

ENERGIEFFEKTIVISERING VID RENOVERING AV REKORDÅRENS FLERBOSTADSHUS



LUNDS UNIVERSITET
Lunds Tekniska Högskola



EUROPEISKA UNIONEN
Europeiska regionala
utvecklingsfonden

Författare:

Ulla Janson

Björn Berggren

Henrik Sundqvist

- Lunds Universitet/ LTH, Energi och ByggnadsDesign

- Skanska Sverige AB/Skanska Teknik, FoU

- Skanska Sverige AB/Skanska Teknik, FoU

© copyright Björn Berggren, Ulla Janson, Henrik Sundqvist, Skanska Teknik och Avdelningen för Energi och ByggnadsDesign.
Lund/Malmö 2008
Rapport nummer EBD-R—08/22
Energieffektivisering vid renovering av rekordårens flerbostadshus
Avd för Energi och ByggnadsDesign, LTH/ Lunds Universitet
Skanska Teknik, FoU/Skanska Sverige AB
ISBN-978-91-85147-32-8

Förord

Energieffektivisering vid renovering av rekordårens flerbostadshus är framtagen under 2007 - 2008 i samarbete mellan Skanska Teknik, Malmö och Energi och ByggnadsDesign på Lunds Tekniska Högskola. Projektet är finansierat av SBUF och Energimyndigheten.

Från Skanska Teknik har Björn Berggren, Henrik Sundqvist och Jens-Erik Jörgensen Wichmand medverkat och från Energi och ByggnadsDesign, LTH, har Ulla Janson och Maria Wall medverkat.

Projektet ingår även som en del i ett internationellt forskningsprojekt inom International Energy Agency (IEA). Detta projekt, IEA SHC Task 37 Advanced housing renovation with solar and conservation, pågår 2006-2010 och har tolv deltagande länder.

Arbetsgruppen vill rikta ett stort tack till MKB för deras samarbete i projektet. Tack även till den referensgrupp som stöttat under arbetets gång.

Malmö/Lund, november 2008.

Ulla Janson
Björn Berggren
Henrik Sundqvist

Sammanfattning

Under rekordårens bebyggelse 1960-1975 byggdes en stor del av dagens befintliga flerbostadshus. Byggnaderna är ofta prefabricerade och har liknade form i stora delar av Sverige, vanligast är trevånings lamellhus utan hiss. Dessa fastigheter står nu inför ett omfattande renoveringsbehov. Då de i flesta fall i nuläget även drar stora mängder energi för uppvärmning, är det av yttersta vikt att när renoveringar ändå genomförs, energieffektivisera samtidigt. Syftet med denna rapport att försöka hitta lämpliga metoder för att kraftigt reducera energianvändningen i ett gammalt byggnadsbestånd.

En litteraturstudie över ett antal renoveringsprojekt i Sverige och i Europa har genomförts. Även gällande svenska lagar och förordningar att följa vid renovering har studerats och sammanställts. Åtgärder som varit vanliga i de studerade renoveringsobjekten har sammanställts och applicerats på en fastighet i behov av renovering. Fastigheten ligger i området Kroksbäck i Malmö och tillhör Malmös Kommunala Bostadsbolag, MKB.

Renoveringsåtgärder har studerats med avseende på energi för enbart uppvärmning, med avseende på en fastighets energiförbrukning enligt BBR (uppvärmning, tappvarmvatten och driftel), LCC analys ur energiperspektiv samt koldioxidekvivalenter. Kostnadsanalys av de olika förslagen har också genomförts. Slutligen har analys gjorts om fastigheten går att renovera till att få ett så lågt effektbehov för uppvärmning att det kan fungera som ett passivhus.

Resultaten visar på stora möjligheter för energibesparing på fastigheten. Installation av FTX-system och tilläggsisolering av fasad och takkonstruktion ger en avsevärd minskning av behovet av köpt energi för uppvärmning, vilket snabbt kan ge lönsamhet för fastighetsägaren.

Slutsatserna visar att om en omfattande renovering utförs, med tilläggsisolering av yttervägg, ny, välisolerad konstruktion av vindsbjälklag, fönster med mycket bra U-värde, ett ventilationssystem med FTX-aggregat och en kraftig förbättring av tätheten av klimatskalet, kan energibehovet för uppvärmning bli upp till 70 % lägre än dagens nivåer. Denna renovering bidrar även till en högre inomhuskomfort, med minskat drag och jämnare inomhustemperaturer. Individuell mätning av varmvatten kan sänka mängden köpt energi ytterligare.

Innehållsförteckning

1	BAKGRUND	6
1.1	ALLMÄN INFORMATION	6
1.2	SYFTE	7
1.3	RAPPORTUPPLÄGG	7
1.4	METODIK	8
2	LITTERATURSTUDIE	11
2.1	FÖREKOMSTEN AV OLIKA BYGGNADER	11
2.2	ÄNDRING AV BYGGNADER	16
3	SAMMANSTÄLLNING AV INVENTERADE OBJEKT	22
3.1	SVENSKA	22
3.2	ÖVRIGA EUROPA	24
4	ANALYS AV KROKSBACK	26
4.1	BESKRIVNING AV OBJEKTET	26
4.2	OBJEKTETS ENERGIPRESTANDA	36
4.3	STUDERADE ÅTGÄRDER	36
4.4	BERÄKNADE RESULTAT AV ENERGIBEHOV FÖR STUDERADE ÅTGÄRDER	45
4.5	KÄNSLIGHETSANALYS	54
4.6	RENOVERING TILL PASSIVHUS	57
4.7	GENERELLA SLUTSATSER	59
4.8	FÖRSLAG TILL FORTSATTA STUDIER	60
5	REFERENSER	61
	BILAGOR	64

1 BAKGRUND

1.1 Allmän information

Befintlig bostadsbebyggelse i Sverige står för ca 37 % av landets totala energianvändning (Energiläget 2006). Av det befintliga flerbostadshusbeståndet i Sverige utgörs ca 35 % av hus från de s.k. rekordåren, vilket avser hus byggda mellan 1960-75. Större delen av dessa hus härstammar från miljonprogrammet. Den största delen av beståndet står nu inför omfattande åtgärder då de nått en ålder av ca 40 år. Här finns en mycket stor potential för energieffektivisering och förbättring, till förmån för en långsiktigt hållbar energiförsörjning och rimlig boendekostnad. Vissa av dessa byggnader är redan renoverade, dock sällan med syfte att minska byggnadernas energibehov. Det finns undersökningar som pekar på att marknaden för renoveringar av äldre flerbostadshus kommer att tredubblas inom de närmaste 15 åren, se exempelvis *Bättre koll på underhåll* (Boverket 2003). Fasader, tak, fönster, installationssystem och många andra delar i husen från rekordåren är i dåligt skick och behöver åtgärdas. Vidare bör man ta itu med de problem som ofta förekommer i fråga om otrygghet och genomföra förbättringar av den yttre miljön.

Rekordårens bostadsbebyggelse hade år 2006 ett genomsnittligt energibehov för uppvärmning på 170kWh/m²år (ej normalårskorrigerat) (SCB 2007). Det är viktigt att som fastighetsägare ta till vara möjligheten att samtidigt som renovering ändå genomförs passa på att reducera energianvändningen. Renoveringsåtgärder i äldre flerbostadshus genomförs ofta som akuta åtgärder, dvs. man renoverar exempelvis ett ventilationssystem när det gamla upphör att fungera. Vissa bostadsrättsföreningar och fastighetsbolag har väl genomarbetade underhållsplaner, men detta saknas i många fall. Det finns mycket att vinna på att se till helheten när man genomför renoveringar med genomtänkta åtgärder som är hållbara på längre sikt.

Extra investeringskostnader för att genomföra energibesparande åtgärder i samband med renoveringar blir relativt låga och har en kort återbetalningstid. Speciellt gäller detta i flerbostadshusen från rekordåren tack vare den stora potentialen i att reducera energianvändningen till små merinvesteringar vid en samtidig renovering. Det finns också stora vinster att göra i fråga om komfort och inneklimat. Om man däremot missar chansen att genomföra energibesparande åtgärder vid en samtidig renovering dröjer det i de flesta fall mycket lång tid innan man får möjligheten igen.

Hos avdelningen för Energi- och ByggnadsDesign vid Lunds Tekniska Högskola pågår ett forskningsprojekt inom renoveringsområdet som är kopplat till ett internationellt forskningsprojekt om energieffektiva renoveringar hos International Energy Agency, IEA (Task 37). Energi- och ByggnadsDesign arbetar med ett demonstrationsprojekt avseende renovering av flerbostadshus från de s.k. rekordåren. Demonstrationsprojektet avser området Brogården i Alingsås, ett område byggt 1970 bestående av 300 lägenheter. Enligt ägaren Alingsåshem är driftskostnaderna större än kapitalkostnaderna samtidigt som området är i

behov av omfattande renoveringar med bl.a. söndervittrade tegelfasader. Alingsåshem utför renoveringen med energifokus med mål att nå passivhusstandard efter renoveringen. Ett ventilationsystem med FTX med hög verkningsgrad i kombination med tilläggsisolering och tätning av klimatskalet, beräknas ge en halvering av energibehovet för uppvärmning efter renovering.

Idén att renovera befintliga flerbostadshus med passivhusteknik är mycket intressant med tanke på den svenska energimarknadens förväntade utveckling. Ett rimligt antagande är att vi i takt med den ökande konkurrensen på energimarknaden inom EU kommer att få se ökande energipriser i Sverige. Ur ett internationellt perspektiv inses att Sverige är relativt skonade från de betydligt högre energipriser som råder på den europeiska marknaden i övrigt. Mot denna bakgrund är det i längden ohållbart med den höga energianvändning som är vanligt förekommande i byggnaderna från rekordåren. Att kraftigt reducera energianvändningen för uppvärmning genom renovering till passivhusstandard torde därför bli ett attraktivt alternativ inom en snar framtid.

1.2 Syfte

Syftet med denna studie är att finna lämpliga metoder och renoveringsåtgärder för att kraftigt reducera energianvändningen för rums- och varmvattenanvändning i ett gammalt byggnadsbestånd. Fokus kommer att ligga på att identifiera och analysera lämpliga tekniska lösningar vid renovering/ombyggnad av hus från rekordåren.

Studiens resultat vänder sig till intressenter inom området renovering/ombyggnad, såsom entreprenörer, fastighetsägare och förvaltare samt kommuner och landsting genom egna bostadsbolag. Tanken är att studiens resultat skall kunna användas som vägledning vid val av tekniska lösningar inför ombyggnader av hus från rekordåren. Entreprenörer, projektörer och beställare ges på detta sätt god hjälp att välja energieffektiva och långsiktigt hållbara lösningar på systemnivå.

1.3 Rapportupplägg

I rapportens första avsnitt ges en bakgrund till studien samt avgränsningar och metodik. I kapitel två redovisas genomförda litteraturstudier samt vilka lagar, regler och föreskrifter som skall efterföljas vid renovering av byggnader. Därefter sammanfattas inventerade genomförda och pågående projekt. I det fjärde avsnittet analyseras ett objekt avseende olika möjliga åtgärder för energieffektivisering. I rapportens femte avsnitt pekas på generella slutsatser och tendenser. Detta avsnitt beskriver även prioriterade teknikområden för vidare fördjupade studier samt kommentarer till olika renoveringsmetoder.

1.4 Metodik

Studien avgränsas till att gälla flerbostadshus byggda mellan 1960-75.

Arbetet inriktas mot att samla erfarenheter och sprida kunskap om byggnadernas potential och möjligheter. På detta sätt tror vi oss kunna öka kompetensen och medvetenheten på renoveringsområdet inom branschen som helhet. Arbetet utgår från frågeställningen vilka åtgärder/åtgärds paket bör man satsa på vid renovering av rekordårens hus för att kraftigt reducera dess energianvändning.

En aspekt i denna studie är införandet av passivhusteknik inom renoveringsområdet och om denna teknik är lämplig inom renovering/ombyggnad.

Vid renovering är det av yttersta vikt att aktivt jobba med fuktsäkerhetsfrågor. Att uppnå fuktsäkerhet omfattar hela byggprocessen, från planering/projektering till förvaltning. I denna studie beräknas minskad energianvändning för konventionell tilläggsisolering. Fuktsäkerhetsprojektering utförs ej.

1.4.1 Litteraturstudier

Som en del i denna studie har litteraturstudier genomförts. Litteraturstudierna har delats upp i två delar. Dels en studie av tillgänglig statistik för att belysa vilka eller vilken hustyp som var den vanligaste under perioden 1960-75. Den behandlar även material som nyttjades under denna period.

Vidare har Plan- och bygglag (PBL 1987:10), lag om tekniska egenskapskrav på byggnadsverk, m.m. (BVL 1994:847), Förordning om tekniska egenskapskrav på byggnadsverk, m.m. (BVF 1994:1215), Regelsamling för byggande (BBR 15:2008) och Allmänna råd om ändring av byggnad (BÅR 2006:1) studerats för att säkerställa de åtgärder som studeras är förenliga med Sveriges lagar, förordningar, föreskrifter och regler.

1.4.2 Inventering av genomförda och pågående projekt

Ett antal genomförda och pågående projekt inom renovering/ombyggnad med energifokus dokumenteras, därefter analyseras projekten gällande vilka tekniska åtgärder som använts. Här har även projekt som inte inkluderas i den avgränsade tidsperioden 1960 – 75 använts, för att få en bredare referensbakgrund.

1.4.3 Studier av referensprojekt

Med underlag från litteraturstudierna väljs ett referensprojekt/referensbyggnad som motsvarar den vanligaste typen av byggnad som uppfördes under den aktuella perioden. De tekniska åtgärder som bedömts som effektiva vid studier av genomförda och pågående projekt utvärderas för denna. Utvärdering av tekniska åtgärder sker med verktygen energiberäkningar, bedömning av miljöpåverkan och beräkningar av livscykelkostnader.

1.4.3.1 Energiberäkningar

En byggnads energibehov beräknas genom att beräkna dess energibalans för energi som flödar in och ut genom byggnadens klimatskal, se ekvation 1.1. Värme lämnar byggnaden genom transmission, ventilation, luftläckage och avlopp. För att kompensera dessa förluster tillförs värme till byggnaden via ett uppvärmningssystem. Dessutom tillförs energi för att värma varmvattnet och till hushållsapparater. Huset kan också tillgodogöra sig värme från människor och solinstrålning. Värme från apparater, människor och solinstrålning definieras här som tillskottsvärme.

$$E_{\text{uppvärmning+vv}} = E_{\text{transmission}} + E_{\text{vent+läckage}} + E_{\text{varmvatten}} - E_{\text{tillskottsvärme}} - E_{\text{återvinning}} \quad \text{Ekv 1.1}$$

För att möjliggöra energiberäkning för en byggnad krävs kännedom om byggnadens konstruktion, installationer samt inre och yttre klimatförhållanden.

För att en energiberäkning skall vara tillförlitlig krävs energiberäkningsprogram uppbyggda med icke stationär beräkningsmodell. I detta projekt används beräkningsprogrammet DEROB-LTH, (Kvist, 2006) för beräkning av byggnadens energibehov för uppvärmning. DEROB-LTH är ett simuleringsprogram för beräkning av energibehov för uppvärmning, byggnaders effektbehov, inomhustemperaturer, ytemperaturer mm. För att beräkna köldbryggornas effekt nyttjas HEAT 2 7.0, (Blomberg, Claesson, 2006). Programmet beräknar värmeledning två-dimensionellt.

Då det totala energibehovet skall beräknas för befintlig byggnad används uppmätta värden för varmvattenanvändning. Detta för att ge ett mer tillförlitligt resultat.

Där inte kända data finns görs antaganden vid energiberäkningar för referensprojektet enligt tabell 1.1.

Tabell 1.1 Antaganden gällande värmelaster och ventilation/läckage

Parameter	Antaget värde
Processenergi/Hushållsel	3,0 W/m ² _{BRA}
Personenergi	1,0 W/m ² _{BRA}
Ventilation	0,35 l/s, m ² _{BRA}
Ofrivillig ventilation/otätheter i klimatskalet vid ± 50Pa	2,0 l/s, m ² _{OMS}

1.4.3.2 Miljöpåverkan

Miljöpåverkan bedöms genom att nyttja begreppet koldioxidekvivalenter. Koldioxidekvivalenter är en måttenhet för utsläpp av växthusgaser som används för att beräkna den sammanlagda växthuseffekten av olika växthusgasutsläpp. Olika gaser har olika klimatpåverkan; exempelvis motsvarar ett kilo metan 21 kilo koldioxid. Samma metod kan nyttjas för olika energislag där energianvändningen multipliceras med aktuell faktor för dess energislag. Emissionsvärdena för fjärrvärme kan skilja mycket beroende på fjärrvärmenät. I denna studie baseras värden på Malmö stads fjärrvärme.

För att bedöma de olika åtgärdernas påverkan på miljön beräknas mängden koldioxid-ekvivalenter som generas på grund av byggnadens energianvändning, dels för grundfallet men även för respektive åtgärd. Differensen mellan dessa ger en tydlig indikator på om åtgärden är bra eller dålig för miljön.

Eventuell miljöpåverkan som sker under utförande av åtgärd ingår ej.

I denna studie har dock generella koldioxidekvivalenter använts på grund av att objektens aktuella energileverantörer ej studerats i detalj.

Emissionsfaktorer för koldioxidekvivalenter för respektive energislag framgår av tabell 1.2. För el nyttjas värde för nordisk elmix (Fahlberg & Johansson, 2007). För fjärrvärmen beräknas dess värde utifrån utsläpp från fjärrvärmeverk i Malmö (Eon, 2007) Emissionsfaktorer för respektive gas hämtas från Naturvårdsverket (Naturvårdsverket, 2006).

Tabell 1.2 Emissionsfaktorer för olika energislag

Energislag	Emissionsfaktor (kg CO ₂ -ekv/kWh)
Fjärrvärme	0,109
El, nordisk elmix	0,105

1.4.3.3 Livscykelkostnad

Begreppet livscykelkostnad (LCC) kan på ett enkelt sätt beskrivas som alla kostnader som uppstår under en viss livslängd. Framtida kostnader beräknas om till ett nuvärde, det vill säga vad dessa framtida kostnader skulle kosta om alla kostnader betalades direkt.

En primär förutsättning för att kunna jämföra och värdera olika tekniska åtgärder är att sammanräkna investeringskostnaden med livscykelenergikostnaden (LCC_{ENERGI}) och, om det går att genomföra, även livscykelkostnaderna för underhåll och rivning.

I detta fall beräknas enbart LCC_{ENERGI} samt investeringskostnad. Parameter för LCC-beräkning framgår av tabell 1.3.

Tabell 1.3 Antagna parametrar vid LCC-beräkning

Parameter	Antaget värde
Elpris (kr/kWh)	0,90
FJVPris (kr/kWh)	0,50
Prisökn el (%)	5,0
Prisökn FJV (%)	3,0
Nominell kalkylränta (%)	8,0
Inflation (%)	4,0

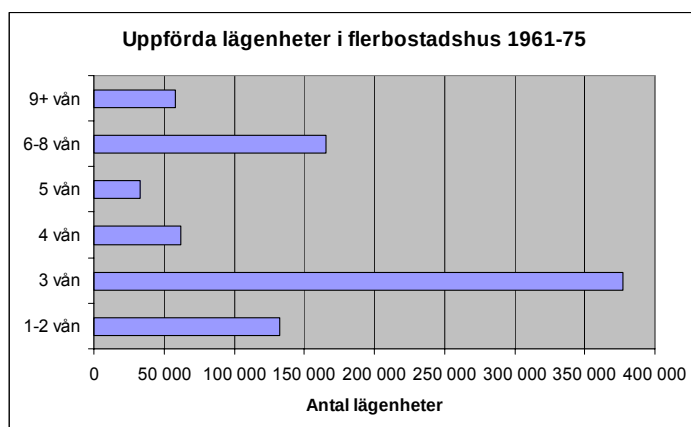
2 LITTERATURSTUDIE

2.1 Förekomsten av olika byggnader

Under åren 1960-75 uppfördes över en miljon bostäder med en väsentligt högre standard än vad som hade varit vanligt tidigare. Bostäderna byggdes med balkong, generösa badrum och välplanerade kök. De nya bostadsområdena skapades med utrymmen för social gemenskap. Områden planerades med bibliotek, skolor, centrum och ytor för utövande av olika sporter. Allt planerades med stort fokus på trafiksäkerhet. Byggandet rationaliserades avsevärt under denna period, maskinellt byggande och stora entreprenader skulle hålla kostnaderna nere. Generellt råder det stora regionala och lokala olikheter i gestaltningen av byggnaderna. Dock ligger helhetsintrycket i regel inom ramen för den funktionalistiska inspirationen.

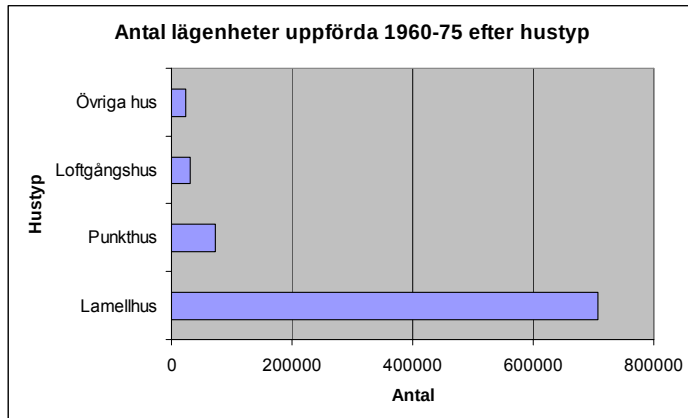
2.1.1 Hustyper

Rekordårens byggande har ofta allmänt förknippats och blivit synonymt med höghus (6-8 våningar) med betongfasader i storskaliga områden. Verkligheten är dock annorlunda. Det finns en stor variation och att en tredjedel av alla bostäder som uppfördes under rekordåren uppfördes i form av småhus glöms ofta bort. I figur 2.1 redovisas lägenheternas fördelning under rekordårens bebyggelse.



Figur 2.1 Uppförda lägenheter fördelade på våningsantal (Boverket, 2003)

Statistiken som visas i figur 1 baseras på antal lägenheter. Vi har inte funnit statistik som behandlar antal våningar och byggnadsverk. Då det blir ett större antal lägenheter i ett hus med fler våningar blir den logiska följderna att trevåningshus är den i särklass dominerande byggnadshöjden fördelat på antal byggnadsverk, se figur 2.2.



Figur 2.2 Lägenheter fördelade för hustyp (SCB 2007)

Under 1950-talet introducerades det industrialiserade byggandet. Detta innebar i första hand förtillverkade fasadelement och stommar. Det traditionella byggandet som främst bestod i murning på plats trängdes successivt undan. I början av 1960-talet var det fortfarande mycket vanligt med murade stommar av lättbetong. Lättbetongstommarna uppfördes ofta på plats genom murning men uppfördes även med limmade fogar. Stomsystemen byggde ofta på att samtliga ytterväggar nyttjades som bärande. Putsade fasader och betongfasader var dominerade under början av 60-talet.

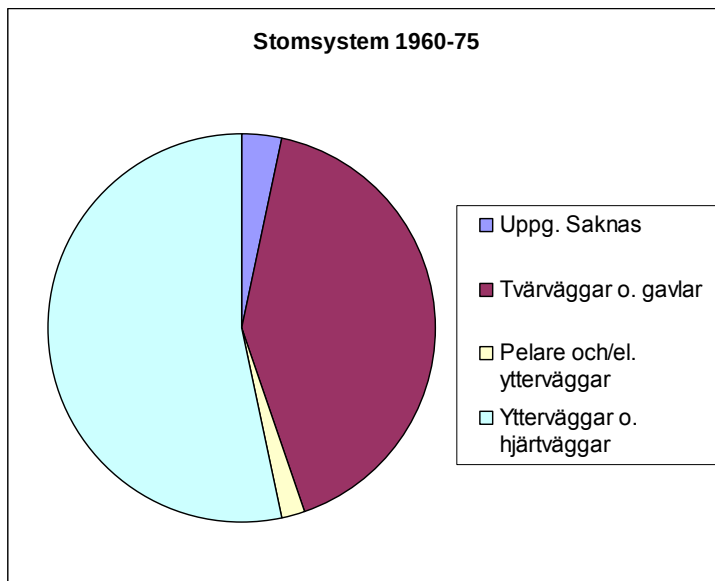
I samma takt som det industrialiserande byggandet ökade minskade ovanstående stomsystem till fördel för ett system där man nyttjade gavelväggar samt tvärväggar som bärande. Detta system brukar ofta kallas bokhyllstomme eller lamellstomme. Pelarsystem var ovanliga.

De flesta bostäderna uppfördes som friliggande flerbostadshus i form av en raka enkla längor med två eller flera trapphus. Det förekommer även hus i vinklar och böjda bågformer. Både de raka och de böjda/vinklade hustyperna kallas lamellhus. Lamellhusen är i särklass den vanligaste hustypen från perioden 1960-75, knappt 85 % av alla lägenheter som uppfördes under perioden var av denna hustyp. Byggandet av lamellhus skiftade en aning över åren men underskred aldrig 75 % av den totala bostadsproduktionen. Under mitten av 1960-talet stod lamellhusen för 90 % av alla uppförda lägenheter.

Över en tredjedel av lamellhusen är tre våningar höga. Detta berodde mycket på att de då gällande byggreglerna godkände att dessa uppfördes utan hiss. Mot slutet av perioden ändrades dock reglerna vilket gjorde att trevåningshus inte längre kunde uppföras utan hiss. Räknar man in de lamellhus som uppfördes i fyra våningar så täcker man in hälften av alla

de flerbostadshus som producerades under åren 1960-75. Lamellhus var inte en ny hustyp vid denna tid. Dock skiljer sig periodens lamellhus från tidigare producerade lamellhus då de under perioden 1960-75 ofta uppfördes utan vind och hade låglutande tak.

Lamellhus i fyra plan kunde byggas med trapphus utan hiss om det översta våningsplanet ej låg mer än nio meter ovan mark. Det var först 1977 som krav på hiss för bostäder med fler än två våningsplan infördes (Boverket 2003). Vilka stomsystem som användes under perioden redovisas i figur 2.3.



Figur 2.3 Stomsystem (Björk, Kallstenius, Reppen 1983)

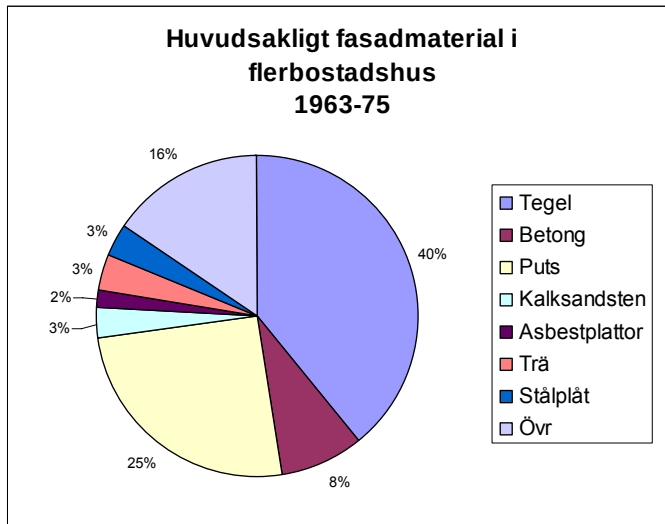
Stort fokus lades under perioden på att bygga effektivt och till låga kostnader. Till följd av detta utfördes tak som plana eller låglutande tak täckta med papp. Takkonstruktionen var vanligtvis uppstolpade takstolar av trä på vindsbjälklaget. I sällsynta fall nyttjas vindsutrymmet som förråd eller för annat ändamål. Taksprången är oftast mycket små eller obefintliga.

2.1.2 Byggnadsmaterial

Bokhylllestommar kompletterades med utfackningsväggar, framför allt med lätta och tunna träkonstruktioner klädda med tegel, kalksandsten, trä eller något skivmaterial. Vanliga skivmaterial var korrugerad eller slät aluminiumplåt, stål eller aluminiumplåt med plastlaminerad yta eller kopparplåt (i mycket liten omfattning). Skivor av asbestcement förekom i liten omfattning mellan 1960-75. Anledningen till att asbestcementskivorna användes i liten omfattning var att de främst nyttjades i balkong- och fönsterbröstningar.

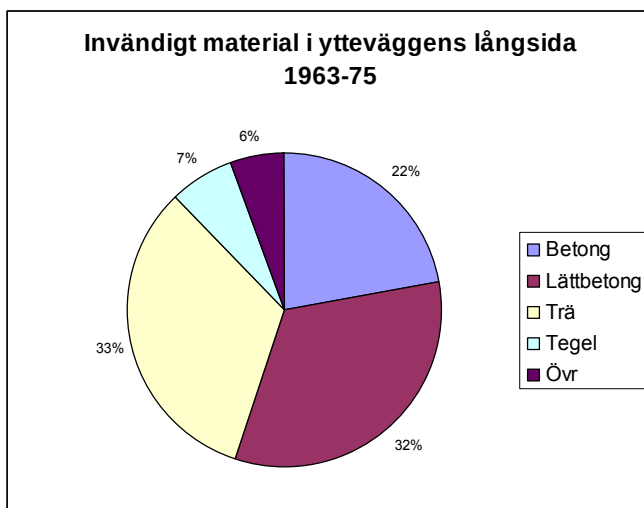
De bärande gavelväggarna i byggnader med bokhylllestomme kläddes ofta med ett annat material än utfackningsväggarna. Byggnader där samtliga yterväggar är bärande har van-

ligtvis putsade fasader. Tegelfasader och putsade fasader är de vanligaste fasadbeklädnaderna. En sammanställning av fasadmateriäl i flerbostadshus visas i figur 2.4.



