klager som et supplerende middel til at identificere mangler
- » Reducere beboernes klager og øge tilfredsheden (boligsocial / komfort ydeevne)
- » Forbedre drift og vedligeholdelsesrutiner og reducere den tid, personalet anvender på nødsituationer / reparationer (økonomiske resultater).

### **Hvornår iværksætter man en RCX proces?**

- » Ved registrering af et uberettiget, højt energiforbrug
- » Ved vedholdende fejl på udstyr og / eller styresystemer (slidt, gammelt udstyr bør udskiftes før RCX-processen begynder)
- » Hvis beboerne klager
- » Hvis der er indeklimaproblemer.

også at beskæftige sig med alle former for emner, der vedrører disse boliger, også emner fra dagligdagen, som ikke er på dagsordenen. beboerne bruger chancen til også at drøfte disse spørgsmål.

Ældre beboere prioriterer ofte komfort højere end energibesparelser - generelt opfattede de involverede lejere energibesparelser som en sænkning af deres komfort.

### **BESPARELSER**

Hvad angår de økonomiske omkostninger var denne optimering fri for udgifter, da adskillelsen af de to varmesystemer – i gulvvarmen og ventilationen - blev udført af den oprindelige entreprenør inden garanti-periodens udløb.

Efter reguleringen af varme- og ventilationssystemet vil bygningen nå et moderat til normaliseret energiforbrug: fra 80 op til 106 kWh/m<sup>2</sup> / år. Dette kan hjælpe almene boligorganisationer til at spare penge og reducere CO<sub>2</sub> udslippet.

### **ANBEFALINGER**

Producenter af systemer til kontrol af HWAC(ventilationsanlæg) er nødt til at være opmærksomme på beboernes behov i forhold til brugerpanelerne. Brugervenlighed og intuitiv brug er nøgleordene. Også i Aarhus kommune ser man behovet for et enkelt, fælles brugerpanel, der kan integrere alle kontroller af HWAC-installationen indenfor hver lejlighed.

RCX-proces, der er udført inden for rammerne af 'AFTER', har afsløret mange overraskelser i form af manglende kontrol af automatik, dysfunktionelle dele, der ikke var opdaget i forbindelse med idriftsættelse. Derfor vil 'retro-commissioning' i en nem og passende form blive brugt i alle fremtidige projekter, der gennemføres for Omsorg og Sundhedsafdelingen i Aarhus kommune.



# OPTIMERING AF DEN ENERGI-MÆSSIGE YDEEVNE I NYRENOVEREDE BYGNINGER I ITALIEN

AF **MORENA CAREDDA**, ARKITEKT, INSTITUTO PER L'AMBIENTE E L'EDUCAZIONE SCHOLÉ FUTURO, TORINO, ITALIEN

*Undersøgelserne viste en uventet interesse blandt beboerne for, at ATC indfører ny teknik i de bygninger, hvor de bor. ATC ønsker at fortsætte den gode praksis med henblik på at øge beboernes involvering og forbedre deres bevidsthed og engagement i løsninger med høj miljømæssig påvirkning, som også kan medføre lavere huslejer.*

FRA ET INTERVIEW MED GIANFRANCO TARABUZZI, DIREKTØR, ATC, TORINO, ITALIEN

DE ITALIENSKE PILOTPROJEKTER ER BELIGGENDE I DEN NORDVESTLIGE DEL AF ITALIEN I PIEMONTE REGIONEN, HENHOLDSVIS I ORBASSANO, TORINO OG VENARIA REALE.

## VIA RIESI - TORINO

Via Riesi er fra midten af 1990'erne, en traditionel italiensk bygning, konstrueret af armeret beton og mursten. Indenfor de seneste år (2009/2010) har ATC udskiftet varmesystemet for at reducere det høje forbrug af energi / el til opvarmning og varmt brugsvand. Det nye system er baseret på tre kondenserende kedler. Desuden blev der installeret et smart målesystem.

På trods af forbedringer klagede beboerne stadig over indeklimaproblemer, høje omkostninger og forskelle i forbrug i de



VIA RIESI

forskellige lejligheder. ATC besluttede derefter at gennemføre yderligere regulering af varmesystemet, og at installere et ADAPTERM system (for yderligere information om ADAPTERM: [www.techem.it](http://www.techem.it)). Formålet med løsningen var at fokusere direkte på varmesystemet med henblik på at mindske problemet med indeklimaproblemer.

Denne løsning var muligt takket være synergien med BECA projektet. Via Riesi var et af ATC's pilotprojekter inden for rammerne af BECA projektet (Balanced European Conservation Approach - ikt-tjenester for ressourcebesparelser i socialt boligbygger, finansieret af programmet Intelligent Energy Europe. For yderligere oplysninger om BECA, se: [www.beca-project.eu](http://www.beca-project.eu)).

ADAPTERM er et "intelligent"-system

af energibesparelser, der, når det er tilsluttet varmeanheden, er i stand til at justere varmemeforsyning af bygningen i forhold til energiforbrug og omkostninger. Dette værktøj reducerer forbrug af energi til opvarmning med omkring 10%. Det er ikke nødvendigt manuelt at regulere varmekurver. Dvs. det betyder også en reduktion af det manuelle arbejde til vedligeholdelse og personale i ATC.

Som en konklusion kan vi sige, at ADAPTERM krævede en betydelig investering af ATC. Anslåede omkostninger er omkring 95.000 €. Efter installeringen har 43 % af beboerne erklæret, at de har brugt færre penge til varmeregningen, og 38 % af dem bemærkede positive ændringer i indeklimaet i lejligheden.

Disse smarte enheder arbejder godt

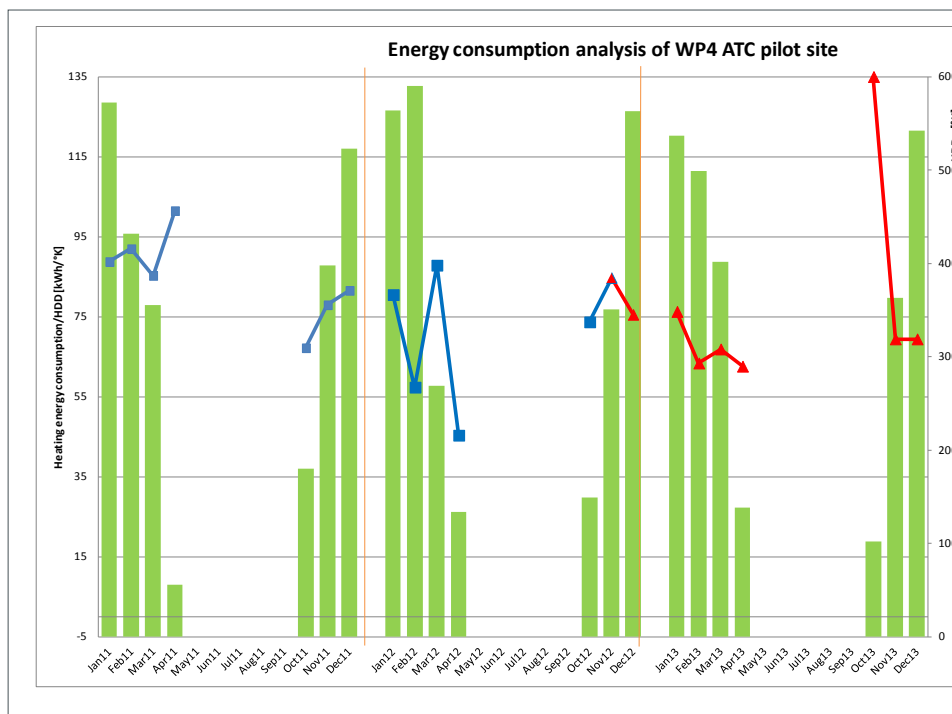
sammen med andre foranstaltninger, såsom at øge beboernes bevidsthed om miljøspørgsmål og deres engagement i energibesparelser. Energiomkostningerne faldt mere end 40 % på trods af de stigende energipriser. Dog ville evalueringen af virkningen af denne optimeringsløsning være mere nøjagtig, hvis overvågningsperiode havde været længere.

PASSONI – I BYEN VENERIA REALE Passoni blev bygget i 1978. I 2008 fik den en blok (12 boliger) udskiftet de to gamle twin kedler (hver med en effekt på 98 kW) med en ny kondenserende kedel (effekt: 92 kW). Før installeringen blev beboernes varme brugsvand produceret i individuelle, el opvarmede vandbeholdere i hver lejlighed

Den anvendte teknologi betyder, at brænderen på det nye varmeanlæg kan nå en effektivitet på op til 100 %, og det kan give en reduktion af de forurenende emissioner og brændstofforbruget. Den nye kedelteknologi reducerer antallet af tænd / sluk operationer og giver en kontinuerlig tilpasning til det ønskede minimum af energi, når de klimatiske forhold ændres.

På trods af denne forbedring, klagede lejere stadig over høje regninger og forskellige forbrug i de forskellige lejligheder. Den løsning, der blev fundet på problemet, var isolering af varmeveksleren, installation af fire dataloggere i specifikke lejligheder og en datalogger til udendørs brug. Der blev gennemført to termofotografier af varmeveksleren før og efter med henblik på at dokumentere effekten.

Overvågningsperiode startede i april 2013



ANALYSE AF ENERGIFORBRUGET I ATC'S PILOTPROJEKT

- GRADDAGE SAMMENLIGNINGSGRUNDLAG – FORBRUG 2011
- SAMMENLIGNINGSGRUNDLAG – FORBRUG 2012
- MÅLEPERIODE – FORBRUG 2013

og i november 2013 blev resultaterne fra dataloggerne analyseret.

