Energieffektivisering av Malmö Studenthus

- En fallstudie av Taxeringsintendenten 3

LUNDS UNIVERSITET
Lunds Tekniska Högskola

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Avdelningen för byggnadsfysik

Examensarbete: 22,5 hp

Gustav Törnblom
Oskar Johansson

© Copyright Gustav Törnblom, Oskar Johansson

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Lunds universitet
Box 882
251 08 Helsingborg

LTH School of Engineering
Lund University
Box 882
SE-251 08 Helsingborg
Sweden

Tryckt i Sverige
Media-Tryck
Biblioteksdirektionen
Lunds universitet
Lund 2015

Sammanfattning

Det här examenarbetet har genomförts i samarbete med Malmö Studenthus som via Miljöbron har efterfrågat förslag på hur de kan energieffektivisera sin fastighet Taxeringsintendenten 3 vilken är belägen i Rosengård, Malmö. Byggnaden uppfördes på 70-talet och används i dagsläget som studentboende med 665 invändigt nyrenoverade lägenheter.

Arbetet är aktuellt då större fokus har lagts de senaste åren på att se över det befintliga bostadsbeståndet avseende energianvändning i Sverige. Nya miljömål har satts på både nationell och global nivå vilka ställer högre krav på minskad energianvändning i samhället. En stor del av de uppsatta målen kan uppnås genom upprustning av byggnader från miljonprogrammet.

Syftet med examensarbetet har varit att undersöka hur stor energibesparingspotential fyra olika slags byggtekniska åtgärder kan ha för byggnaden. De fyra olika åtgärdsförslagen som har undersöks är följande:

- Isolering av tvåglasfönster
- Nya fönster och balkongdörrar
- Ny utfackningsvägg
- Ny utanpåliggande fasad

Resultaten baseras på litteraturstudier, studiebesök och fältstudier i form av provtryckning och termografering. Beräkningar och simuleringar har genomförts i datorprogrammen U-norm och Isover Energi 3, detta för att kunna jämföra byggnadens specifika energianvändning före och efter utförd åtgärd. Alla beräkningar och simuleringar har utgått ifrån två referenslägenheter.

Slutsatserna som kan dras efter genomfört arbete är att det finns mycket att göra för att förbättra energiprestandan för byggnaden. En stor förbättring kan uppnås genom upprustning av fasader på balkongsidan då dessa är otäta och dåligt isolerade.
Efter genomfört examensarbete kan konstateras att ombyggnaden av ventilationssystemet bara är färdigställt till en viss del vilket medför att det är väldigt svårt att få en helhetsbild av hur ventilationen fungerar i dagsläget. Ventilationssystemet bör inventeras grundligt för att ge en klar bild av vad som behövs göras för att slutföra ombyggnationen av ventilationssystemet till FTX.

Nyckelord: energieffektiviseringsåtgärder, miljonprogrammet, energianvändning, flerbostadshus, provtryckning

Abstract

This thesis has been carried out in cooperation with Malmö Studenthus via Miljöbron whom requested suggestions on how they can improve their energy usage in their property Taxeringsintendenten 3 which is located in Rosengård, Malmö. The building was built in the 70s and is currently being used as a student residence with 665 newly renovated apartments.

The thesis is topical as in recent years more resources are focused on how to overhaul the existing housing stock relating to energy use in Sweden. New targets are set at both national and global level, which requires greater demands on reduced energy consumption in society. A large proportion of the targets can be achieved through the rehabilitation of buildings from the so called Million Homes Programme.

The goal of this thesis was to investigate what energy saving potential four different measures would have on the building. The four different proposals for action that have been investigated are the following:

- Insulation of double-glazed windows
- New windows and balcony doors
- New curtain walls
- New insulation and surface facade

The results are based on literature studies, field studies in the form of pressure and air leakage testing, and thermography. Calculations and simulations were conducted in the computer programs U-norm and Isover Energi 3, in order to compare specific energy consumption before and after the completion of the four measures. All calculations and simulations were based on two reference apartments.

