Aalborg Universitet

Energioptimering af Etageboligblok Langkærparken, Tilst, Århus

Heiselberg, Per

Publication date:
2010

Document Version
Også kaldet Forlagets PDF

Link to publication from Aalborg University

Citation for published version (APA):
Heiselberg, P. (2010). *Energioptimering af Etageboligblok Langkærparken, Tilst, Århus*. Department of Civil Engineering, Aalborg University. DCE Technical reports Nr. 97

General rights
Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

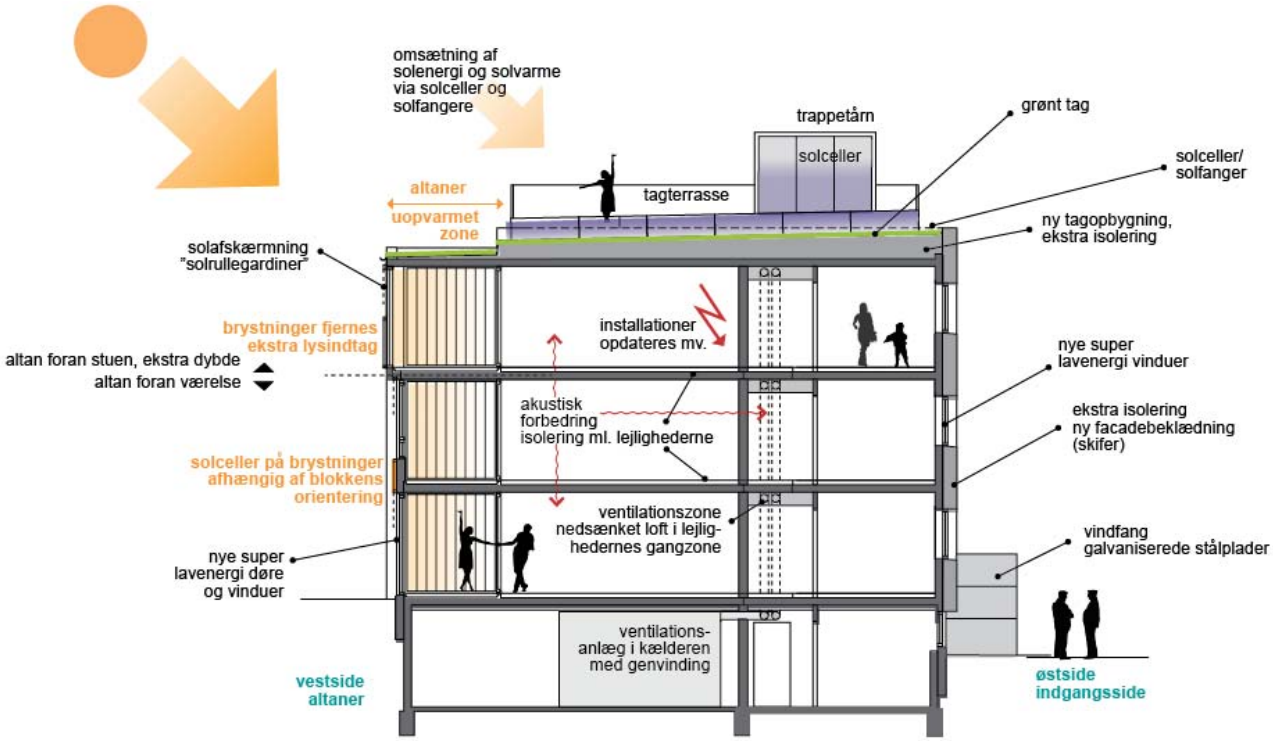
- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

Take down policy
If you believe that this document breaches copyright please contact us at vbn@aub.aau.dk providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Downloaded from vbn.aau.dk on: July 06, 2025

Energioptimering af Etageboligblok Langkærparken, Tilst, Århus

Per Heiselberg, AAU



ISSN 1901-726X
DCE Technical Report No. 97

AALBORG UNIVERSITY
Department of Civil Engineering

Aalborg University
Department of Civil Engineering
Division of Architectural Engineering

DCE Technical Report No.97

Energioptimering af Etageboligblok Langkærparken, Tilst, Århus

by

Per Heiselberg, AAU

June 2010

© Aalborg University

Indholdsfortegnelse

Forord .....

1. Langkærparken .....

2. Den eksisterende bygning .....
2.1. Klimaskærmskonstruktioner .....
2.1.1. Loft og tag .....
2.1.2. Facader og indervægge .....
2.1.3. Vinduer og døre .....
2.1.4. Altaner .....
2.1.5. Terrændæk .....
2.2. Installationer .....
2.2.2 Varmefordelingsanlæg .....
2.2.3. Varmt brugsvand .....
2.2.4 Ventilation .....
2.3. Indeklima .....
2.4. Energiforbrug .....
2.4.1. Be06 beregning .....

3. Indledende analyse af energirenoveringsmuligheder .....
3.1. Klimaskærm .....
3.1.1. Loft- og tagkonstruktion .....
3.1.2. Facader .....
3.1.3. Vinduer og døre .....
3.1.4. Ovenlysvinduer .....
3.1.5. Terrændæk .....
3.1.6. Fundament .....
3.2. Installationer .....
3.2.1. Varmeinstallationer .....
3.2.1.1 Varmepumpe .....
3.2.1.2. Solvarme .....
3.2.2. Ventilation .....

4. Forslag til energirenovering .....

x. Referencer

Forord

Denne rapport er udarbejdet i forbindelse med EUDP2008-I projektet med titlen ”Energirenovering af typiske bygninger – eksempelsamling”. EUDP er energistyrelsens ”Energiteknologisk Udviklings- og Demonstrationsprogram”. Projektet er gennemført med økonomisk støtte fra programmet og har journal nr. 63011-0115.