Termofotografiet var den første demonstration af det faktum, at isoleringen af varmeveksleren var i stand til at begrænse varmetabet og forbedre den generelle effektivitet af varmesystemet.

Efter udskiftningen af varmeanlægget, har reduktionen af energiforbruget været høj. Energibesparelserne har været i intervallet 27-50 MWh om året.

Energiforbruget blev også sammenlignet før og efter isoleringen af varmeveksleren. Resultaterne viste i gennemsnit energibesparelser på omkring 3,84 %, hvilket er i det forventede interval.

Endelig, som en konklusion kan vi sige, at isoleringen af varmeveksleren er en billig løsning, der forbedrer energieffektiviteten i bygningen, selv om det kun giver en mindre reduktion af energiforbruget. Det ville være mere omkostningseffektivt, hvis også rørene blev isoleret.

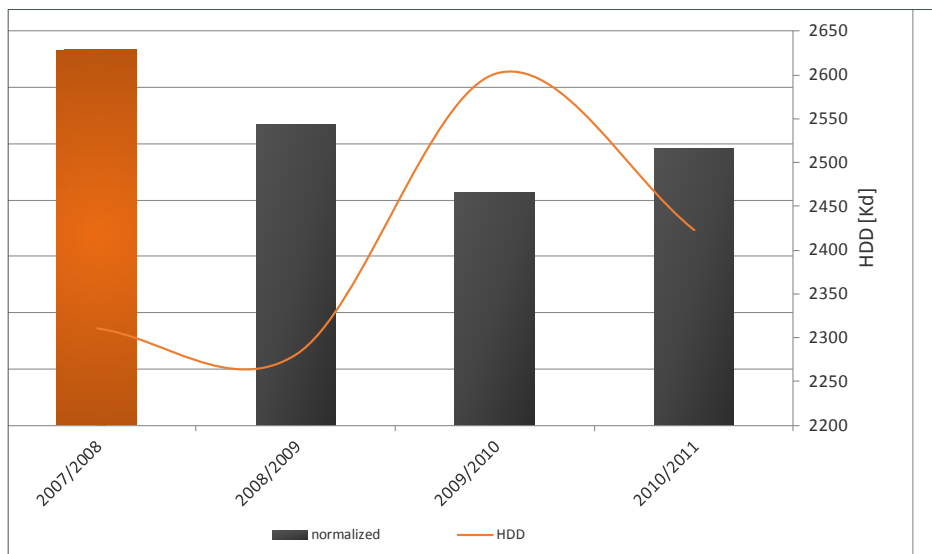
Den tekniske afdeling i ATC antager, at de energibesparende foranstaltninger, der gennemføres i Via Passoni, kan betragtes som den bedste praksis inden for rammerne af AFTER projektet. Med en udgift på omkring 300/400 € for isoleringen til varmeveksleren, var det muligt at opnå en betydelig reduktion af varmeenergi forbrug. Derfor sikrer de gode resultater, der er opnået, at denne energibesparende foranstaltning kan gentages i andre bygninger med tilsvarende karakteristika.



TERMOGRAFI AF VARMEVEKSLER FØR OG EFTER ISOLERING



VIA PASSONI



NORMALISERET ENERGIFORBRUG FØR OG EFTER UDSKIFTNING AF KEDEL.





# ENKLE LØSNINGER PÅ STORE PROBLEMER

AF **BRANKO ARNŠEK**, TEKNISK LEDER AF AF SPEKTER, TRBOVLJE, SLOVENIEN

Overdimensionering af varmesystemet er ikke ualmindeligt i europæiske bygninger. I projekteringen bliver der ofte valgt komponenter, der er større end nødvendigt, for at opnå en sikkerhedsmargin. Men for bygninger med en god, energimæssig ydeevne, eller hvor der er gennemført energibesparende foranstaltninger på klimaskærmen, bliver denne overdimensionering til et energitab. Teamet i 'AFTER' projektet har udviklet værktøjer til at vurdere overdimensionering af varmesystemet i to slovenske bygninger og til at justere varmeleverancen til deres reelle energibehov, og har derigennem opnået betydelige energibesparelser

Bygningen TR 16 er beliggende i Trbovlje. Den består af 52 boliger. Bygningen er fra 1970, og ligesom med de fleste bygninger fra denne periode blev den aldrig designet til at have en god energimæssig ydeevne. Det modsatte er tilfældet med det andet pilotprojekt i 'AFTER', SC9b (13 boliger), der blev bygget i 2006. Fra starten var det designet til at garantere et lavt energiforbrug til opvarmning.

Varmeanlæggene i disse to bygninger er store, hvilket ganske hyppigt er tilfældet i den eksisterende boligmasse. Adskillige undersøgelser i EU, og også uden for EU-lande har vist, at der generelt er en betydelig overdimensionering af varmeanlæg og i særdeleshed af radiatorernes overflader. Der er flere grunde til dette. I designfasen af en bygning er energitabet ofte overvurderet, og i anlægsfasen er komponenter til opvarmningssystemet ofte overdimensioneret med

henblik på at holde en vis "sikkerhedsmargin".

Selvom varmesystemet i TR 16 blev hydraulisk afbalanceret, indikerede energiforbrugstal, at der stadig var et vist potentiale for yderligere energibesparelser. Denne konklusion stemmer også overens med at der var høje temperaturer i returvandet, som betød, at varmeanlægget ikke fungerede effektivt.

Det har været muligt med målinger af temperaturer og energiforbrug at anslå den faktiske overdimensionering af rumopvarmningssystemet i TR 16 bygningen, og ud fra oplysningerne at styre temperaturen i systemet til den højest mulige afkøling af fjernvarmevandet i alle driftstilstande.

Målet var at definere den optimale gennemstrømning i varmesystemet og derigennem at opnå en optimal frem- og returløbstemperatur blandt andet gennem måling af inden-

dørstemperaturen samt at kunne anslå denne med tilstrækkelig nøjagtighed.

Af praktiske årsager er målet ikke nøjagtige beregninger, men skøn på basis af en forenklet beregningsmetode: Den samlede varmeafgivelse fra fjernvarmen: 976,920 kW. Den pågældende bygnings varmeforbrug fra fjernvarmen: 325,640 kW. Udvendige temperatur er forudsat til max:  $t_e = -10^\circ \text{C}$ . Indvendig temperatur:  $t_{int} = 20^\circ \text{C}$ . Specifikt varmetab, der kan dækkes af varmeforbruget:  $P_{spec} = P / dT = 325640/30 = 10855 \text{ W} / \text{K}$ . Årlig kapacitet af varmeenergi:  $= P_{spec} \cdot TP \cdot 24/1000 = 10855 \cdot 3500 \cdot 24/1000 = 911.820 \text{ kWh} / \text{år}$ . Den gennemsnitlige årlige energiforbrug til opvarmning er 240.000 kWh / år.

Baseret på denne beregningsmetode, besluttede den Slovenske administrator af bygningen at reducere radiatorens varmeydelse til 1/3 af den oprindelige værdi. Resultatet var, at den lavere vandtemperatur reducerede varmetab i distributionsledningerne og det sparede 6% af energiforbruget til varme.

Samme metode blev gentaget til bygningen Savinjska Cesta (SC9b).

Efter beregningen af overdimensioneringen af varmesystemet blev varmeeffekten på radiatorerne reduceret med 50 %. Resultatet har været, at nedsættelsen temperaturerne sammen med øget lmiljøbevidsthed hos beboerne har medført, at energiforbruget til opvarmning er reduceret med 21 %.

Retro commissioning metoden har vist sig meget relevant for de to ”pilotprojekter” i ’AFTER’ projektet. De samlede omkostningerne for hele optimeringen anslås til omkring 15 € / bolig (teknisk optimering og information af beboerne). Udgifter til målinger, der ikke vil blive gentaget i fremtidige projekter, udgjorde 175 € / bolig. Uden disse omkostninger kan den oprindelige investering på 15 € pr. bolig tilbagebetales på 1 år.

I tilfældet Trbovlje, har skiftende temperaturreguleringer i bygningen, som er tilsluttet det kommunale fjernvarmenet, betydet, at optimeringen har været næsten omkostningsfri for beboerne (når man ser bort fra udgifterne til målinger). Og da størstedelen af disse ejendomme er forbundet til et fjernvarmenettet, har optimeringen et potentiale i en større del af boligmassen.

Den tekniske optimering er afsluttet med en grundig evaluering af dens sociale konsekvenser. Beboerundersøgelsen i pilotprojektet viste, at beboerne i almindelighed er tilfredse med deres indeklime. De fleste bruger termostatventilerne ordentligt og rapportere passende temperatur regulering i deres stue, selv om nogle af lejere har en tendens til at overophede deres lejligheder med temperaturer godt over 20 °C.

Generelt er beboernes vigtigste motivation at reducere deres energiregninger. Kun en lille andel af dem er interesseret i at spare energi for at beskytte miljøet.

Teknisk optimering førte ikke til nogen komfortreduktion: Værelserne var varme nok efter indgrebet. Beboerne tilpasser deres opvarmningsadfærd (indstilling af ventiler) på baggrund af de informationer, de har fået. Informationerne har ført til en svag adfærdsmæssig ændring: i nogle tilfælde var temperaturindstillingen lavere fra 19 °C til 21 °C i stedet for 22 °C til 23 °C.