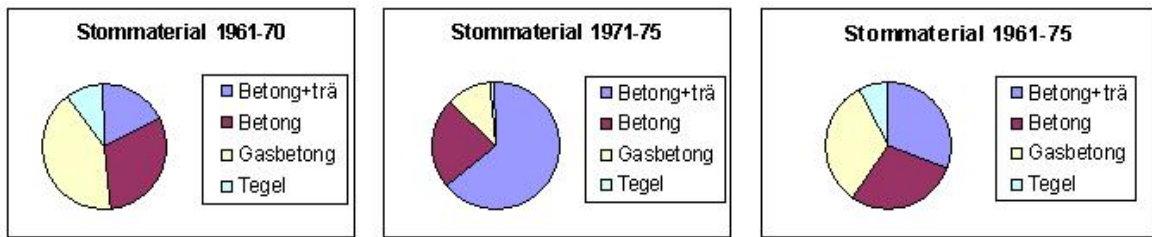
Figur 2.4 Fasadmateriäl i flerbostadshus med statligt bostadslån (SCB 2007)

Innanför tegel- och betongfasaderna var det vanligt med träkonstruktioner. Lättbetongväggar putsades nästan uteslutande. De invändigt använda materialen redovisas i figur 2.5.



Figur 2.5 Invändigt materiäl i yttreväggens långsida (SCB)

Statistiken visar tydligt att lättbetong/gasbetong var vanligt i början av perioden 1960-75. Betongen minskade i användning mot slutet av perioden till fördel för trästomme med utfackningsväggar av trä. Bokhyllsystemet blev vanligare och vanligare som stomsystem, se figur 2.6.



Figur 2.6 Stommaterial (Bjerking 1978)

De fönster som monterades under perioden var främst tvåglasfönster med kopplade bågar utan spröjs, ofta med stora glasytor. Ibland var fönstren uppdelade i en mindre och en större båge. Ofta användes stora fönster med en mindre vädringslucka på sidan, dock inte så stora fönster som ses i lägenheter idag där de går från golv till tak. Karmvirket var ofta av mindre bra kvalitet. Tätningsmaterial och fogmaterial som nyttjades under perioden har åldrats och ofta mist sin elasticitet, vilket idag medför otäta och dragiga konstruktioner.

2.1.3 Ventilationssystem

Ventilationssystemen som används i flerbostadshus i Sverige byggda mellan 1961 – 1975 är framför allt mekaniska frånluftssystem, 58 % (ELIB 1993). En liten andel, ca 4 % ventileras med från- och tilluftssystem och resterande 38 % ventileras med självdrag. Troligtvis har flera av fastigheterna från denna tid behövt renovera ventilationssystemen och förstärka självdragsventilerade fastigheter med en förstärkande fläkt. Många hus byggda under rekordåren har platta eller mycket svagt lutande tak med litet eller obefintligt vindsutrymme. Fläktar fick därför inte plats att monteras på vind, utan har placerats på yttertak i takhuvar med direktdrift av fläkthjulet (Orestål 1996).

I de fastigheter som har ett mekaniskt från- och tilluftssystem finns ofta ett fläktrum på tak. Tilluften förvärmades med ett batteri. Vanligtvis placerades tilluftsdonen bakom radiatorer och inblåsningstemperaturen var låg, men hastigheten hög.

Både vid mekanisk ventilation och vid självdrag är frånluftsuttag placerade i kök och badrum.

2.1.4 Uppvärmning

Fjärrvärme är den vanligaste uppvärmningskällan för flerbostadshus i Sverige (SCB 2007). Totalt används 27,9 TWh för uppvärmning av flerbostadshus i Sverige varav 24,2 TWh är fjärrvärme. Mätningar från 2006 visar att 76 % av den uppvärmda arean eller 54 % av det totala antalet lägenheter värms med fjärrvärme. För flerbostadshus byggda mellan 1961 – 1970 är den genomsnittliga energianvändningen för uppvärmning 170 kWh/m²,år (ej normalårskorrigerat). I de fastigheter från denna tidsperiod som använder fjärrvärme är ener-

gianvändningen 159 kWh/m²,år (ej normalårskorrigerat) att jämföra med den genomsnittliga fjärrvärmeanvändningen för alla flerbostadshus med fjärrvärme som är 156 kWh/m²,år.

2.2 Ändring av byggnader

Följande avsnitt beskriver de allmänna krav som ställs i Sverige vid ändring av byggnadsverk (Boverket 2006). Byggnaders inre delar skall enligt PBL (plan- och bygglagen) och BVL (lagen om tekniska egenskapskrav på byggnadsverk m.m.) underhållas så att väsentliga tekniska egenskaper i huvudsak bevaras. Anordningar som skall tillgodose krav för brand, hygien, hälsa, miljö, användning, energihushållning, värmeisolering och tillgänglighet skall hållas i stand.

För byggnaders inre delar finns det inte något krav på varsamhet och anpassning till olika värden vid underhåll. Det finns det däremot för byggnadernas yttre delar. Byggnadsverk som ändras skall, under förutsättning av normalt underhåll, under en ekonomiskt rimlig livslängd uppfylla väsentliga tekniska egenskapskrav. Det innebär att byggnader skall utföras och ändras med sådant material och på sådant sätt att reparations-, underhålls- och driftkostnaderna begränsas. Byggnadernas yttre delar skall enligt PBL hållas i vårdat skick. Underhållet skall anpassas till byggnadens värde från kulturhistorisk, miljömässig och konstnärlig synpunkt.

2.2.1 Definitioner (Boverket 2006)

- **Ändring**

Från och med den 1 juli 1995 har begreppet ombyggnad tagits bort ur plan- och bygglagstiftningen. Allting som inte är nybyggnad eller underhåll kallas nu för ändring. Ändringen kan vara tillbyggnad eller annan ändring.

- o **Tillbyggnad**

Med tillbyggnad avses åtgärder som ökar en byggnads volym oavsett i vilken riktning detta sker. Hit räknas alltså påbyggnad och utgrävning för källare, men inte att en vind inreds inom befintlig byggnadsvolym.

- o **Annan ändring**

Med annan ändring (annan än tillbyggnad) avses yttre eller inre åtgärd som innebär ändring av till exempel planlösning, fasad, konstruktion, installationer eller byte av inredning och material i större omfattning än vad som följer av underhåll. Ändringsbegreppet är inte kopplat till om en brukstid förlängs eller inte utan utgår från åtgärden som sådan

- **Följdkrav**

När delar av en byggnad ändras kan ibland följdkrav ställas på att andra delar av byggnaden skall åtgärdas så att även de uppfyller de tekniska egenskapskraven. Detta gäller inte vid tillbyggnad.

- **Förbättringskrav**

I en befintlig byggnad behöver i regel bara de krav vara uppfyllda som fanns i den

bygglagstiftning och de byggregler som gällde när byggnaden uppfördes eller ändrades. I några få avseenden gäller dock krav som införts senare.

- **Underhåll**

Med underhåll avses inre och yttre åtgärder som behövs för att ett byggnadsverks tekniska egenskaper i huvudsak skall bevaras. Underhåll innebär således inte att en byggnad tillförs nya egenskaper och funktioner eller att dess standard höjs.

2.2.2 Allmänna krav vid ändring av byggnad

2.2.2.1 Varsamhetskravet

(3 kap. 10-13 § PBL och 2 § BVL)

PBL anger varsamhetskravet:

”Ändringar av en byggnad skall utföras varsamt så att byggnadens karaktärsdrag beaktas och dess byggnadstekniska, historiska, kulturhistoriska, miljömässiga och konstnärliga värden tas till vara.”

PBL anger inga tekniska egenskaper som en bostad skall uppfylla. Detta anges i BVL. Både PBL och BVL gäller vid ändring av byggnadsverk.

Varsamhetskravet kan inte tillämpas så att de hindrar att de tekniska egenskapskraven uppfylls. Varsamhetskravet påverkar dock sättet att genomföra åtgärderna. PBL anger även ett förvanskningsskrav:

”Byggnader, som är särskilt värdefulla från historisk, kultur- historisk, miljömässig eller konstnärlig synpunkt eller som ingår i ett bebyggelseområde av denna karaktär, får inte förvanskas.”

Boverket anger följande (Boverket, 2006):

Kravet på varsamhet gäller även när hela områden rustas upp och de yttre åtgärderna dominerar. Det faktum att ett bostadsområde uppfattas som nedslitet bör i sig inte tas till intäkt för en sådan fullständig omvandling av området att dess tidigare identitet helt går förlorad”

Detta innebär att kommunen kan skicka bygglovsansökan på remiss till Stadsmuseet eller likartad antikvarisk instans. Omdöme från denna avgör inte om man får bygglov men i områden som anses ha historisk betydelse kommer denna instans utlåtande vara en viktig röst för bedömningen i Stadsbyggnadsnämnden.

Observera att PBL även omfattar varsamhetskrav för anläggningar, tomter, allmänna platser m.m.

2.2.2.2 Hänsyn till förutsättningar och ändringens omfattning

(14 och 17 § BVF)

Dessa två ovanstående paragrafer gör att egenskapskraven kan sänkas med hänsyn till ändringens omfattning och byggnadens förutsättningar. Detta gör att varje enskilt fall måste bedömas var för sig. Det är också möjligt att egenskapskrav sänks genom detaljplan.

Exempelvis kan kravet på hiss med tillräckliga mått för rullstol inte tillgodoses på grund av varsamhetskravet. I ett sådant fall anses således att varsamhetskravet gör att de tekniska egenskapskraven ej behöver uppfyllas till fullo.

2.2.2.3 Miljöanpassning och yttre utformning

(3 kap 1 § PBL)

Varsamhetskravet och förvanskningsskravet som anges i PBL gäller vid förändring av en byggnads yttre. PBL säger även:

"...Byggnader skall ha en yttre färg och form som är estetiskt tilltalande..."

Detta gäller även vid förändring.

2.2.2.4 Värdefulla bebyggelseområden och byggnader

(3 kap 12 § PBL)

Byggnadsverk eller områden som anses särskilt värda att bevara har förstärkt skydd, förvanskningsskravet, som gör att det i princip ej får förändras till sitt yttre.

För att ett byggnadsverk eller område skall anses som särskilt värdefull krävs det att värde är så stort att dess bevarande kan sägas utgöra ett verkligt allmänintresse.

Boverket ger följande exempel:

- byggnader som ger en god uppfattning om tidigare sociala villkor
- byggnader som har haft betydelse för utvecklingen ur arkitektonisk, historisk, kulturhistorisk eller teknisk synpunkt
- byggnader som värderas högt av en lokal opinion
- byggnader som ej enskilt är värdefulla men som blir det genom samhörighet i en grupp, ett kvarter, en fasadräcka eller liknande

Observera att förvanskningsförbudet ej är likställt med ett förändringsförbud.

2.2.2.5 Följdkrav på byggnaden

(15 § BVF)

Följdåtgärder kan fordras om en ändring (ej tillbyggnad) medför en betydande förlängning av byggnadens brukstid eller stor förändring av användningen av byggnaden eller del av denna. Om ändring medför något av ovanstående skall de tekniska egenskapskraven uppfyllas även i fråga om de delar av byggnaden som, utan att omfattas av ändringen, indirekt berörs av ändringen.

Sedvanliga underhållsåtgärder räknas ej som att de medför en betydande förlängning av brukstiden.

2.2.2.6 Följdkrav på tomt

(3 kap § 16 PBL)

Följdkrav kan även ställas på tomt, detta diskuteras ej i denna rapport.

2.2.3 Tekniska egenskapskrav

Tekniska egenskapskrav ställs främst i BVL och BVF. Kraven är i princip desamma oavsett om det gäller nybyggnation eller ändringar av befintliga byggnader. Dessa krav tillämpas, enligt tidigare avsnitt, tillsammans med krav på varsamhet och förbud mot förvanskning.

2.2.3.1 Bärförmåga, stadga och beständighet

(2 § BVL och 3 § BVF)

Råd från Boverket (Boverket, 2006):

” För en konstruktion som genom ändring får väsentligt ökad last eller då annan ändring av den bärande konstruktionen behöver göras, bör en hållfasthetskontroll genomföras enligt BKR ”

Vid exempelvis ny fasadbeklädnad bedöms att bärande konstruktion ej utsätts för väsentligt ökad last. Ändras bärande konstruktion bedöms att det näst intill uteslutande måste göras hållfasthetskontroll enligt BKR. Ett alternativ, enligt BKR är dimensionering genom provning, vilket beskrivs i Boverkets handbok *dimensionering genom provning*.

2.2.3.2 Brand

(2 § BVL och 4 § BVF)

Brandkraven vid ändring/tillbyggnad är lika de som gäller för nybyggnad. Brandkraven definieras i BBR. Generellt kan sägas att bostäder från rekordåren kommer att klassas som Byggnader, Br1.

Avsnitt 5 i BBR beskriver vilka krav som ställs gällande integritet och isolering. Nedan följer en sammanfattning av de viktigaste kraven i BBR. Vid aktuellt projekt skall fullständig brandprojektering utröras.

- BBR 5:3 – Utrymning vid brand
Generellt gäller att bostäder skall ha minst två stycken, oberoende av varandra, utrymningsvägar. Fönster på markplan kan betraktas som utrymningsväg. Trapphus, Tr2, får vara enda utrymningsväg från bostäder upp till 16 våningar, gäller ej särskilda boenden. Trapphus, Tr2, avser trapphus med minst EI60-klass.
- BBR 5:4 – Skydd mot uppkomst av brand
Avsnittet omfattar eldstäder, eldningsapparater, värmeinstallationer och spisar samt rök- och avgaskanaler. Bedöms ej beröra renovering av klimatskal.
- BBR 5:5 – Skydd mot spridning inom brandcell. I byggnader i klass Br1;
 - Bör takytor ha ytskikt av klass B-s1 (klass I), motsvaras av gipsskivor eller likvärdigt material fäst på obrännbart material eller tändskyddande beklädnad.
 - Väggytor bör ha ytskikt av lägst klass C-s2,d0 (klass II), motsvaras exempelvis av en tapetserad gipsskiva.
 - Utrymningsvägars takytor och väggytor ska ha ytskikt klass B-s1 (klass I)

- BBR 5:6 – Skydd mot brand- och brandgasspridning mellan brandceller.
Enligt Boverket behöver kraven i 5:6 BBR ej uppfyllas vid ändring (Boverket, 2006).
- BBR 5:7 – Skydd mot brandspridning mellan byggnader.
Generellt gäller att byggnader skall uppföras med minst 8 meters avstånd från varandra. Stora byggnader skall delas upp i sektioner med avskiljande brandväggar.
- BBR 5:8 – Bärförmåga vid brand
I byggnader i klass Br1:
 - Vertikalt bärverk samt stomstabiliserande horisontellt bärverk skall ha brandteknisk klass R60. Detta motsvaras exempelvis av 160 mm betongvägg, en vanlig bärande konstruktion under rekordåren
 - Horisontellt ej stomstabiliserande bärverk skall ha brandteknisk klass R60. De flesta av rekordårens bostäder uppfördes med mellanbjälklag av betong och bedöms till stor del uppfylla dessa krav
- BBR 5:9 – Anordningar för brandsläckning.
BBR ställer främst krav på källare och vind. Detta kommenteras ej här.
Trapphus skall förses med anordningar som underlättar utrymning och räddningsinsatser. Detta kan exempelvis innebära rökluckor, öppningsbara fönster m.m.

2.2.3.3 Hygien, hälsa och miljö

(2 § första st. 3 BVL och 2, 3, 5, 8 och 10 § BVF)

Material och byggprodukter får inte påverka inomhusmiljö eller närmiljö negativt.

Boverket rekommenderar att asbest avlägsnas om det finns risk för spridning till inomhusluften. Byggnadsmaterial bör kontrolleras mot Kemikalieinspektionens PRIO-lista. Årsmedelvärdet av radon måste kontrolleras, får ej överstiga 200 Bq/m³.

Gällande ventilation så ger Boverket följande råd (Boverket, 2006):

”Luftväxling enligt avsnitt 6:251 i BBR bör eftersträvas.[...] Nytt installationssystem bör installeras endast om befintligt ej kan kompletteras för att uppnå avsedd luftväxling. Befintliga kanalsystem som ej skall användas bör demonteras eller proppas”

Beträffande transmissionsförluster genom klimatskalet, termisk komfort och värmeeffektbehov är kraven i BBR och rekommendationerna från Boverket så låga att de ej innebär problem att uppfylla.

Det är mycket möjligt att förbättrings krav kan ställas på anordningar för avfallshantering vid ändring av byggnad. Detta gäller även om utrymmet ej ligger i samma byggnad som byggnaden där ändringsarbete utförs.

Den 1 mars 2007 började *Förordning (2007:19) om PCB m.m.* gälla. Förordningen anger bland annat att ägare till byggnad som uppförts före 1970 skall se till att PCB-produkter avlägsnas senast den 30 juni 2011. För byggnader uppförda ≥ 1970 skall PCB-produkter avlägsnas senast den 30 juni 2013. Om byggnad skall byggas om eller renoveras under de närmast följande åren efter det att PCB-produkten skulle ha avlägsnats får tillsynsmyndigheten medge att avlägsnandet sker i samband med ombyggnaden eller renoveringen.

2.2.3.4 Säkerhet vid användning och skydd mot buller

(2 § första st. 4-5 BVL, 6-7 § BVF och 21 § PBL)

Säkerhetskravet innebär säkerhetsanordningar, till exempel på tak, vid trappor och för barnsäkerhet. Krav kan ställas, avseende skydd mot buller, på förbättringar i samband med ändringsarbeten för klimatskalet.

Boverket ger följande råd gällande buller:

”För ändringar i sig och följdåtgärder bör eftersträvas den ljudnivå och ljudisolering som gäller vid nybyggnad enligt avsnitt 7 i BBR, det vill säga motsvarande klass C, [...]”

2.2.3.5 Energihushållning och värmeisolering

(2 § första st. 6 BVL samt 8 och 10 § BVF)

Beträffande energihushållning och värmeisolering skall kraven på nivåer i BBR uppfyllas. Uppfyller inte aktuell byggnad de nivåer som anges i BBR 9:2 och 9:3 ger Boverket rådet att en genomgång bör göras för att identifiera vilka åtgärder som kan vidtas för att minska byggnadens energianvändning. Dessa åtgärder skall vara förenliga med byggnadens byggnadstekniska, historiska, kulturhistoriska, miljömässiga och konstnärliga värden.

2.2.3.6 Tillgänglighet och lämplighet för avsett ändamål

(2 § första st. 7-8 BVL, 12, 14-15 § BVF samt 3 kap 10, 12 § PBL)

Ändringar bör uppfylla den nivå som anges i avsnitt 3 i BBR gällande tillgänglighet. Det skall även ta hänsyn till varsamhetskravet och förvanskingsförbudet i PBL.

Krav gällande lämplighet är krav som skall uppfyllas för att en byggnad skall anses som lämplig för avsedd användning. Vid ändringsarbeten kan det exempelvis bli aktuellt med att bredda vissa dörrar och utvidga eller anpassa badrum.

2.2.3.7 Hushållning med vatten och avfall samt underhåll

(2 § BVL och 13 § BVF)

Brister som bör registreras och åtgärdas är till exempel installationer med hög förbrukning, läckande ledningar i mark samt avsaknad av möjligheter att källsortera avfall.

Bestämmelserna om rivning i PBL syftar bland annat till att rivningsmaterial skall kunna återanvändas och återvinnas samt att farligt avfall skall kunna omhändertas.

En byggnads ägare har enligt BVL ansvaret för att underhålla byggnaden så att de betydande tekniska egenskaperna bevaras. Ägaren skall också se till att anordningar hålls i skick, för att tillgodose följande krav: säkerhet i händelse av brand, skydd med hänsyn till hygien, hälsa och miljö, säkerhet vid användning, energihushållning och värmeisolering samt tillgänglighet och användbarhet för personer med nedsatt rörelse- eller orienteringsförmåga. Därför bör det efter ändringsarbeten finnas instruktioner för drift, underhåll och skötsel samt en plan för regelbundet underhåll.

3 SAMMANSTÄLLNING AV INVENTERADE OBJEKT

En inventering har utförts av renoveringsprojekt utförda med energifokus där många av projekten deltar i eller har presenterats i IEA – SHC Task 37. Objekten har valts bland både svenska och utländska projekt, se Bilaga 1. Flera av de svenska renoveringsprojekten är goda referenser för renovering av rekordårens bebyggelse. De utländska projekten är ofta uppförda vid en annan tidpunkt än 1960 - 1975, men dess lösningar för energieffektivisering vid renovering är intressanta även för våra byggnader. Vid en jämförelse av objektens redovisade energieffektivisering framgår det att de svenska projekten inte riktigt klarar att nå en lika stor procentuell minskning av energibehovet för uppvärmning, som de europeiska renoveringsprojekten. Detta beror mycket på att de svenska projekten har en relativt hög standard redan före renovering, med isolerat klimatskal, ofta två- eller ibland treglasfönster och till viss del kontrollerad ventilation. I mellan- och sydeuropa är det inte ovanligt att byggnader från mitten av 1900-talet helt saknar isolering.

3.1 Svenska

De svenska inventerade projekten har redan innan renovering isolerade konstruktioner av väggar, golv och tak. Konstruktionerna behöver dock förbättras för att få ner den höga energiförbrukningen för uppvärmning i bostäderna. Ett stort problem är även otätheter, som uppkommit dels i skarvar mellan prefabricerade byggelement samt där tätningsmaterial åldrats och skapat sprickor. En huskropp med 18 lägenheter i renoveringsprojektet Brogården i Alingsås har täthetsprovats då hyresgästerna klagat på drag och ojämna inomhustemperaturer. Resultatet visar på ett luftläckage i medeltal på 2 l/s,m² vid +/- 50 Pa och med hjälp av en värmekamera indikeras bland annat luftläckage i skarvar mellan elementblock.

Runt fönster är tätningsmaterialens brister generellt väl synliga och måste åtgärdas. Själva fönstren har ofta ett högt U-värde och i kombination med underhållsbehov bör de bytas. Fastigheternas befintliga ventilation är ofta bristfällig med frånluftsfläktar utan värmeåtervinning och luftintag i spaltventiler ovan fönster, vilka bidrar till kallras och sämre komfort för hyresgäst. I vissa fall är även den yttre miljön i fokus, med förbättringsarbeten av social status av bostadsområden och högre uthyrningsgrad av lägenheter.

I projektet Brogården i Alingsås är Alingsås Energi en viktig del av projektet. Brogården är före renovering anslutet till Alingsås Energis fjärrvärme och kommer även i fortsättningen ta energi för uppvärmning och varmvatten via fjärrvärmenätet. Planering sker av ett centralt solfångarsystem som ägs av Alingsås Energi och som kommer användas för värmedistribution. Som komplement till solfångarna används flis, för att täcka stadens värmebehov när solen inte räcker till. För att lätt kunna samarbeta har Alingsåshem nyligen flyttat in i samma lokaler som Alingsås Energi.

3.1.1 Begränsning av värmeförluster

En mycket vanlig åtgärd för att minska energianvändningen för uppvärmning för en byggnad är att tilläggsisolera klimatskalet. I tre av de svenska inventerade objekten genomfördes ingen tilläggsisolering. I dessa objekt har byggnadernas energibehov minskat med 15-54 kWh/m², år. 63 % av de svenska objekten har valt att tilläggsisolera både tak och yttervägg. Samtliga objekt som tilläggsisolerade valde även att byta till fönster med lägre U-värde, alternativt renovera och montera energiglas i befintlig konstruktion. Av de projekt som har minskat sitt behov av köpt energi med ≥ 70 kWh/m², år har samtliga tilläggsisolerat byggnaden/byggnaderna i varierande utsträckning.

3.1.2 Begränsning av energitillförsel

Individuell mätning och debitering av varmvatten är en effektiv åtgärd för energibesparing. Tidigare undersökningar visar att varmvattenförbrukningen kan minska med 15-30 % vid individuell mätning och debitering av varmvatten (Berndtsson, 2003 och Boverket, 2002). Att byta befintliga armaturer till snålspolande armaturer ger inte lika stor effekt, mätningar visar då en minskad varmvattenförbrukning på 5-15 % (Boverket, 2007). I det inventerade objektet Östlyckan i Alingsås minskade vattenförbrukningen med 25 % vid byte av befintliga armaturer till mer resurseffektiva.

3.1.3 Energiåtervinning

Att installera en värmepump (frånluftsvärmepump) alternativt återvinning av värmen/energin ur frånluften med värmeväxling (FTX) är en vanlig åtgärd. 63 % av objekten har valt denna åtgärd, då renoveringen av de aktuella byggnaderna även kräver en renovering av befintligt ventilationssystem och lösningen med värmepump/FTX ger en stor energibesparing. Samtliga objekt, utom ett, som har installerat någon form av energiåtervinning har minskat sitt behov av köpt energi med ≥ 70 kWh/m², år. Det objektet som inte nådde 70 kWh/m², år nådde troligtvis inte så långt på grund av ett det ej tilläggsisolerades. Inget av de svenska objekten har installerat spillvattenåtervinning.

3.1.4 Lokal energiproduktion

I kvarteret Ringdansen i Norrköping användes före renovering fjärrvärme för uppvärmning. Vid renoveringen planerades bergvärmepumpar att installeras för att förse hela området med värme och därmed minska mängden köpt fjärrvärme. Vindkraft skulle producera el till drift av värmepumpar. Lösningen som valdes, efter beslut av fastighetsägaren kommunen, blev att behålla fjärrvärme som den huvudsakliga uppvärmningskällan och komplettera med bergvärme. Totalt är 8800 meter energiborrhål och 1000 meter ytkollektorer installerade i området (www.ringdansen.se).

I slutet på 1990-talet, i Dalby (kvarteret Byalaget) strax sydöst om Lund, byggdes en solfångaranläggning med en solfångararea på 378 m². Efter en del injusteringar och problem

med överhettning har nu systemet stabiliserats till en nyttiggjord solvärmeproduktion på omkring 118 MWh per år (Boo 2005).

3.2 Övriga Europa

Det befintliga fastighetsbeståndet i Europa saknar i många fall isolering av klimatskalet. Kraven på ventilation av bostäder är lägre än de svenska kraven och i vissa fall obefintligt. Bevarandekraven av fasader är i många fall höga, vilket ger utmaningar vid tilläggsisolering och installation av värme- och ventilationssystem. De höga energipriserna som varit i Europa under en längre tid, motiverar många fastighetsägare att renovera för att minska fastighetens energibehov.

3.2.1 Begränsning av värmeförluster

Samtliga projekt har tilläggsisolerat i varierande utsträckning, vilket är den här vanligaste åtgärden för energieffektivisering. Med förbättringar av klimatskalet nås enkelt en förbättring av byggnadens energiprestanda. Ofta fås även en avsevärd komforthöjning för hyresgästen, inte endast på grund av förbättrat klimatskal utan även genom att mekanisk ventilation installeras. I Österrike har nyrenoverade objekt besökts som helt saknar mekanisk ventilation. Utan mekanisk ventilation är det mycket svårt/omöjligt att installera återvinning av energin ur frånluften.

3.2.2 Begränsning av energitillförsel

Installation av flödesmätare för individuell mätning av tappvatten har länge varit vanligt i Europa, så också i dessa inventerade projekt. I de inventerade renoverade projekten finns även enkla styrsystem för reglering av ventilationssystem. Dessa kan vara indelade i olika hastigheter, som hyresgästen själv reglerar efter behov, så att inte onödig energi går åt för luftdistribution.

3.2.3 Energiåtervinning

69 % av de inventerade projekten har installerat återvinning av energin ur frånluften, vanligtvis i form av en frånluftsvärmepump.

3.2.4 Lokal energiproduktion

I europeiska renoveringsprojekt med energifokus är det vanligt med lokala värmedistributionssystem, där ett par fastigheter går samman om en undercentral. Fjärrvärmenäten ofta inte lika utbyggda som de svenska näten och är sällan ett alternativ. Undercentralen kan lokalt producera värme i en gaspanna, som sedan distribueras till fastigheterna runtomkring. I vissa av de inventerade projekten förekommer även lokal produktion av el, där en Sterlingmotor kopplats till gaspannan.

Solfångare är mycket vanligt för tappvarmvattenproduktion och förekommer framförallt i Tyskland, Österrike och Schweiz. Solceller är inte lika vanligt, men förekommer för lokal produktion av el. Tyskland har ett mycket förmånligt bidragssystem, som uppmuntrar fastighetsägare till produktion av el i solceller.

4 ANALYS AV KROKSBACK

4.1 Beskrivning av objektet

I detta projekt är en del av syftet att analysera en verklig fastighet byggd under rekordåren med bra statistik på energitillförsel och konstruktioner. Det i Malmö kommunala bostadsbolaget MKB hjälpte med en lista på fastigheter byggda under den aktuella tidsperioden. Efter en rundresa bland de listade fastigheterna konstaterades att området Kroksbäck och Gullviksborg vara de mest lämpliga områdena. Detta på grund av att de var tre våningar höga byggnader med tegelfasader. Denna byggnadstyp och fasadbeklädnad konstaterades vara de vanligaste från den aktuella tidsperioden under litteraturstudierna. Efter ytterligare kontakt med MKB bestämdes det att Gullviksborg skulle väljas bort pga redan genomförda renoveringar och olämplig placering av undercentral. Valet blev att studera en fastighet i området Kroksbäck.

Kroksbäck är ett bostadsområde i stadsdelen Hyllie i Malmö. I området finns både hög och låg bebyggelse. Området är beläget mellan Bellevuevägen och Kroksbäcksparken, söder om Ärtholmsvägen. Området delas av Lorensborgsgatan. Väster om Lorensborgsgatan finns villor, den östra sidan består av flerfamiljshus. I figur 4.1 visas en översiktsbild över området.



Figur 4.1 Satellitbild över del av Kroksbäck (www.hitta.se)

Området är uppkallat efter den bäck som förser Malmös pildammar med vatten. Denna bäck är idag helt kulverterad. Området började byggas 1965 och stod klart några år senare (Tykesson, 2002).

Det studerade objektet är en trevåningsbyggnad med åtta stycken trapphus och 19 lägenheter på varje plan, totalt 57 stycken lägenheter. Samtliga lägenheter utom de som är 1 RoK har balkong. Ägare och förvaltare är det allmännyttiga bostadsbolaget i Malmö, MKB.

Byggnaden har källare där förråd och tvättstugor återfinns. Från källaren når man garaget som ligger under gårdsplanen. Byggnaden är platsbyggd med bärande stomme av tegel och fasad av tegel. Mellan murverken av tegel har mineralull monterats. För vidare specificering av konstruktioner, se tabell 4.1.