Projektet er udført af Aalborg Universitet i tæt samarbejde med Danmarks Tekniske Universitet (DTU Byg), Teknologisk Institut, Statens Byggeforskningsinstitut ved Aalborg Universitet samt Cowi A/S. Videninstitutionerne i projektet er identiske med kerneaktørerne i Innovationsnetværket LavEByg og arbejdet i projektet har suppleret arbejdet i netværket og omvendt.

Projektet har haft som formål at udvikle en metode til og eksempler på projektering af energimæssigt vidtgående energirenoveringer (lavenergiklasse 1) for at stimulere til energibesparelser og øget anvendelse af vedvarende energi i eksisterende bygninger. Der er konkret udarbejdet et teknologikatalog over typiske energirenoveringstiltag samt konkrete eksempler på anvendelse af samlede tiltag til energirenovering af typiske bygninger.

Projektets slutrapportering består af en hovedrapport med titlen ”Energirenovering af typiske bygninger”, som omtaler resultaterne af analyser af energirenoveringsmuligheder og forslag til energirenovering af typiske bygninger. De detaljerede beskrivelser og analyser på de enkelte bygninger fremgår af separate rapporter. Disse bygningsspecifikke rapporter har følgende titler:

Energirenovering af typeskole bygning fra 70’erne
Energirenovering af 70’er parcelhus
Energirenovering af ældre murermesterhus
Energirenovering af etageboligejendom
Energirenovering af kontorbygning

Alle rapporter er frit tilgængelige.

Den aktuelle rapport omhandler energirenovering af etageboligejendom, som der findes mange af i Danmark. Rapporten havde ikke kunnet sammenskrives uden væsentlige bidrag fra en række medarbejdere, der har deltaget i energiprojektet Langkærparken, dvs. fra boligforeningen AL2 Bolig, Esbensen Rådgivende ingeniører A/S, NOVA 5 arkitekter as og GBL gruppen for by og landskabsplanlægning Aps. Henvisning til væsentlige dele af disse bidrag findes i referencelisten.

Per Heiselberg
Aalborg Universitet
Juni 2010

1. Langkærparken

Boligbebyggelsen Langkærparken beliggende i Tilst ved Århus, er opført 1969-71, og er en del af 'Sydjyllandsplanen', der blev opført i mange danske byer i perioden 1963 – 76. Boligbebyggelsen består af i alt 860 boliger, fordelt på 35 blokke med 3 etager med fuld kælder og 3 opgange, pr. blok samlet om parkeringsarealer og grønne fællesarealer, tæt beliggende på indkøbsmuligheder, bypark mv.

situationsplan, udvalgte boligblok

Bygninger er opført som tidstypiske industrialiserede betonelementbyggeri, med facader og gavle udført som sandwichelementer. Lejlighederne i stueetagen har have, og oven liggende lejligheder har altan. Bygningerne har i 1990 gennemgået en renovering, hvor bl.a. facader er blevet efterisoleret, og beklædt med Steni-plader. Husenes facader er gennemgående udsmykket med stærke farver.
Boligerne har stor rummelighed, med flere lejlighedstyper, der bl.a. sikrer varieret sammensætning af indbyggere. Dog er bygningerne ikke tidssvarende mht. til tilgængelighed og energiforbrug. Derudover er boligernes udseende inkl. udsmykning forholdsvis tidstypisk for den periode, hvor det er blevet udført, og derfor, kan man mene, ikke langtidsholdbart eller bæredygtigt rent arkitektonisk.

Boligforeningen AL2Bolig overvejer at gennemføre en ambitiøs energirenovering af bebyggelsen og har derfor igangsat et pilotprojekt med det formål at afprøve mulighederne og perspektiverne i at renovere en blok med 22 boliger. Der projekteres fire varianter af renoveringen: Lavenergiklasse 0, Lavenergiklasse 1, Lavenergiklasse2 og BR08 standard. De fire varianter udbydes i licitation (som hovedentreprise) og efter udbudet vælges den ønskede variant til gennemførelse. Ambitionen er Lavenergiklasse 0, men udbudet kan resultere i et andet valg.

Ved at projektere og udbyde de fire varianter skabes et grundigt og troværdigt grundlag for at sammenligne (beregnet) energiforbrug, (beregnet) reduktion i miljøbelastning og ikke mindst anlægs-/drifts-/totaløkonomi samt huslejekonsekvenser.

Klimaprojektet i Langkærparken adskiller sig fra andre traditionelle renoveringprojekter ved at konkret tage udgangspunkt i præcise målsætninger vedrørende bygningens kommende energiforbrug. Hvis det er muligt indenfor en given økonomisk ramme, ønsker bygherren at reducere energiforbruget mest muligt. Derfor vil bygherrens krav og ønsker vedr. bygningens klimaskærm, drift og energiforsyning ubetinget tage udgangspunkt i de opstillede energimålsætninger. Derudover behandles andre emner som ved traditionel renovering i henhold til bygherrens generelle ønsker og krav.

2. Den eksisterende bygning

Til energirenoveringsprojektet er der udvalgt en blok med 22boliger fordelt på 3 opgange på Torstilgaaardsvej nr. 20 -22- 24. I opgangene har man 4- og 5-rums boliger. De 4-rums boliger ligger til venstre, mens de 5-rums boliger altid findes i højre side. I begge tilfælde er der tale om store, gennemlyste boliger. Og i samtlige boligtyper har man glæde af de store, lukkede altaner, som varierer fra ca. 8 og helt op mod 27 m2. I nogle tilfælde har man opdelt den 5-rums bolig, til hvilken man i forvejen har 2 adgangsdøre fra opgangen, - til 2 mindre boliger, nemlig en 3-rums og en 1-rums, se nedenstående tabel.