The conclusions to be drawn from the work carried out are that there is much to do to improve the energy performance of the building. A great improvement can be achieved through the retrofitting of the facades on the balcony side, as they are leaky and poorly insulated.

After completion of the thesis it can be stated that the renovation of the ventilation system was only completed to a certain extent, which means that it is very difficult to get an overall picture of how the ventilation works in the current situation. The ventilation system should be thoroughly surveyed to provide a clear picture of what needs to be done to complete the reconstruction of the ventilation system to a dual-flow ventilation with heat recovery.

Keywords: energy efficiency measures, the million homes programme, energy, apartment buildings, pressure and air leakage testing

Förord

Examensarbetet om 22,5 hp är det avslutande momentet i det treåriga högskoleingenjörsprogrammet byggteknik med arkitektur på Lunds Tekniska Högskola förlagt på Campus Helsingborg.
Bortsett från en mycket lärorik termin med alltifrån många långa diskussioner till praktiska moment genomförda på Malmö Studenthus, har framför allt examensarbetet gett en god inblick i problem vi tror kan uppstå i arbetslivet. Vi känner oss nu mer förberedda inför liknande situationer i framtiden.

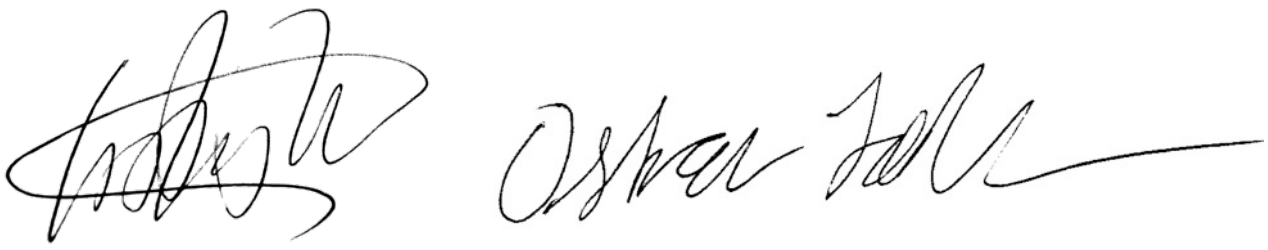
Vi vill framföra tack till följande personer:

Linnea Rosenqvist, till nyligen fastighetschef på Malmö Studenthus, har varit mycket hjälpsam och tålmodig med ett brinnande intresse för energifrågor.

Petter Wallentén, handledare och stor källa till inspiration.

Akram Abdul Hamid, doktorand, var till stor hjälp vid provtryckningen.

Kristina Mjörnell, examinator och expert inom området.



Gustav Törnblom *Oskar Johansson*

Lund vårterminen, 2015

Ordlista

A_{temp} – Den invändiga uppvärmda (>10 °C) arean inklusive våningsplan, vindsplan och källarplan.

BBR – Boverkets Byggregler.

Daggpunkt – Då den relativa fuktigheten är 100 % vilket innebär att luften kan anses mättad på vatten. Luftens kapacitet att innehålla vatten ökar med temperaturen vilket medför att om temperaturen sjunker vid 100 % relativ fuktighet kommer vattnet kondensera.

Lågemissionsskikt – Ett tunt metallskikt som appliceras på glasytor för att sänka U-värdet.

Frånluftssystem – Ventilationssystem med kapacitet att enbart föra ut gammal luft ur byggnaden.

FTX – Ventilationssystem med både från, tilluft och värmeåtervinning, se Kap 3.9.

Förspänd betong – Innebär att armeringen spänns innan betongen härdat så att högre hållfasthetsvärden kan erhållas.

Klimatskal – Avser byggnadens ytterhölje. Alltså byggnadsdelar som avskiljer inneklimat från uteklimat.