# FORBEDRING AF FJERNVARMERKONTRAKT I L'AIGUILLADE – FRANKRIG

BY **ALAIN GORAGUER**, TEKNISK CHEF HOS AUVERGNE HABITAT (CLERMONT-FERRAND) OG **JULIEN BONNET**, AFTER KOORDINATOR HOS DELPHIS (PARIS)

'L'Aiguillade' er en bygning fra 60'erne, nyrenoveret af Auvergne Habitat med henblik på at forbedre energieffektiviteten og komforten for beboerne. Formålet med pilotprojektet var at identificere, hvor mange penge der kan spares på fjernvarmen ved at investere i renovering. Imidlertid gjorde den tidligere fjernvarme kontrakt mellem den almene boligorganisation og energiudbyderen det ikke muligt at tage fuldt hensyn til de genererede energibesparelser og at mindske energiregningerne for beboerne til det fulde omfang. Hensigten med 'AFTER' projektet var at afhjælpe denne situation og optimere de økonomiske gevinster for alle interessenterne

I 2012 blev L'Aiguillade (126 boliger), der ligger i Clermont-Ferrand i Frankrig, fuldstændig renoveret af boligorganisationen Auvergne Habitat. Blandt de vigtigste forbedringer kan nævnes:

- » Renoveringen af tagisolering (varmeisolering med glasuld)
- » En ny, udvendig isolering (varmeisolering med polystyren)
- » Vinduesudskiftning fra træ med enkelt lag glas til PVC med termoruder
- » Forbedring af ventilationssystemet med implementering af et innovativt hybridt ventilationssystem.

L'Aiguillade er tilsluttet det kommunale fjernvarmesystem (i Clermont - Ferrand). Som en del af byens bæredygtighedsstrategi er der for nylig blevet installeret en kedel med et nyt energimix (20 % gas, 80 % træ) til fjernvarmenetværket. Kontrakten mellem den almene boligorganisation og energiudbyderen

er blevet opdateret i 2010. I forbindelse med genforhandlingen er der aftalt en ny metode til at beregne energiprisen. Det gør det muligt for Auvergne Habitat at få taget hensyn til energibesparelser som følge af ombygning af eksisterende bygninger forbundet til fjernvarmenettet.

## BEREGNING AF VARMEPRISER

Prisfastsættelsen i en fjernvarmekontrakt er opdelt i to dele:

- » En relativ del (identificeret som R1-faktor), baseret på mængden af kalorier, der forbruges af bygningen i en fyringssæson. R1-faktoren aflæses på energimåleren (forskellen mellem værdien ved slutningen af fyringssæsonen og begyndelsen af fyringssæsonen).
- » En korrektionsdel (identificeret som R2-faktor), som omfatter prisen på abonnementet til fjernvarmenettet





NY FJERNVARMEKEDEL TIL TRÆFLIS  
I 'LA GAUTHIÈRE'  
FOTO: FRED MARQUET



År	2009	2013	
Graddage	2317	2575	11%
Energiforbrug til opvarmning	1.255.00	800.620	-36%
Varmt brugsvand (gennemsnit)	410.000	410.000	0%
Energiforbrug til opvarmning og varmt brugsvand Opdateret ifølge aftalegrundlaget	1.772.788	1.192.276	-33%
Gennemsnitlig energiforbrug	202	136	-33%

(vedligeholdelse, udskiftning af systemer mv).

Den måde, R2-faktoren beregnes på, er et nyt element i 2010-kontrakten.

I den gamle abonnementsaftale (før 2010) blev R2-faktoren beregnet ved hjælp af bygningens areal. Denne prisfastsættelse var ikke et incitament til at gennemføre energirenoveringer, fordi ombygninger ikke ændrer den samlede overflade af en bygning, og dermed vil det ikke påvirke R2. Det vil spare energi, men ikke penge!

I den nye kontrakt, beregnes R2 ved hjælp af en indikator, APD (average power demand: «gennemsnitligt energibehov»). APD er baseret, ikke på det faktiske forbrug i en bygning, men på dens teoretiske »behov for energi« (både varme og varmt brugsvand). Dette »behov for energi« er beregnet efter en gennemsnitlig vurdering af bygningens energimæssige ydeevne for en fast mængde af driftstimer og justeret ved hjælp af en fast, gennemsnitlig opvarmningsperiode (2516

graddage i Clermont-Ferrand).

Denne nye beregningsformel er interessant, fordi ombygninger straks vil reducere »Average Power Demand« i en bygning, og dermed sænke prisen på R2-faktor fjernvarmen.

Auvergne Habitat har implementeret en effektiv, totalrenovering i 2012 for l'Aiguillade, og bygningens APD er blevet væsentligt ændret. Dette har givet en god mulighed for Auvergne Habitat for at få fordel af sin nye kontrakt!

Processen i AFTER pilotprojektet har været ledet af Auvergne Habitat og sigter mod at kvantificere energibesparelser, der er opnået takket være renoveringen (herunder CO2 virkninger induceret af ny energimix) med henblik på at opdatere R2 delen af fjernvarmekontrakten.

Ved en sammenligning før og efter renovering (se figuren på denne side), er energibesparelserne relateret til opvarmning før / efter renoveringen (beregnet på baggrund af aftalegrundlaget med fjernvarmeudbyderen): 42 %.

Besparelser til opvarmning beregnet i EUR

med hensyn til prisen for energi (inkluderet i fjernvarme abonnement kontrakt / R1-faktor beregning): 22 518 EUR sparet om året (R1-faktor pris for energi: 38.825 EUR / MWh).

Virksomheden af ændringen i Average Power Demand (inkluderet i fjernvarme kontrakten / beregningen af R2-faktoren): 12 315 EUR sparet årligt (R2-faktor prisen for energi: 279,90 EUR / mW).

Varmeforbruget og de besparelser, der er knyttet til renovering, er fuldt integreret i energiregningen til beboerne. Den endelige, gennemsnitlige, årlige energibesparelser for hver eneste af de 126 boliger er omkring 276,45 EURO pr år, takket være genforhandlingen af energikontrakten til l'Aiguillade.

Beboerne er informeret om optimeringen af varmeregningen og reduktionen i deres omkostninger til opvarmning. Samtidig har Auvergne Habitat igangsat en energibevidsthedskampagne. Deres adfærd vil være en afgørende faktor for langsigtet succes med renoveringen.

# ON-LINE MONITORERING I HAVIŘOV, TJEKKIET

AF MONIKA KWAPULINSKA, MRA, TJEKKIET

Formålet med on-line monitorering er løbende at give beboerne oplysninger om deres energiforbrug til opvarmning og deres forbrug af varme og koldt vand ved hjælp af moderne informations- og kommunikationsteknologier og derved motivere dem til at reducere deres energiforbrug. På nuværende tidspunkt bliver beboerne en gang om året informeret om deres forbrug af varmt og koldt vand og energiforbrug til opvarmning for det foregående år i form af den årlige afregning. På dette tidspunkt kan beboerne ikke ændre i deres forbrug

## JABURKOVE

JABURKOVE er en typisk kommunal etageboligblok i Tjekkiet. Den blev bygget i 1962 i henhold til en national standard, kendt som T02B, og den blev renoveret i 2009. Bygningen har 36 lejligheder med i alt 73 beboere .

## ON-LINE MONITORERING

Den tekniske løsning, som er blevet installeret i lejlighederne, omfatter hardware i form af trådløse, digitale RF 868 MHz termometre

til måling af indetemperaturer og vandmålere med pulsudgang til måling af forbrug af koldt og varmt. I fællesområderne er der installeret et RF udendørstermometer; bygninggateway og repeatere, der sikrer transmission af signaler.

Målerne og termometrene har batterier med lang levetid. Aflæsninger af vandforbruget, temperaturer og energi til opvarmning finder sted hvert 20. minut og fremsendes til bygningens 'gateway' med trådløs teknologi. Gateway'en er forbundet til internettet. Forbrugsdata sendes fra bygningen til en central server, hvor de bliver lagret, behandlet og visualiseret til brugerne på webportalen i grafisk og numerisk form. Energiforbruget til opvarmning per lejlighed er beregnet med graddagsmetoden (se også artiklen om "Dataindsamling og dokumentation af resultater" sidst i magasinet). Beboerne har modtaget brugernavn og password til webportalen.

## GRADDAGE-METODEN

On-line monitorering anvender graddage-metoden til beregning af energiforbruget til opvarmning i lejlighederne. Denne metode måler den reelle, termiske komfort. Den er velegnet til ældre etagebyggerier med varmedistribution via stigestreng. Fremgangsmåden er kendetegnet ved højere nøjagtighed,

mere objektivitet og retfærdig end den alternative metode med måling af varmestråling på radiatorer. Metoden er baseret på den aktuelle temperatur i rummene, den tager hensyn til alle varmestrømme, herunder varmeveksling mellem lejlighed og det udendørs miljø og også varmeveksling mellem tilstødende lejligheder. Denne metode forfordeler ikke brugere, som har en større overfladekontakt med uopvarmede arealer eller brugere, hvis nabo tilbringer vinteren i udlandet og hans / hendes opvarmning er lukket ned.