Rum type	Torstilgaaardsvej 20	Torstilgaaardsvej 22	Torstilgaaardsvej 24
1 rum 30 m2	3	1	
3 rum 92 m2	3	1	
4 rum 108 m2	3	3	3
5 rum 122 m2		2	3
Sum	9	7	6

2.1. Klimaskærmskonstruktioner

2.1.1. Loft og tag

Boligblokken er udført med en standard tagkonstruktion. Øverste etage er afsluttet med et betonhuldæk som tagelementer og på dette er der opbygget en simpel træspærskonstruktion med ensidigt fald fra indgangsfacade mod altanfacade. På indgangsfacaden er spærhøjden ca. 100 cm og på altanfacaden kun ca. 40 cm. Øverst er der afsluttet med krydsfinerplader og almindelig tagpap. På indgangsfacaden er den lodrette stern på de 100 cm beklædt med krydsfiner/tagpap. Tagrummet, der oprindelig var isoleret med ca. 100 mm mineraluld, er senere efterisoleret med indblæst granulat til i alt ca. 200 mm.

2.1.2. Facader og indervægge

Indgangsfacader og gavle er udført med præfabrikerede sandwichelementer, der omkring 1990 er betonrenoveret, efterisoleret med 100 mm mineraluld og beklædt med grålige Steni-plader.

2.1.3. Vinduer og døre

På indgangsfacader sidder stadig, med undtagelse af baderummene, de oprindelige, sortmalede trævinduer. Der er tale om store og tunge sidehængte elementer. Vinduerne er forsynet med almindelige termoruder med ringe isoleringsevne, bortset fra evt. enkelte udskiftede ruder. Også kældervinduerne er de oprindelige.
Imellem vinduerne findes der smalle, sidehængte ventilationsklappe, som anvendes til hurtig udluftning. Klappene er udført i træ og er ligeledes dårligt isolerede. Hoveddøre er de oprindelige udført af træ. I baderummene har man omkring 2006 monteret nye, sorte aluminiumsvinduer med lavenergiruder.

2.1.4. Altaner

Oprindelig var stueetagen udført som en åben terrasse med egen have, mens 1. og 2. sal var lukket yderst i facaden med simple 1-lags træskydevinduer. I forbindelse med renoveringen i 1990 blev betonen grundigt renoveret og malet, mens altanerne i alle 3 etager blev lukket med aluminiums-skydevinduer/døre fra firmaet Marius Hansen Facader. Vinduerne er

forsynet med termoruder, men selve aluprofilerne er ikke kuldebroisolerede. De oprindelige, massive betonbrystninger på altanerne er bevaret, men der er efterisoleret og beklædt med Steniplader på den udv. side. Altanerne figurerer som udearealer i BBRmæssigt regi og uopvarmede. Oprindelige træpartier mellem altaner og bagvedliggende rum er bevaret uændrede. Der er monteret termoruder med ringe isoleringsevne.

2.1.5. Etageadskillelse/Terrændæk

Etageadskillelse mellem kælder og stueetage er uisoleret, således varmetabet fra lejlighederne på stueetage bidrager til opvarmning af kælder.

2.2. Installationer

Bebyggelsen er tilsluttet Århus Kommune Værker, Fjervarme, ca. i 1980 og er forsynet fra ca. 20 selvstændige fjernvarmestik, der er ført ind i teknikrum i kældre og fordelt i terræn og via kældergange til de øvrige blokke. I hvert teknikrum/blok er der installeret energimåler og shuntanlæg for centralvarmeanlæg og et stk. varmtvandsveksler med forrådsbeholder for varmtvandsproduktion.

Radiatoranlæggene styres af CTS-anlæg, der reguleres i forhold til forbrug og udetemperatur. Varmtvandsproduktionsanlæggene er styret/overvåget via CTS. Der er monteret decentrale målere på vekslere og shunte for varmtvandsproduktioner. Alle målere er energimålere, til måling af energiforbrug.

2.2.1. Varmefordelingsanlæg

Varmeinstallationen er den oprindelige, dog er der blevet installeret fjernvarme, med blandesløjer til hver enkelt opgang. Disse blandesløjfer er CTS styret, således fremløbstemperaturen er udetemperaturkompenseret og tilpasses det lokale behov.

Der er udført radiatoranlæg i alle planer såvel kælderplan som etageplaner med boliger. Rørinstallation til radiatorer i lejligheder er udført i et to-strenget system med nedre hovedfordeling til lodrette strenge i smalle skakte i eks. vægge mellem badeværelser og køkkener, en skakt på hver side af trappeopgangen. Rørinstallationen er udført i sorte stålrør i kælder og skakte, i boliger anvendes fortsat de oprindelige varmerør fra byggeriets opførelse med en rørinstallation udført i plastbelagte stålrør. Installationen er udført mellem strøer under parketgulve med vendt retur fra skakt til skakt. Installationen er tilsluttet radiatorer og konvektorer ved vinduer. I de enkelte lejligheder forefindes de oprindelige varmegivere i form af radiatorer, med en termostatventil (primært fabr. Radiagyr) fra først i 1970´erne.

Rørinstallation og radiatorer er dimensioneret efter en afkøling på 10-20ºC. Installationerne er isoleret i kældre/skakte og uisolerede under gulve. Radiatorer er store konvektorer ved vinduer og pladeradiatorer i badeværelser. På alle radiatorer er monteret fordampningsmålere til individuel afregning af varmeforbrug.

2.2.2. Varmt brugsvand

I boligblokken er der et varmtvandsproduktionsanlæg med forrådsbeholder og veksler. Hovedvandinstallationen, koldt-, varmt- og cirkulationsledninger, er ført i kælderen frem til

de stigerør, der forsyner lejlighederne. Stigerør er placeret synlige i badeværelser. Vandinstallationerne i bygningerne er udskiftet til MA-press system ca. 1999.