Köldbryggor – Avvikande del i konstruktionen där värme lättare leds till följd av ett högre lokalt U-värde än övrig omslutande area.

Normalårskorrigerat – Används oftast vid energiberäkningar då beräknade värden ofta korrigeras med avseende på medelårstemperatur för att stämma överens med ett ”normalår”. Användbart då beräkningar kan utgå ifrån ett år med exempelvis en ovanligt varm vinter.

Passivhus – Energisnål byggnad, förekommer med olika definitioner. Karaktäristiskt är dock mycket isolering i klimatskal och lufttäta konstruktioner.

Prefabricerad – Tillverkad på fabrik, ofta förtillverkade byggnadselement.

Provtryckning – Kontroll av lufttätheten i en byggnad. Är av intresse vid energiberäkningar då infiltrationsförluster kan ha en stor påverkan på resultatet.

Reglerkurva – Justerar framledningstemperaturen för varmvattnet i förhållande till utetemperaturen och önskad innetemperatur.

SP – Sveriges Tekniska Forskningsinstitut.

Specifik energianvändning – Byggnadens energianvändning fördelat på den uppvärmda arean och per år. Hushållsenergi är ej inräknat. Enhet kWh/m^2, år.

Spillvärme – Värmeförluster i rör oftast till följd av framledningssträckan.

Termografering – Användning av värmekamera, registrerar IR-strålning och identifierar köldbryggor.

Transmissionsförluster – Värme som passerar genom klimatskalet pga ledning.

U-värde – Värmegenomgångskoefficient, vilket är ett mått på hur god isoleringsförmåga en byggnadsdel har. Enhet W/m^2,K.

Undertryck – Innebär att byggnad har en högre tendens att ”suga in” luft utifrån. Oftast en följd från ventilationssystemet som drar ut mer frånluft än vad som tillförs. Är ur byggnadstekniskt synpunkt att föredra.

Utfackningsvägg – Icke bärande yttervägg.

Värmegenomgångskoefficient – Se U-värde.

Värmemotstånd – Ett materialskikts isoleringsförmåga, skiljs ifrån U-värde som mäter en byggnadsdel. Enhet m^2,K/W.

Övertryck – Motsatsen till undertryck. Vid övertryck riskerar varm, fuktig inneluft att tryckas ut i klimatskalet vilket kan generera fuktskador.

Innehållsförteckning

1 Inledning 1
1.1 Bakgrund 1
1.2 Syfte och mål 2
1.3 Problemformulering 2
1.4 Avgränsningar 3
2 Metod 5
2.1 Litteraturstudie 5
2.2 Ritningar och handlingar 5
2.3 Fältundersökning 5
2.3.1 Provtryckning 6
2.3.2 Värmekamera 7
2.4 Beräkningsprogram 8
2.4.1 U-norm 8
2.4.2 Isover energi 3 8
2.4.2.1 Begreppsförklaring till Isover Energi 3 9
2.4.2.2 Köldbryggor 11
3 Fakta om huset 13
3.1 Allmänt om byggnaden 13
3.2 Energianvändning 14
4 Teknisk beskrivning 15
4.1 Bakgrund Skivhus 15
4.2 Stomme 15
4.3 Källargolv 16
4.3.1 Värmeisolerat källargolv 16
4.3.2 Normalt källargolv 16
4.4 Bjälklag 16
4.4.1 Våningsbjälklag 16
4.4.2 Vindsbjälklag 16
4.5 Ytterväggar 17
4.5.1 Fasad, väst 17
4.5.2 Fasad, öst 17
4.5.3 Fasad, norr och söder 17
4.6 Fönster 18
4.7 Balkonger 20
4.8 Balkongdörrar 20
4.9 Ventilationssystemet 21
4.9.1 Frånluftsystem 25
4.9.2 FTX-Ventilation med värmeåtervinning 26
4.10 Uppvärmning 27