## INFORMATION TIL BEBOERNE

On-line monitoreringen er optimeret med undervisningsmaterialer til beboerne, distribueret i papirform og også tilgængelig på webportalen på internettet. Materialet omfatter rådgivning om korrekt opvarmning - for eksempel korrekte temperaturer i radiatoren, korrekt brug af radiatortermostater, korrekt ventilation og tips til vandbesparelser. Da ikke alle beboere har adgang til internettet, er de månedlige rapporter om forbrug også blevet sendt i papirform, inklusive en anonym benchmarking med andre lejligheder. Formålet med benchmarking'en er – ved hjælp af søjlediagrammer - at vise beboerne, hvad hans eller hendes forbrug er, sammenlignet med andre lejligheder i samme bygning.



## TEMPERATUREN I BOLIGERNE

En af grundene til at gøre beboerne opmærksomme på deres energiforbrug er, at indendørstemperaturerne i deres lejligheder er ret høje (21 °C op til 24 °C). Ved sammenligning mellem lejlighederne er det interessant at se, hvordan spredningen er mellem de forskellige lejligheder og om on-line monitorering har indflydelse på beboeradfærden.

## DÅRLIGE ERFARINGER

Boligadministrationen MRA s.r.o. har en negativ oplevelse fra tidligere med brug af varmefordelingsmålere installeret på radiatorerne. Etageejendommen i Havířov har ikke isolerede, indvendige vægge og gulvkonstruktioner. Det muliggør varmeoverførsel mellem tilstødende lejligheder. I den seneste tid har nogle af beboere slukket for varmen i deres lejligheder og ladet naboerne levere varmen til dem gennem skillevægge og etagedæk. Denne form for adfærd har også dårlige konsekvenser for indeklimaet (meldug).

## KONKLUSION HERUNDER SOCIAL OG ØKONOMISKE ASPEKTER

Online monitorering i Jarburkove har resulteret i en reduktion af medium indendørs opvarmning temperatur på 0,5 grader. Overophedning med indendørs temperaturer på 23-24 grader er dog stadig dominerende. Synliggørelse af beboernes energiforbrug, ”økologisk” motivation og styrkelse af energivenlig tænkninger ikke tilstrækkeligt. Når nyhedens interesse forsvinder, og - som tiden går - hyppigheden af log in’s reduceres, falder de fleste beboere tilbage i gamle vaner med at søge maksimal komfort, især gælder det ældre beboere eller familier med børn. Analyserne af et normaliseret energiforbrug viser en mærkbar reduktion på 11,7 %: Fra forbrug på 123 kWh / m<sup>2</sup> / år i basisperioden opnår vi et betydeligt mindre forbrug på 109 kWh /



m<sup>2</sup> år efter installationen af on-line monitoreringen.

## KOMMENTARER TIL KONKLUSION

Den vigtigste årsag til de temmelig beskedne resultater er fraværet af økonomiske incitamenter. Uanset hvor høj eller lav indetemperaturen er, og hvor stort energiforbruget bliver, er varmeregningen stadig kun en funktion af lejlighedernes kvadratmeterantal. Uden en delvis eller total individualisering af varmeregningen er der intet individuelt ansvar hos beboerne og heller ikke noget økonomisk incitament for at ændre adfærd. (60 eller 50 % af regningen bør baseres på det individuelle forbrug og 40 til 50 % på det kollektive forbrug. Derudover bør det tages i betragtning, at nogle lejligheder er stillet ringere pga. deres placering i bygningen).

## EFTERSKRIFT

I årene 1999-2005 blev der i ejendomme, der administreres af MRA, brugt varme-

fordelingsmålere placeret på radiatorerne, til at opgøre varmeudgifterne i henhold til det individuelle forbrug. Siden 2006 har lovgivningen i Tjekkiet ikke indeholdt pligt til at opkræve varmeudgifter i overensstemmelse med det individuelle forbrug per lejlighed.

I 2006 gennemførte MRA en undersøgelse blandt beboerne, om hvorvidt de ønskede varmeudgifterne opgjort på baggrund af varmefordelingsmålere placeret på radiatorerne eller kun i henhold til lejlighedernes areal. Flertallet af beboerne ønskede opgørelse på baggrund af lejlighedens arealer, og de ønskede ikke at bidrage til at betale for varmefordelingsmålere.

On-line monitorering har bidraget stærkt til at motivere beboerne til at spare på energien, men misforståede spareindsatser fra nogle beboere har forårsaget øget tilstedeværelse af meldug og forøgelse af bygherrens omkostninger til at fjerne meldug. Yderligere forårsager melduggen en forringelse af bygningens tekniske tilstand.



# ENERGIBESPARELSER OG BEBOERINVOLVERING – DER ER ALTID NOGET, DER KAN FORBEDRES



## EN SAMMENLIGNINGSHISTORIE MELLEM ET TYSK PASSIVHUS OG ET SLOVENSK NYBYGGERI

AF **IRIS BEHR**, ADVOKAT, INSTITUT FÜR WOHNEN UND UMWELT, DARMSTADT, TYSKLAND

Beboernes adfærd bliver vigtigere, når alle tekniske besparelspotentialer er udnyttet.

Forbruget af varmt vand og indstilling af stuetemperatur samt brug af elektriske apparater er forudsætningen for yderligere energi- og omkostningsbesparelser. Klare og regelmæssige informationer er nødvendige for rigtig opvarmning, også for at forstå forbindelsen mellem komfort og omkostningseffektivitet: I et passivhus betyder sænkning af rumtemperaturen med 1 °C en varmereduktion på 15 %, og ændring af forbruget af varmt vand kan betyde op til 9 % besparelse

Både det tyske passivhus, bygget i 2010, og den slovenske etageejendom, opført i 2006, har fra begyndelsen en meget god energideevne på grund af det tekniske layout af bygningerne. (Begge bygninger indgår som pilotprojekter i AFTER). Det blev antaget,

at en yderligere optimering ikke kunne være teknisk, men skulle være adfærdsmæssig. Følgelig blev tilgangen i AFTER projektet, at undersøge konsekvenserne af mindre, energibesparende investeringer, udført efter idriftsættelse af det nye byggeri, koncentreret om beboeradfærd. Energibesparelspotentialer, hvor beboerne har indflydelsesmulighed, findes inden for forbrug af varmt vand og fastsættelse af stuetemperaturer. Det viste sig, at energibesparelser og omkostningsbevidsthed kan øges og en ændring af adfærd i retning af et opmærksomt forbrug af ressourcer (energi og vand) også er mulig. Det vil med andre ord sige, at en forbedring af beboernes øko-bevidsthed kan lade sig gøre.

Beboerne i et passivhus i Darmstadt og boligejere i en konventionel nybygget etageejendom i Trbovlje, Slovenien, er blevet interviewet om deres energirelaterede adfærd, dvs opvarmningsvaner, deres måde at forbruge varmt vand på og deres brug af elektricitet. Beboerne er blevet spurgt om deres nuværende tilfredshed med de nævnte

punkter; Endvidere er deres forventninger til energibesparelspotentialer generelt og i forhold til bl.a. optimeringsforanstaltninger blevet undersøgt, samt deres generelle holdninger til miljøbeskyttelse. Beboernes ideer til information om energibesparelser og forslag til forbedringer har også været af relevans i undersøgelse.

### HVAD ER DER SKET I DARMSTADT?

Besparelspotentialerne i passivhuse er meget begrænsede. Forbruget af energi er allerede meget lavt. Derfor blev forbruget af varmt vand undersøgt. Alle de 44 familier i det 4 etages-passivhus var generelt meget interesserede i passivhuse og dertil knyttede energibesparelspotentialer med hensyn til det varme vand. Den nødvendige energi til varmtvandsproduktion svarer til næsten 50 % af det samlede energiforbrug i et passiv hus<sup>1)</sup>. Selv om besparelsen i absolutte tal vil være lille, var antagelsen, at der kunne opnås en besparelse på omkring 7 %<sup>2)</sup>.

Mens de tekniske indgreb var små, fx stop

for cirkulationspumpen nogle timer i løbet af natten, var de juridiske aspekter og virkningen for beboerne vigtig: En tysk domstolsafgørelse kræver varmt vand leveret med meget lidt forsinkelse (højest 3 liter for at nå 55 °C varmt vand). Nye sundheds-standarder (2013) kræver 55 °C for at forhindre udbredelse af legionella. Det er disse forudsætninger, der begrænser stop for cirkulationspumpen til 6 timer mellem 23 og 05 om natten, i stedet for de planlagte 8 timer.

Beboernes accept af den tekniske optimering var ikke kun ønskeligt, men et 'must' for at undgå juridiske retssager. Derfor blev der valgt flere forskellige fremgangsmåder i forhold til beboerne.

#### INDDRAGELSE AF BEBOERNE

I sommeren 2013 ved det første møde med beboerne i pilotprojektet "WohnArt3", blev der informeret generelt om AFTER projektet, om resultaterne af undersøgelsen af vandforbruget og den tilsligtede optimering. De forberedte beboerundersøgelser blev forhåndstestet sammen med de deltagende beboere. Der var værdifulde anbefalinger til at forbedre spørgeskemaet.

Beboerne benyttede anledningen til at komme med andre ønsker og klager. Anbefalingerne var hovedsageligt rettet mod den eksisterende håndbog "Leben im Passivhaus" ("At bo i et passivhus"), som var blevet afleveret til alle beboere ved indflytningen i år 2010.

Alle de berørte spørgsmål (om opvarmning og skygger, tør luft, døre- og vinduesisolering, vedligeholdelse af teknisk udstyr m.v.) er af stor interesse for almene boligorganisationer og andre og nyttige for retro-commissioning processen (se artikel om "Vellykket retro-commissioning proces i Lystrup, Aarhus).