Tabell 4.1 Teknisk beskrivning Kroksbäck hus 6

Byggdelen	Uppbyggnad (inifrån och ut)	U-värde (W/m ² K)
Yttervägg	140 mm tegel 80 mm mineralull Eventuell luftspalt 120 mm tegel	0,37
Bärande innevägg	140 mm tegel	2,22
Lägenhetsskiljande vägg	2x140 mm tegel	1,37
Vindsbjälklag	150 mm betong 150 mm mineralull Uppstolpad takstol	0,25
Platta på mark	120 mm betong 150 mm dränerande lager	3,33
Bjälklag mot källare	Övergol 60 mm betong 50 mm isolering 150 mm betong	0,64
Lägenhetsskiljande bjälklag	Övergol+ 200 mm betong	3,34
Fönster	Original 2-glas U-värde 3 W/m ² ,K. Vissa fönster utbytta/renoverade.	

Lägenheterna ventileras med hjälp av självdrag. För tvättstugorna har självdraget förstärkts genom att små fläktar monterats på taket, se figur 4.2. Utgår man från statistiken presenterad i kapitel 2 så är valet av en trevåningsbyggnad med tegelfasad mycket typiskt för tidsperioden. Dock är denna byggnad platsbyggd och inte prefabricerad. Självdrag är också vanligt i denna typ av byggnad liksom uppvärmningen med fjärrvärme.



Figur 4.2 "Förstärkt självdrag"

Byggnaderna värms med fjärrvärme, undercentralen är i gott skick, se figur 4.3. Samtliga plan utom källarplan värms.



Figur 4.3 Undercentral

Vid besök på platsen, och intervju med områdesvärd Henrik Jacobsson, noterades att belysningen i garaget är på dygnet runt. Personalen på plats ej har reflekterat över det själva. Problem finns med inbrott och skadegörelse i bilarna stående i garaget, så tills vidare kommer belysningen att behållas på. Stort fokus läggs på att göra området tryggare. MKB har exempelvis börjat sätta in fönster i samtliga dörrar på källarplan för att man inte skall behöva vara rädd för vad man inte ser på andra sidan. En åtgärd som uppskattas.

Byggnaderna är i gott skick, med visst renoveringsbehov av fasadteglet placerat ovan fönster. Frostsprängda tegelstenar byts ut och ovan fönster monteras nya balkar, se figur 4.4. Ovan isolering på vindbjälklag har rester från den senaste renoveringen av tak ej städats undan, se figur 4.5. Vid balkongernas anslutning mot yttervägg noteras även vissa sättningar, se figur 4.6.



Figur 4.4 t v – ny balk monteras ovan fönster. T h – vissa tegelstenar har utsatts för frostsprängning och byts ut



Figur 4.5 Vindsbjälklag Kroksbäck



Figur 4.6 Sättningar vid balkonger

4.1.1 Köldbryggor

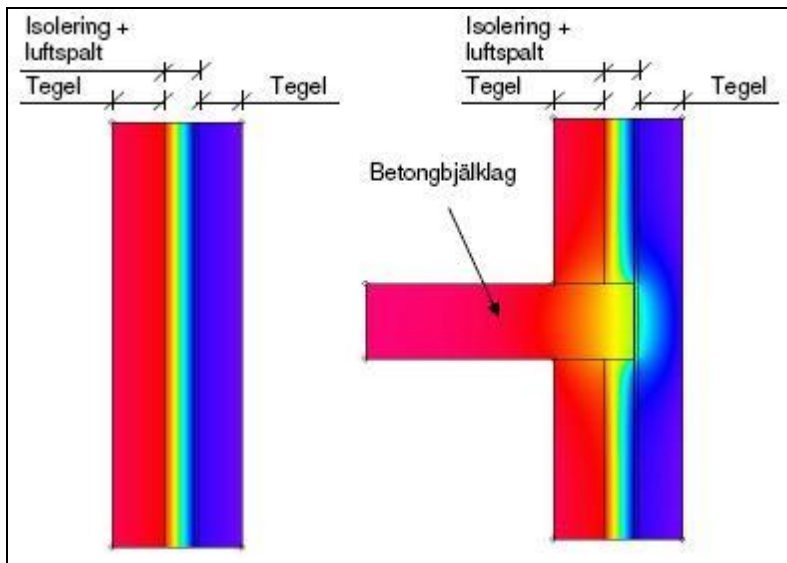
I dagens byggregler anges tydligt att då det beräknas huruvida byggnaden uppfyller kraven avseende energihushållning skall även köldbryggor beräknas (BBR 9:12, 2008). Så var ej fallet under den tidsperiod då denna byggnad uppfördes, vilket medfört att byggnader från denna tidsperiod ofta har anslutningar som ger upphov till stora köldbryggor. I Kroksbäck har ett antal köldbryggor identifierats vid okulär besiktning på plats samt genom granskning av ritningsunderlag. I tabell 4.2, återfinns en sammanställning av objektets köldbryggor, som i detta kapitel kommer gås igenom i detalj. Sammanställningen gör ej anspråk på att ha identifierat samtliga köldbryggor som existerar för byggnaden. Det är troligt att det finns fler köldbryggor som ej har identifierats. De köldbryggor som redovisas nedan är de köldbryggor som bedöms som de som har störst påverkan på byggnadens energianvändning. Samtliga av dessa köldbryggor påverkas även vid tilläggsisolering.

Köldbryggorna har beräknats med hjälp av HEAT 2 7.0, (Blomberg, Claesson, 2006). Figurerna 15-22 redovisar, från vänster till höger, en ritning som beskriver köldbryggan, beräknad temperaturfördelning för konstruktionen (där rött indikerar varm/hög temperatur och blå-lila indikerar låg temperatur) samt effektförlust. Bilderna kan studeras mer noggrant i bifogade bilagor.

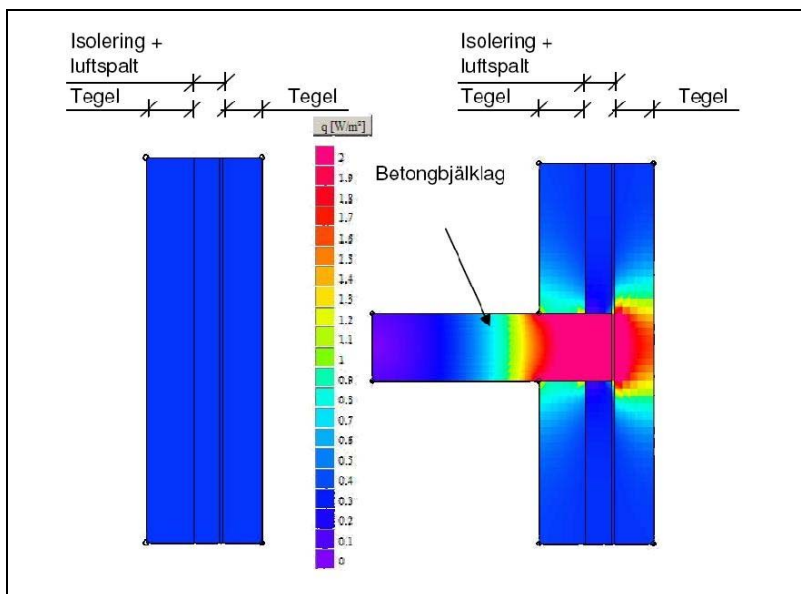
Tabell 4.2 Köldbryggor - Kroksbäck

Benämning	Effektförlust [W/mK]
Takfot	0,179
Mellanbjälklag - Yttervägg	0,006
Balkong "Balkongflagga"	0,170
Balkong, Balkonganslutning ovan fönster	0,199
Balkong, Balkonganslutning mot yttervägg	0,011
Balkong, Balkonganslutning mot grundbalk	0,641
Ytterväggsanslutning mot grundbalk	0,633
Karmanslutning	0,157

Vid redovisning av temperaturfördelning i konstruktionen kan man visuellt se om en köldbrygga föreligger, då temperaturfördelningen inte är jämn genom konstruktionssnittet, se figur 4.7. Man kan även studera effektförlusterna, se figur 4.8.



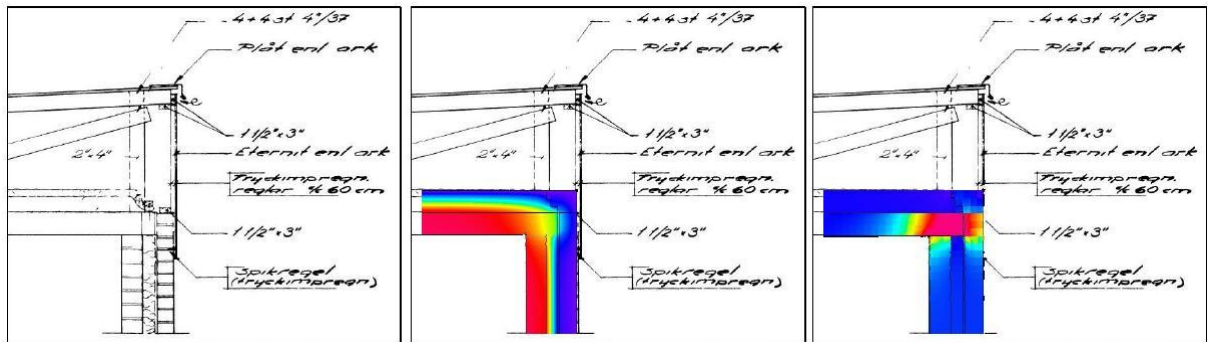
Figur 4.7 Temperaturfördelning genom två olika konstruktionssnitt.
Rött indikerar en varm/hög temperatur och blått/lila indikerar låg temperatur
t v Aktuell ytterväggskonstruktion i Kroksbäck utan några andra anslutande byggdelar
t h Anslutning av betongbjälklag som bildar en köldbrygga



Figur 4.8 Effektförluster i konstruktionssnitt Rött/rosa indikerar en hög effektförlust och blått/lila indikerar lägre effektförlust
t v Aktuell ytterväggskonstruktion i Kroksbäck utan några andra anslutande byggdelar
t h Anslutning av betongbjälklag som bildar en köldbrygga

4.1.1.1 Takfot

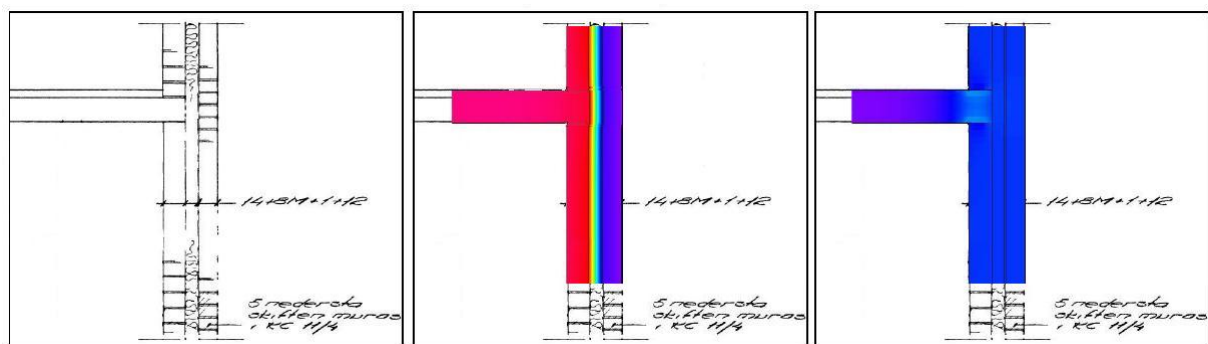
Vindbjälklaget är utfört i betong med 150 mm isolering ovanpå. Betongbjälklaget vilar på den bärande tegelstommen och skjuter ut över isoleringen. Det utskjutande betongbjälklaget bildar en köldbrygga. Köldbryggans specifika effektförlust beräknas till 0,179 W/mK. Temperaturfördelningen i konstruktionen redovisas i figur 4.9.



Figur 4.9 Anslutning takbjälklag – yttervägg
t v; detaljritning som beskriver köldbryggan, i mitten; temperaturfördelning genom anslutningen, t h effektförlust för anslutningen

4.1.1.2 Anslutning mellanbjälklag – yttervägg

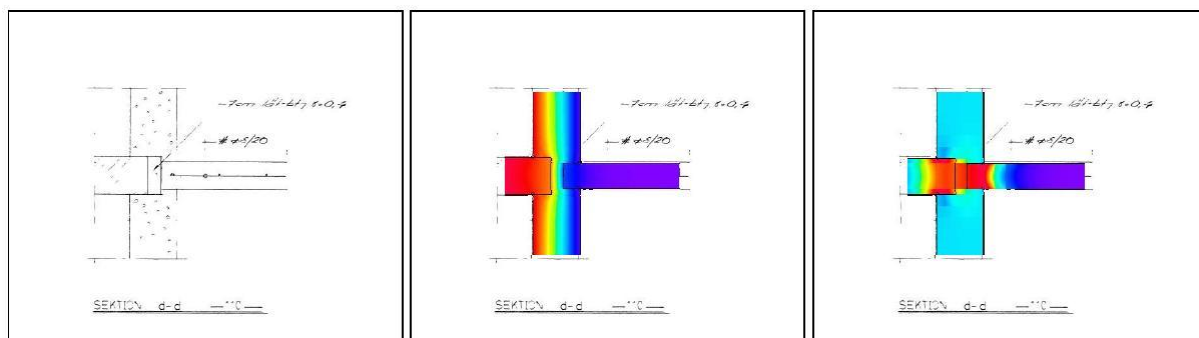
Mellanbjälklaget är utfört i 200 mm betong med övergolv. Betongbjälklaget vilar på den bärande tegelstommen och, enligt ritning, går isoleringen obruten utanför betongbjälklaget. Detta är positivt ur köldbryggesynpunkt. Köldbryggan ger effektförlusten 0,006 W/mK. Med dagens byggnadsteknik, som ofta anses hålla högre standard än den som var aktuell vid uppförande av denna byggnad, har köldbryggan som bildas vid anslutningen yttervägg och betongbjälklag vanligtvis en effektförlust inom intervallet 0,04-0,20 W/mK (Anderlind och Stadler 2006). Temperaturfördelningen av köldbryggan redovisas i figur 4.10.



Figur 4.10 Anslutning mellanbjälklag – yttervägg
t v; detaljritning som beskriver köldbryggan, i mitten; temperaturfördelning genom anslutningen, t h effektförlust för anslutningen

4.1.1.3 Balkongflagga

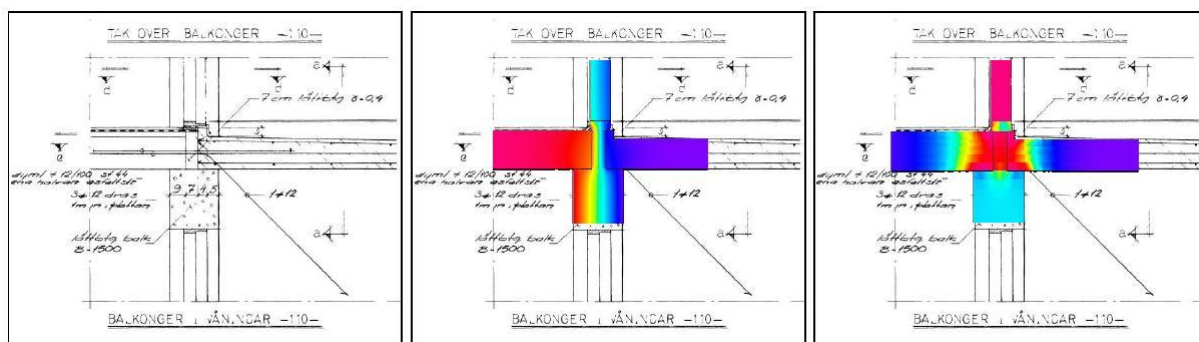
Vissa lägenheter har en balkong som ligger direkt i anslutning med grannens balkong. De skyddas för insyn från varandra med hjälp av en vägg utförd i betong, en betongflagga. Betongflaggan fortsätter hela vägen in genom konstruktionen för att möta en lägenhets-skiljande vägg. Koldbryggan som här bildas bryts delvis tack vare 70 mm lättbetong. Koldbryggans specifika effektförlust beräknas till 0,170 W/mK. Temperaturfördelningen för koldbryggan redovisas i figur 4.11.



Figur 4.11 Anslutning bärande vägg – balkongflagga
t v; detaljritning som beskriver koldbryggan, i mitten; temperaturfördelning genom anslutningen, t h effektförlust för anslutningen

4.1.1.4 Balkonganslutning ovan fönster

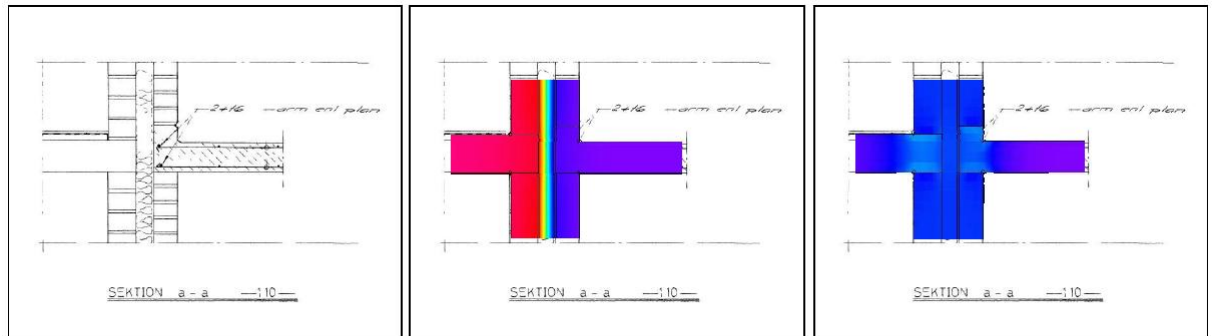
Ovan fönsterpartier i indragen balkong har en avväxling i form av en lättbetongbalk monteras (bx4 250 300 mm). Ovanpå denna balk vilar balkongen. Koldbryggan som bildas in genom konstruktionen bryts delvis med 70 mm lättbetong. Koldbryggans specifika effektförlust beräknas till 0,199 W/mK, se även figur 4.12.



Figur 4.12 Anslutning balkong ovan avväxlingsbalk i lättbetong
t v; detaljritning som beskriver koldbryggan, i mitten; temperaturfördelning genom anslutningen, t h effektförlust för anslutningen

4.1.1.5 Balkonganslutning mot yttervägg

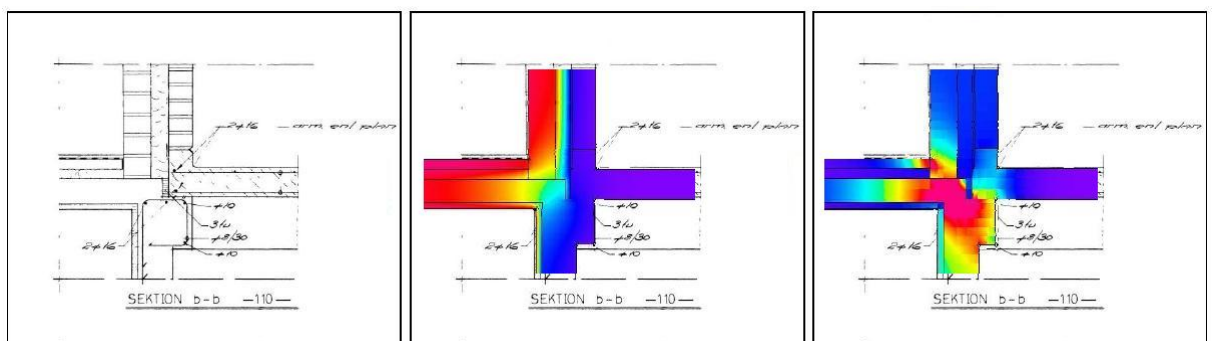
Där inga fönster finns monterade vilar balkongplattan på den yttre tegelkonstruktionen, isoleringen går obruten förbi innanför. Köldbryggans specifika effektförlust beräknas till 0,011 W/mK. Se även figur 4.13.



Figur 4.13 Anslutning balkong ovan avväxlingsbalk i lättbetong
t v; detaljritning som beskriver köldbryggan, i mitten; temperaturfördelning genom anslutningen, t h effektförlust för anslutningen

4.1.1.6 Balkonganslutning mot grundbalk

På bottenvåningen vilar balkonginfästningen på en kraftig balk i betong och blir en stor köldbrygga. Betongbalken är i direktkontakt med bjälklaget på markplan och ingen isolering bryter denna köldbrygga. Ovan bjälklaget har det lagts 5-7 cm mineralull som sedan har pågjutits med betong. Denna konstruktion har påbörjats först efter den invändiga tegelkonstruktionen färdigställt, mineralullen är monterad dikt an den inre tegelkonstruktionen. Tegel har en lägre värmekonduktivitet än betong men det hade varit bättre om ett skikt med isolering fortsatt under teglet och brutit köldbryggan. Köldbryggans specifika effektförlust beräknas till 0,641 W/mK, se även figur 4.14. Detta är den största köldbryggan i denna byggnad sett till specifik effektförlust.

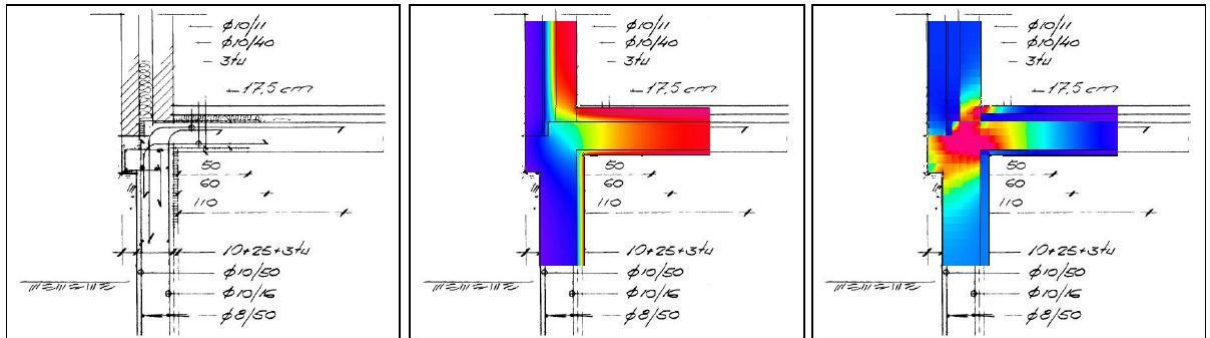


Figur 4.14 Anslutning balkong ovan avväxlingsbalk i lättbetong
t v; detaljritning som beskriver köldbryggan, i mitten; temperaturfördelning genom anslutningen, t h effektförlust för anslutningen

4.1.1.7 Ytterväggsanslutning mot grundbalk

Ytterväggen avslutas mot en kontinuerlig grundbalk likt balkonganslutningen. I detta fall är det mindre betong som penetrerar den yttre tegelkonstruktionen, effektförlusten blir lägre.

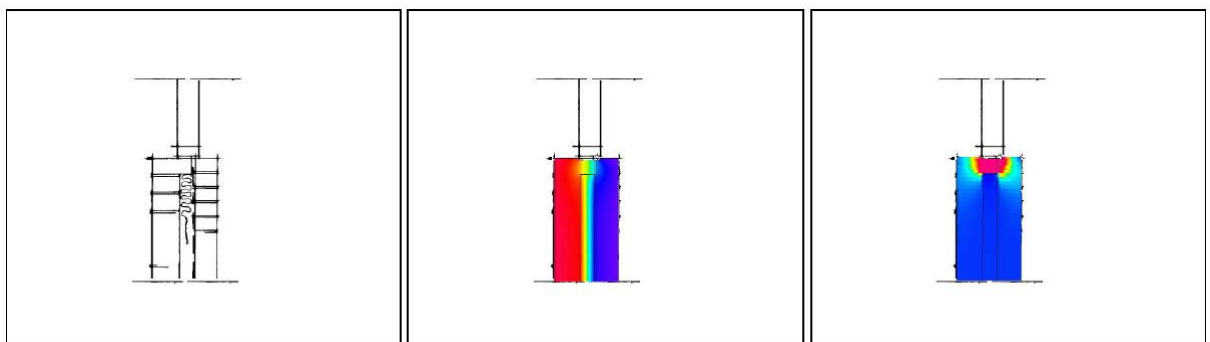
Köldbryggans specifika effektförlust beräknas till 0,633 W/mK. Se även figur 4.15.



Figur 4.15 Anslutning balkong ovan avväxlingsbalk i lättbetong
t v; detaljritning som beskriver köldbryggan, i mitten; temperaturfördelning genom anslutningen, t h effektförlust för anslutningen

4.1.1.8 Karmanslutning mot yttervägg

För att möjliggöra infästning av karmar valde man, i detta projekt, att montera det sista skiftet med tegel innan fönsteröppning med ett prefabricerat tegelskift som var bredare än det tegel som nyttjades vid murningen. Detta gjorde att isoleringen i väggen bryts av ett tegelskift som går genom nästan hela väggkonstruktionen. Köldbryggans specifika effektförlust beräknas till 0,157 W/mK. Temperaturfördelningen i konstruktionen redovisas i figur 4.16.



Figur 4.16 Anslutning balkong ovan avväxlingsbalk i lättbetong
t v; detaljritning som beskriver köldbryggan, i mitten; temperaturfördelning genom anslutningen, t h effektförlust för anslutningen

4.2 Objektets energiprestanda

För objektet har normalårskorrigerade data angående områdets energianvändning för åren 2002-2006 erhållits från MKB. I tabell 4.3 redovisas normalårskorrigerade värden för energianvändningen för hus 6. Det är denna huskropp som i nästa kapitel används för simuleringar avseende energiprestanda efter renoveringsåtgärder.

Tabell 4.3 Energianvändning, normalårskorrigerat hus 6

	2002	2003	2004	2005	2006
Uppvärmning (kWh/m ² , år)	102,8	96,6	107,8	94,9	91,4
Varmvatten (kWh/m ² , år)	52,4	57,3	53,2	53,6	51,0
Fastighetsel (kWh/m ² , år)	16,0	16,6	18,1	17,3	16,8
Totalt	171,2	170,5	179,1	165,8	159,2

4.3 Studerade åtgärder

Tidigt i projektet formulerades en schematisk förteckning över olika åtgärder som skulle studeras. Dessa valdes baserat på de vanligaste åtgärder som valts i de inventerade objekten. Åtgärderna har delats in efter vilken princip som ligger till grund för energibesparingen. Den schematiska uppdelningen redovisas i tabell 4.4. För varje åtgärd har tre olika nivåer av energieffektivisering studerats. Dessa littereras T (typisk) som är den lägsta nivån för renovering. Därefter följer nivå A och B där B är det alternativ som ger den största minskningen av energibehov. I tabell 6 redovisas även åtgärder ej studerade i detta projekt, men viktiga för helheten i ett renoveringsprojekt. Dessa är markerade med kursiv stil.

Tabell 4.4 Studerade åtgärder

Huvudindelning	Underindelning
1. Begränsning av värmeförluster	A. Tilläggsisolering av yttervägg B. Tilläggsisolering av källarbjälklag C. Tilläggsisolering av vindsbjälklag D. Fönster E. Åtgärd av köldbryggor F. Tätning
2. Energiåtervinning	A. Från- och tilluftsventilation med återvinning (FTX) B. Frånluftsvärmepump C. Spillvattenåtervinning
3. Begränsning av energitillförsel	A. Individuell debitering och mätning av varmvatten B. Snålspolande armaturer/blandare
4. Lokal energiproduktion	A. Solvärme B. Solel C. Bergvärmepump

4.3.1 Enskilda åtgärder

De olika delarna av byggnadskonstruktionen specialstuderas för att hitta lösningar vid renovering med energifokus. Varje åtgärd beskrivs var för sig. Under varje åtgärd finns en grovt uppskattad kostnadskalkyl för åtgärden; i kostnaden ingår arbete, material och etablering. Kostnaderna är framtagna med hjälp av en kalkylator och en installationskonsult, Bertil Andersson och Sonny Myrefelt, anställda vid Skanska Sverige AB. Vid framtagande av dessa har målet varit att detta skall återspegla priser som en fastighetsägare kan förvänta sig då denne går ut och frågar en entreprenör om pris. Det är således inte specifika priser som återspeglar Skanskas prissättning vid olika typer av arbeten.

4.3.1.1 Tilläggsisolering av yttervägg utvändigt tegel

Den befintliga väggkonstruktionen behålls och kompletteras med mineralullsisolering, som monteras med hjälp av stålregelsystem för fasadutläkning. Därefter monteras utvändigt vindsydd, läkt och putsbärarskiva så en luftpalt bildas. Ytterst i konstruktionen utförs komplett putssystem för puts på skiva. Den föreslagna väggkonstruktionen vid renovering redovisas i tabell 4.5.

Tabell 4.5 Materialspecifikation, tilläggsisolering av yttervägg utvändigt tegel

Materialskikt	Specifikation
~5 Puts	Komplett putssystem för puts på skiva
12-13 Putsbärare	Skiva som ej innehåller organiska komponenter. Exempelvis: Knauf – Aquapanel eller Sto – Ventecskiva
28 läkt/hattprofil	Träläkt alternativ hattprofil i stål. Stål rekommenderas.
13 vindsydd	Vindsyddsskiva som ej innehåller organsikt material
Stenull	Densitet: ca 28 kg/m ³ Värmekonduktivitet: $\lambda_d = 0,037 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ Mängd: T: 20 mm, A: 100 mm, B: 270 mm
Stålregelsystem	Stålregelsystem för fasadutläkning
Befintlig konstruktion	120 Skalmur >0 Luftspalt 80 Isolering 140 Bärande tegel

Kostnaden för att renovera ytterväggen med alternativ T, A och B redovisas i tabell 4.6. Alternativ T innebär tilläggsisolering på 20 mm, alternativ A har 100 mm isolering och i alternativ B skall 270 mm isolering läggas till i ytterväggskonstruktionen.