2.2.3. Ventilation

Der er mekanisk udsugning fra badeværelser i lejlighederne. Til hver lejlighed er udført selvstændige, indstøbte bygningskanaler fra køkken og badeværelser. Der er desuden ført bygningskanaler til vaskerier, tørrerum og gange i kældre. På loftet er kanaler samlet i vandrette strenge og er tilsluttet fælles tagventilator, 1 stk. pr. opgang. Bygningskanaler er strømpeforede med harpiksimprægnerede foringer i forbindelse med 1990-renoveringen. Det viste sig nemlig, at der var betydelige utætheder ved specielt etagekrydsene. Kanaler på loft er eftergået, renset og tætnet i 2007. Tagventilatorerne er de eksisterende for bebyggelsens opførelse. Det er ikke muligt at tilslutte emhætter til det eks. system. Hvis beboere ønsker emhætter monteres typen for recirkulering (med kulfilter), som ikke normalt har den ønskede effekt.

2.3. Indeklima

Indeklimaet og dermed fugt i lejligheden er meget afhængig af den enkelte beboers lyst til at lufte ud, undlade at tørre tøj i lejlighederne osv. Lukningen af altanerne har medført, at der er sværere at tilføre lejligheden tilstrækkelig erstatningsluft for at udsugningsanlægget ventilerer lejlighederne i henhold til krav fra BR08. Dog har man i de nyere aluminiumsvinduer og –døre mod det fri etableret huller for friskluftindtag. Samtidig har man boret huller i de eksist. træaltandøre mellem altan/opholdsrum, således at der vil kunne ske et vist indtag af friskluft. Man har heller ikke nævneværdige problemer med skimmeldannelser o.l. Dette hænger muligvis også sammen med at vinduerne på indgangsfacaden efterhånden rummer en del utilsigtede utætheder.

2.4. Energiforbrug

Der er opstillet en basismodel af bygningen, som afspejler bygningens nuværende opbygning og energiforbrug. Det skal dog understreges, at det beregnede energiforbrug vil være forskelligt fra det aktuelle energiforbrug, da analyserne er baseret på forventede forhold i form af brugervaner, interne varmelaster og luftskifter. Resultatet bruges til at klarlægge de relative forbedringer i bygningens energiforbrug, der kan forventes ved forskellige tiltag.

2.4.1. Be06 beregning af eksisterende forhold

Modellen opbygges på basis af de eksisterende forhold. Bygningen er udmålt til at have et opvarmet etageareal på ca. 2741m². Heraf udgør kælder ca. 685m2 (opvarmet til 15°C).

Følgende beregningsforudsætninger er anvendt:

Normal brugstid :	168 timer/uge. Alle dage fra 0-24.
Intern varmelast i lejligheder:	Personer 1,5 W/m² i brugstiden. Udstyr 3,5 W/m² i brugstiden.
Intern varmelast i kælder:	Udstyr 1,0 W/m² i brugstiden.

Infiltration:	Der regnes med en infiltration på 0,23 l/s/m² grundet utætheder i klimaskærmen. 0,23 l/s/m² er baseret på typiske erfaringstal fra energimærkningsordningen.
Ventilation:	Der regnes med udsugning i hele brugstiden, uden varmegenving, med et luftskifte på 0,5h-1.
Udluftning:	Der er regnet med naturlig ventilation gennem åbne vinduer. Denne er antaget at være 0,9 l/s/m² som gennemsnit i varme sommerperioder. Udluftningen sker f.eks. via terrasse- og altandøre og vinduer i facaden.
Opvarmning:	Lejligheder er i brugstiden opvarmet til 20 °C, kælder til 15 °C.
Opvarmningsform:	Fjernvarme med opvarmning af brugsvand via varmtvandsbeholder. Der regnes med en beholder på 300 liter isoleret med 50mm mineraluld.
Vindues og dørelementer:	Vinduespartierne for vinduer udskiftet i badeværelser 2006 har en U-værdi på 1,6 W/m²K, solvarmetransmittans er 63 %, afskærmnings-faktor på 0,5 pga. materet glas. Rudearealet udgør 80 % af det samlede vinduesareal. Vinduespartier i facade mod Øst, oprindelige fra 1967, regnes til en U-værdi på 2,8 W/m²K, solvarmetransmittans er 63 %. Rudearealet udgør 80 % af det samlede vinduesareal. Vinduespartier i facade mod Vest, oprindelige fra 1967, regnes til en Uværdi på 2,8 W/m²K, solvarmetransmittans er 63 %. Rudearealet udgør 85 % af det samlede vinduesareal. Vinduespartier i facade mod Øst til Kælder (1 lags glas) oprindelige fra 1967, regnes til en U-værdi på 3,7 W/m²K, solvarmetransmittans er 63 %. Rudearealet udgør 65 % af det samlede vinduesareal.
Skygger:	Der er regnet med skygger fra omkringliggende bygninger, træer, facadeelementer og fra vindues- samt dørhullerne.
Konstruktioner:	Terrændæk mod kælder: 0,44 W/m²K Etagedæk mod kælder: 2,54 W/m²K Tunge ydervægge: 0,25 W/m²K Ydervægge mod terræn: 0,90 W/m²K Ydervæg kælder: 1,00 W/m²K Ydervæg trappeopgang: 2,30 W/m²K Etageadskillelse mod uopvarmet terrasse 0,20 W/m²K Brystninger: 0,60 W/m²K Tag: 0.40 W/m²K Samlinger Vinduer/døre: 0,17 W/mK Fundament: 0,80 W/mK
Varmekapacitet:	Bygningen antages at have en varmekapacitet svarende til tung (120 Wh/Km²). Dette er baseret på det tunge terrændæk, de tunge vægge og de tunge lejlighedsskillevægge.