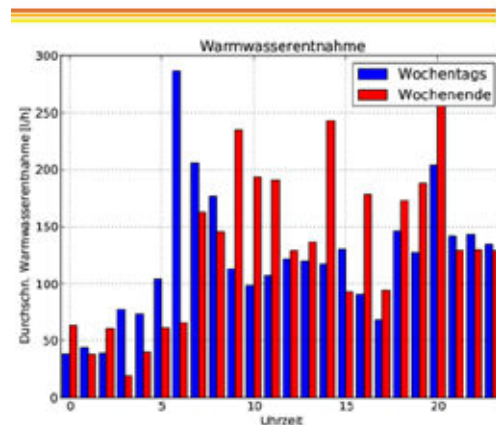
#### RESULTATER

I spørgeskemaet blev der spurgt om tilfredshed, opmærksomhed og viden samt adfærd hos beboerne. Ud af 44 husstande deltog de 27 i undersøgelsen. Den samlede tilfredshed med "boligsituationen", var meget god: 80 % af husstande var tilfredse med deres nuværende boligsituation. Passivhusstandard og de forventede lavere omkostninger til opvarmning havde været et motiv til at leje en bolig i et passivhus. Stilles spørgsmålet lidt anderledes og beder man om svar på, hvorvidt lave varmeudgifter i et passivhus var årsagen til valg af bolig, svarer 40 % positivt, 35 % understreger bidraget til klimabeskyttelse, mens 16 % værdsætter den høje komfort, der følger sammen med et passivhus.

Bevidsthed og viden om passivhus-teknologier er meget høj. Mere end 77 % er godt informeret om den særlige passivhus-teknologi. Der er en bred vifte af informationsmaterialer - håndbogen er én blandt mange. Det blev foreslået at udgive en engelsk udgave af håndbogen til beboerne. Yderligere oplysninger ønskes i forbindelse med vandbesparelser, god opvarmningskultur især vedrørende det kontrollerede opvarmningssystem. Indeklimaet er et vanskeligt spørgsmål for 54 % af beboerne.

En forbløffende stor andel - 91 % - er interesseret i energibesparelser og endda flere beboere (96 %) er meget opmærksomme på miljøet.

Ser man på det særlige spørgsmål om besparelser på det varme vand, er der en meget høj tilfredshed (73%) med varmtvandsforsyningen før optimering. Et stort flertal ville acceptere 40 °C til opvask (82 %) og varmt vand til brusebad (72 %). Et flertal på 91 % finder det meget acceptabelt at forsinke det varme vand om natten. 78% ville acceptere en reduktion af komforten for at spare udgifter til energi.



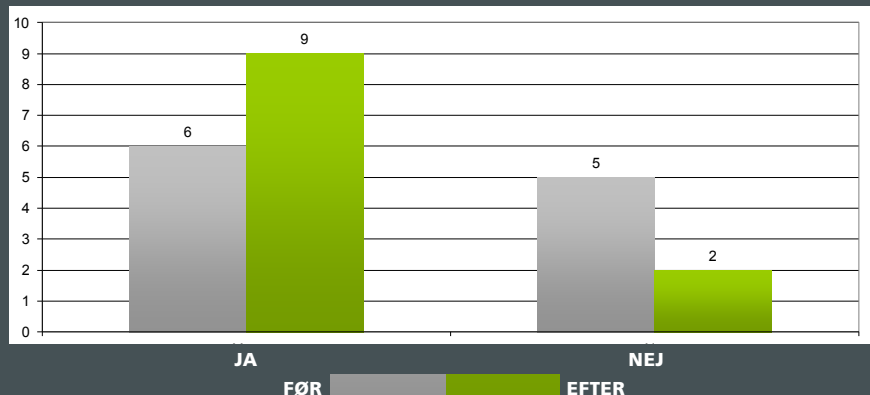
SAMMENLIGNING AF VARMTVANDSFORBRUG PÅ HVERDAGE (BLÅ) OG I WEEKENDS (RØD)

De beskrevne holdninger og forventninger er i overensstemmelse med beboernes vaner med hensyn til vandforbrug. 81 % af husstandene bruger vandbesparende apparater som vandbesparende toiletter, varmtvandsstilslutning til opvaskemaskine og vaskemaskine, vandbesparende bruser og vandhaner. Beboerne rapporterer, at de tager et brusebad i stedet for et karbad og bruger koldt vand til at vaske hænder i stedet varmt vand. Opvaskemaskinen og vaskemaskine kører kun, når maskinen er fuldt lastet i 90 % af husstandene.

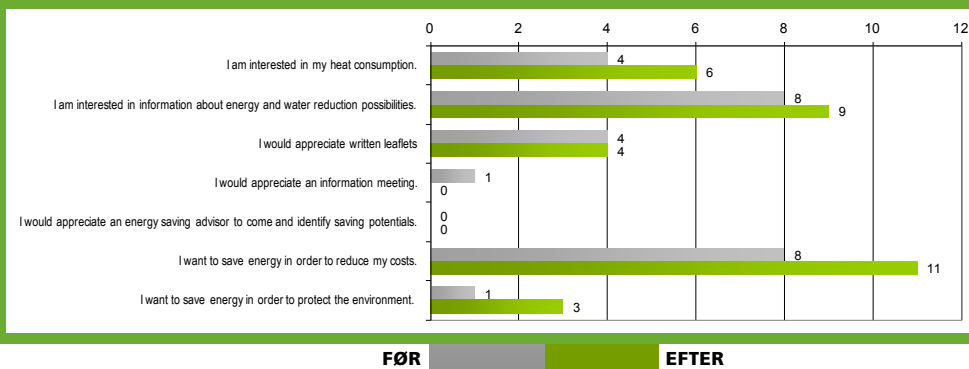
I februar 2014 fandt det andet beboermøde sted, og her blev de ovenfor beskrevne resultater drøftet, og de deltagende beboere udvekslede personlige opfattelser. Den nye styring af det varme vand om natten blev godt modtaget, og der var ingen reelle klager.

Ser man på målingerne af forbruget, vil resultaterne først være synlige efter et helt års målinger, det vil sige i slutningen af efteråret 2014. Indtil nu er bare vinterperioden blevet målt, fordi ændringen af styringen af cirkulationspumpen fandt sted i september 2013. Da 'baseline' (det historiske sammenligningsgrundlag) er 12 måneder, vil de sam-

## INTERESSERER DU DIG FOR / MÅLER DU DIT ENERGIFORBRUG?



## DER ER FORSKELLIGE MULIGHEDER FOR AT SPARE ENERGI OG PENGE OG BESKYTTE MILJØET – HVAD ER VIGTIGT FOR DIG?



menlignende resultater først blive fremlagt i slutningen af 2014. Men denne ”forsinkelse” giver samtidig mulighed for at holde kontakten med beboerne, mødes med dem igen i slutningen af 2014 og fortsætte med at styrke øko-bevidstheden.

### HVAD ER BLEVET GJORT I TRBOVLJE, SLOVENIEN?

Mens passivhus beboerne i Darmstadt tilhører et entusiastisk og godt uddannet klientel, er det slovenske eksempel på en

nybygget, 6-etagers beboelsejendom fra 2006, Savinjska cesta 9b i Trbovlje (se bygningsbeskrivelse i artikel om ”Enkle løsninger på store problemer”) med 13 familier en konventionel ejendom med ejerlejligheder. Den er forbundet til fjernvarmesystemet. Hver lejlighed har flere radiatorer med termostatventiler. Varmt brugsvand opvarmes individuelt med el-vandvarmere.

Ser man på energiforbruget må det antages, at varmesystemet er overdimensioneret med en faktor 4. Varmesystemet er projekteret til 90/70 (dT 60 °C)<sup>3)</sup>, fremløbs temperaturen er alt for høj, hvilket medfører et stort varmetab i hele ledningsnettet. Opvarmningen på 90/70 (dT 60 °C) blev derfor reduceret til 50/40 (dT 25 °C), og dermed blev radiatorernes opvarmningseffekt reduceret til det halve.

Desuden blev varmeregulering indstillet ved at løfte kurven 5 °C. Det tekniske indgreb blev kombineret med information til boligejerne, der sigter mod en yderligere 5 % energibesparelse.

### INDDRAGELSE AF BEBOERNE

På grund af det lille antal husstande er de blevet interviewet hver især i deres hjem. 11 af de i alt 13 husstande med i alt 33 beboere (svarende til 85 %) deltog i de 2 interviews før og efter optimeringen. I forbindelse med interviewene blev lejligheden brugt til at få detaljerede oplysninger om den nye temperaturregulering, energibesparelser og udgifter til energi. Beboerne blev desuden undervist i, hvordan de skulle bruge termostatventilerne, hvordan man ventilerer og opvarmer korrekt. Beboerne fik desuden en flyer om energibesparelser og reduktion af varmeudgifter.

### RESULTATER

De emner, der behandles i interviewene, var tilfredshed med den (nye) stuetemperatur såvel som den ønskede og opnåede stuetem-



peratur, interessen for energi (omkostninger) og den generelle interesse for beskyttelse af klimaet. Tilfredshed med den leverede varme er meget høj. Dette var tilfældet før optimering, og der er ingen ændring bagefter. Under optimeringsfasen var beboernes opmærksomhed på energiforbruget klart øget. Husholdninger, der var tilfredse med en rumtemperatur på 19 – 21 °C i ofte benyttede værelser blev fordoblet, mens den ønskede temperatur på 22 – 23 °C i ofte benyttede rum faldt med 50%. Der var ingen husholdning, der ønskede temperaturer over 23 °C.