Tabell 4.6 Kalkylerad kostnad, tilläggsisolering av yttervägg utvändigt tegel

Alternativ	Kostnad (kr/m ² , fasad)	Total kostnad (kr)
1.A.1-T	1 125	2 250 000
1.A.1-A	1 325	2 650 000
1.A.1-B	1 580	3 160 000

4.3.1.2 Rivning av utvändigt tegel och tilläggsisolering

Skalmur och bakomliggande isolering i befintlig ytterväggskonstruktion demonteras. Eventuellt monteras ny plastfilm mot befintlig bärande tegelstomme. Mineralullsisolering monteras med hjälp av stålregelsystem för fasadutläkning. Därefter monteras utvändigt vindsydd. Utvändigt vindsyddet monteras läkt och putsbärarskiva, en luftpalt bildas. Därefter utförs komplett putssystem för puts på skiva. Konstruktionen beskrivs i detalj i tabell 4.7. Kostnaden för de olika alternativen vid ytterväggsrenovering med rivning av befintlig skalmur redovisas i tabell 4.8. I alternativ A används 200 mm tilläggsisolering och i alternativ B 340 mm.

Tabell 4.7 Materialspecifikation, tilläggsisolering av yttervägg inklusive rivning av tegel

Materialskikt	Specifikation
~5 Puts	Komplett putssystem för puts på skiva
12-13 Putsbärande	Skiva som ej innehåller organsiska komponenter. Exempelvis: Knauf – Aquapanel eller Sto – Ventecskiva
28 läkt/hattprofil	Träläkt alternativ hattprofil i stål. Stål rekommenderas.
13 vindskydd	Vindskyddsskiva som ej innehåller organsikt material
Stenull	Densitet: ca 28 kg/m ³ Värmekonduktivitet: $\lambda_d = 0,037 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ Mängd: A: 200 mm, B: 340 mm
Stålregelsystem	Stålregelsystem "standard"
Befintlig konstruktion	120 Skalmur >0 Luftspalt 80 Isolering 140 Bärande tegel

Tabell 4.8 Kalkylerad kostnad, tilläggsisolering inklusive rivning av tegel

Alternativ	Kostnad (kr/m ² , fasad)	Total kostnad (kr)
1.A.2-A	1 675	3 350 000
1.A.2-B	1 975	3 950 000

4.3.1.3 Tilläggsisolering av källarbjälklag

Mineralullsskiva klistras med putsbruk och infästs mekanisk med slagankarfästen på undersidan av källarbjälklaget. Därefter appliceras grovputs och eventuellt nät. Sist ytputsas konstruktionen, som beskrivs i tabell 4.9. Kostnaden för att tilläggsisolera källarbjälklaget redovisas i tabell 4.10. För alternativ T tilläggsisoleras källarbjälklaget med 20 mm, alternativ A 70 mm och alternativ B isoleras med 150 mm mineralullsskiva.

Tabell 4.9 Materialspecifikation, tilläggsisolering av källarbjälklag

Materialskikt	Specifikation
Befintlig konstruktion	20-60 Betong 50-70 Mineralull ~160 Betong
Isolerad regelkonstruktion	Isolerad regelkonstruktion. Isolerings densitet: $\sim 30 \text{ kg/m}^3$ Värmekonduktivitet: $0,037 \text{ W/m}^\circ\text{K}$ Mängd: T: 20 mm, A: 70 mm, B: 150 mm
13 Invändig beklädnad	Gipsskiva + målning och spackling

Tabell 4.10 Kalkylerad kostnad, tilläggsisolering av källarbjälklag

Alternativ	Kostnad (kr/m ² , källarbjälklag)	Total kostnad (kr)
1.B.1-T	500	800 000
1.B.1-A	550	880 000
1.B.1-B	650	1 040 000

4.3.1.4 Tilläggsisolering av vindsbjälklag

Vid tilläggsisolering av vinden skall material/skräp ovanpå isolering städas bort. Lösullsisolering av mineralull sprutas därefter på vindsbjälklag. Tilläggsisolering kan även göras med skivor av mineralull. Befintligt isoleringsmaterial kan eventuellt ligga kvar, om materialet är fuktigt eller visar påväxt skall det avlägsnas. Den isolerade takkonstruktionen beskrivs i tabell 4.11. Kostnaden för att tilläggsisolera takkonstruktionen redovisas i tabell 4.12. I alternativ T och A används 250 mm isolering och i alternativ B 350 mm.

Tabell 4.11 Materialspecifikation, tilläggsisolering av vindsbjälklag

Materialskikt	Specifikation
Lösull	Densitet: ca 30 kg/m^3 Värmekonduktivitet: $\lambda_d = 0,043 \text{ W/mK}$ Mängd (Förutsatt att befintlig isolering kan ligga kvar): T: 250 mm, A: 250 mm, B: 350 mm
Befintlig konstruktion	150 Mineralull ~160 Betong

Tabell 4.12 Kalkylerad kostnad, tilläggsisolering av vindsbjälklag

Alternativ	Kostnad (kr/m ² , vindsbjälklag)	Total kostnad (kr)
1.C.1-T	150	255 000
1.C.1-A	150	255 000
1.C.1-B	1 100	1 870 000

I utrymmet ovanför det välisolerade vindsbjälklaget, kommer det bli något kallare än tidigare, främst vintertid. Den relativa fuktigheten kan under vissa förhållanden bli hög och det finns risk för kondens på yttertaketets insida. Framförallt under vår och höst kan detta leda till mikrobiell tillväxt på underlagstaket. Risk för detta måste utredas.

I detta projekt kan alternativ B med en tilläggsisolering på 350 mm ej genomföras i praktiken utan att takkonstruktionen förändras på grund av platsbrist. Detta förklarar den stora prisskillnaden mellan de olika alternativen.

4.3.1.5 Fönster

Fönster och fönsterdörrar ersätts med nya. Detta ger både ett lägre energibehov för uppvärmning, en högre komfort för de boende som slipper kallras samt ökar tryggheten för de boende om säkerhetsfönster och dörrar installeras på markplan. De olika fönstertyper som testats i denna jämförelse redovisas i tabell 4.13. Kostnaden för att byta fönster redovisas i tabell 4.14.

Tabell 4.13 Materialspecifikation, fönsterbyte

Material	Specifikation
Fönster/fönsterdörrar	T: Ingen åtgärd A: U-värde 1,20 W/m ² K B: U-värde 0,85 W/m ² K

Tabell 4.14 Kalkylerad kostnad, fönsterbyte

Alternativ	-	Total kostnad (kr)
1.D.1-T	Ingen åtgärd	-
1.D.1-A	Fönsterpriser varierar beroende på fönsterstorlek. Där-	1 720 000
1.D.1-B	för redovisas ej å-pris	1 887 500

4.3.1.6 Köldbryggor

Balkonger

Köldbryggan som uppstår vid balkonginfästningen åtgärdas, se 4.1.1.6. Konstruktionen för att minimera denna köldbrygga redovisas i tabell 4.15, tillsammans med uppskattad kostnad för åtgärden.

Tabell 4.15 Beskrivning och kostnad för åtgärd av köldbrygga - balkong

Alternativ	Beskrivning	Total kostnad (kr)
1.E.1-T	Ingen åtgärd	-
1.E.1-A	Isolering/cellplast monteras ovan och under balkongplattor ovasida pågjuts/flytspacklas	65 000
1.E.1-B	Befintliga balkonger kapas bort och ersätts med nya balkonger	984 000

Fönster

Köldbryggan som uppstår vid fönsterinfästning åtgärdas, se 4.1.1.4. Hur detta åstadkoms för de olika nivåerna på renovering redovisas i tabell 4.16, tillsammans med uppskattad kostnad.

Tabell 4.16 Beskrivning och kostnad för åtgärd av köldbrygga - fönster

Alternativ	Beskrivning	Total kostnad (kr)
1.E.2-T	Ingen åtgärd	-
1.E.2-A	Mot fasta fönster, ej öppningsbara, monteras cellplastkilar som sedan kan täckas med fanér eller putsas	446 250
1.E.2-B		

Grundbalk

Köldbryggan som uppstår vid grundbalk åtgärdas genom isolering, alternativa konstruktioner och kostnadsuppskattning redovisas i tabell 4.17.

Tabell 4.17 Beskrivning och kostnad för åtgärd av köldbrygga - grundbalk

Alternativ	Beskrivning	Total kostnad (kr)
1.E.3-T	Ingen åtgärd	-
1.E.3-A	Grundbalken isoleras med 30 mm cellplast som putsas.	100 000
1.E.3-B	Grundbalken isoleras med 150 mm cellplast som putsas.	112 500

4.3.1.7 Lufttätet

Byggnaden bör lufttätas. Om byggnaden lufttätas måste även ventilationen åtgärdas, då nuvarande självdragssystem inte kommer att fungera. Åtgärdsförslag och kostnad beskrivs i tabell 4.18.

Tabell 4.18 Beskrivning och kostnad för åtgärd; lufttätet

Alternativ	Beskrivning	Total kostnad (kr)
1.F.3-T	Ingen åtgärd	-
1.F.3-A	Drevning runt samtliga fönster åtgärdas	650 000
1.F.3-B	Drevning runt samtliga fönster åtgärdas samt att läckagespårning och ytterliggare tätning genomförs	750 000

4.3.1.8 Installation av FTX-system

Fyra olika alternativ av till- och frånluftsaggregat med värmeväxlare utreds, dels ventilation med ett centralt placerat aggregat och dels med lägenhetsvisa aggregat. Även olika verkningsgrader på värmeväxlarna prövas. De olika alternativen och en kostnadsuppskattning redovisas i tabell 4.19.

Tabell 4.19 Beskrivning och kostnad för åtgärd; FTX

Alternativ	Beskrivning	Total kostnad (kr)
2.A.1-T	Ingen åtgärd	-
2.A.1-A	Centralt FTX-system Temp.verkningsgrad 60 %	1 619 000
2.A.1-B	Centralt FTX-system Temp.verkningsgrad 80 %	1 864 000
2.A.1-A-L	Lägenhetsvisa FTX-aggregat Temp.verkningsgrad 60 %	1 717 000
2.A.1-B-L	Lägenhetsvisa FTX-aggregat Temp.verkningsgrad 80 %	1 962 000

4.3.1.9 Åtgärder för minskad varmvattenanvändning

För att få ner varmvattenförbrukningen utreds två alternativ, dels att installera flödesmätare och intern debitering av varmvattenkostnad och dels att installera snålspolande armatur. Alternativen och kostnader redovisas i tabell 4.20.

Tabell 4.20 Beskrivning och kostnad för åtgärd; Varmvatten

Alternativ	Beskrivning	Total kostnad (kr)
4.A.1-T	Ingen åtgärd	-
4.A.1-A	Installation av utrustning för mätning av varmvattenförbrukning, lägenhetsvis. Samt system för uppsamling av data och debitering	150 000
4.A.1-B		
4.B.1-T	Ingen åtgärd	-
4.B.1-A	Flödesbegränsande blandare monteras vid alla tappställen	366 000
4.B.1-A		

4.3.2 Kombinerade åtgärder

Simuleringar av energibehov för uppvärmning utförs i Derob-LTH med kombinationer av de i avsnitt 4.3.1 redovisade renoveringsalternativen. Då en utvändig isolering av källarbjälklaget kan ge upphov till fuktskador i de lägenhetsförråd som är förlagda i källaren, har det alternativet inte tagits med i beräkningarna.

4.3.2.1 Kombination T

I kombination T tas ursprungskonstruktionen av huset i Kroksbäck och kompletteras med 20 mm tilläggsisolering av ytterväggen samt med 250 mm mineralull på vinden. Kostnaden för detta renoveringsalternativ redovisas i tabell 4.21.

Tabell 4.21 Kalkylerad kostnad, kombination T

Alternativ	Kostnad (kr/m ² ,BRA)	Total kostnad (kr)
5.-T (Kombination T)	~ 360	2 537 000

4.3.2.2 Kombination A

Kombination A innebär relativt omfattande renoveringsåtgärder. Ytterväggen tilläggsisoleras med 100 mm, vinden tilläggsisoleras med 250 mm. Fönster byts till nya med U-värde 1,2 W/m²,K. Fastigheten tätas till att ha en täthet på 1,0 l/s,m² vid 50 Pa och detta kombineras med förbättrad ventilation, här ett mekaniskt till och frånluftssystem med en värmeåtervinning på aggregatet på 60%.

Ett alternativ av kombination A är att riva tegelfasaden och bygga upp en ny fasad, detta innebär en ytterväggskonstruktion med 100 mm + 100 mm isolering, se 4.3.1.2. En uppskattning av den kalkylerade kostnaden för dessa åtgärder redovisas i tabell 4.22.

Tabell 4.22 Kalkylerad kostnad, kombination A

Alternativ	Kostnad (kr/m ² ,BRA)	Total kostnad (kr)
5.1-A (Kombination A)	~ 900	6 308 450
5.2-A (Kombination A) <i>Inklusive rivning av fasadtegel</i>	~ 1 100	7 604 450

4.3.2.3 Kombination B

I kombination B renoveras fastigheten för att bli mycket energieffektiv och att i förlängningen eventuellt kunna avinstallera radiatorsystemet och värma med tilluften. Väggarna tilläggsisolerar med 270 mm, vinden tilläggsisolerar med 350 mm. Fönstren byts till nya med U-värde 0,85 W/m²,K. Tätheten på fastigheten är 0,5 l/s,m² vid 50Pa och kombineras med ett FTX-system med en återvinningsgrad på värmeväxlaren på 80%. I alternativet med att riva tegelfasaden enligt 4.3.1.2 byggs en ny väggkonstruktion med 220 mm + 120 mm isolering. Uppskattad kostnad för denna renoveringsåtgärd redovisas i tabell 4.23.

Tabell 4.23 Kalkylerad kostnad, kombination B

Alternativ	Kostnad (kr/m ² ,BRA)	Total kostnad (kr)
5.1-B (Kombination B)	~ 1 300	9 150 650
5.2-B (Kombination B) <i>Inklusive rivning av fasadtegel</i>	~ 1 400	9 861 650

4.4 Beräknade resultat av energibehov för studerade åtgärder

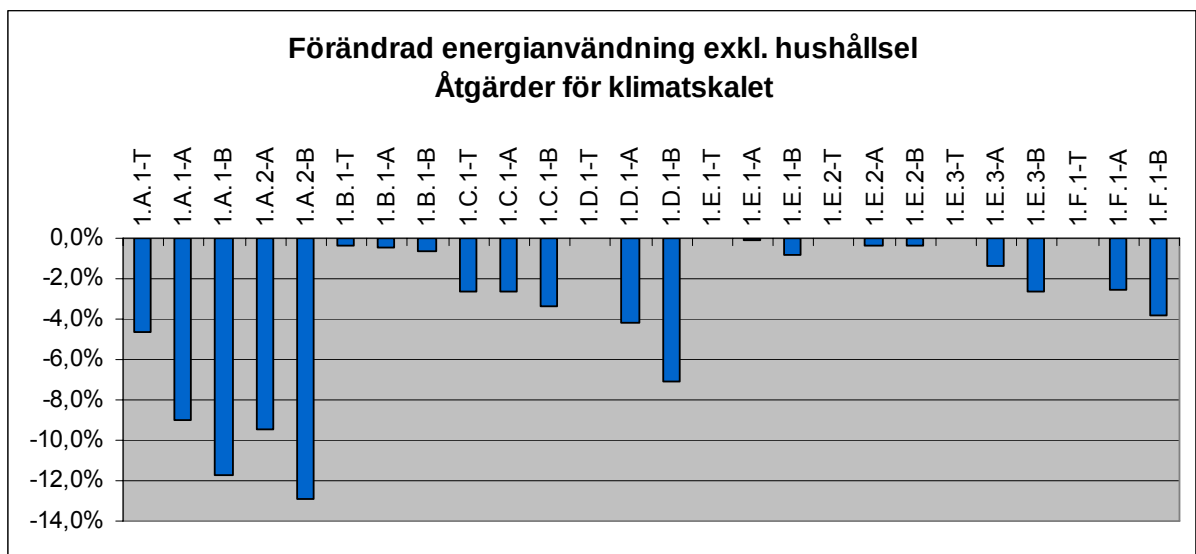
Den studerade fastigheten beräknas först i ursprungligt skick i DEROB-LTH. I de energisimuleringar som utförts är det ett av totalt 8 trapphus i huskroppen, som har beräknats, med källarplan och tre våningsplan med totalt 6 stycken lägenheter. Lägenheterna simuleras för en inomhustemperatur på 22°C och en lufttäthet på 2 l/s,m². Effekttillskott från internlast är satta till 4 W/m² enligt standard för passivhus (www.energieffektivbyggnader.se). Trapphus och källare förväntas sakna internlasttillskott. Dess inomhustemperatur är satt till 18°C, med samma luftläckage som i lägenheter. Ventilationen av lägenheter är satt till 0,35 l/s,m² i båda beräkningsfallen. Övriga indata, se tabell 4 under kapitel 4.1. Beräknad energiförbrukning i modellen jämförs med de siffror på energiförbrukning som erhållits från MKB, se tabell 4.3 under kapitel 4.2, för att verifiera beräkningsmodellen. Resultat av samtliga beräkningar redovisas i Bilaga B.

Vid simulering av fastighetens energibehov för uppvärmning med indata enligt originalutförandet ger att fastighetens energibehov för uppvärmning blir 102 kWh/m²,år, där köldbryggor utgör cirka 13 kWh/m²,år. Uppmätta värden, som erhållits från MKB visar att byggnadens energibehov för uppvärmning, normalårskorrigerat, har legat mellan 91 och 108 kWh/m² år under åren 2002-2006. Beräkningsmodellen bedöms vara överensstämmande med verkligheten.

4.4.1 Energianvändning

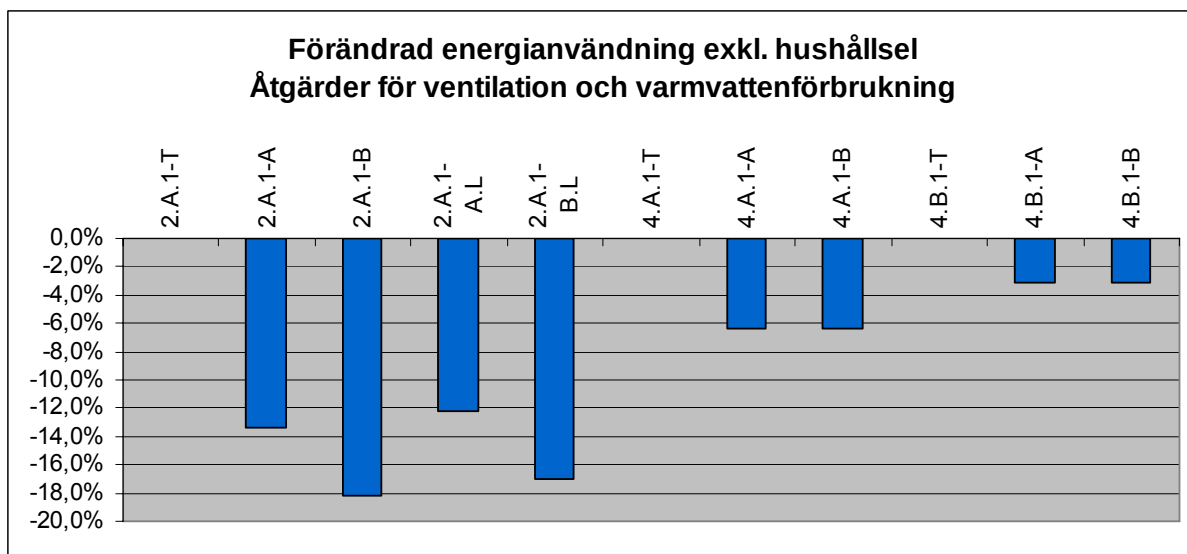
Energianvändningen för fastigheten simuleras nu med indata enligt de tidigare föreslagna åtgärderna. Redovisning av energi följer BBRs definition av en byggnads energianvändning, dvs uppvärmning, tappvarmvatten och driftel. En övervägande del av de studerade åtgärderna påverkar byggnadens energibehov för uppvärmning. Då åtgärderna som studerats främst påverkar uppvärmning av bygganden kommenteras både åtgärdernas påverkan på byggandens energianvändning samt energibehov för uppvärmning.

I simuleringarna framstår vissa åtgärder mer effektiva än andra. Tilläggsisolering av yttervägg är den mest effektiva åtgärden vid åtgärder för klimatskalet, energibehovet för uppvärmning minskar med 8-20%, beroende av val gällande mängd isolering. Med hänsyn tagen till byggnadens energianvändning beräknas behovet minska med upp till drygt 12 %. Byte av fönster samt åtgärder för ett tätare klimatskal och tilläggsisolering av vindsbjälklag minskar byggnadens energibehov för uppvärmning med 5-10 %. Tas hänsyn till byggnadens energianvändning är minskningen lägre 2-7 %, se även figur 4.17.



Figur 4.17 Förändrad energianvändning vid åtgärder för klimatskalet

Installation av FTX är den åtgärd som ger den största minskningen av energianvändning för uppvärmning. FTX-aggregaten har simulerats med verkningsgrad 60 respektive 80 procent. FTX-aggregat med verkningsgrad 80 % resulterar i ett minskat energibehov för värme med 25-30 %. Byggnadens energianvändning beräknas minska med 12-18 % vid installation av FTX, se figur 4.18. Anledningen till att de lägenhetsvisa aggregaten inte ger en lika stor minskning av energianvändningen är att dess fläktar beräknas få en högre elanvändning. Det antas vid beräkningarna att inga åtgärder vidtas för att minska varmvattenförbrukning samt att FTX ej installeras vid "typisk" renovering. Därför visar dessa alternativ ingen förändring av energianvändningen.



Figur 4.18 Förändrad energianvändning vid installation av FTX samt åtgärder för att minska varmvattenförbrukningen

4.4.1.1 Kombinerade åtgärder

Resultaten av beräkningarna med kombinerade åtgärder visar att med kombination 5.2-B, med tilläggsisolering av väggar och tak, nya fönster, en mycket tät konstruktion med ett FTX-aggregat med mycket bra värmeväxling fås den största minskningen av byggnadens energianvändning, knappt 50 %, se figur 4.19. Denna åtgärd innebär dock rivning/demontering av tegelfasad. Alternativ 5.1-B ger nästan en lika stor minskning, 47%, där tilläggsisoleras befintlig fasad.

4.4.1.2 Resultat energibehov Kombination A

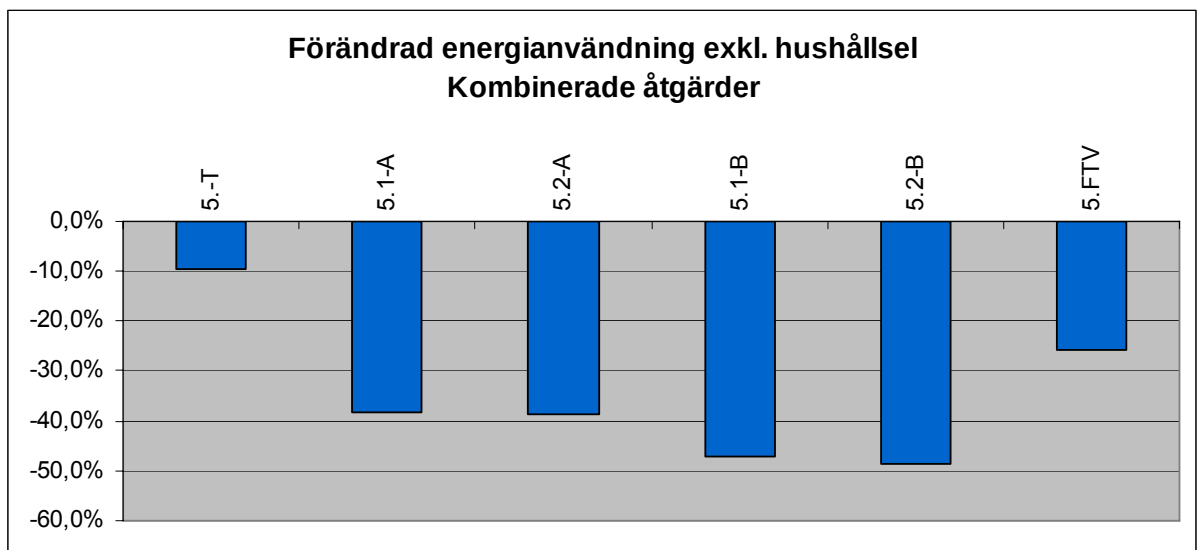
Om renoveringen är omfattande med isolering av tak och ytterväggar, ökad täthet, bättre fönster och ventilation med värmeåtervinning, beräknas uppvärmningsbehovet till omkring 46 kWh/m²,år där köldbryggor utgör cirka 7,5 kWh/m²,år. Jämfört mot ursprungsbehovet är detta en teoretisk minskning av uppvärmningsbehovet på 55 %. Byggnadens energianvändning minskar med knappt 40 %, se figur 4.19.

4.4.1.3 Resultat energibehov Kombination B

Används alternativ B med de mest energieffektiva lösningarna avseende isolering av tak och väggar, byte till mycket energieffektiva fönster, ventilationssystem med hög verkningsgrad på värmeväxlaren och en mycket lufttät konstruktion blir uppvärmningsbehovet cirka 30 kWh/m²,år där köldbryggor utgör mellan 7 och 5 kWh/m²,år, beroende på val av yttervägg. Detta är en teoretisk minskning av uppvärmningsbehovet med 70%. Byggnadens energianvändning minskar med knappt 50 %, se figur 4.19.

4.4.1.4 Kombination med FTX, fönster med lågt U-värde och ökad täthet

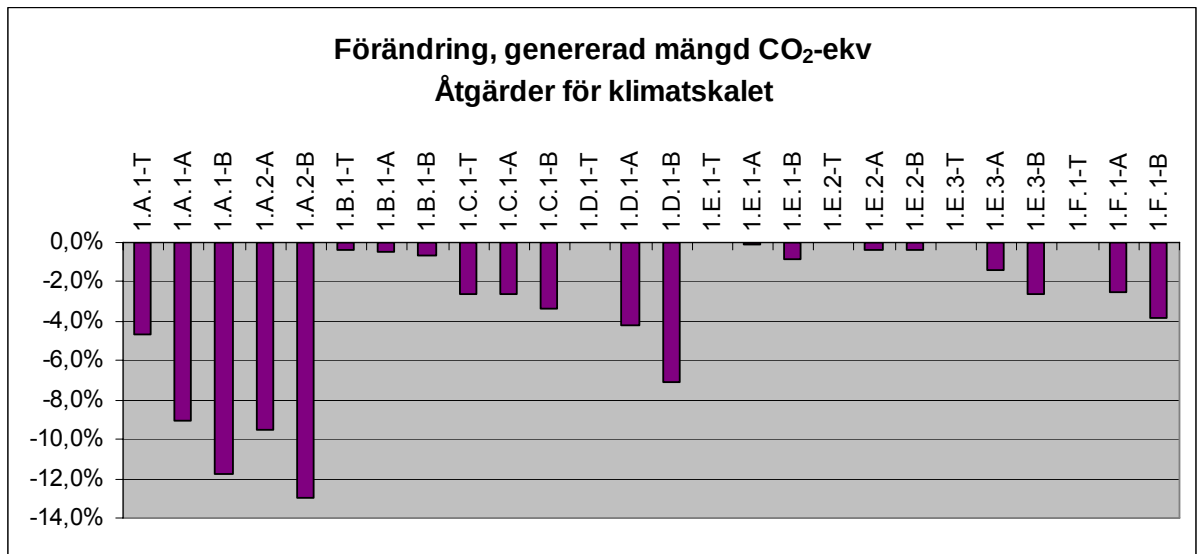
Modellen simuleras med renoveringsåtgärder som både visat sig effektiva i tidigare beräkningsresultat samt ger minimal påverkan på utseendet på fasad. Ett ventilationssystem med till och frånluft med värmeväxling (verkningsgrad 80 %) kombineras med ett tätt klimatskal ($0,5 \text{ l/s, m}^2$ vid 50 Pa) och fönster med mycket lågt U-värde ($0,85 \text{ W/m}^2, \text{K}$). Energiförbehovet för uppvärmning beräknas då till $54 \text{ kWh/m}^2, \text{K}$, där köldbryggor utgör cirka $13 \text{ kWh/m}^2, \text{K}$. Det är en minskning av uppvärmningsbehovet med cirka 47 %. Beroende på status på befintligt ventilationssystem kan det vara nödvändigt med installation av nya kanaler och i värsta fall sänkning av undertak. I övrigt kan denna lösning skapa ett kraftigt reducerat energibehov för uppvärmning med en relativt liten påverkan på lägenheternas utformning. Byggnadens energianvändning minskar med drygt 25 %, se figur 4.19.