Med ovenstående parametre er der udregnet et energiforbrug på **152,3 kWh/m²år.**

3. Indledende analyse af enkelte energirenoveringsmuligheder

3.1. Udskiftning af vinduer

Der forudsættes udskiftning af alle vinduer i facaden, undtagen nye vinduer i badeværelser. Eksisterende vindueselementer erstattes af nye lavenergi, med en U-værdi på 1,5W/m2K. Dvs. ændringen i de beregningsmæssige forudsætninger i forhold til basismodellen for bygningen omfatter ændring af vinduernes U-værdi på 2,8-3,7 til 1,5W/m2K. Herudover vil utætheder i facaden blive tætnet, således infiltrationen ændres fra 0,23l/s m2 til 0,13 l/s m2 som er en typisk værdi ved nybyggeri / nyrenoveret byggeri.

Besparelsespotentiale

Tiltag	Energiforbrug model 1 [kWh /m²/år]	Energiforbrug model 3 [kWh /m²/år]	Besparelse [kWh /m²/år]
Udskiftning af vinduer	152,3	115,2	37,1

Rentabilitet

Tiltag	Besparelse /år [kr]	Anlægspris [kr]	Simpel tilbagebetalingstid [år]
Udskiftning af vinduer	42.200	1.310.000	24

Ud over den energimæssige besparelse er det værd at bemærke, at man ved udskiftning af vinduerne opnår en bedre komfort i lejlighederne, da træk gener fra vinduerne fjernes. Flere af vinduerne er i forvejen modne og klare til udskiftning, således at udskiftning bør finde sted inden for en kort årrække.

3.2. Mekanisk ventilation

Der forudsættes installation af mekanisk ventilation i hele bygningen. Den mekaniske ventilation udføres med varmegenvinding til opretholdelse af et luftskifte på 0,5 h-1. Anlægget prissættes svarende til ét anlæg for hele bygningen. Ændringen i de beregningsmæssige forudsætninger i forhold til basismodellen for bygningen omfatter ændring af naturligt luftskifte på 0,3 l/s/m² til mekanisk luftskifte af samme størrelse. I øvrigt antages en varmegenvindingsgrad på 75 %. Der forudsættes et specifikt energiforbrug til lufttransport på 1,2 kJ/m3 luft. Ved beregning af simpel tilbagebetalingstid anvendes en elpris på 1,70 kr./kWh ekskl. moms svarende til den aktuelle elpris opgivet hos Dong Energy.

Besparelsespotentiale

Besparelse, Energi

Tiltag	Energiforbrug model 1 [kWh /m²/år]	Energiforbrug model 4 [kWh /m²/år]	Besparelse Varme [kWh /m²/år]	Besparelse el [kWh /m²/år]
Mekanisk ventilation	152,3	131,8	20,5	2,9

Ovenstående besparelse skal ses i lyset af, at energiforbruget til opvarmning og el til ventilatorer mndskes

Besparelse/år

Tiltag	Besparelse, varme [kr /år]	Besparelse El [kr/år]	Samlet besparelse [kr/år]
Mekanisk ventilation	23.500	13.500	37.000

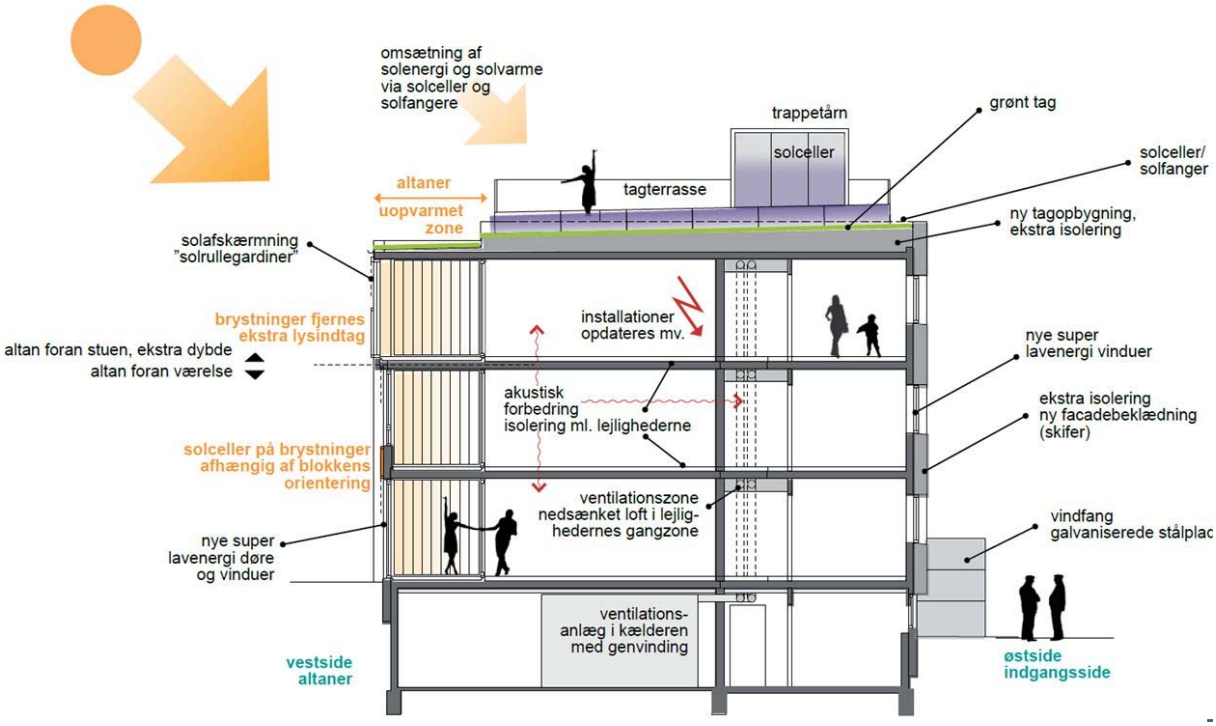
Rentabilitet

Tiltag	Besparelse /år [kr]	Anlægspris [kr]	Simpel tilbagebetalingstid [år]
Mekanisk ventilation	37.000	815.000	18

Ud over den energimæssige besparelse er det værd at bemærke, at man ved installation af et mekanisk ventilationsanlæg vil opnå en mærkbar forbedring af indeklimaet i de enkelte lejligheder.