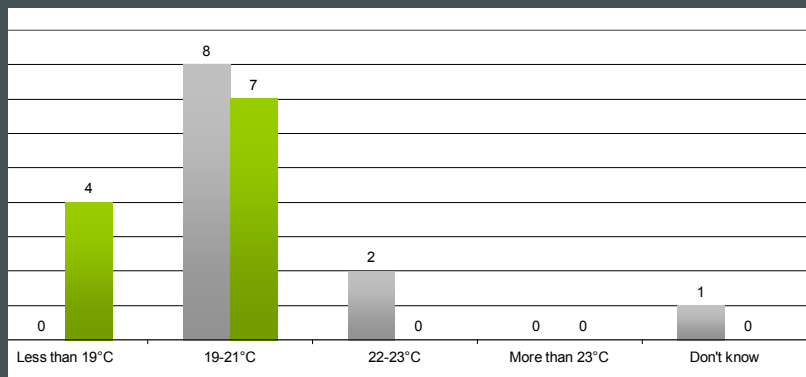
Alle husholdninger vil gerne spare på energiomkostningerne og er interesseret i relevant informationsmateriale.

Når man sammenfatter resultaterne fra beboerundersøgelsen og oplysningskampagnen kan man konstatere en meget positiv adfærdsændring. Resultaterne fra den anden undersøgelse viser, at flere beboere har fået styr på deres energiforbrug. Beboerne kan kontrollere regningerne til energi og oplysninger om energi på udbydernes internetportaler samt tjekke målerne i opgangen, der viser elforbruget.

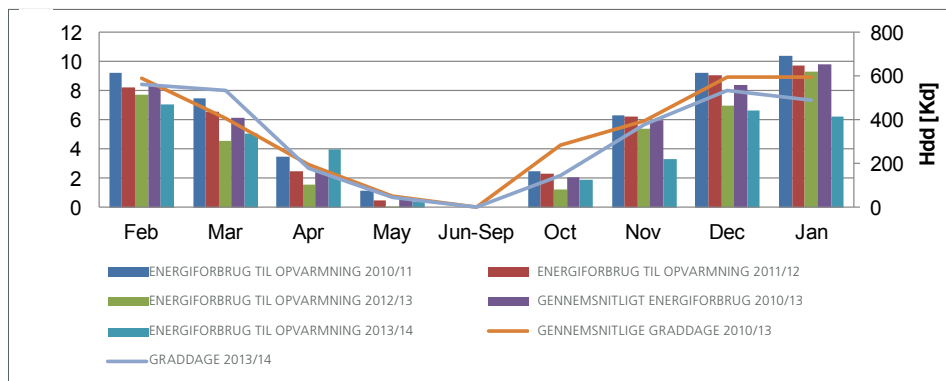
Ser man på grafen \* kan man se et positivt resultat vedr. energibesparelser. Mens beboernes opmærksomhed på energiforbruget er steget, er det faktiske energiforbrug til opvarmning gået ned i testperioden. Analyse af forbrugsdata viser en energibesparelse på mindst 6 % - og det er endda et forsigtigt bud: indenfor den 3-årige baseline-periode viser der sig nemlig et umiddelbart uforklarligt lavt forbrug i 2012/13 (kan dog have noget at gøre med dyre energipriser).

Sammenligninger man imidlertid forbrugsdata ud fra et 3 års gennemsnit kommer besparelserne helt op på 21%.

#### HVILKEN RUMTEMPERATUR HAR DU I IKKE SÅ OFTE ANVENDTE / IKKE ANVENDTE RUM?



#### NORMALISERET ENERGIFORBRUG TIL OPVARMNING FØR OG EFTER OPTIMERING

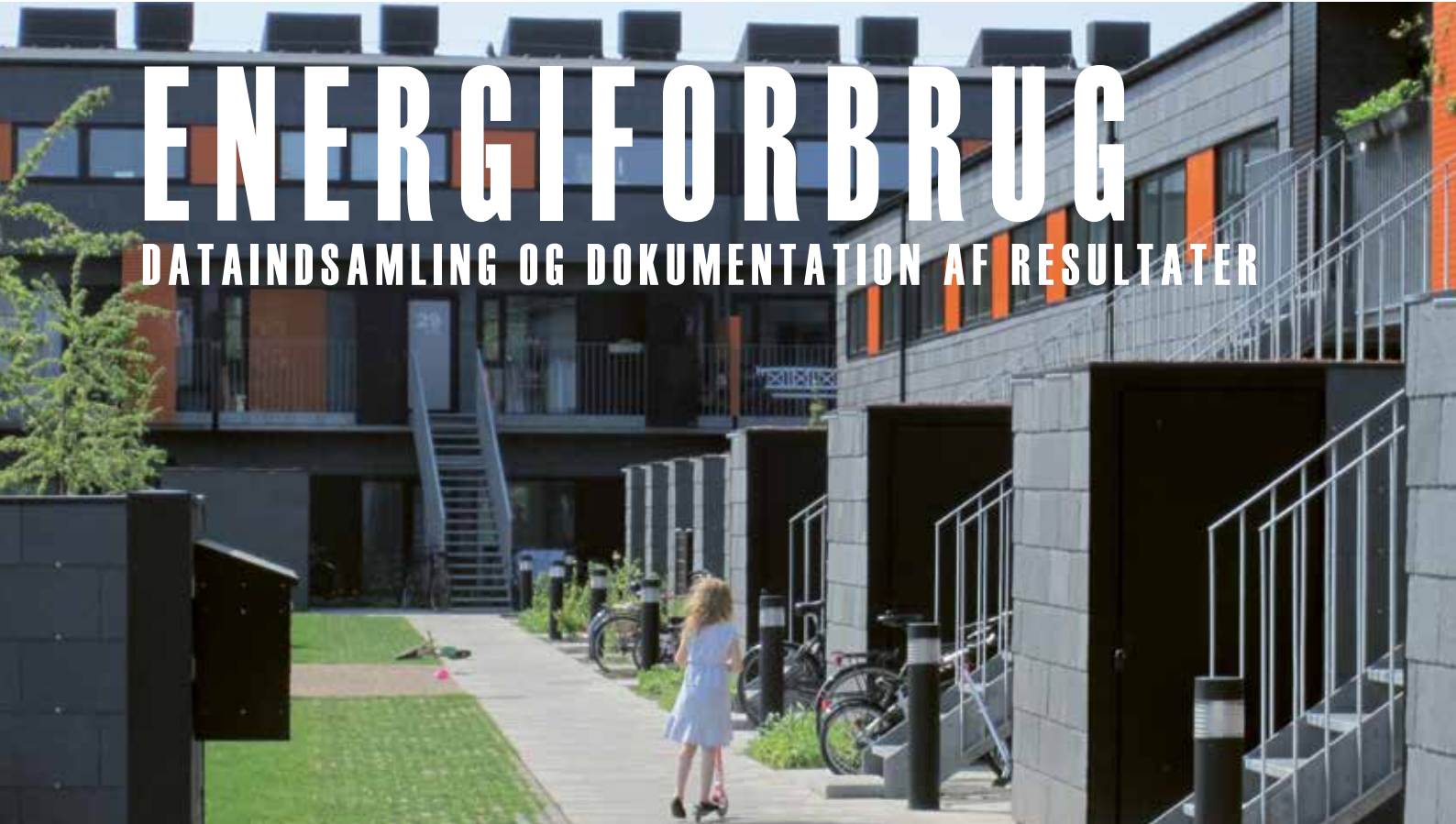


Noter:

- 1) Ud over nettolejen på 10 € / m<sup>2</sup> / måned var lejere af WohnArt3 nødt til at betale en fast sats på 0,30 € / m<sup>2</sup> / måned til opvarmning, 0,28 € / m<sup>2</sup> / måned for varmt brugsvand og 0,36 € / m<sup>2</sup> / måned for koldt brugsvand. Omkostninger til koldt og varmt vand faktureres en gang om året.
- 2) Projektet eSESH har i 358 boliger vist, at energieffektiviseringer ved opvarmning af varmt vand kan føre til 9 % besparelser.
- 3) 90/70 (dT 60 °C) står for 90 °C fremløbstemperatur og 70 °C returtemperatur (varme-system temperatur).

# ENERGIFORBRUG

## DATAINDSAMLING OG DOKUMENTATION AF RESULTATER



AF **TOMAS VIMMR**, STU-K, PRAG, TJEKKIET, **MARTA SKUBIC**  
OG **MARJANA ŠIJANEC ZAVRL** BCEI ZRMK, LJUBLJANA, SLOVENIEN

I AFTER projektet er der blevet gennemført en finjustering af de energibesparende foranstaltninger i 18 bygninger i 6 lande for at optimere driften af bygningerne.

For at overvåge virkningen af energibesparelserne, er energiforbruget før og efter optimeringen blevet målt. Data for energiforbruget før optimeringen er normalt tilgængelig på årsbasis; men i AFTER projektet er virkningen af finjusteringen af de energibesparende foranstaltninger i de fleste tilfælde målt på månedlig basis. For at sikre sammenlignelighed af de målte data, er der også inddraget yderligere påvirkningsfaktorer (forskellige klimaforhold, brugsprofil og antal indbyggere)

'AFTER' projektet har ført til interessante resultater, der kan bidrage til at forbedre kvaliteten af forvaltningen af boligmassen for almene boligorganisationer og i almindelighed kan tjene som grundlag for foranstaltninger med henblik på energibesparelser i bygninger.