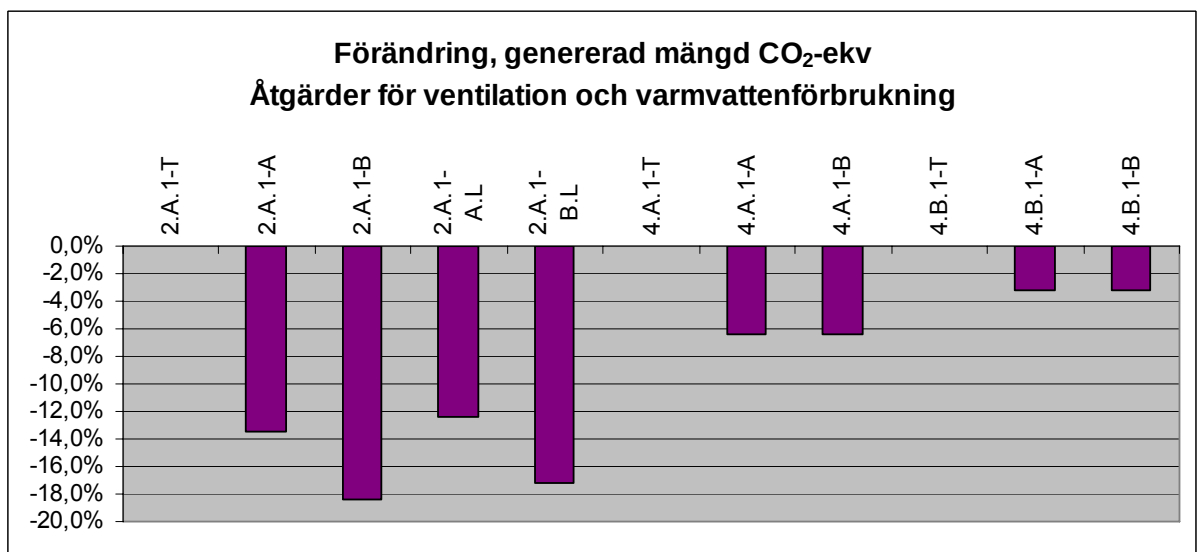
Figur 4.19 Förändrad energianvändning för kombinerade åtgärder

4.4.2 Klimatpåverkan

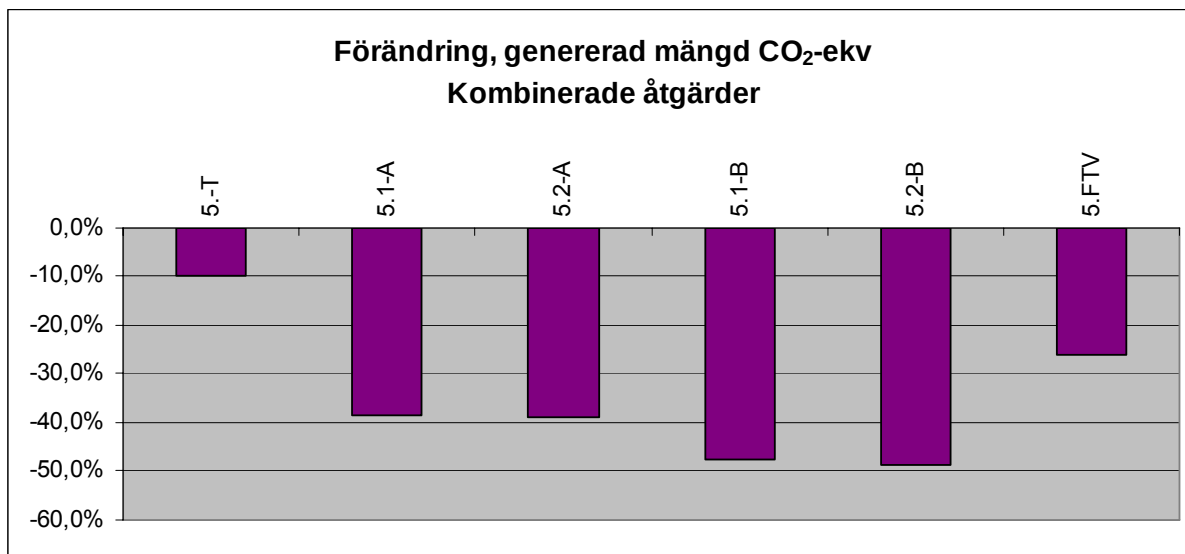
Genererad mängd koldioxidekvivalenter minskar, procentuellt sett, i stort sätt lika mycket som energianvändningen minskar. Detta beror på att de energislag som nyttjas, el och fjärrvärme, i detta fall genererar nästan lika mycket koldioxidekvivalenter i förhållande till kilowattimmar. Förändringen i koldioxidekvivalenter vid olika renoveringsåtgärder av klimatskalet redovisas i figur 4.20. Åtgärdas ventilation och varmvattenförbrukning redovisas detta i figur 4.21. Hur de kombinerade renoveringsåtgärderna påverkar koldioxidekvivalenten redovisas i figur 4.22.



Figur 4.20 Förändring genererad mängd koldioxidekvivalenter vid åtgärder för klimatskalet



Figur 4.21 Förändring genererad mängd koldioxidekvivalenter vid installation av FTX samt åtgärder för att minska varmvattenförbrukningen



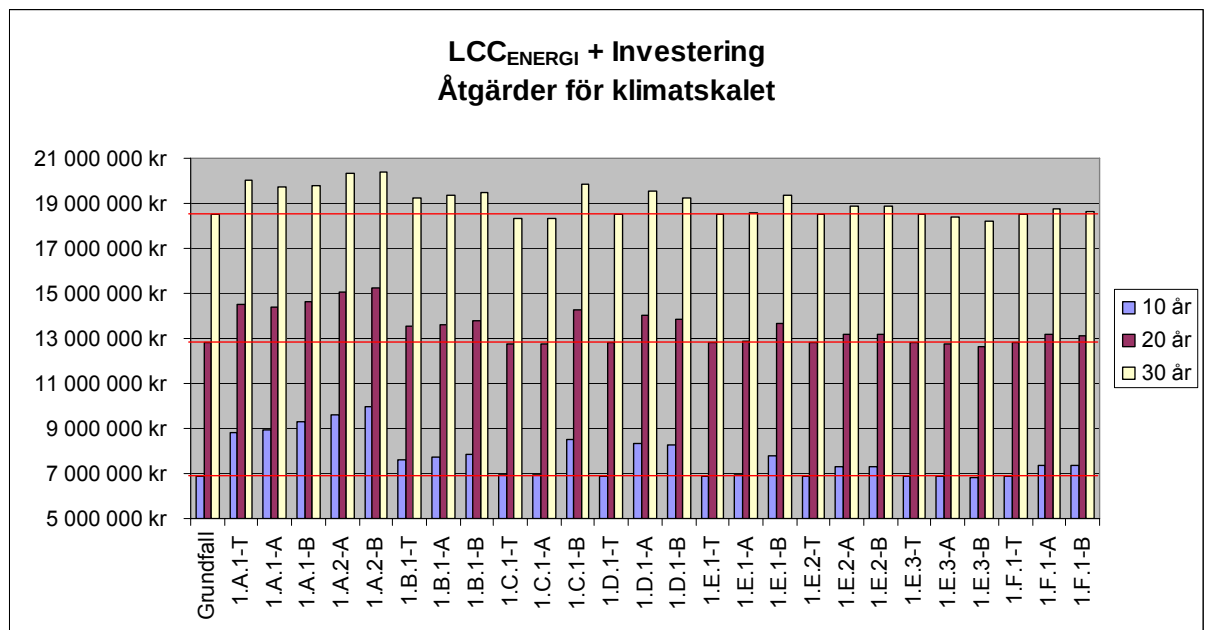
Figur 4.22 Förändring genererad mängd koldioxidekvivalenter för kombinerade åtgärder

4.4.3 LCC_{ENERGI} + Investering

I detta avsnitt studeras livscykelkostnaderna för byggnadens energibehov tillsammans med investeringskostnad för att utföra de studerade åtgärderna. Med denna typ av analys skall besparingen i energianvändning finansiera den aktuella åtgärden. För varje renoveringsåtgärd redovisas resultatet för kalkylperioderna 10, 20 och 30 år. Grundfallet, det vill säga livscykelkostnaderna för energianvändningen förutsatt att inga åtgärder genomförs, redovisas i alla diagram som staplar längst ut till vänster. De röda horisontella linjerna utgår från dessa staplar och visar alltså energilivscykelkostnaderna för grundfallet. För att en åtgärd skall vara lönsam skall stapeln för åtgärden hamna under den röda horisontella linjen.

Observera att i grundfallet har inga underhållsåtgärder inkluderats. Om till exempel fönster ändå behöver bytas under perioden och då får ett lägre U-värde än i grundfallet, är detta ej inkluderat i någon av beräkningarna.

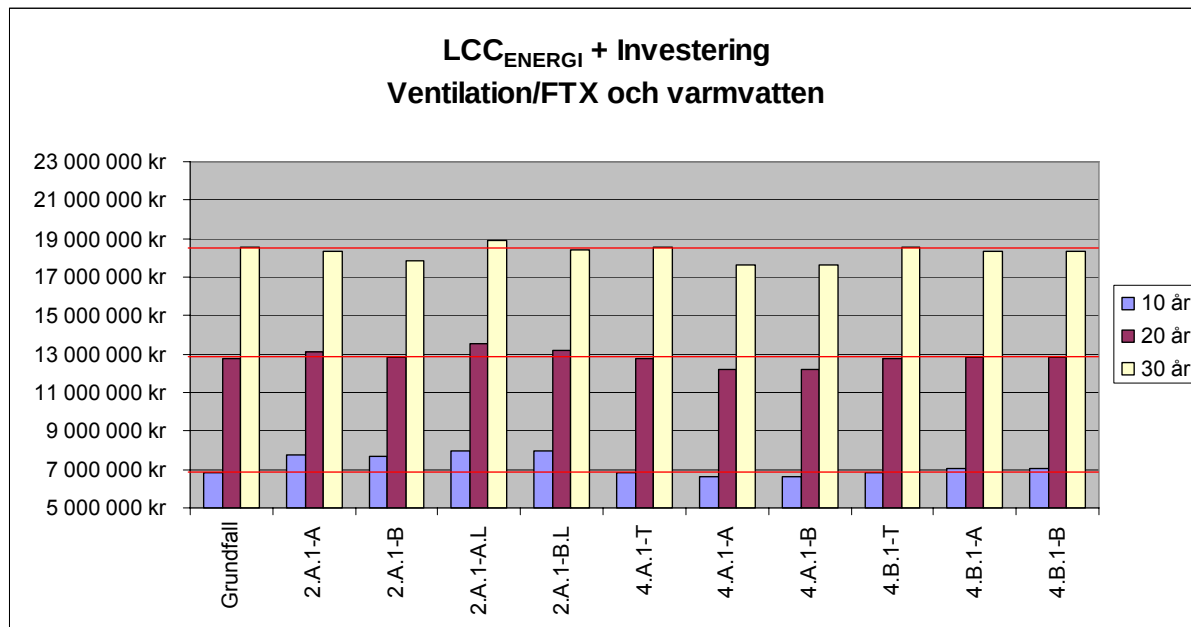
För enskilda åtgärder på klimatskalet är det två stycken åtgärder som visar sig lönsamma, förutsatt att kalkylperioden är 20 år eller mer. De lönsamma åtgärderna är tilläggsisolering av vindsbjälklag och tilläggsisolering av grundbalk. Gällande tilläggsisoleringen av vindsbjälklag är det ej lönsamt att riva befintlig takkonstruktion och bygga en ny för att på så sätt få plats med mer isolering. Resultaten för de olika isoleringsfallen redovisas i figur 4.23.



Figur 4.23 LCC_{ENERGI} inkl. investering, sorterat på enskild åtgärd och kalkylperiod

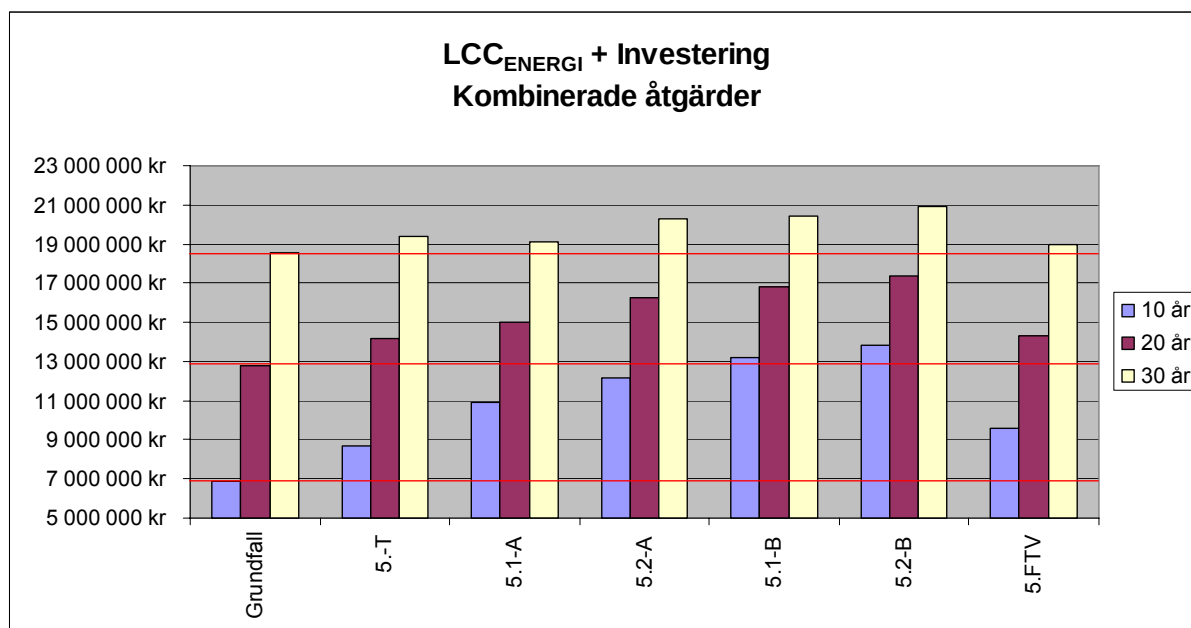
Nästa simulering studerar en kombination av installation av FTX-aggregat med varierande verkningsgrad och åtgärder för varmvattenförbrukning. Både centrala och lägenhetsvisa aggregat studeras. Gällande installation av centrala FTX-aggregat är aggregatet med en

verkningsgrad 80 % lönsamt om kalkylperioden > 20 år. För att centralt aggregatet med 60 % verkningsgrad skall bli lönsamt måste kalkylperioden > 30 år, se figur 4.24.



Figur 4.24 LCC_{ENERGI} inkl. investering, sorterat på installation av FTX samt åtgärder för att minska varmvattenförbrukningen och kalkylperiod

I den sista analysen studeras de olika kombinationsåtgärder som presenterats tidigare. Resultatet visar att ingen av de kombinerade åtgärderna är lönsamma i ett livscykelperspektiv om inte kalkylperioden överstiger 30 år. Om kalkylperioden 30 år väljs är livscykelkostnaden för energianvändningen samt investeringen för kombinationen 5.FTV nästan lika stor som grundfallet, se figur 4.25. I 5.FTV byts fönster till nya med mycket bra U-värde, mekanisk till och frånluftsventilation med hög verkningsgrad på värmeväxlaren installeras och huset tätas.



Figur 4.25 LCC_{ENERGI} inkl. investering, sorterat på kombinerade åtgärder och kalkylperiod

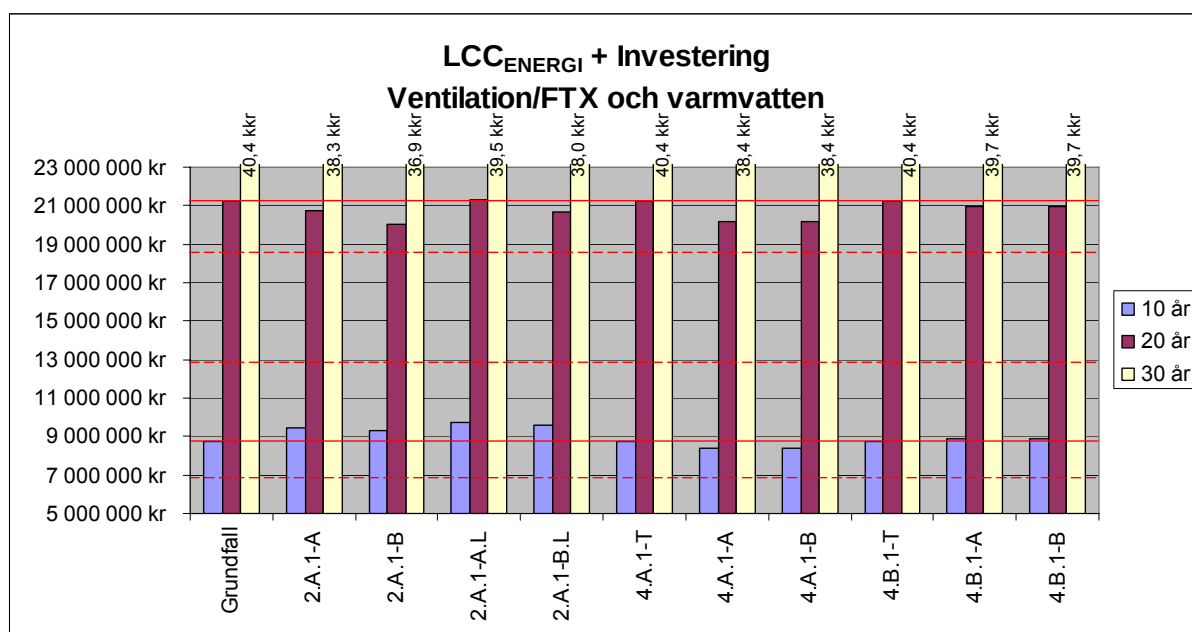
4.5 Känslighetsanalys

Känslighetsanalysen görs för de åtgärder som har bedömts mest lönsamma vid de tidigare beräkningarna; installation av FTX, åtgärder för att minska varmvattenförbrukningen samt kombinerade åtgärder.

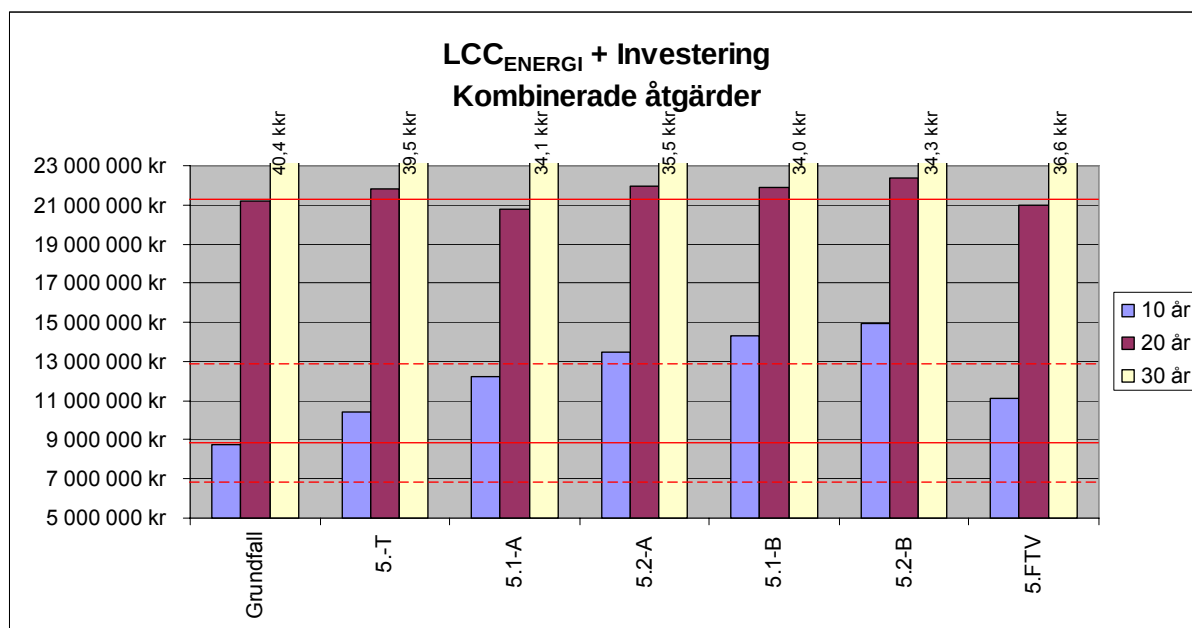
4.5.1 Ökade energipriser

Figur 4.26 och 4.27 visar energilivscykelkostnad och investering för åtgärderna 2, 4 och 5 om energipriset ökar med fem procentenheter mer än vad som antagits vid tidigare kalkyler. Streckade linjer visar tidigare grundfall för kalkylperioderna 10 och 20 år.

Under dessa nya förutsättningar är åtgärden, 4.A.1-A/B, individuell mätning och debitering av varmvatten lönsam även om kalkylperioden < 10 år. Samtliga FTX-alternativ utom lägenhetsvisa aggregat med låg verkningsgrad är lönsamma om kalkylperioden > 20 år se figur 4.26. För de kombinerade åtgärderna 5.1-A samt 5.FTV är åtgärderna lönsamma om kalkylperioderna > 20 år, se figur 4.27. Om kalkylperioden > 30 år är alla kombinerade alternativ lönsamma.



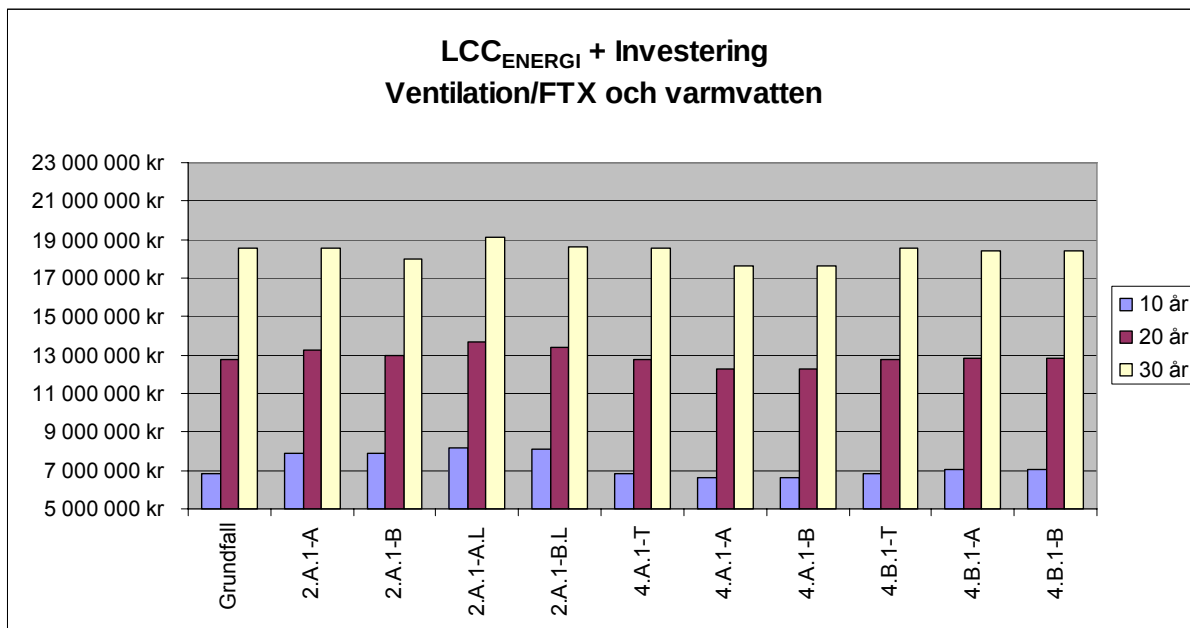
Figur 4.26 Livscykelkostnad energi inklusive investering, sorterat på installation av FTX samt åtgärder för att minska varmvattenförbrukningen och kalkylperiod vid ökat energipris med fem procentenheter



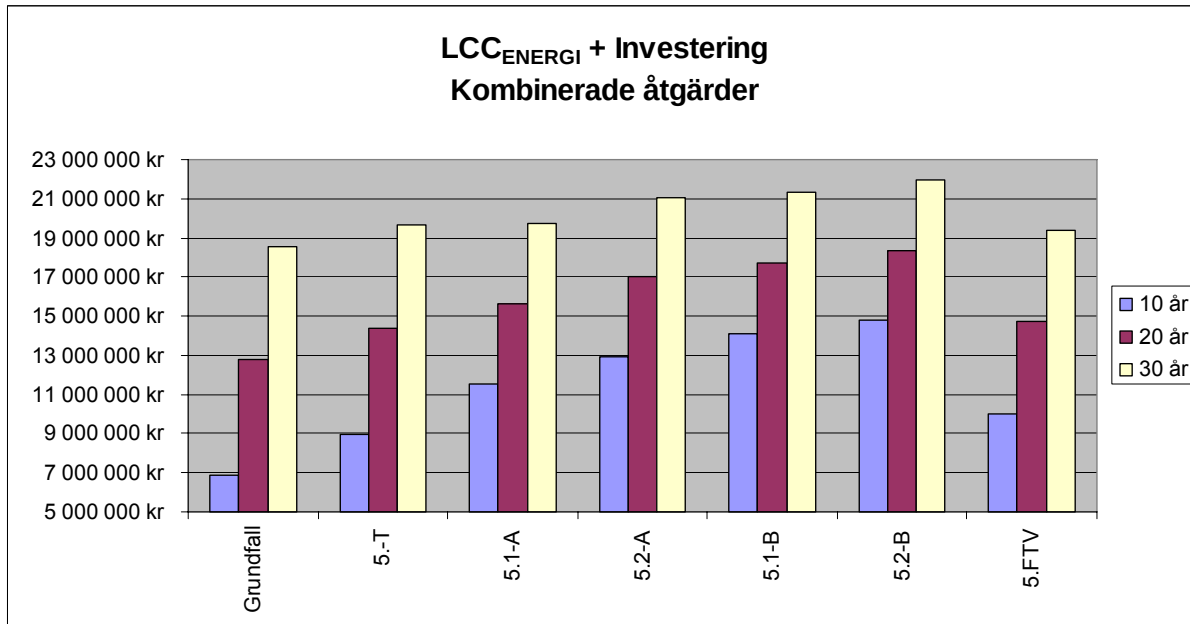
Figur 4.27 Livscykelkostnad energi inklusive investering, sorterat på kombinerade åtgärder och kalkylperiod vid ökat energipris med fem procentenheter

4.5.2 Ökade investeringskostnader

Energilivscykelkostnad och investering för åtgärderna 2, 4 och 5 simuleras om investeringskostnaden ökar med tio procent jämfört med vad som antagits vid tidigare kalkyler. Resultaten redovisas i figur 4.28 och 4.29.



Figur 4.28 Livscykelkostnad energi inklusive investering, sorterat på installation av FTX samt åtgärder för att minska varmvattenförbrukningen och kalkylperiod vid ökad investeringskostnad med tio procent



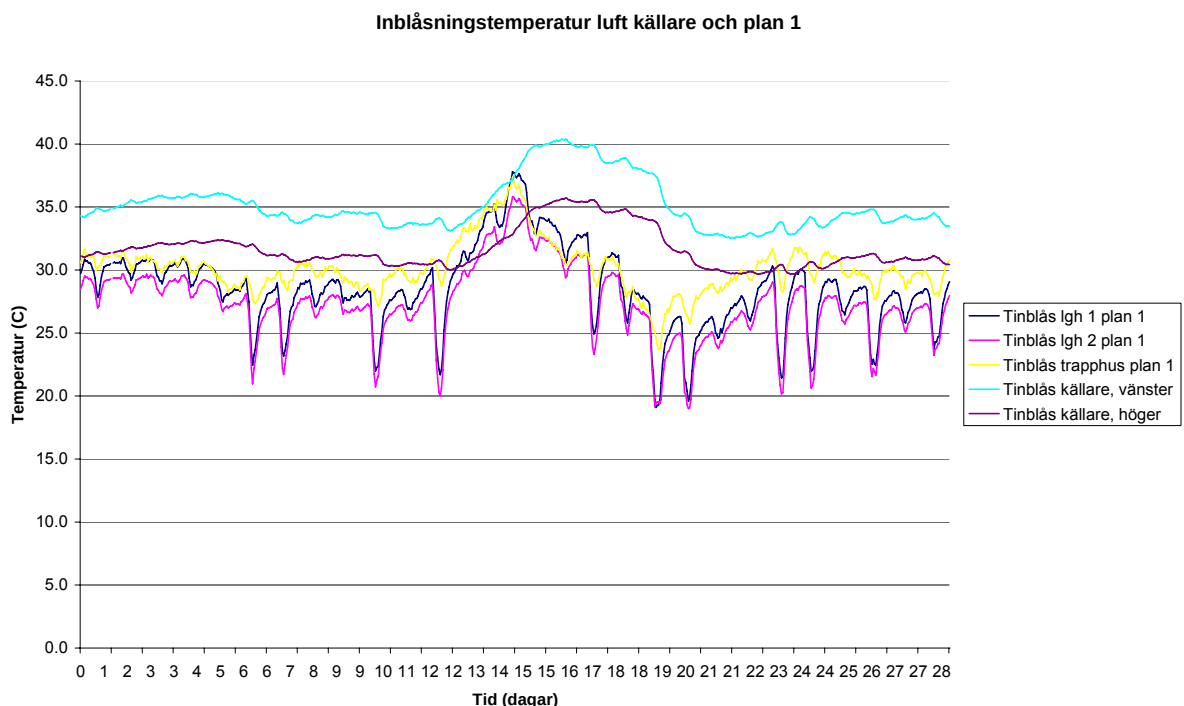
Figur 4.29 Livscykelkostnad energi inklusive investering, sorterat på kombinerade åtgärder och kalkylperiod vid ökad investeringskostnad med tio procent

Vid jämförelse mellan de redovisade resultaten i figurerna 26 och 28 samt 27 och 29 kan slutsatsen dras att investeringskostnaden är en mycket liten del då den sätts i relation till

energilivscykelkostnaden. Investeringskostnaderna är så små i förhållande till livscykelkostnaderna för energianvändningen att en ökning av dessa knappt påverkar kalkylerna.