4. Forslag til energirenovering

Det er valgt at renovere boligblokken efter ”Coating princippet” hvor der sættes en ydre skal rundt om bygningen som udgør en ny klimaskærm. Der er projekteret fire varianter en for hver af de forskellige energiklasser: BR08 (standard), lavenergiklasse 2, 1, og 0. Der har for alle fire varianter været fokus på isoleringstykkelsen, minimering af kuldebroer, minimering af infiltration og optimering af indeklimaet. I nedenstående figur ses hvilke tiltag der er gjort og i den efterfølgende tekst beskrives forskellene på de forskellige varianter.



I de følgende afsnit beskrives de foretagne tiltag for de fire udviklede energivarianter. Disse afsluttes med et skemaer for de berørte bygningsdele hvor hver kolonne viser omfanget at tiltagene for henholdsvis energiklasse 0 (LEK0), LEK1, LEK2 samt energirammen svarer til standardkrav i BR08.

4.1. Bygningsdele

4.1.1 Indgangsfacader

Facadernes nuværende efterisolering og beklædning fjernes, og ny kraftigere isolering påbygges ifølge den valgte lavenergiklasse. Soklen isoleres ligeledes. Der arbejdes med en facadebeklædning af naturskifer.

Vinduer udskiftes til højisolerende energivinduer i træ-alu med skydeskodder i hårdttræ. Udfor trapperummene foreslås vinduer udført som et sammenhængende lodret vinduesbånd, der giver et markant lys i trapperummet. Opgangsdørene udskiftes inden renoveringen til et parti med postkasser, som ikke opfylder isolerings- og tæthedskrav til lavenergibyggeri. Der udføres derfor et udvendigt vindfang med markante farvede glas.

4.1.2 Havefacader
På havefacaderne monteres nye vinduespartier mellem bolig og altan med energivinduer – i stuer med glas til gulv, i værelser med brystning. Betonbrystninger foran altaner nedrives delvis, og udfor stue monteres trelags foldeglaspartier, som sikrer fuld oplukkelighed suppleret med værn i strækmetal og partielt farvet glas. Foldedøre og vinduer udformes så de kan pudses fra altanen.

Altanvægge, gulve og lofter skal efterisoleres p. gr. af kuldebro, i den forbindelse foreslås de beklædt med træ, der giver en varm og behagelig overflade.

Det kan overvejes at montere paneler med prismer, som kan kaste dagslys op på loftet langt ind i de dybe stuer, samtidig med at de kan ved ændret stilling afskærme og reflektere sollyset, når det er meget varmt. Altanerne forsynes med skyggegardiner.

4.1.3 Gavle
Gavlene behandles i princippet som indgangsfacaderne, dvs nuværende efterisolering fjernes og en ny tykkere og mere effektiv isolering påbygges iht valgt energiklasse.
Der udføres vinduespartier ind til gavllejlighederne for at forbedre lysforholdene i de dybe stuer med hensyntagen til indretningsmuligheder. Ved gavle placeres skorstene til ventilationsanlægget i kælder.

4.1.4 TAG
Den eksisterende tagopbygning fjernes og der opbygges ny i hård isolering i tykkelse jf energiklasse dækket med tagpap. Det kan overvejes at udforme tagene som grønne tage med let vegitation, som holder på regnvandet, og køler taget.

Taget anvendes til opstilling af solfangere og solpaneler i omfang jf energiklasse. Solanlæggene opstilles i system som ”Console”, der ikke kræver huller i tagdækningen til befæstigelse.

4.1.5 KÆLDER
Kælderen isoleres mod stueetagen så vidt etagehøjde og rørføringer tillader det, ligeledes isoleres vægge mod terræn. Der indrettes centralt placeret ventilationsanlæg med varmegenvinding.

4.1.6 TRAPPERUM
Facaden i trapperum efterisoleres og forsynes med vinduer jf afsnit om indgangsfacade.
Der opsættes nyt energisparelys og dørtelefonanlæg.

4.1.7 BOLIGER
I forbindelse med renoveringen udskiftes alle gulve for fremføring af installationer, og der isoleres under gulvene og udføres stødabsorberende underlag for dæmpning af trinstøj. Ligeledes opbygges isoleret blændvæg for at forbedre lejlighedsskel om muligt til niveau som BR08. I forbindelse med installation af ventilationsanlæg udføres forsænket loft i den centrale gang samt lodret installationsskakt.

4.2 Installationer

4.2.1 Ventilation

Der etableres nyt centralt ventilationsanlæg med varmegenvinding placeret i kælderen omkring opgang nr. 24. Kanaler for indblæsning og udsugning fra boliger fremføres under loft i kælderog fremføres til boliger vis lodrette instalationsskakte. Friskluftindtag og afkast føres fra nyt teknikrum i kælder ud i terræn.

I boliger udsuges der fra toilet/baderum og walk in garderobe rum. Indblæsningskanaler fremføres til hvert af de øvrige rum over sænket loft i gangen afsluttet med vægarmatur. Kanaler fra emhætter i boliger føres til lodret teknikskakt og over tag. Der udsuges med en tagventilator som kun er i drift når emhætten aktiveres af brugeren.