Denne artikel fokuserer på normalisering af det målte energiforbrug i forhold til de faktiske klimatiske forhold i byggeprojektet. For det sted, hvor der skal bygges / reoveres, er de månedlige graddage (Heating Degree Days) i en årrække nødvendige med henblik på at sammenligne effekten af investeringer og optimeringsforanstaltninger i forhold til det oprindelige energiforbrug.

Graddage er et værktøj, der kan anvendes i vurderingen af bygningens energiforbrug over en bestemt tidsperiode, relateret til vejret i den pågældende periode.

Beregningen af en bygnings energiforbrug med graddage er en af de enkleste beregningsmetoder, der findes, baseret på den antagelse, at inden for den reducerede, akkumulerede temperaturforskel (dvs. graddage) er effekten af tilskuds- og solvarme indarbejdet (EN ISO 13790, ISO 15927-6).

Denne reducerede delmængde af de akkumulerede temperaturforskelle, der anvendes i graddage metoden, bestemmes med hensyn til den forud definerede grundtemperatur, dvs. hvis sidstnævnte er lavere end den fast-

satte indendørs temperaturindstilling, tilsættes temperaturforskellen til graddagene.

Udvælgelsen af en basistemperatur og dermed en reduktion af den akkumulerede temperaturforskel sker som en grov antagelse, uden at man har kendskab til den specifikke varme-balance (forholdet mellem varmeindvinding og -tab) på baggrund af de termiske forhold i bygningen, varmeindvinding og tilskud fra solvarme. Basistemperaturen kan derfor afvige fra land til land, og det afhænger af klimaet, den fastsatte indendørstemperatur og det termiske komfort niveau, samt den fremherskende byggetradition i landet.

Normalisering af det målte, månedlige energiforbrug med graddage er således baseret på den ovenfor beskrevne meget rå og enkle beregningsmetode. Man skal være opmærksom på begrænsninger i nøjagtigheden ved denne fremgangsmåde på grund af det faktum, at grundtemperatur og graddage kun er grove antagelser, at antallet af vejrstationer i landene er begrænset, og at temperaturerne for andre steder er simulerede og ikke kan afspejle den specifikke mikroplocering af et nybyggeprojekt eller en renovering.

Den tilstrækkelige kvalitet og mængde af opsamlede data for energiforbrug og omkostninger er afgørende for en pålidelig vurdering af resultaterne af de implementerede energibesparende foranstaltninger i de 18 bygninger i dette projekt. Anvendelse af de mest relevante graddage i beregningerne er et vigtigt trin i vurderingen af energibesparelserne. 'AFTER' projektet har udviklet dens grundlag som følger:

I boksene ses et eksempel på den almene formel. Og derefter vises et eksempel på, hvordan man beregner på en månedlig basis. Mere information kan findes i AFTER

#### GENERELLE FORMEL:

$$EC_{\text{normaliseret}} = (EC_{\text{periode}} / HDD_{\text{periode}}) * HDD_{\text{gennemsnit}}$$

#### FORKLARING:

$EC_{\text{normaliseret}}$  = Energiforbrug i perioden med HDD korrektion

$EC_{\text{periode}}$  = Energiforbrug i perioden uden HDD korrektion

$HDD_{\text{periode}}$  = Reel HDD i perioden

$HDD_{\text{gennemsnit}}$  = Gennemsnitlig HDD fastlagt for en periode på flere år.

#### ANALYSE FORETAGET PÅ GRUNDLAG AF MÅNEDLIGE DATA

##### FOR ENERGIFORBRUG

Vi beregner det månedlige, HDD normaliserede energiforbrug og summerer værdierne for at opnå det årlige, HDD normaliserede energiforbrug (eller energiforbruget for en opvarmingsperiode)

#### ET EKSEMPEL:

Hvis vi har gennemført en energibesparende foranstaltning i udgangen af oktober 2013, vil vi have data om energiforbrug fra november 2013 indtil i dag - fx marts 2014. Vi kan derefter sammenligne energiforbruget i samme periode (november 2012 - marts 2013 i forhold til november 2011 - marts 2012 ... osv.) for de fem foregående år. Dette giver følgende formel for det normaliserede energiforbrug i perioden (november 2013-marts 2014):

$$EC_{2013-2014} = (EC_n * HDD_{\text{nov}} / HDD_{\text{nov13}} + EC_d * HDD_{\text{dec}} / HDD_{\text{dec13}} + EC_j * HDD_{\text{jan}} / HDD_{\text{jan14}} + EC_f * HDD_{\text{feb}} / HDD_{\text{feb14}} + EC_m * HDD_{\text{mar}} / HDD_{\text{mar14}})$$

#### FORKLARING

$EC_{2013-2014}$  (normaliseret energiforbrug i perioden november 2013-marts2014)

$EC_n$  (energiforbrug i november 2013)

$EC_d$  (energiforbrug i december 2013)

$EC_j$  (energiforbrug i januar 2014)

$EC_f$  (energiforbrug i februar 2014)

$EC_m$  (energiforbrug i marts 2014)

$HDD_{\text{nov}}$ ...average HDD for november i de sidste 5 år

$HDD_{\text{dec}}$ ... average HDD for december i de sidste 5 år

$HDD_{\text{nov13}}$ ... HDD i november 2013



projektets ”Håndbog” på hjemmesiden [www.afterproject.eu](http://www.afterproject.eu).

Graddage anvendes til at beregne det såkaldte normaliserede energiforbrug, som gør det muligt at kvantificere de faktiske energibesparelser ved at tage hensyn variabiliteten i de klimatiske forhold i forskellige år. Vejrets normalisering eller vejrkorrektionen af energiforbruget muliggør en sammenligning af energiforbruget i forskellige perioder eller på forskellige steder med forskellige vejrforhold.

Der er anvendt nationale - eller bedre - lokale graddage. I de fleste EU-lande kan graddage downloades fra de nationale meteorologiske institutters websider ved at vælge den nærmeste vejrstations data. I nogle lande er disse data ikke er tilgængelige for offentligheden. I sådanne tilfælde er det muligt at anvende data fra det lokale fjernvarmeselskab eller andre energileverandører.

Eurostat graddage anvendes til at sammenligne effektiviteten af energibesparende foranstaltninger på europæisk plan. Under hensyntagen hertil, har Eurostat iværksat et projekt, der sigter på udvikling og gennemførelse af en fælles fremgangsmåde til klimatisk korrektion af energiforbrug i de 27 medlemsstater i Den Europæiske Union. Det temperaturkorrigerede energiforbrug hjælper til fortolkning af udviklingen i energiforbruget. Desværre er Eurostats månedlige data for EU-27 NUTS 2-regioner for tiden kun tilgængelig indtil 3/2010. For at beregne det normaliserede energiforbrug er følgende data nødvendige:

- » Månedligt energiforbrug i kWh for basisperioden (mindst 12 måneder) og overvågningsperioden.<sup>1)</sup>
- » Lokale månedlige graddage fra baseline (sammenligningsperioden) og overvågningsperioden.
- » Månedligt gennemsnit af graddage i mindst fem år tilbage (beregnet gen-

nemsnit ved at sammentælle graddage samme måned fem år tilbage og dividere med fem).

For en ny lavenergibygning (= uden baseline eller historisk energiforbrug), beregnes et baseline energiforbrug på grundlag af kravene i Bygningsreglementet i basisperioden, som herefter fordeles ved hjælp af graddage.

For en eksisterende bygning uden et kendt baseline er det muligt at tage udgangspunkt i det gennemsnitlige energiforbrug per m<sup>2</sup> i bygninger fra samme periode, eller fra én bygning fra samme periode og derefter beregne på samme måde som for nyt lavenergibyggeri.

## OM METODEN

For at etablere et fælles og sammenligneligt grundlag på europæisk plan i AFTER-projektet, ville vi have ønsket, at vi kunne bruge en metode, defineret af Eurostat til beregning af graddage. Den er følgende:

Graddage:  $(18\text{ °C} - T_m) \times d$  hvis  $T_m$  er lavere end eller lig med  $15\text{ °C}$  (varme tærskel) og er lig nul, hvis  $T_m$  er højere end  $15\text{ °C}$ , hvor  $T_m$  er den gennemsnitlige  $(T_{\min} + T_{\max} / 2)$  udetemperatur over en periode på  $d$  dage.

Beregninger udføres på daglig basis ( $d = 1$ ), sammenlægges månedligt - og derefter årligt – og offentliggøres for hver enkelt medlemsstat. Det gjorde vi i AFTER’s pilotprojekter, hvor graddage fra Eurostat var tilgængelige.

Ellers har vi brugt graddage på national / lokal basis.

## GRADDAGE PÅ NATIONALE / LOKALE GRUNDLAG

Sæsonens graddage er summen af de daglige temperaturforskelle mellem den indendørs referencetemperatur ( $X\text{ °C}$ ) og en gennemsnitlig, udendørs dagtemperatur i de dage, hvor den daglige gennemsnitstemperatur er

lavere end eller lig med  $Y\text{ °C}$  (opvarmnings-tærsklen).  $T_m =$  er den gennemsnitlige  $(T_{\min} + T_{\max} / 2)$  udendørs temperatur over en periode på  $d$  dage. Graddage:  $(X\text{ °C} - T_m) \times d$  hvis  $T_m$  er lavere end eller lig med  $Y\text{ °C}$  (opvarmningstærskel) og er nul, hvis  $T_m$  er større end  $Y\text{ °C}$ .