4.6 Renovering till passivhus

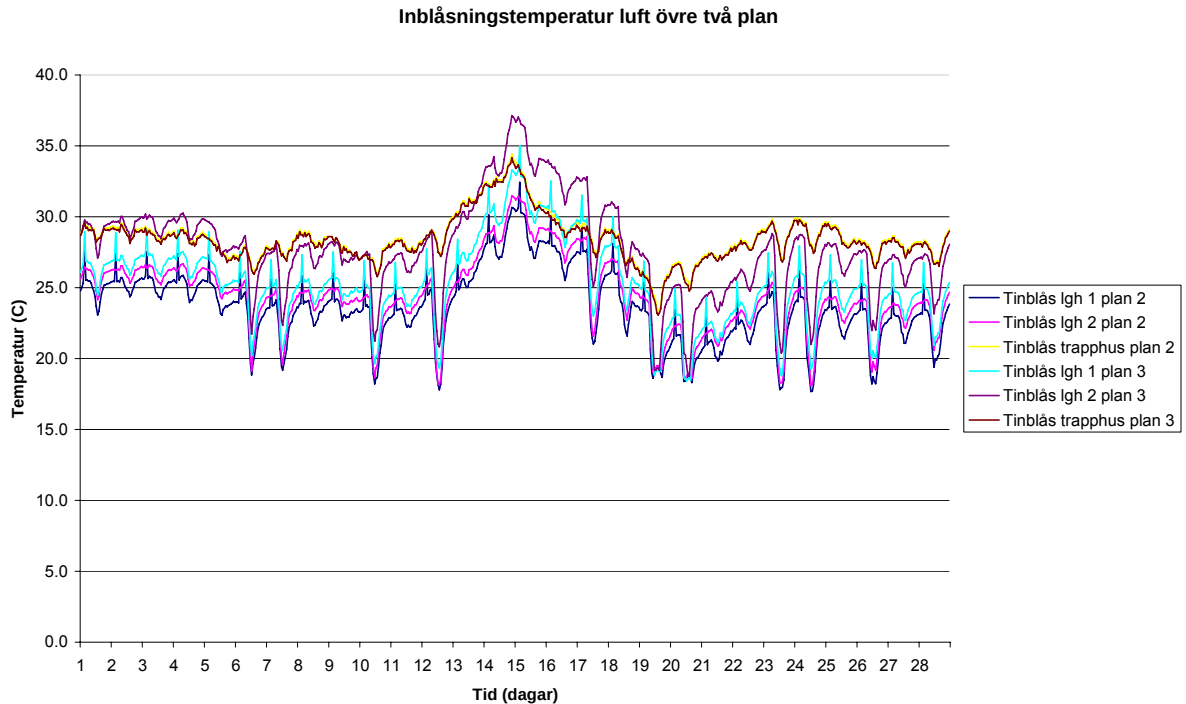
Är det möjligt att renovera till så lågt energibehov för uppvärmning att radiatorsystemet kan tas bort och endast den tilluft som ändå behövs kan tempereras och värma lägenheterna? I kombination B används fönster med tillräckligt lågt U-värde för passivhus samt huset simuleras att ha erforderlig täthet. Då ett FTX-aggregat monteras beräknas energibehovet enligt tidigare redovisade simuleringar till cirka 30 kWh/m²,år. För att kunna värma med tilluften är det viktigt att inblåsningstemperaturen hålls på en behaglig nivå, dels för en bra luftspredning i donet och dels för att undvika en doft av bränt. Simuleringar har utförts för att se på inblåsningstemperaturer i lägenheterna under februari månad då utetemperaturen är som lägst, om fastigheten värms med luft. Lägenheternas inomhustemperatur är i beräkningen satta till 20°C, trapphus och källare till 18°C. De köldbryggor som beräknats till denna renovering har här fördelats jämnt över våningsplanen. I figur 4.30 redovisas inblåsningstemperaturer för källarplan och plan 1 och i figur 4.31 inblåsningstemperaturer för plan 2 och 3.



Figur 4.30 Inblåsningstemperaturer för källarplan och plan 1 vid värmning med luft

Den högsta inblåsningstemperaturen enligt denna simulering krävs i de två källarvolymererna. De har dålig isolering i klimatskalet, inget soltillskott och inga internlasters. Inblås-

ningstemperaturen i den del av källaren som ligger mot gaveln överskrider vid ett tillfälle 40°C . Luftens inblåsningstemperatur i lägenheterna ligger som högst runt 35°C .



Figur 4.31 Inblåsningstemperaturer för plan 2 och 3 vid värmning med luft

På de övre två planen krävs i en av lägenheterna en inblåsningstemperatur på över 35°C för att kunna hålla rumstemperaturen på 20°C .

Beräknas effektbehovet för uppvärmning vid renovering enligt kombination B fås ett effektbehov för hela trapphuset den kallaste dagen på $9,8 \text{ W/m}^2$. Detta är under det effektbehov på 10 W/m^2 som är maxgräns för passivhus med en area över 200 m^2 , byggda i den södra klimatzonen.

Resultatet från simuleringar av inblåsningstemperaturer indikerar att det är möjligt att värma lägenheterna med ventilationsluften om åtgärdskombination B följs fullt ut, men gränsvärdet är precis på marginalen. Det kan vara svårt att lyckas nå det beräknade effektbehovet i en befintlig fastighet, då exempelvis täthet på $0,5 \text{ l/s, m}^2$ vid 50 Pa kan vara svårt att uppnå. Det är också viktigt att fullfölja åtgärder för att minimera köldbryggor, för att säkerställa en god inomhuskomfort för hyresgästen.

Teoretiskt fungerar det att renovera fastigheten till så lågt effektbehov att den klarar kravet för passivhus. I fastigheter med utjänt radiatorsystem kan den högre kostnaden för åtgärdsförslag B då kompenseras genom att slippa kostnaden för nyinstallation av både värme- och ventilationssystem. Fastighetsägaren får då även en mycket låg driftskostnad för uppvärmning på fastigheten.

4.7 Generella slutsatser

Beroende på ekonomiska förutsättningar kan olika nivåer av renovering av rekordårens bebyggelse utföras. Det går att reducera energianvändningen drastiskt om det finns finansiering för relativt stora ingrepp och utvändigt tilläggsisolering av fasad är möjlig med hänsyn till bland annat bevarandaspekter. Lönsamheten för energisparåtgärder ökar om de görs i samband med underhåll.

Genomförda ekonomiska studier förutsätter att energibesparingen skall finansiera hela renoveringskostnaden. Med stor sannolikhet föreligger ett underhållsbehov i grundfallet som är en stor kostnad och som inte har ingår i studien. Troligtvis kan fler åtgärder visa sig lönsamma, ekonomisk, om underhållskostnader vägs in i kalkylerna.

Simuleringar visar att om man tilläggsisolerar vindsbjälklaget med 250 mm mineralull och ytterväggar med 20 mm mineralull, har detta marginellt energiförbättrande verkan på konstruktionen. Om däremot vindens 250 mm tilläggsisolering kompletteras med 100 mm mineralull på yttervägg, bättre fönster, åtgärda köldbryggor, installerar FTX-aggregat och en tätare konstruktion, kan energibehovet för uppvärmning sänkas med upp till 55 %. Om vindsisoleringen fördubblas, ytterväggsisoleringen nästan tredubblas och fönstren blir ännu något bättre, kan detta i kombination med åtgärdade köldbryggor, installation av FTX och en tätare konstruktion sänka energibehovet för uppvärmning med 70 %. Det är dock inte helt enkelt konvertera en byggnad med självdrag till att använda mekanisk ventilation. Kanaler, ljuddämpare och don måste ofta nymonteras samtidigt som takhöjden bör behållas så gott det går. Det är viktigt att använda fläktar som använder lite el i FTX-aggregaten.

Mängden genererad koldioxidekvivalent följer i stort sett beräknad energianvändning.

Analysen visar att de mest lönsamma åtgärderna vid renovering av klimatskalet är i ett livscykelkostnadsperspektiv att tilläggsisolera vindsbjälklag och tilläggsisolera grundbalk. Det är i detta perspektiv ej lönsamt att bygga en ny takkonstruktion för att få plats med ytterligare isolering. Livscykelanalyser, energi, visar även att installation av FTX-system med en verkningsgrad på 80 % behöver en kalkylperiod på 20 år, för en verkningsgrad på 60 % måste kalkylperioden vara över 25 år.

Den kombinerade lösning som är enklast att använda då utseendet på befintlig fastighet ej får ändras, är byte av fönster, installation av FTX-aggregat och ökad täthet. Det beräknade energibehovet sänks då med cirka 47 %. För att få denna renovering lönsam ur ett livscykelperspektiv måste kalkylperioden överstiga 30 år.

Om fastigheten utsätts för en omfattande renovering enligt kombination B kan det teoretiskt klara effektbehovet för passivhus.

4.8 Förslag till fortsatta studier

Under SBUF-projektets gång har fyra olika förslag till fortsatta studier/projekt identifierats:

Utökad ekonomisk utvärdering

- Att tydligt visa på att det kan innebära en ekonomisk vinst att välja åtgärder som kraftigt reducerar energianvändningen vid renovering
- Ta fram enkla metoder/verktyg för att göra ekonomisk utvärdering av eventuella åtgärder

Fukthantering vid energirenovering

- Att inventera vilka fukt- och mögelrisker som är aktuella vid tilläggsisolering av de vanligaste konstruktionerna från rekordåren
- Ge rekommendationer gällande metoder och arbetssätt som minimerar fuktriskerna vid energirenovering

Solvärme

- Att visa system som idag finns tillgängliga och som är möjliga att nyttja vid renovering
- Att tydligt visa på de olika systemens styrkor och svagheter

Genomförande och uppföljning

- Dokumentera och följa upp projekt där energirenovering genomförs för olika typer av hus; punkthus, loftgångshus, lamellhus med olika höjd mm.

5 REFERENSER

Berndtsson Lennart (2003) *Individuell värmemätning i svenska flerbostadshus – En lägesrapport*. Projekt P11835-2. Statens energimyndighet, Eskilstuna 2003

Bjerking S-E. (1987) *Skador på, hus vad gör man? Ytterväggar och fönster*. T13:1987 ISBN 91-540-4755-2. Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm 1987

Bjerking S-E., Bjerking B. (1987) *Skador på, hus vad gör man? Yttertak och balkonger*. T11:1991 ISBN 91-540-5331-5. Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm 1991

Bjerking S-E. (1978) *Ombyggnad – Hur bostadshusen byggdes 1940-1970*. R106:1978 ISBN 91-540-2945-7. Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm 1978

Björk, G., Kallstenius, P., Reppen, L. (1984) *Så byggdes husen 1880-1980. Arkitektur, konstruktion och material i våra flerbostadshus under 100 år*. T1:1984 ISBN 91-540-5434 6. Stockholms stadsbyggnadskontor och Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm 1984

Bo, S. (2005) *Solvärme för flerbostadshus i Lund och Dalby – Analys och utvärdering*. Rapport TVIT--05/5006. Lunds tekniska högskola Lunds universitet, 2005

Boverket (2003) *Bättre koll på underhåll*. ISBN 91-7147-785-3. Rapport från Boverket, Boverket 2003.

Boverket (2003) *Flerbostadshusens förnyelse – behov och förutsättningar 2002/03*. ISBN 91-7147-797-7. Underlagsrapport från Boverket, Boverket 2003.

Boverket (2006) *Allmänna råd om ändring av byggnad*. ISBN 91-7147-984-8. Publikation från Boverket, Boverket 2006.

Boverket (2002) *Hushållning med kallt och varmt tappvarmvatten – Individuell mätning och temperaturstyrning*. ISBN: 91-7147-698-9. Rapport från Boverket, Boverket 2002.

Boverket (2007) *Indata för energiberäkningar för småhus och kontor*. ISBN 978-9185751-65-5. Sammanställning från Boverket. Boverket 2007

E-on (2007) *Reko-redovisning 2007*. Publikation från E-on, E-on 2007

Fahlberg K, Johansson S, Brandt N (2007) *Riktlinjer för att beräkna resultat för klimatprojekt inom ramen för Stockholms handlingsplan mot växthusgaser, Stockholms stads Klimatinvesteringsprogram och Miljömiljarden Version 1.3 2007-09-14*. KTH. Stockholm 2007

- Hall T. (1999) *Rekordåren, en epok I svenskt bostadsbyggande*. ISBN 91-7147-568-0. Boverket. Karlskrona 1999
- Kvist, H. (2006) *DEROB – LTH for MS Windows, Users manual*. Lund: Energi och ByggnadsDesign, Arkitektur och Byggd Miljö, Lunds Tekniska Högskola
- Naturvårdsverket (2006) *Appendix 17 Thermal values and Emission factors energy - GWP conversion factors*. Naturvårdsverket 2006
- Nordström C. (1999) *Möjligheter för miljonprogrammet*. ISBN 91-7332-874-X. AB Svensk byggtjänst. Stockholm 1999
- Reppen L., Vidén S. (2006) *Att underhålla bostadsdrömmen, Kvaliteter och möjligheter i flerbostadshus från 1961-75*. ISBN 91-540-5971-2. Formas. Stockholm 2006
- Samuelsson N. (2004) *Förändra varsamt - Vägledning vid ombyggnader av rekordårens bebyggelse* ISBN 91-7209-340-4. Riksantikvarieämbetet. Falköping 2004
- SCB (1968) *Låneobjektsstatistik 1967 – Flerfamiljshus med preliminära beslut om statligt bostadslån, år 1967*. Statistiskt meddelande från SCB, SCB 1968
- SCB (1976) *Låneobjektsstatistik 1976 – Flerfamiljshus med preliminära beslut om statligt bostadslån, år 1967*. Statistiskt meddelande från SCB, SCB 1976
- SCB (2007) *Energistatistik för flerbostadshus 2006*. Sveriges officiella statistik statistiska meddelanden EN16 SM 0702, Statistiska centralbyrån.
- SFS 2007:457 Lag (1994:847) om tekniska egenskapskrav på byggnadsverk, m.m. Stockholm: Miljödepartementet.
- SFS 2007:1303 Plan och Bygglag. Stockholm: Miljödepartementet.
- SFS 2008:51 Svensk författningssamling (SFS) Förordning (1994:1215) om tekniska egenskapskrav på byggnadsverk, m.m. Stockholm: Miljödepartementet
- Statens Energimyndighet. *Energiläget 2006*. Eskilstuna 2006.
- Tolstoy, N., Borgström M., Högberg H., Nilsson J. (1993) *Bostadsbeståndets tekniska egenskaper ELIB-rapport nr 6*. TN:29 1993 ISBN 91-7111-054-2. Statens institut för byggnadsforskning. Gävle 1993
- Tykesson, Tyke *Bostadsmiljöer i Malmö, Inventering. Del 3: 1965—75*, Malmö Kulturmiljö, Länsstyrelsen Skåne Län, 2002

Vidén S., Botta M. *Bostadsförnyelse och miljöåtgärder med stöd av lokala investeringsprogram – Hållbar utveckling i 50-60-70-talens bostadsområden.*
Slutrapport BOOM-gruppen, Arkitekturskolan – KTH, Stockholm 2005

BILAGOR

Bilaga A	Inventerade objekt
Bilaga B	Resultat av energiberäkningar och genererad mängd koldioxidekvivalenter
Bilaga C	LCC-beräkningar
Bilaga D	Köldbryggor

BILAGA A INVENTERADE OBJEKT

A.1 Schneiderberg

Projektnamn: Schneiderberg Hannover (D)

Ort: Schneiderberg Hannover (D)

Byggår: -

Källa: Friedhelm Birth & Detlef Christ
mail@bauartarchitekten.de

Energibehov för uppvärmning före renovering: 80,5 kWh/m²

Energibehov för uppvärmning efter renovering: 26,6 kWh/m²



Bild: Straßenansicht vor der Sanierung, © Wohnungsgenossenschaft WOG Nordstadt e.G.

Sammanfattning

Fastigheten har renoverats till passivhusstandard enligt tysk norm, (se www.passiv.de) för att minimera uppvärmningsbehovet och på så sätt få en överkomlig hyresnivå. När inte specialistkompetens behövdes renoverades lägenheterna av lägenhetsinnehavarna själva, i ett självhjälsprojekt administrerat av WOG. Man ville vid ombyggnaden utrusta lägenheterna med enkel utrustning med lång livslängd. I varje badrum sitter en radiator. I taket i varje badrum sitter ett till och frånluftsaggregat med värmeåtervinning, ett aggregat per lägenhet. Varmvatten bereds centralt med en pelletspanna, placerad i källaren.

U-värden före renovering:

	Beskrivning	U-värde [W/m ² K]
Yttervägg	36 cm murat tegel med in och utvändigt puts	1,7
Fönster	Tvåglasfönster, PVC-ram	3,0
Tak	Tjärat tak med 4 cm lösullsisolering mellan taksparrar	1,0
Källartak	Välvt tegeltak	1,8

U-värden efter renovering:

	Beskrivning	U-värde [W/m ² K]
Yttervägg	36 cm murat tegel med 24 cm isolering, fasad mot gatan isolerad med 12 cm isolering	0,12 0,19
Fönster	Treglas med energibeläggning, träram	0,8
Tak	14 cm isolering lagt mellan taksparrar och 36 cm isolering på ovansida tak	0,07
Källartak	Välvt tegeltak med 15 cm isolering av polyuretan	0,15

A.2 Schaufelder Strasse

Projektnamn: Schaufelder Strasse, Hannover (D)

Ort: Schaufelder Strasse, Hannover (D)

Byggår: 1950

Källa: Deutsche Energie-Agentur GmbH

www.dena.de

Energibehov för uppvärmning före renovering: 72,0 kWh/m²

Energibehov för uppvärmning efter renovering: 12,4 kWh/m²



Bild: Före renovering © Dr. Ulrich Stiebel

Sammanfattning

Man vill även i mer utsatta områden implementera passivhus till det befintliga fastighetsbeståndet. Lägenheterna värms med radiatorer, ventilationen bär ingen värme, då man anser att radiatorer ger högre komfort. Frånluft tas i kök och wc. Två värmepumpar med markvärme försörjer fastigheten med värme. Värmepumpar valdes då underhållskostnaderna på så sätt skulle kunna hållas låga.

U-värden före renovering:

	Beskrivning	U-värde [W/m ² K]
Yttervägg	Tegel	1,3
Fönster	Tvåglasfönster, träram	2,8
Tak	Betong	2,9
Källartak	20 cm betong	1,5

U-värden efter renovering:

	Beskrivning	U-värde [W/m ² K]
Yttervägg	Typ 1: 22 cm isolering	0,13
	Typ 2: 36 cm isolering	0,11
Fönster	Treglas med energibeläggning, träram	0,8
Tak	36 cm isolering	0,11
Källartak	Isolersystem OSB + cellulosa fyllning	0,12

A.3 Grosse Barlinge

Projektnamn: Grosse Barlinge, Hannover (D)

Ort: Grosse Barlinge, Hannover (D)

Byggår: -

Källa: Pro-Klima Der enercity-Founds
www.proklima-hannover.de

Energibehov för uppvärmning + vatten före renovering: 200 kWh/m²

Energibehov för uppvärmning + vatten efter renovering: 56 kWh/m²

Energibehov för uppvärmning efter renovering: 20 kWh/m²



Bild: Ulla Janson

Sammanfattning

Vid renovering ville man i framtiden ha låga underhållskostnader och kunna ha stabila hyror över lång tid. Att modernisera huset med hjälp av passivhusteknik var då väldigt passande. Man ökade då även komforten för hyresgästerna och reducerade energibehovet på samma gång. I källaren är ett centralt ventilationsaggregat med värmeåtervinning placerat. Plan 1 och plan 3 är anslutna till aggregatet. Det uppkom dock ljudproblem och det visade sig att det var svårt att reglera luften för de båda lägenheterna. Plan 2 som renoverades sist försågs därför med ett eget till och frånluftsaggregat med värmeåtervinning. Undertaket i hallen är sänkt för att få plats med kanaler. Tilluften värmer lägenheterna med extra tillskott från radiator i badrum.

U-värden före renovering:

	Beskrivning	U-värde [W/m ² K]
Yttervägg	36 cm murad tegel med in och utvändig puts	1,7
Fönster	Tvåglasfönster, PVC-ram	3,0
Tak	Tjärat tak med 4 cm lösullsisolering mellan taksparrar	1,0
Källartak	Välvt tegeltak	1,8

U-värden efter renovering:

	Beskrivning	U-värde [W/m ² K]
Yttervägg	36 cm murat tegel med 24 cm isolering, fasad mot gatan isolerad med 12 cm isolering	0,12/ 0,19
Fönster	Treglas med energibeläggning, träram	0,8
Tak	14 cm isolering lagt mellan taksparrar och 36 cm isolering på ovansida tak	0,07
Källartak	Välvt tegeltak med 15 cm isolering av polyuretan	0,15

A.4 Edwin-Oppler-Weg

Projektnamn: Edwin-Oppler-Weg, Hannover, (D)

Ort: Edwin-Oppler-Weg, Hannover, (D)

Byggår: 1946

Källa: PassivHausKOnzepte Projektplanungs &
Entwicklungsgesellschaft mbH

Energibehov för uppvärmning före renovering: - kWh/ m²

Energibehov för uppvärmning efter renovering: 14 kWh/ m² (Beräknat)



Bild: Ulla Janson

Sammanfattning

För att hyresgästerna ska få stabil värmekostnad renoverade hyresvärden fastigheten med energibehov i fokus. I projektet är två fastigheter, där ett renoveras till passivhus standard och ett hus till lågenergi standard. I lågenergihuset är radiatorerna kvar. I passivhuset värms fastigheten med tilluften. På utsidan av tegelväggen som var på originalbyggnaden, fästes en träregelstomme med isolering som sedan kläddes med fasadskivor. CHP är placerad i källaren, ett aggregat för båda husen, och drivs med naturgas.

U-värden före renovering:

	Beskrivning	U-värde [W/m ² K]
Yttervägg	Ca 40cm murad tegelvägg, invändig puts	1,3
Fönster	Enkelglas	5,7
Tak	Saknar takisolering	1,8
Källartak	Ca 20 cm betongplatta	1,5

U-värden efter renovering:

	Beskrivning	U-värde [W/m ² K]
Yttervägg	Tegelvägg utvändigt klädd med 36 cm isolering+ träregelstomme	0,10
Fönster	Treglas med energibeläggning, träram	0,8
Tak	35 cm isolering	0,11
Källartak	40 cm isolering lagt på betongplattan	0,12

A.5 3-liter haus

Projektnamn: 3-liter haus

Ort: Gardenstadt Mannheim Waldhof, Mannheim (D)

Byggår: 1931

Källa: GBG - Mannheimer Wohnungsbaugesellschaft
www.gbg-mannheim.de

Energibehov¹ för uppv + vatten före renovering: 389 kWh/ m²

Energibehov för uppv + vatten efter renovering: 37 kWh/ m²



Bild: Ulla Janson

Sammanfattning

Olika tekniska lösningar avseende ventilation och värme testas i de olika husen och skall senare utvärderas.

I det ena systemet som testas värms tilluften centralt av två värmebatterier i tilluftskanalen. I det andra systemet värms luften individuellt i varje tilluftsdon. En centralt placerad Sterlingmotor ger värme och el till fastigheterna.

U-värden före renovering:

	Beskrivning	U-värde [W/m ² K]
Yttervägg	Tegelvägg med in- och utvändig puts	1,30
Fönster	-	2,60
Tak/Vindsbjälklag	-	0,90
Källarbjälklag	-	1,40

U-värden efter renovering:

	Beskrivning	U-värde [W/m ² K]
Yttervägg	Tegelvägg med isolering och puts	0,12
Fönster	Treglas med energibeläggning, träram	0,8
Tak	36 cm tilläggsisolering	0,11
Källarbjälklag	37 cm tilläggsisolering	0,11

¹ Primärenergi enl. Tysk standard

A.6 Sodastrasse 40

Projektnamn: Sodastrasse 40

Ort: Sodastrasse 40, Ludwigshafen (D)

Byggår: 1892

Källa: Byggherre - LUWOGÉ
info@luwoge.com

Energibehov för uppvärmning före renovering: 354,0 kWh/m²

Energibehov för uppvärmning efter renovering: 54,6 kWh/m²



Bild: Ulla Janson

Sammanfattning

För att behålla intrycket på området renoverades husen med invändig isolering så fasadteglet kunde behållas. Man ville ha ett varaktigt lågt energibehov och renoverade därför till passivhusstandard. Varje lägenhet har ett till och frånluftsaggregat med värmeåtervinning. Solfångare förser området med tappvarmvatten och en gaspanna är installerad för att tillgodose värmebehovet.

U-värden efter renovering:

	Beskrivning	U-värde [W/m ² K]
Yttervägg	Invändig isolering, 8 cm	-
Fönster	Treglas med energibeläggning, träram	0,8
Tak	40 cm isolering	-
Källartak	7+10 cm isolering	-

¹ Primärenergi enl. Tysk standard

A.7 Hoheloogstrasse

Projektnamn: Hoheloogstrasse

Ort: Hoheloogstrasse, Ludwigshafen Mundenheim (D)

Byggår: 1960

Källa: Passivhaus Institut,
Darmstadt

Energibehov för uppvärmning före renovering: 250 kWh/m²

Energibehov för uppvärmning efter renovering: 50/15 kWh/m²
(50-EnEV & 15-Passivhus)



Bild: Ulla Janson

Sammanfattning

Halva huset renoveras till passivhusstandard och andra halvan efter de tyska byggreglerna EnEV. De olika renoveringsmetoderna skall sedan jämföras. Solceller förser fastigheterna med el, överskottet från solceller säljs. En ledning med värme från en mullförbränningsstation förser husen med tappvarmvatten och värme. Varje lägenhet har ett eget till och frånluftsaggregat med värmeåtervinning samt en radiator i varje lägenhet. Luften förvärms i markförlagda tilluftskanaler.

U-värden före renovering:

	Beskrivning	U-värde [W/m ² K]
Yttervägg	Tegelvägg, invändig och utvändig puts	1,2
Fönster	-	-
Tak	-	-
Källartak	Betong, 6 cm isolering	0,63

U-värden efter renovering:

	Beskrivning	U-värde [W/m ² K]
Yttervägg		0,10
Fönster	Treglas med energibeläggning, träram	0,72
Tak		0,11
Källartak		0,18

A.8 Blaue Heimat

Projektnamn: Blaue Heimat
Ort: Heidelberg, (D)
Byggår: Två etapper: 1927 & 1951
Källa: Florian Kagerer & Sebastian Herkel
florian.kagerer@ise.fraunhofer.de
sebastian.herkel@ise.fraunhofer.de

Energibehov för uppv + vatten före renovering: 270 kWh/m²
Energibehov för uppv + vatten efter renovering: 34 kWh/m²



Bild: Kagerer & Herkel

Sammanfattning:

Flerbostadshus med många små lägenheter. Lägenheternas standard var även låg. Lägenheternas planlösningar förändrades. Ett stort bestånd av tvårumslägenheter förändrades till 2-4-rumslägenheter. Byggnaden fick även nya balkonger. Tilläggsisolering genomfördes av samtliga delar av klimatskalet samt byte av fönster. Ventilationssystemet förbättrades. Gasvärme samt frånluftsvärmepump installerades.

U-värden före renovering:

	Beskrivning (inifrån och ut)	U-värde [W/m ² K]
Yttervägg	20 mm puts + 420 mm tegel + 20 mm puts	~1,2
Fönster	Uppgift saknas	Uppgift saknas
Tak	15 mm gipsskiva + 280 mm takstolskonstruktion + 24 mm träboard + 48 mm läkt + 3 mm plåttak	Uppgift saknas
Källarbjälklag	50 mm övergolv (Cementavjämning) + 200 mm betong	1,5

U-värden efter renovering:

	Beskrivning (inifrån och ut)	U-värde [W/m ² K]
Yttervägg	20 mm puts + 420 mm tegel + 20 mm puts + 200 mm tilläggsisolering + 20 mm puts	0,15
Fönster	Uppgift saknas	1,20
Tak	15 mm gipsskiva + 280 mm takstolskonstruktion m. isolering + 24 mm träboard + 48 mm läkt + 3 mm plåttak	0,13
Källarbjälklag	50 mm övergolv (Cementavjämning) + 30 mm ljudisolering 200 mm betong + 160 mm mineralull	0,17

A.9 Henz

Projektnamn: Radhus, familjen Henz
Ort: Eupen, Belgien
Byggår: 1860-talet
Byggn.ägare: Familjen Henz
Källa: Wouter Hilderson
wouter.hilderson@passiefhuisplatform.be

Energibehov för uppvärmning före renovering: 300 kWh/m²
Energibehov för uppvärmning efter renovering: 15 kWh/m²



Bild: Hildersson

Sammanfattning:

Radhus för ett hushåll. Huset var innan renovering i dåligt skick och hade självdragsventilation. Då renovering var nödvändig passade ägarna på att bygga ut samt ”uppgradera” huset till passivhusstandard. Isolering monterades till stor del invändigt. Byggnaden har även fått mekanisk styrd ventilation med återvinning av värmen i frånluften. Solfångare samt pelletskamin har monterats.

U-värden före renovering:

	Beskrivning (inifrån och ut)	U-värde [W/m ² K]
Yttervägg	500 mm stomme + 15 mm puts	3,14
Fönster	1-glas fönster	4,65
Tak	Takstolskonstruktion + Plåttak	Uppgift saknas
Källarbjälklag	20 mm övergolv + 260 mm träbjälklag, oisolerat	2,20

U-värden efter renovering:

	Beskrivning (inifrån och ut)	U-värde [W/m ² K]
Yttervägg	20 mm lera + 60 mm träfiberskiva + Diff.spärr + 280 mm cellulosaisolering + 500 mm stomme + 15 mm puts	0,135
Fönster	3-glas fönster	0,72
Tak	Takstolskonstruktion m. 360 mm cellulosaisolering + Plåttak	0,14
Källarbjälklag	20 mm övergolv + 40 mm träfiberskiva + 22 mm trä + 260 mm träbjälklag m. cellulosaisolering + 18 mm träfiberskiva	0,165

A.10 Ostermundigen

Projektnamn: Ostermundigen
Ort: Ostermundigen, Schweiz
Byggår: 1965
Byggn.ägare: Architecture office rollimanarchini
Källa: Robert Hastings & Daniela Enz
robert.hastings@aeu.ch
daniela.enz@aeu.ch

Energibehov² för uppv + vatten före renovering: 173 kWh/m²
Energibehov för uppv + vatten efter renovering: 69 kWh/m²



Bild: Hastings & Enz

Sammanfattning: Flerbostadshus från 1965.

Byggnaden i stort behov av renovering, hade stått tom i ett och ett halvt år. Byggnaden har handikappsanpassats. Vindsutrymme har byggts om till lägenheter. Balkonger har gjorts större samt badrum och kök har renoverats.

Återvinning av värmen i frånluften.