4.2.2 Varme

Ny varmeinstallation fremføres fra blandesløjfe i eksisterende teknikrum til de enkelte boliger. Nye varmerør føres under loft i kælder frem til lodrette teknikskakte. Fordelerrør til ny varmeinstallation i hver bolig afsættes i lodret teknikskakt. Boligen opvarmes med gulvvarme eller radiatorer afhængig af hvad der er mest hensigtsmæsigt for den enkelte energiklasse variant.

Boligblokken har nyligt fået etableret ny blandesløjfe til radiatoranlæg og beholder, disse tilpasses i nødvendigt omfang til ny og mindre vandmængder.

4.3 Vedvarende energi

4.3.1 Solvarme

Solvarmens primære anvendelse vil være opvarmning af brugsvand. Fra solfangeren føres det opvarmede vand via en veksler til en central beholder. Herfra distribueres det til den enkelte lejlighed via eksisterende forsyningsledninger. Til opnåelse af hhv. lavenergi klasse 0. 1 og 2 anvendes solvarme til dækning af en del af det samlede behov for varmt brugsvand. Der forventes en dækningsgrad 50-60% i klasse 0 og 1 og på 20% af brugsvandsopvarmningen i klasse 2.

Solvarmen kan udbygges til også at forsyne evt. gulvvarme i badeværelser om sommeren. Herved minimeres den øvrige varmeforsyning til et absolut minimum. Solvarme er en vedvarende energiform, og ved at anvende den, forsikres beboerne i højere grad mod stigende energipriser på især varme. Afhængig af den øvrige opvarmningsform, (fjernvarme eller eksempelvis varmepumpe) opvarmes den resterende mængde af det varme brugsvand via en spiral i toppen af solvarmebeholderen.

4.3.2 Solceller

Solceller anvendes til produktion af el. 1 m2 solcelle vil typisk kunne levere mellem 90 og 100 kWh/år ved optimal placering (ca. 30 graders hældning på vandret og en orientering stik syd). Der tænkes anvendt polykrystallinske solceller. Disse udmærker sig ved et godt pris/ydelse forhold, samt gode muligheder for tilpasning i størrelse og udseende . Solcellerne har en typisk virkningsgrad på 13-15%, hvilket vil sige, at de omsætter 13-15% af solens

indstråling til strøm. Solcellestrømmen leveres ud til nettet via nettomåler ordningen, der sikrer en 1-1 afregningspris på strøm. Man får således lige så meget for sin producerede strøm som man selv betaler for den strøm man henter fra el-nettet.

4.4 BE06 beregning af energiforbrug for de forskellige energiklasser

Omfanget af de enkelte tiltag i relation til energiforbrug er opsummeret i nedenstående skema for henholdsvis energiklasse 0 (LEK0), LEK1, LEK2 samt energirammen svarer til standardkrav i BR08.

Tiltag	LEK"0" (referencen)	LEK 1	LEK 2	BR08
Solceller 215m2	X			
Solceller 70m2		X		
Solceller 0 m2			X	X
Solvarme 50m2	X	X		
Solvarme 0 m2			X	X
Tagisolering, U-værdi 0,08 W/m2*K)	X	X		
Tagisolering, U-værdi 0,14 W/m2*K			X	X
Ydervægsisolering U-værdi 0,12	X	X	X	X
Vinduer U-værdi 0,9 / 1,3 (inderst / yderst)	X	X		
Vinduer U-værdi 1,3 / 1,3 (alle vinduer gns u-værdi 1,3)			X	
Vinduer U-værdi 1,7 / 1,7 (alle vinduer gns u-værdi 1,7)				x
Ventilation, SEL-værdi 1,5 + VGV 0,82	X	X	X	
Ventilation, SEL-værdi 2,3 + VGV 0,70				X
Manuelt styret solafskærmning, vestfacade	X	X	X	x
Isolering mellem kælder og stue. 150mm kl. 37. under dæk.	X	X	X	
Alle døre mod det fri U-værdi 0,9 max	X	X	X	
Alle døre mod det fri U-værdi 1,5 max				X
Isolering af kælderydervæg mod jord min 250mm kl. 41.	X	X	X	x
Kælderydervæg mod det fri. (isoleres som ydervæg)	X	X	X	X

BR06 beregningerne af de fire varianter giver følgende resultater:

Variant	Energiklasse (kWh/m^2 år)	Energiberegning (kWh/m^2 år)
BR08 (Standard)	74,4	67,9
LEK 2	50,6	45,9
LEK 1	35,4	34,4
LEK 0	17,5	17,1

5. Økonomi

De fire projekterede varianter er udbudt i licitation som hovedentreprise. Ved at projektere og udbyde de fire varianter skabes et grundigt og troværdigt grundlag for at sammenligne parametre som (beregnet) energiforbrug, (beregnet) reduktion i miljøbelastning og ikke mindst anlægs-/drifts-/totaløkonomi samt huslejekonsekvenser. Hertil kommer sammenligning på mere "bløde" parametre som arkitektonisk kvalitet, brugs-/komfortmæssig kvalitet, sundhed/indeklima, indretningsmuligheder og byggetekniske muligheder.

Ved licitationen deltog 6 prækvalificerede hovedentreprenører og for energiklasse 0 resulterede den i priser fra 29.968.750 kr. for billigste tilbudsgiver til 37.330.625 for den dyreste inklusive moms. For den billigste tilbudsgiver er prisen inklusive moms for de fire udbudte energiklasser vist i nedenstående tabel. Ud fra de beregnede besparelser er rentabiliteten for de forskellige varianter beregnet og tillige vist i tabellen.