For beregninger vedrørende en bestemt bygning, bør graddagene udvælges med den mest passende basistemperatur for den pågældende bygning. Men af historiske og geografiske årsager er graddage ofte defineret med temperaturer på  $60\text{ °F}$  ( $16\text{ °C}$ ) eller  $65\text{ °F}$  ( $18\text{ °C}$ ) - basistemperaturer, der er passende for en god andel af bygninger. Men grundtemperatur  $17\text{ °C}$  ( $63\text{ °F}$ ) anvendes i hvert fald i Finland og Danmark, og  $19\text{ °C}$  ( $66\text{ °F}$ ) anvendes også i visse andre EU-lande. Fordi basistemperatur kan vælges og derfor kan variere, er det vigtigt at nævne den basistemperatur, der er anvendt i beregningen af graddage i et givent projekt.

Hvor intet andet er nævnt i oversigten over nationale graddage, er der anvendt en basis temperatur, der – så vidt vi ved – svarer til  $15\text{ °C}$  (udendørs temperatur).

## KONKLUSION

Der er flere måder, hvorpå graddage kan beregnes. Jo mere detaljerede målinger af temperaturdata, der er til rådighed, jo mere præcist kan graddagene defineres. Graddage er ofte beregnet ved hjælp af simple approksimationsmetoder, der bruger dagligt maksimum og minimum temperaturmålinger i stedet for en mere detaljeret temperatur optegnelser (fx halvtimes aflæsninger).

Beregninger ved hjælp af graddage rejser flere spørgsmål. Krav til opvarmning er ikke lineære med temperaturer i området, og stærkt isolerede bygninger har et lavere ”balancepunkt” end bygninger i den sydlige del

af EU (med undtagelse af bjergområder). Den mængde energi, der kræves til opvarmning afhænger af flere faktorer end udetemperaturen: Hvor godt isoleret bygningen er, de eksterne og interne varmegevinster, såsom mængden af solstråling, der når det indre af et hus, den totale energiproduktion fra husholdningsapparater, og antallet af personer i boligen. En anden vigtig faktor er mængden af relativ fugtighed indendørs. Bygningens termiske forhold kan også blive påvirket af hastigheden og hyppigheden af vind, snedække, omfanget og hyppigheden af skydække.

Et andet problem med graddage er, at der skal tages hensyn til, om de skal anvendes til at sammenligne klimaer internationalt på grund af de forskellige baseline temperaturer, der anvendes som standard i forskellige lande. Desuden anvendes Fahrenheit skalaen i USA og Celsius skalaen næsten alle andre steder.

I AFTER-projektet har vi inkluderet alle de ovennævnte forhold, og vi har brugt projektet til at udvælge en pålidelig, men pragmatisk løsning.

1) Hvis data for det månedlige energiforbrug ikke er tilgængelig, men kun det årlige forbrug, kan det årlige forbrug fordeles over månederne ved hjælp af HDD. Hvis overvågningsperioden fx er 2013-14, kan gennemsnittet findes ved at addere årene 2008-12.

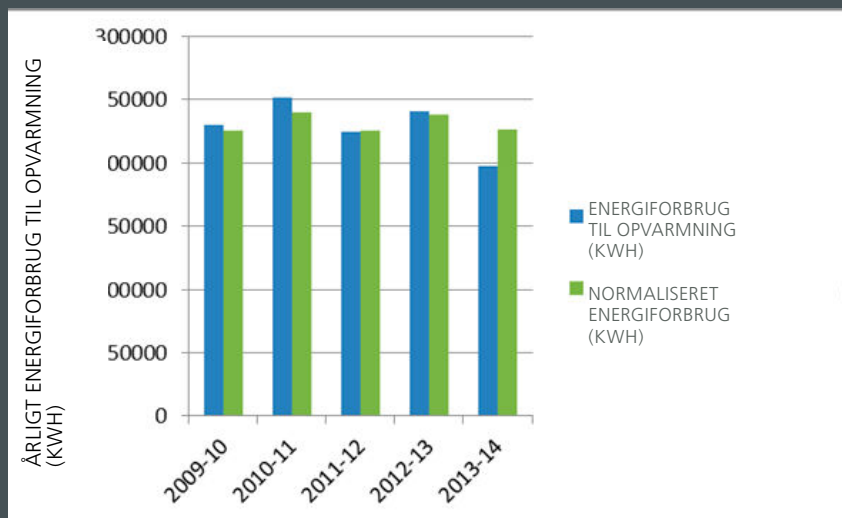
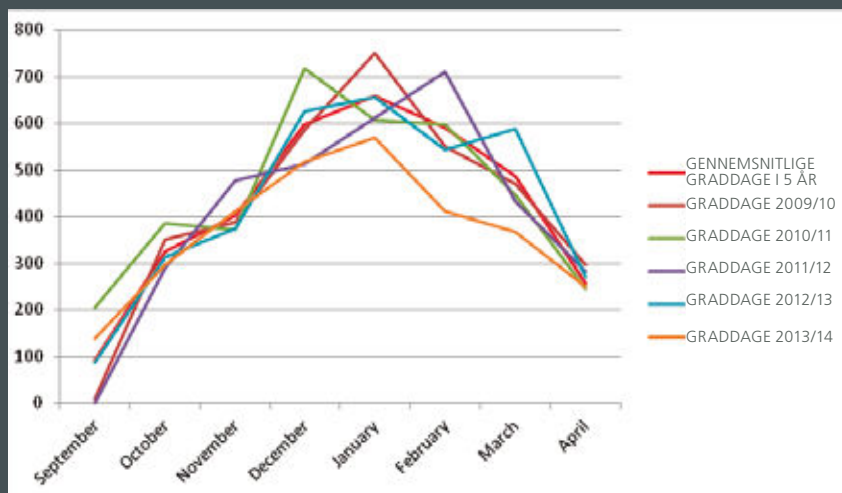


FIG. 1. FORSKELLEN IMELLEM DET REELLE OG NORMALISEREDE ENERGIFORBRUG I HAVIROV, TJEKKIET I OPVARMNINGSSÆSONERNE 2009-2014

FIG. 2. GRADDAGE I HAVIROV, TJEKKIET I OPVARMNINGSSÆSONERNE 2009-2014



# www.afterproject.eu

Partnerorganisationerne i AFTER projektet præsenteres nedenfor. Partnerne har samarbejdet i tre år for at finde og evaluere de mest effektive og tilpasningsdygtige energibesparende foranstaltninger i eksisterende og nye lavenergi bygninger. Projektet har vist, at optimering af bygningers ydeevne er en opgave, der er ligeså vigtig som at finde nye tekniske løsninger. Den almene boligsektor har ikke råd til bygninger, der ikke fungerer optimalt. I dette magasin kan du læse om projektets resultater. Den danske udgave af magasinet er blevet til takket være Boligselskabernes Landsorganisation, Arkitektskolen Aarhus og Foreningen Bæredygtige Byer.



## PARTNERS

PARIS (FR)	<b>DELPHIS</b>	<a href="http://www.delphis-asso.org/">www.delphis-asso.org/</a>
CLERMONT-FERRAND (FR)	<b>Auvergne Habitat</b>	<a href="http://www.auvergne-habitat.fr/">www.auvergne-habitat.fr/</a>
PARIS (FR)	<b>CSTB</b>	<a href="http://www.cstb.fr/">www.cstb.fr/</a>
PARIS (FR)	<b>USH</b>	<a href="http://www.union-habitat.org/">www.union-habitat.org/</a>
PARIS (FR)	<b>CLCV</b>	<a href="http://www.clcv.org/">www.clcv.org/</a>
HAVIROV (CZ)	<b>MRA sro</b>	<a href="http://www.mra.cz/">www.mra.cz/</a>
PRAGUE (CZ)	<b>STU-K</b>	<a href="http://www.stu-k.cz/">www.stu-k.cz/</a>
DARMSTADT (DE)	<b>bauverein AG</b>	<a href="http://www.bauvereinag.de/">www.bauvereinag.de/</a>
DARMSTADT (DE)	<b>IWU</b>	<a href="http://www.iwu.de/">www.iwu.de/</a>
TORINO (IT)	<b>ATC Torino</b>	<a href="http://www.atc.torino.it/">www.atc.torino.it/</a>
TORINO (IT)	<b>Scholé Futuro</b>	<a href="http://www.educazionesostenibile.it/">www.educazionesostenibile.it/</a>
ROME (IT)	<b>FEDERCASA</b>	<a href="http://www.federcasa.it/">www.federcasa.it/</a>
COPENHAGEN (DK)	<b>BL</b>	<a href="http://www.bl.dk/">www.bl.dk/</a>
AARHUS (DK)	<b>Aarhus Kommune</b>	<a href="http://www.aarhus.dk/">www.aarhus.dk/</a>
AARHUS (DK)	<b>Aarhus School of Architecture</b>	<a href="http://www.en.aarch.dk/">www.en.aarch.dk/</a>
TRBOVLJE (SI)	<b>SPEKTER d.o.o.</b>	<a href="http://www.spekter.info/">www.spekter.info/</a>
LJUBLJANA (SI)	<b>ZRMK d.o.o.</b>	<a href="http://www.gi-zrmk.si/">www.gi-zrmk.si/</a>
LJUBLJANA (SI)	<b>SPL d.d.</b>	<a href="http://www.spl.si/">www.spl.si/</a>