U-värden före renovering:

	Beskrivning (inifrån och ut)	U-värde [W/m ² K]
Yttervägg	300 mm tegel + 15 mm puts	0,42
Fönster	Uppgift saknas	2,70
Tak	Takstolskonstruktion oisolerad Tegelpannor	2,00
Källarbjälklag	50 mm övergolv (Cementavjämning) + 10 mm luftspalt + 140 mm betong	1,5

U-värden efter renovering:

	Beskrivning (inifrån och ut)	U-värde [W/m ² K]
Yttervägg	15 mm gipsskiva + 300 mm tegel + 15 mm puts + 140 mm tilläggsisolering + 15 mm puts	0,23
Fönster	3-glas fönster	1,20-1,30
Tak	Takstolskonstruktion m. 280 mm tilläggsisolering + Tegelpannor	0,20
Källarbjälklag	18 mm parkett + 30 mm gipsavjämning + 50 mm övergolv + 10 mm luftspalt + 140 mm betong + 140 mm tilläggsisolering	0,23

² Primärenergi enl. Schweizisk standard

A.11 Rislerstasse

Projektnamn: Rislerstasse

Ort: Freiburg, Tyskland

Byggår: 1961

Byggn.ägare: Freiburger Stadtbau GmbH

Källa: Florian Kagerer & Sebastian Herkel

florian.kagerer@ise.fraunhofer.de

sebastian.herkel@ise.fraunhofer.de

Energibehov för uppv + vatten före renovering: 292 kWh/m²

Energibehov för uppv + vatten efter renovering: 39 kWh/m²



Bild: Kagerer & Herkel

Sammanfattning:

Två stycken flerbostadshus där man valt att använda två olika ventilationssystem. Inventarier samt uppvärmningssystem var nedgången. Ägaren, Freiburger Stadtbau GmbH har flera liknande projekt på gång.

U-värden före renovering:

	Beskrivning (inifrån och ut)	U-värde [W/m ² K]
Yttervägg	20 mm puts + 420 mm tegel + 20 mm puts	1,32
Fönster	Uppgift saknas	~2,10
Vindsbjälklag	5 mm avjämning + 200 mm betongbjälklag	1,54
Källarbjälklag	50 mm övergolv (Cementavjämning) + 200 mm betong	1,50

U-värden efter renovering:

	Beskrivning (inifrån och ut)	U-värde [W/m ² K]
Yttervägg	20 mm puts + 300 mm tegel + 20 mm puts + 180 mm + tilläggs-isolering + 20 mm puts	0,15
Fönster	Uppgift saknas	0,80
Vindsbjälklag	5 mm avjämning + 200 mm betongbjälklag + 200 mm mineralull	0,14
Källarbjälklag	50 mm övergolv (Cementavjämning) + 30 mm ljudisolering + 200 mm betong + 160 mm mineralull	0,17

¹ Primärenergi enl. Tysk standard

A.12 Immobilien

Projektnamn: Immobilien
Ort: Staufen, Schweiz
Byggår: 1967
Källa: Robert Hastings & Daniela Enz
robert.hastings@aeu.ch
daniela.enz@aeu.ch

Energibehov för uppv + vatten före renovering: 154 kWh/m²
Energibehov för uppv + vatten efter renovering: 54 kWh/m²



Bild: Hastings & Enz

Sammanfattning:

Flerbostadshus från 1967. Byggnaden hade stora köldbryggor samt mögelproblem. Tilläggsisolering har skett av vindsbjälklag, källarbjälklag samt yttervägg. Fönster har bytts ut och tak har fått nytt tätskikt. Byggnaden värmdes från början med olja. Varmvatten värms med uteluftsvärmepump. FTX-system har installerats. Balkonger har gjorts större.

U-värden före renovering:

	Beskrivning (inifrån och ut)	U-värde [W/m ² K]
Yttervägg	10 mm gipsskiva + 125 mm tegel + 3 mm korkskiva + 125 mm tegel	1,32
Fönster	Uppgift saknas	1,62
Vindsbjälklag	10 mm gipsskiva + 20 mm cellplast (EPS) + 140 mm betongbjälklag + 80 mm cellplast (EPS) + 20 mm träpanel	0,32
Källarbjälklag	40 mm övergolv (Cementavjämning) + 140 mm betong	2,27

U-värden efter renovering:

	Beskrivning (inifrån och ut)	U-värde [W/m ² K]
Yttervägg	15 mm gipsskiva + 300 mm tegel + 15 mm puts + 140 mm tilläggsisolering + 15 mm puts	0,17
Fönster	3-glas fönster	1,62
Vindsbjälklag	10 mm gipsskiva + 20 mm cellplast (EPS) + 140 mm betongbjälklag + 80 mm cellplast (EPS) + 20 mm träpanel + 156 mm mineralull	0,15
Källarbjälklag	40 mm övergolv (Cementavjämning) + 140 mm betong + 100 mm tilläggsisolering	0,20

¹ Primärenergi enl. Schweizisk standard

A.13 Frey – Building

Projektnamn: Zürich, flerbostadshus

Ort: Zürich, Schweiz

Byggår: 1898

Källa: Robert Hastings & Daniela Enz

robert.hastings@aeu.ch

daniela.enz@aeu.ch

Energibehov för uppv + vatten före renovering: 160 kWh/m²

Energibehov för uppv + vatten efter renovering: 39,5 kWh/m²



Bild: Hastings & Enz

Sammanfattning:

Flerbostadshus från 1898 som var i dåligt skick. Tak, yttervägg samt källarbjälklag har tilläggsisolerats. Nya fönster har monterats samt ny hiss utvändigt.

Nytt mekanisk ventilationssystem med 85% återvinning på frånluften. Pelletskamin samt solfångare.

U-värden före renovering:

	Beskrivning (inifrån och ut)	U-värde [W/m ² K]
Yttervägg	10 mm gipsskiva + 390-450 mm tegel + 20 mm stuckatur	1,06
Fönster	Uppgift saknas	2,64
Takkonstruktion	Uppgift saknas	1,70
Källarbjälklag	10 mm klinker + 10 mm cementavjämning + 200 mm betong	2,64

U-värden efter renovering:

	Beskrivning (inifrån och ut)	U-värde [W/m ² K]
Yttervägg	10 mm gipsskiva + 390-450 mm tegel + 20 mm stuckatur + 240 mm mineralull + 10 mm puts	0,13
Fönster	Uppgift saknas	1,20
Takkonstruktion	12 mm träfiberskiva + 240 mm cellulosaisolering + 50 mm luftspalt + 24 mm trä + Takpannor	0,15
Källarbjälklag	10 mm klinker + 10 mm cementavjämning + 200 mm betong + 200 mm mineralull + 10 mm stöd nät	0,20

¹ Primärenergi enl. Schweizisk standard

A.14 Villa Fehr

Projektnamn: Villa Fehr
Ort: Walenstadt, Schweiz
Byggår: 1942
Källa: Robert Hastings & Daniela Enz
robert.hastings@aeu.ch
daniela.enz@aeu.ch

Energibehov för uppv + vatten före renovering: 230 kWh/m²
Energibehov för uppv + vatten efter renovering: 47 kWh/m²



Bild: Hastings & Enz

Sammanfattning:

Enfamiljshus från 1942. 1997 uppstod ett behov av att byta ut oljepannan. Istället för att installera ny oljepanna valde ägaren att satsa på ett annat koncept. Tilläggsisolering av tak, fasad och källarbjälklag. Nya treglas fönster. Ventilationssystem med 80% värmeåtervinning samt solfångare och pelletskamin.

U-värden före renovering:

	Beskrivning (inifrån och ut)	U-värde [W/m ² K]
Yttervägg	330 mm murad konstruktion	1,15
Fönster	Uppgift saknas	2,6-3,0
Takkonstruktion	Uppgift saknas	0,8
Källarbjälklag	15 mm parkett + 30 mm golvskena/spånskiva + 200 mm träbjälklag, delvis isolerat + 20 mm puts	0,90

U-värden efter renovering:

	Beskrivning (inifrån och ut)	U-värde [W/m ² K]
Yttervägg	15 mm gipsskiva + 330 mm murkonstruktion + 200 mm mineralull + 30 mm luftspalt + 8 mm eternitskivor	0,19
Fönster	Uppgift saknas	0,8-1,1
Takkonstruktion	180 mm träbjälkar + 19 mm trä + 220 mm mineralull + 60 mm luftspalt + 24 mm råspont + Takpannor/Solfångare	0,18
Källarbjälklag	15 mm parkett + 30 mm golvskena/spånskiva + 200 mm träbjälklag, delvis isolerat + 20 mm puts + 80 mm mineralull	0,37

¹ Primärenergi enl. Schweizisk standard

A.15 Orrholmen

Projektnamn: Orrholmen

Ort: Karlstad, Sverige

Byggår: 1974

Byggn.ägare: KBAB

Källa: KBAB

Anders Björbole

Energibehov för uppv. + vatten före EE³: 225 kWh/m²

Energibehov för uppv. + vatten efter EE₁: 150 kWh/m²

Energibehov för uppv. + vatten efter EE₂: 90 kWh/m²



Bild: Henrik Sundqvist

Sammanfattning:

Hus i området Orrholmen i Karlstad. Ägare Karlstads Bostads AB (KBAB).

Energieffektiviseringen genomfördes i två steg. Som första åtgärd sänkte man temperaturerna i garage och trapphus samt installerade frånluftsvärmepump.

I nästa steg så tilläggsisolerades väggar och vindsbjälklag. Oklart gällande vad som gjordes för fönstren.

U-värden före renovering:

	Beskrivning (inifrån och ut)	U-värde [W/m ² K]
Yttervägg	Tre olika typer av väggar: Gavelväggar: 125 mm betong + 120 Isoleringsring + 80 betong Utfackningsväggar: 95 mm isolerat regelverk m. skivbeklädnad Övrigt: 95 mm isolerat regelverk m. 80 mm betongelement	Gavelväggar: ~0,30 Utfackningsväggar: ~0,43 Övriga väggar: ~0,43
Fönster	-	-
Takkonstruktion	Betongbjälklag + 100 mm isolering	~0,34
Källarbjälklag	Mot garage	-

U-värden efter renovering:

	Beskrivning (inifrån och ut)	U-värde [W/m ² K]
Yttervägg	Utfackningsväggar: Utvändig tilläggsisolering 45 mm + ny skivbeklädnad Resterande väggar: Utvändig tilläggsisolering 70 mm + putssystem	Gavelväggar: ~0,19 Utfackningsväggar: ~0,29 Övriga väggar: ~0,24
Fönster	-	-
Takkonstruktion	Betongbjälklag + 350 mm isolering	~0,11
Källarbjälklag	Mot garage	-

³ Energieffektivisering

A.16 Ambros

Projektnamn: Ambros Apartment Building
Ort: Hopferau (D)
Byggår: 1964
Byggn.ägare: Anton Ambros
Källa: Deutsche Energie-Agentur GmbH
www.dena.de



Bild: dena

Energibehov för uppvärmning före renovering: 167,0 kWh/m²
Energibehov för uppvärmning efter renovering: 42,5 kWh/m²

Sammanfattning

Fastigheten ligger nära en väg med kraftig trafik. För att minska ljudnivåerna inne och samtidigt minska energiförbrukningen för uppvärmning renoverades fastigheten till passivhusstandard. Ventilationskanaler är i huvudsak placerade i det nybyggda vindfånget eller i anslutning till den nybyggda hissen för att undvika för stor påverkan på befintlig byggnad. Solfångare kombinerat med pellets förser fastigheten med varmvatten och täcker byggnadens värmebehov.

U-värden före renovering:

	Beskrivning (inifrån och ut)	U-värde [W/m ² K]
Yttervägg	-	-
Fönster	-	-
Takkonstruktion	-	-
Källarbjälklag	-	-

U-värden efter renovering:

	Beskrivning (inifrån och ut)	U-värde [W/m ² K]
Yttervägg	-	-
Fönster	-	-
Takkonstruktion	-	-
Källarbjälklag	-	-

A.17 SSW

Projektnamn: SSW, Residential building

Ort: Oberstdorf (D)

Byggår: 1960

Byggn.ägare: SWW Oberallgäu

Källa: Deutsche Energie-Agentur GmbH

www.dena.de

Energibehov för uppvärmning före renovering: 435,8 kWh/m²

Energibehov för uppvärmning efter renovering: 43,5 kWh/m²



Bild: Gesamtansicht, © SWW Oberallgäu

Sammanfattning

Värmepumpar, solceller och solfångare försör bygnaden med el, tappvarmvatten och uppvärmning. Tre lägenheter delar på ett ventilationsaggregat. Fastigheten är renoverad som en del av regionens lågenergisatsning. Långsiktighet avseende materials livslängd och underhållsbehov var viktigt i projektet.

U-värden före renovering:

	Beskrivning (inifrån och ut)	U-värde [W/m ² K]
Yttervägg	-	-
Fönster	-	-
Takkonstruktion	-	-
Källarbjälklag	-	-

U-värden efter renovering:

	Beskrivning (inifrån och ut)	U-värde [W/m ² K]
Yttervägg	-	-
Fönster	-	-
Takkonstruktion	-	-
Källarbjälklag	-	-

A.18 Ekoporten

Projektnamn: Ekoporten

Ort: Norrköping (SE)

Byggår: 1960-talet

Byggn.ägare: Hyresbostäder i Norrköping AB

Källa: Hyresbostäder i Norrköping AB
Göran Hermelin

Energibehov för uppvärmning före renovering: $\sim 210 \text{ kWh/m}^2$

Energibehov för uppvärmning efter renovering: 140 kWh/m^2



Bild: Gunilla Karlsson

Sammanfattning

Innan renovering var huset ett typiskt trevåningshus från rekordåren; platt tak och balkonger med sidoskärmar i betong.

EkoPorten renoverades som ett experiment för att se hur långt man kan gå med miljöanpassningen i bostadshus. Fasader tilläggsisolerades med 70 mm ekofiber, fönster byttes ut samt takkonstruktionen förändrades. I övrigt fokus på att använda sunda material. Ingen återvinning på ventilation.

U-värden före renovering:

	Beskrivning (inifrån och ut)	U-värde [$\text{W/m}^2\text{K}$]
Yttervägg	Sandwich element av betong med isolering av 100 mm cellplast	$\sim 0,34$
Fönster	Tvåglasfönster	~ 3
Takkonstruktion	Isolering i fall på betongbjälklag med yt-skikt av papp.	$\sim 0,41$
Källarbjälklag	Platta på mark	-

U-värden efter renovering:

	Beskrivning (inifrån och ut)	U-värde [$\text{W/m}^2\text{K}$]
Yttervägg	Sandwich element av betong med isolering av 100 mm cellplast. 70 mm Ekofiber och en profilerad fasadskiva.	$\sim 0,21$
Fönster	Treglasfönster	$\sim 2,00$
Takkonstruktion	Bandplåstäckta träpanel på fackverkstakstolar och lösullsisolering	$\sim 0,10$
Källarbjälklag	Platta på mark	-

A.19 Österäng

Projektnamn: Österäng
Ort: Kristianstad (SE)
Byggår: 1972-78
Byggn.ägare: AB Kristianstadsbyggen
Källa: AB Kristianstadsbyggen
Per-Ola Pershaf

Energibehov för uppvärmning före renovering: $\sim 200 \text{ kWh/m}^2$

Energibehov för uppvärmning efter renovering: $\sim 130 \text{ kWh/m}^2$



Bild: Joint UK-Sweden Initiative on Sustainable Construction

Sammanfattning

Österäng hade före renoveringen dåligt rykte och en negativ utveckling med hög arbetslöshet och en allmänt nedgående social spiral. Området består både av punkthus och lamellhus. Detta beskriver lamellhusen.

Gammal isolering på vinden togs bort och ersattes med ny. I samband med det förändrades även takformen från platt tak till sadeltak.

Väggar tilläggsisolerades. Fönster som var dåliga byttes ut. Balkonger och loftgångar glasades in.

Uppvärmningssystemet med direktverkande el i byttes mot kommunal fjärrvärme.

Mekanisk frånluft med värmeåtervinning kopplat till tappvarmvatten.

På bottenvåningen har man även byggt en ny ventilerad golvkonstruktion.

(U-värden nedan har uppskattats efter personlig kommunikation med Pershaf)

U-värden före renovering:

	Beskrivning (inifrån och ut)	U-värde [$\text{W/m}^2\text{K}$]
Yttervägg	13 mm gips + 95 mm isolerad träregelstomme + vindskydd + blandad fasadbeklädnad av korrugerad plåt och träpanel	$\sim 0,43$
Fönster	Kopplade tvåglas	~ 3
Takkonstruktion	Vindsbjälklag av betong + $\sim 100 \text{ mm}$ isolering	$\sim 0,34$
Källarbjälklag	Platta på mark	-

U-värden efter renovering:

	Beskrivning (inifrån och ut)	U-värde [$\text{W/m}^2\text{K}$]
Yttervägg	13 mm gips + 95 mm isolerad träregelstomme + vindskydd + 50 mm tilläggsisolering + blandad fasadbeklädnad av tegel och fibercementskivor	$\sim 0,28$
Fönster	Kopplade tvåglas med lågemissionskikt	~ 2
Takkonstruktion	Vindsbjälklag av betong + $\sim 500 \text{ mm}$ isolering	$\sim 0,08$
Källarbjälklag	Platta på mark + nytt övergolv	-

A.20 Ringdansen

Projektnamn: Ringdansen

Ort: Norrköping (SE)

Byggår: 1972-78

Byggn.ägare: Hyresbostäder i Norrköping AB

Källa: Hyresbostäder i Norrköping AB

Göran Hermelin

Energibehov för uppvärmning + varmvatten före renovering: ~186 kWh/m²

Energibehov för uppvärmning + varmvatten efter renovering: ~101 kWh/m²



Bild: Hyresbostäder i Norrköping AB

Sammanfattning

Ända sedan Ringdansen stod färdigt 1972 har området dragits med dåligt rykte och hög vakansgrad. Med renoveringen ville man höja områdets status och samtidigt fortsätta det miljöarbete man så ambitiöst startat med EkoPorten något år tidigare. Man satte bland annat upp som mål att minska behovet av köpt energi med 70 %. Drygt 45 % av beståndet revs.

Två stycken bergvärmepumpar installerades. Fasader tilläggsisolerades. Fönstren renoverades, olika beroende på förutsättningar. Ringdansen är idag ett mycket populärt område.

U-värden före renovering:

	Beskrivning (inifrån och ut)	U-värde [W/m ² K]
Yttervägg	Sandwich element av betong med isolering av 100 mm cellplast	~0,34
Fönster	Tvåglasfönster	~3
Takkonstruktion	Isolering i fall på betongbjälklag med yt-skikt av papp.	~0,34
Källarbjälklag	Varierande platta på mark och källare	-

U-värden efter renovering:

	Beskrivning (inifrån och ut)	U-värde [W/m ² K]
Yttervägg	Sandwich element av betong med isolering av 100 mm cellplast + 50-80 mm tilläggs-isolering + putssystem	~0,22
Fönster	Varierande, generellt byttes en ruta ut mot "energiglas"	~2
Takkonstruktion	Betongbjälklag + 300 mm isolering + ny pulpettakskonstruktion	~0,13
Källarbjälklag	Varierande platta på mark och källare	-

A.21 Östlyckan

Projektnamn: Östlyckan
Ort: Alingsås (SE)
Byggår: 1960
Byggn.ägare: Alingsåshem
Källa: KTH-Rapport⁴
viden@arch.kth.se

Besparing 1500 MWh ~23 kWh/m²



Bild: Alingsåshem

Sammanfattning

Området gavs främst en uppfräschning. Två planerade åtgärder uteblev; bergvärme och urinseparering.

Individuell mätning, snålspolande armaturer och information till de boende blev de energieffektiviserande åtgärder som genomfördes.

⁴ Bostadsförnyelse och miljöåtgärder med stöd av lokala investeringsprogram

A.22 Inspektoren

Projektnamn: Inspektoren

Ort: Kalmar (SE)

Byggår: 1956

Byggn.ägare: Kalmarhem AB

Källa: Sustainable Refurbishment Europe⁵
samt KTH-Rapport

Energibehov för uppvärmning före renovering: ~215 kWh/m²

Energibehov för uppvärmning efter renovering: ~161 kWh/m²



Bild: Sustainable Refurbishment Europe

Sammanfattning

Kalmarhem valde att göra tre stycken visningslägenheter med olika nivåer av miljöanpassning; låg, medel och hög. Därefter fick hyresgästerna besöka lägenheterna och veta vad de olika alternativen kostade. Därefter fick de själva välja vilket alternativ som de önskade. Fyra valde hög, en valde låg och resterande valde medelalternativet. Stort fokus på materialval

⁵ www.surero.com

A.23 Dalby

Projektnamn: Dalby, Byalaget

Ort: Lund (SE)

Byggår: 1973

Byggn.ägare: Lunds kommuns fastigheter (LKF)

Källa: Rapport TVIT--05/5006
Lunds tekniska högskola

Minskat energibehov ~120 MWh/år

Vilket motsvarar ~1000 kWh/lgh, år



Bild: Andreas Vilén

Sammanfattning

Kvarteret Byalaget är beläget ca 1 km från Dalby centrum.

Gällande husen genomfördes enbart installation av solfångare, 378 m², samt ombyggnad av tak.

Utöver det gjordes insatser för att förbättra utemiljön samt minska segregationen i området.

Förväntad energibesparing var 300 MWh per år.

A.24 Brogården

Projektnamn: Brogården

Ort: Alingsås (SE)

Byggår: 1970

Byggn.ägare: Alingsåshem

Källa: Ulla Janson - LTH

Energibehov för uppvärmning före renovering (mätt 2004):
115 kWh/m²,år

Beräknat energibehov för uppvärmning efter renovering:
27 kWh/m²,år



Bild: Ulla Janson

Sammanfattning:

Hus i området Brogården i Alingsås. Ägare Alingsåshem.

Totalt 300 lägenheter renoveras till passivhus. Först renoveras en huskropp med 18 lgh för mätning och uppföljning, med erfarenhetsåterföring till resten av området. Renovering startade i april 2008 och innefattar bland annat omfattande byten av fasadmateriell, fönster, befintlig F-ventilation byts ut mot FTX-ventilation och ökad tillgänglighet för de boende.

U-värden före renovering:

	Beskrivning (inifrån och ut)	U-värde [W/m ² K]
Yttervägg	13 mm gips + 95 mm isolerad träregelstomme + vindsydd + fasadtegel	~0,35
Fönster	Tvåglasfönster	~2,00
Takkonstruktion	180 mm isolering på betongbjälklag, uppsjälpad takstolar	~0,21
Källarbjälklag	Platta på mark	~0,50

U-värden efter renovering:

	Beskrivning (inifrån och ut)	U-värde [W/m ² K]
Yttervägg	13 mm gips + 95 mm isolerad träregelstomme + 370 mm tilläggsisolering med stålregelkonstruktion + fasadbeklädnad	0,11
Fönster	Treglasfönster	0,85
Takkonstruktion	180 mm isolering + 200 mm lösull på betongbjälklag, uppsjälpad takstolar	0,10
Källarbjälklag	Tilläggsisolering ovan platta på mark	0,26

BILAGA B ENERGIBERÄKNINGAR - RESULTAT

B.1 Grundfall

Energipost	kWh/m ² , år
Värme	101,9
Tappvarmvatten	53,5
Fastighetsel	17,0
Totalt	172,4
Energipost	CO ₂ ekv/m ² , år
Värme	11,11
Tappvarmvatten	5,83
Fastighetsel	1,79
Totalt	18,73

B.2 Åtgärder för klimatskal

	1.A.1-T	1.A.1-A	1.A.1-B	1.A.2-A
Energipost	kWh/m ² , år			
Värme	93,8	86,2	81,5	85,4
Tappvarmvatten	53,5	53,5	53,5	53,5
Fastighetsel	17,0	17,0	17,0	17,0
Totalt	164,3	156,7	152	155,9
Energipost	CO ₂ ekv/m ² , år			
Värme	10,22	9,40	8,88	9,31
Tappvarmvatten	5,83	5,83	5,83	5,83
Fastighetsel	1,79	1,79	1,79	1,79
Totalt	17,84	17,02	16,50	16,93

	1.A.2-B	1.B.1-T	1.B.1-A	1.B.1-B
Energipost	kWh/m ² , år			
Värme	79,3	101,4	101,0	100,8
Tappvarmvatten	53,5	53,5	53,5	53,5
Fastighetsel	17,0	17,0	17,0	17,0
Totalt	149,8	171,9	171,5	171,3
Energipost	CO ₂ ekv/m ² , år			
Värme	8,64	11,05	11,01	10,99
Tappvarmvatten	5,83	5,83	5,83	5,83
Fastighetsel	1,79	1,79	1,79	1,79
Totalt	16,26	18,67	18,63	18,61

	1.C.1-T	1.C.1-A	1.C.1-B	1.D.1-T
Energipost	kWh/m², år			
Värme	97,33	97,33	96,0	101,9
Tappvarmvatten	53,5	53,5	53,5	53,5
Fastighetsel	17,0	17,0	17,0	17,0
Totalt	167,83	167,83	166,5	172,4
Energipost	CO₂ekv/m², år			
Värme	10,61	10,61	10,46	11,11
Tappvarmvatten	5,83	5,83	5,83	5,83
Fastighetsel	1,79	1,79	1,79	1,79
Totalt	18,23	18,23	18,08	18,73

	1.D.1-A	1.D.1-B	1.E.1-T	1.E.1-A
Energipost	kWh/m², år			
Värme	94,7	89,6	101,9	101,8
Tappvarmvatten	53,5	53,5	53,5	53,5
Fastighetsel	17,0	17,0	17,0	17,0
Totalt	165,2	160,1	172,4	172,3
Energipost	CO₂ekv/m², år			
Värme	10,32	9,77	11,11	11,10
Tappvarmvatten	5,83	5,83	5,83	5,83
Fastighetsel	1,79	1,79	1,79	1,79
Totalt	17,94	17,39	18,73	18,72

	1.E.1-B	1.E.2-T	1.E.2-A	1.E.2-B
Energipost	kWh/m², år			
Värme	100,5	101,9	101,3	101,3
Tappvarmvatten	53,5	53,5	53,5	53,5
Fastighetsel	17,0	17,0	17,0	17,0
Totalt	171	172,4	171,8	171,8
Energipost	CO₂ekv/m², år			
Värme	10,95	11,11	11,04	11,04
Tappvarmvatten	5,83	5,83	5,83	5,83
Fastighetsel	1,79	1,79	1,79	1,79
Totalt	18,57	18,73	18,66	18,66

	1.E.3-T	1.E.3-A	1.E.3-B	1.F.1-T
Energipost	kWh/m², år			
Värme	101,9	99,5	97,4	101,9
Tappvarmvatten	53,5	53,5	53,5	53,5
Fastighetsel	17,0	17,0	17,0	17,0
Totalt	172,4	170	167,9	172,4
Energipost	CO₂ekv/m², år			
Värme	11,11	10,85	10,62	11,11
Tappvarmvatten	5,83	5,83	5,83	5,83
Fastighetsel	1,79	1,79	1,79	1,79
Totalt	18,73	18,47	18,24	18,73

	1.F.1-A	1.F.1-B
Energipost	kWh/m², år	
Värme	97,6	95,3
Tappvarmvatten	53,5	53,5
Fastighetsel	17,0	17,0
Totalt	168,1	165,8
Energipost	CO₂ekv/m², år	
Värme	10,64	10,39
Tappvarmvatten	5,83	5,83
Fastighetsel	1,79	1,79
Totalt	18,26	18,01

B.3 Installation av FTX samt åtgärder för minskad varmvattenförbrukning

	2.A.1-T	2.A.1-A	2.A.1-B	2.A.1-A.L
Energipost	kWh/m², år			
Värme	101,9	75,4	67,0	75,4
Tappvarmvatten	53,5	53,5	53,5	53,5
Fastighetsel	17,0	20,0	20,0	22,0
Totalt	172,4	148,9	140,5	150,9
Energipost	CO₂ekv/m², år			
Värme	11,11	8,22	7,30	8,22
Tappvarmvatten	5,83	5,83	5,83	5,83
Fastighetsel	1,79	2,10	2,10	2,31
Totalt	18,73	16,15	15,23	16,36

	2.A.1-B.L	4.A/D.1-T*	4.A.1-A/B**	4.D.1-A/B**
Energipost	kWh/m², år			
Värme	67,0	101,9	101,9	101,9
Tappvarmvatten	53,5	53,5	42,8	48,2
Fastighetsel	22,0	17,0	17,0	17,0
Totalt	142,5	172,4	161,7	167,1
Energipost	CO₂ekv/m², år			
Värme	7,30	11,11	11,11	11,11
Tappvarmvatten	5,83	5,83	4,67	5,25
Fastighetsel	2,31	1,79	1,79	1,79
Totalt	15,44	18,73	17,57	18,15

*Avser både 4.A.1-T och 4.D.1-T

**Avser både alternativ A och B

B.4 Kombinerade åtgärder

	5.-T	5.1-A	5.2-A	5.1-B
Energipost	kWh/m², år			
Värme	90,5	46,0	45,3	30,2
Tappvarmvatten	48,2	40,1	40,1	40,1
Fastighetsel	17,0	20,0	20,0	20,0
Totalt	155,7	106,1	105,4	167,1
Energipost	CO₂ekv/m², år			
Värme	9,86	5,01	4,94	3,29
Tappvarmvatten	5,25	4,37	4,37	4,37
Fastighetsel	1,79	2,10	2,10	2,10
Totalt	16,90	11,48	11,41	9,76

	5.2-B	5.-FTV		
Energipost	kWh/m², år			
Värme	28,0	53,8		
Tappvarmvatten	40,1	53,5		
Fastighetsel	20,0	20,0		
Totalt	88,1	127,3	0	0
Energipost	CO₂ekv/m², år			
Värme	3,05	5,86	0,00	0,00
Tappvarmvatten	4,37	5,83	0,00	0,00
Fastighetsel	2,10	2,10	0,00	0,00
Totalt	9,52	13,79	0,00	0,00

BILAGA C LCC-BERÄKNINGAR

Elpris (kr/kWh)	0,90 kr
FJVPpris (kr/kWh)	0,50 kr
Prisökn el	5,0 %
Prisökn FJV	3,0 %
Nominell kalkylränta (%)	8,0 %
Inflation (%)	4,0 %
Realränta	3,8 %

C.1 Grundfall

	Kr/m ²		
	10 år	20 år	30 år
Investering	-	-	-
Fjärrvärme	804	1474	2092
Fastighetsel	178	359	562
Totalt	982	1 833	2 654