	Totalt			I forhold til BR08			
	Besparelse	Investering[1]		Merbesparelse	Merinvestering	Rentabilitet	
	Kr./m2/år	dkr.	dkr/m2	dkr./m2	dkr./m2	Simpel år	7 %[2] og 4%[2] år
BR08	50	24.803.246	8.568				
Lavenergiklasse 2	65	26.341.046	9.099	15	531	35	33
Lavenergiklasse 1	74	27.432.626	9.476	24	908	38	36
Lavenergiklasse 0	86	29.968.750	10.352	36	1.784	49	43

Tabel: Oversigt over de opnåede tilbud for de forskellige varianter samt besparelser og samlet rentabilitet.
[1]Samlet investering inkl. Boligforbedringer. [2]Rentabilitet ved en energistigning på 7 % og en forrentning af investeringen på 4 %.

Tabellen viser at der er en forretning af investeringen på 33-35 år for lavenergiklasse 2. Derved at det tæt på at være rentabelt, hvis der regnes med til levetid på 30 år. For de øvrige energiklasser bliver rentabiliteten lavere.

Opsummering

De valgte renoveringsløsninger er alle robuste og enkle løsninger som ikke kræver den store vedligeholdelse eller kendskab. Det er således f.eks. fravalgt behovsstyret ventilation, da dette vil kræve vedligeholdelse af spjæld til hver enkelt lejlighed som ud over ekstra driftsudgifter og vil kunne forstyrre de enkelte beboere hvis de skal placeres inde i lejlighederne. Der har også været fokus at vælge enkle løsninger som ikke kræver stor teknisk indsigt at benytte for beboerne eller driftspersonalet. Det kunne energimæssigt således godt gøres bedre, men dette ville være på bekostning af robustheden og enkeltheden af løsningerne.

En del af investeringsomkostningerne vil i fremtiden falde. F.eks. bliver en stor del af de samlede merudgifter benyttet til solceller. De forventes at blive rentable i fremtiden. Der er forholdsvis stor prisforskel på de forskellige lavenergiklasser i forhold til de tekniske tiltag som bliver implementeret. Dette kan skyldes at entreprenørerne ikke har erfaringer med at energirenovere til lavenergiklasse 2, 1 og 0, hvorfor de i tilbuddet medregner en større usikkerhed. Erfaringer med energirenoveringer kan derfor være med til at reducere denne usikkerhed og medfører lavere priser. Stiger energipriserne yderligere end de forventede 7 % vil regnskabet også se andeles ud.

Projektet viser, at det på nuværende tidspunkt ikke er rentabelt at energirenovere til lavenergiklasse 2, 1 eller 0. Med en levetid på 30 år er det dog tæt på at forretningen er nul hvis der renoveres til lavenergiklasse 2. Skal det være rentabelt for beboerne at energirenovere yderligere er det nødvendigt med økonomisk støtte for at gennemføre energirenoveringen.

Projektet har mødt stor tilslutning fra beboerne og beboerne har (næsten) enstemmigt valgt at energirenovere til lavenergiklasse 0. Klimarenoveringen i Langkærparken skal efter planen stå færdig i starten af april 2011. Erfaringerne herfra kan være til gavn for byggeriet lokalt, og på landsplan når andet byggeri af samme type skal renoveres.

Referencer

Helhedsplan, AL2 Bolig, afd 11, Langkærparken, rev A. d.a.i. arkitekter ingeniører, Århus Tilst, 30. december 2008

Langkærparken – Tilstandsvurdering og energisparekatalog. Esbensen Rådgivende Ingeniører A/S, 12. januar 2009.

Revideret dispositionsforslag Klimaprojekt Langkærparken. Nova5 arkitekter as, Esbensen Rådgivende Ingeniører A/S, Sloth Møller Rådgivende Ingeniører A/S. 3. september 2009.

Notat Oversigt energiklasser. Esbensen Rådgivende Ingeniører A/S, 31. marts 2010.

Kamper, S., Worm, A.S. Energirenovering af Langkærparken, Passivhus Norden 2010, 7-8 oktober 2010, Aalborg Danmark.

Bilag 1 Byggesagens organisation

Bygherre	**AL2 Bolig** Langkærvej 2F 8381 Tilst
Styregruppe	**Randi Smitsdort**, afdelingsformand **Max Ebling**, medlem af afdelingsbestyrelsen **Egon Axelsen**, formand for styregruppe og medlem af AL2boligs bestyrelse **Bo Reiff-Larsen**, områdeinspektør **Claus Poulsen**, forretningsfører i AL2bolig **Peter Brix Westergaard**, teknisk chef i AL2bolig **Bo Riis Duun**, GBL **Torben Gade**, GBL (bygherrerådgiver) **Karsten Winckler Rasmussen**, Esbensen Rådgivende ing. A/S
Tekniske rådgivere	Totalrådgiver og rådgiver for ingeniørarbejder (energi- og vvs): **Esbensen Rådgivende ingeniører A/S** Silkeborgvej 47, 1 DK - 8000 Århus Arkitekt: **NOVA 5 arkitekter as** Sankt Annæ Passage Opgang G DK - 1262 Kbh. K. Rådgiver for ingeniørarbejder (konstruktion): **Sloth Møller Rådgivende ingeniører A/S** Silkeborgvej 47, 1 DK - 8000 Århus
Følgegruppe	**Rie Øhlenschlæger**, AplusB, følgegruppemedlem **Susanne Højholt**, Isover, følgegruppemedlem **Per Heiselberg**, Ålborg Universitet, følgegruppemedlem **Inge Vestergaard**, Arkitektskolen i Aarhus

Published 2010 by
Aalborg University
Department of Civil Engineering
Sohngaardsholmsvej 57,
DK-9000 Aalborg, Denmark

Printed in Aalborg at Aalborg University

ISSN 1901-726X
DCE Technical Report No. 97

ISSN 1901-726X
DCE Technical Report No. 097