C.2 Åtgärder för klimatskal

	Kr/m ²					
	1.A.1-T			1.A.1-A		
	10 år	20 år	30 år	10 år	20 år	30 år
Investering	322			380		
Fjärrvärme	762	1398	1984	723	1327	1883
Fastighetsel	178	359	562	178	359	562
Totalt	1 262	2 079	2 868	1 281	2 066	2 825

	Kr/m ²					
	1.A.1-B			1.A.2-A		
	10 år	20 år	30 år	10 år	20 år	30 år
Investering	453			480		
Fjärrvärme	699	1283	1820	719	1319	1872
Fastighetsel	178	359	562	178	359	562
Totalt	1 330	2 095	2 835	1 377	2 158	2 914

	Kr/m ²					
	1.A.2-B			1.B.1-T		
	10 år	20 år	30 år	10 år	20 år	30 år
Investering	566			115		
Fjärrvärme	688	1262	1791	801	1469	2085
Fastighetsel	178	359	562	178	359	562
Totalt	1 432	2 187	2 919	1 094	1 943	2 762

	Kr/m ²					
	1.B.1-A			1.B.1-B		
	10 år	20 år	30 år	10 år	20 år	30 år
Investering	126			149		
Fjärrvärme	800	1468	2083	798	1464	2077
Fastighetsel	178	359	562	178	359	562
Totalt	1 104	1 953	2 771	1 125	1 972	2 788

	Kr/m ²					
	1.C.1-T			1.C.1-A		
	10 år	20 år	30 år	10 år	20 år	30 år
Investering	37			37		
Fjärrvärme	780	1431	2031	780	1431	2031
Fastighetsel	178	359	562	178	359	562
Totalt	995	1 827	2 630	995	1 827	2 630

	Kr/m ²					
	1.C.1-B			1.D.1-T		
	10 år	20 år	30 år	10 år	20 år	30 år
Investering	268			0		
Fjärrvärme	774	1419	2013	804	1474	2092
Fastighetsel	178	359	562	178	359	562
Totalt	1 220	2 046	2 843	982	1 833	2 654

	Kr/m ²					
	1.D.1-A			1.D.1-B		
	10 år	20 år	30 år	10 år	20 år	30 år
Investering	246			270		
Fjärrvärme	767	1406	1995	741	1358	1927
Fastighetsel	178	359	562	178	359	562
Totalt	1 191	2 011	2 803	1 189	1 987	2 759

	Kr/m ²					
	1.E.1-T			1.E.1-A		
	10 år	20 år	30 år	10 år	20 år	30 år
Investering	0			9		
Fjärrvärme	804	1474	2092	803	1473	2091
Fastighetsel	178	359	562	178	359	562
Totalt	982	1 833	2 654	990	1 841	2 662

	Kr/m ²					
	1.E.1-B			1.E.2-T		
	10 år	20 år	30 år	10 år	20 år	30 år
Investering	141			0		
Fjärrvärme	796	1461	2073	804	1474	2092
Fastighetsel	178	359	562	178	359	562
Totalt	1 115	1 961	2 776	982	1 833	2 654

	Kr/m ²					
	1.E.2-A			1.E.2-B		
	10 år	20 år	30 år	10 år	20 år	30 år
Investering	64			64		
Fjärrvärme	801	1468	2084	801	1468	2084
Fastighetsel	178	359	562	178	359	562
Totalt	1 043	1 891	2 710	1 043	1 891	2 710

	Kr/m ²					
	1.E.3-T			1.E.3-A		
	10 år	20 år	30 år	10 år	20 år	30 år
Investering	0			14		
Fjärrvärme	804	1474	2092	791	1452	2060
Fastighetsel	178	359	562	178	359	562
Totalt	982	1 833	2 654	983	1 825	2 636

	Kr/m ²					
	1.E.3-B			1.F.1-T		
	10 år	20 år	30 år	10 år	20 år	30 år
Investering	16			0		
Fjärrvärme	781	1432	2032	804	1474	2092
Fastighetsel	178	359	562	178	359	562
Totalt	975	1 807	2 610	982	1 833	2 654

	Kr/m ²					
	1.F.1-A			1.F.1-B		
	10 år	20 år	30 år	10 år	20 år	30 år
Investering	93			107		
Fjärrvärme	781	1433	2034	770	1412	2004
Fastighetsel	178	359	562	178	359	562
Totalt	1 052	1 885	2 689	1 055	1 878	2 673

C.3 Installation av FTX samt åtgärder för minskad varmvattenförbrukning

	Kr/m ²					
	2.A.1-T			2.A.1-A		
	10 år	20 år	30 år	10 år	20 år	30 år
Investering	0			232		
Fjärrvärme	804	1474	2092	668	1226	1739
Fastighetsel	178	359	562	209	422	661
Totalt	982	1 833	2 654	1 109	1 880	2 632

	Kr/m ²					
	2.A.1-B			2.A.1-A.L		
	10 år	20 år	30 år	10 år	20 år	30 år
Investering	267			246		
Fjärrvärme	625	1147	1627	668	1226	1739
Fastighetsel	209	422	661	230	465	727
Totalt	1 101	1 836	2 555	1 144	1 937	2 712

	Kr/m ²					
	2.A.1-B.L			4.A/D.1-T*		
	10 år	20 år	30 år	10 år	20 år	30 år
Investering	281			0		
Fjärrvärme	625	1147	1627	804	1474	2092
Fastighetsel	230	465	727	178	359	562
Totalt	1 136	1 893	2 635	982	1 833	2 654

	Kr/m ²					
	4.A.1-A/B**			4.D.1-A/B**		
	10 år	20 år	30 år	10 år	20 år	30 år
Investering	21			52		
Fjärrvärme	747	1371	1945	776	1423	2019
Fastighetsel	178	359	562	178	359	562
Totalt	946	1 751	2 528	1 006	1 834	2 633

*Avser både 4.A.1-T och 4.D.1-T

**Avser både alternativ A och B

C.4 Kombinerade åtgärder

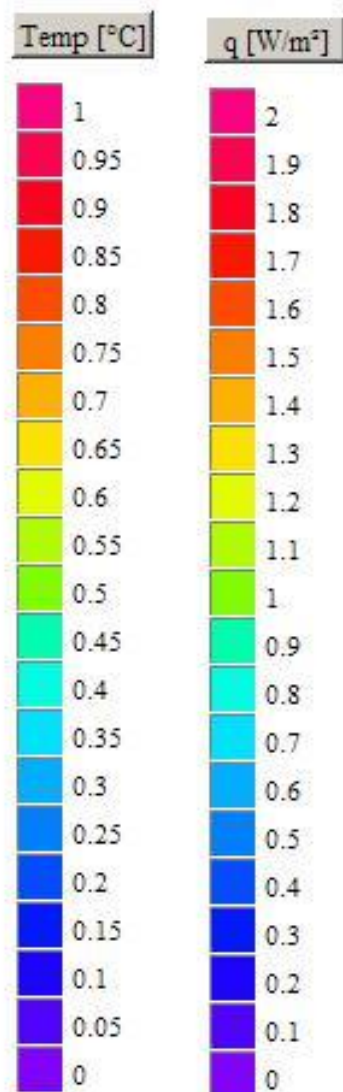
	Kr/m ²					
	5.-T			5.1-A		
	10 år	20 år	30 år	10 år	20 år	30 år
Investering	354			908		
Fjärrvärme	717	1315	1867	447	820	1164
Fastighetsel	178	359	562	209	422	661
Totalt	1 249	2 028	2 783	1 564	2 150	2 733

	Kr/m ²					
	5.2-A			5.1-B		
	10 år	20 år	30 år	10 år	20 år	30 år
Investering	1094			1315		
Fjärrvärme	443	813	1154	366	672	953
Fastighetsel	209	422	661	209	422	661
Totalt	1 746	2 329	2 909	1 890	2 409	2 929

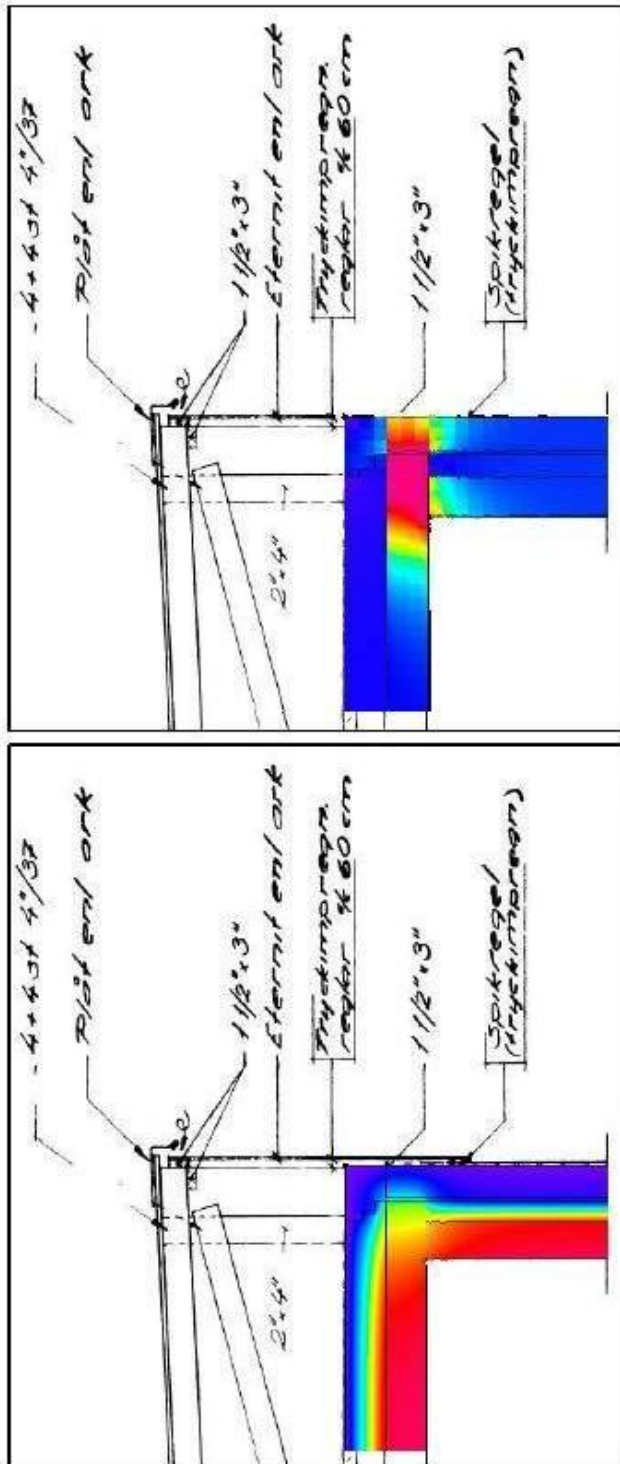
	Kr/m ²					
	5.2-B			5.FTV		
	10 år	20 år	30 år	10 år	20 år	30 år
Investering	1417			609		
Fjärrvärme	355	651	924	558	1023	1452
Fastighetsel	209	422	661	209	422	661
Totalt	1 981	2 490	3 002	1 376	2 054	2 722

BILAGA D STUDIER AV KÖLDBRYGGOR

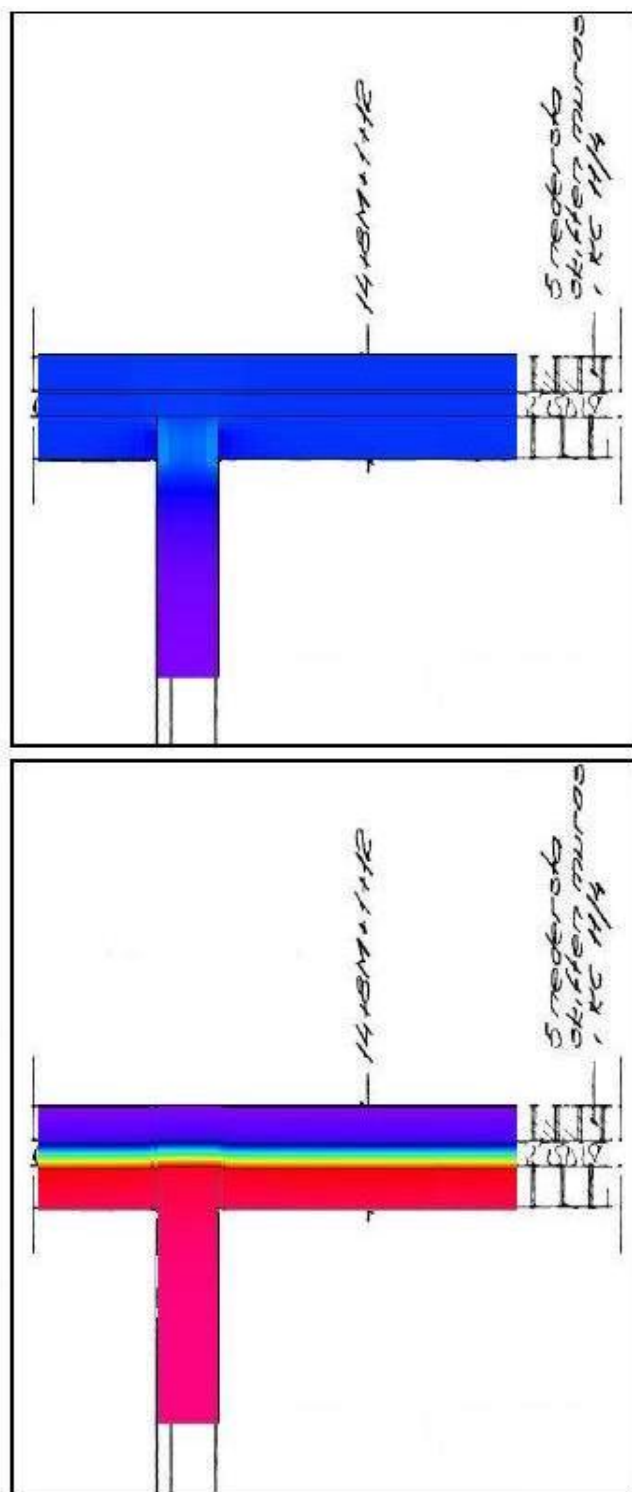
För samtliga köldbryggor gäller att bilden till vänster/nederst visar temperaturfördelningen och bilden till höger/överst visar effektförlust. Skala enligt nedan:



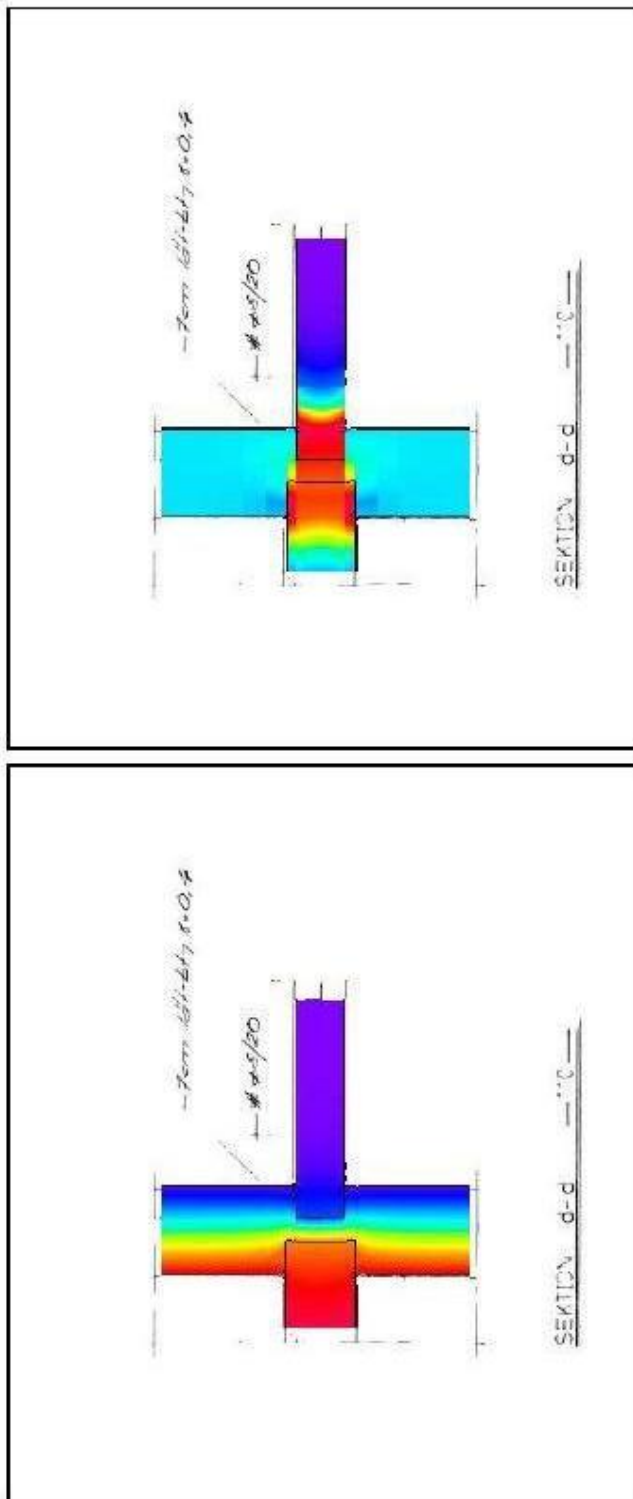
D.1 Takfot



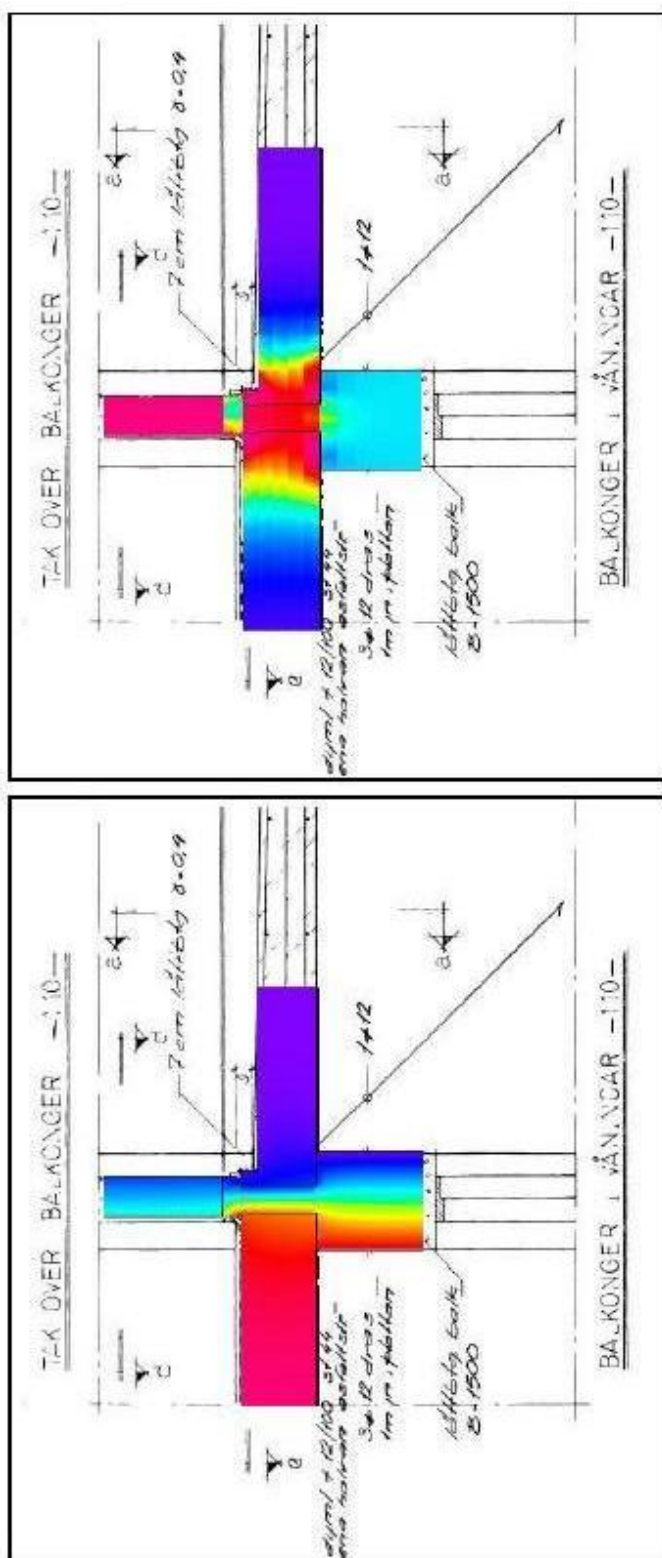
D.2 Anslutning mellanbjälklag – yttervägg



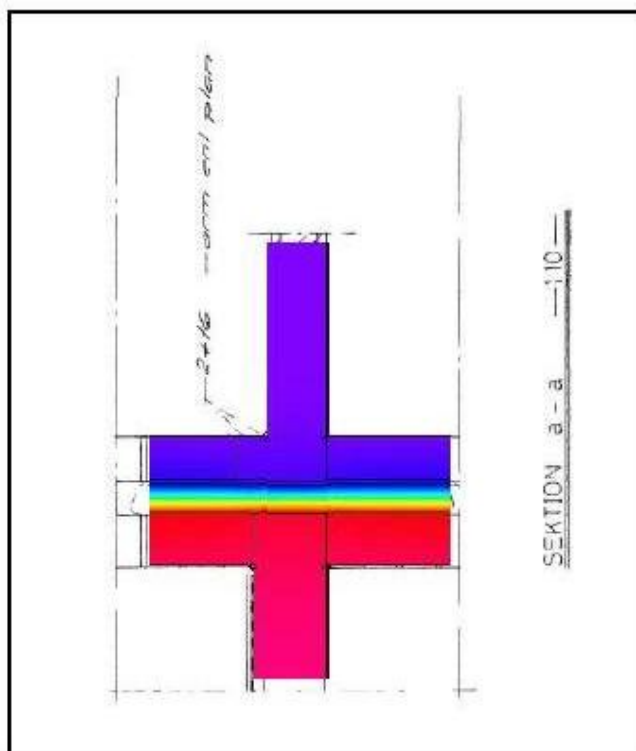
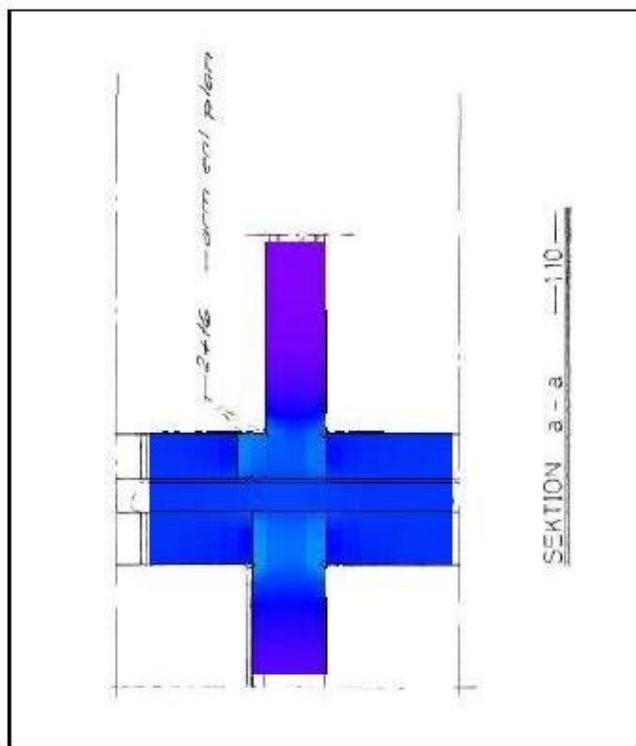
D.3 Balkongflagga



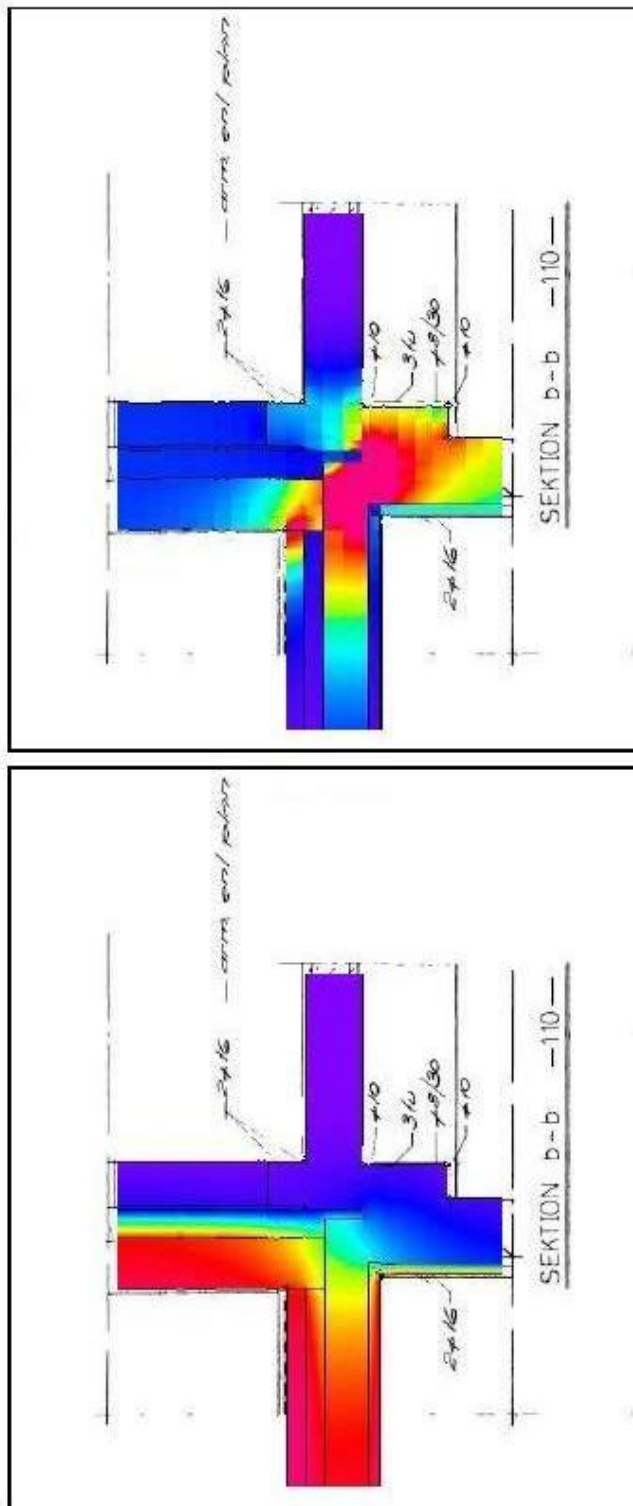
D.4 Balkonganslutning ovan fönster



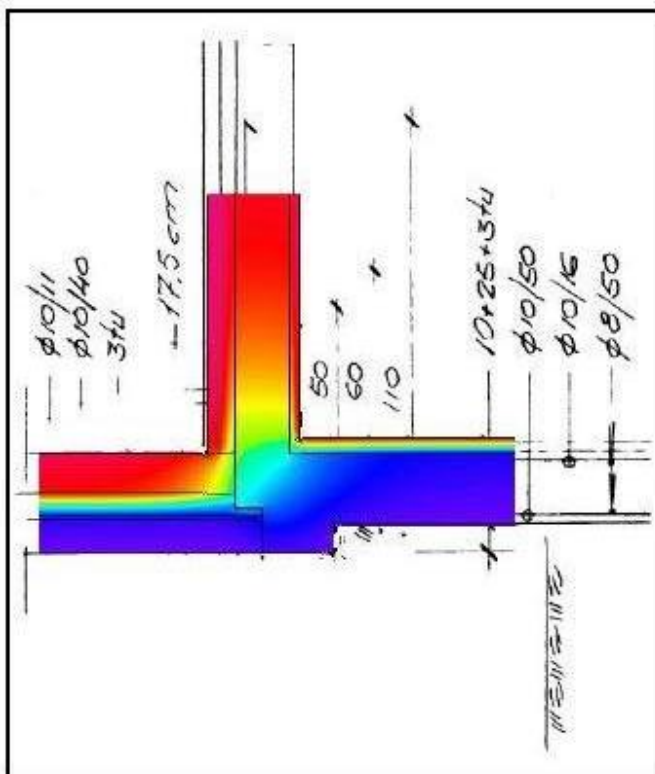
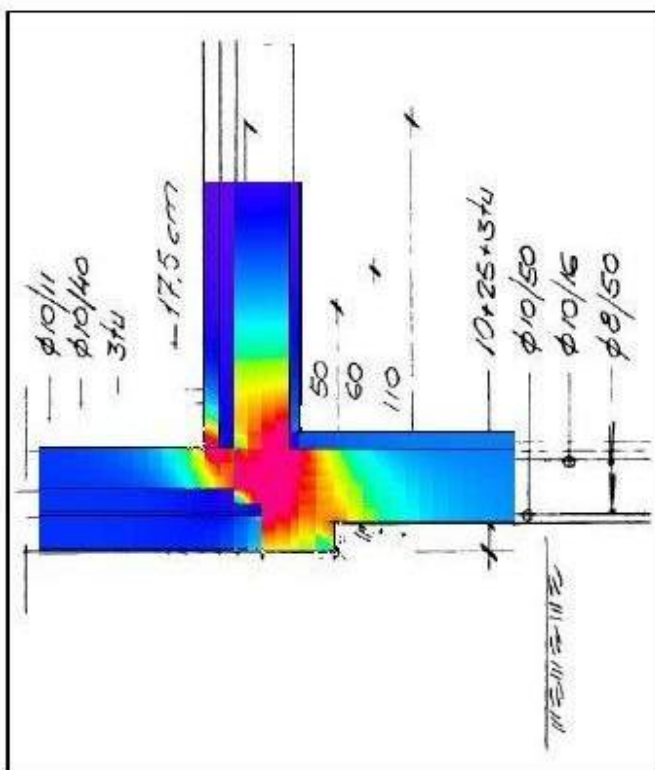
D.5 Balkonganslutning mot yttervägg



D.6 Balkonganslutning mot grundbalk



D.7 Ytterväggsanslutning mot grundbalk



D.8 Karmanslutning mot yttervägg