5 Åtgärdsförslag 29
5.1 Byte av fönster och balkongdörr 29
5.2 Inglasning av balkonger 29
5.3 Injustering av ventilation 30
5.4 Injustering av värmesystem 31
5.5 Installation av solfångare på södra fasaden 33
5.6 Isolering av tvåglasfönster 33
5.7 Isolering av utfackningsväggar 34
5.8 Tätning av klimatskalet 35
5.9 Ny utfackningsvägg 37
5.10 Tilläggsisolering av taket 38
5.11 Ny utanpåliggande fasad 38
6 Beskrivning av referenslägenhet 41
6.1 Referenslägenhet 1 41
6.2 Referenslägenhet 2 42
7 Indata för fyra utvalda åtgärder och antaganden 43
7.1 Allmän indata 43
7.2 Beräkningar av köldbryggor 44
7.2.1 Referenslägenhet 1 44
7.2.2 Referenslägenhet 2 45
7.3 Provtryckning 45
7.4 Isolering av tvåglasfönster 46
7.5 Nya fönster och balkongdörrar 47
7.6 Ny utfackningsvägg 47
7.7 Ny utanpåliggande fasad 48
7.8 Materialkostnader 52
8 Resultat av fyra utvalda åtgärdsförslag 53
9 Diskussion 55
10 Slutsats 63
11 Källhänvisning 64
12 Bilagor 69
12.1 Bilaga 1 70
12.2 Bilaga 2 74
12.3 Bilaga 3 75

1 Inledning

INLEDANDE KAPITEL BESKRIVER BAKGRUNDEN OCH SYFTET MED RAPPORTEN SAMT PROBLEMFORMULERING OCH GJORDA AVGRÄNSNINGAR.

1.1 Bakgrund

Sedan slutet av 1980-talet har frågan om klimatförändringar funnits med på den politiska agendan. Sveriges klimatpolitik förändrades drastiskt i samband med att FN:s ramkonvention antogs under Riokonferensen i juni 1992 och när Kyotoavtalet 1997 skrevs under av 38 industrialiserade länder. För att Kyotoavtalet skulle bli giltigt krävdes det att 55 länder skrev på protokollet. Länderna som skrivit på protokollet måste dessutom representera minst 55 % av industriländernas utsläpp av koldioxid (CO_2) år 1990. När Ryssland skrev på protokollet i november 2004 uppnåddes dessa 55 % och protokollet kunde träda i kraft den 16 februari 2005. År 2014 hade 192 länder skrivit på Kyotoprotokollet. Dessa länder har enats om att sänka sina utsläpp av koldioxid (CO_2) och fem andra växthusgaser med i genomsnitt 5,2 % under åren 2008-2012 jämfört med nivåerna år 1990 (Energimyndigheten, 2014).
Under senare år har även andra klimatmål klubbats igenom både av Sveriges Riksdag och av EU. Till år 2020 har EU enats om att bland annat sänka energiförbrukningen med 20 % jämfört med 1995. Till år 2030 har EU kommit överens om en ram för klimatmål. Dessa mål är att uppnå en sänkning av växthusgaser med 40 %, andelen förnyelsebar energi ska vara minst 27 % och att energieffektiviteten ska öka med 27 %. Dessa mål jämförs mot 1995 års nivåer och är bindande på EU-nivå (EU-upplysningen, 2015).

Riksdagen har bestämt att energianvändningen i bostäder och lokaler ska minskas med 50 % till år 2050. Under 2014 stod bostads- och servicesektorn för 40 % av Sveriges totala energianvändning. Där ca 60 % av energianvändningen i sektorn bostäder och service går till uppvärmning och varmvatten (Naturvårdsverket, 2014). För att uppnå målen är energieffektivisering i befintliga flerfamiljsbostadshus en viktig faktor.

Under åren 1965-1975 byggdes 922 000 bostäder i Sverige, det så kallade miljonprogrammet (Boverket, 2014). Av dessa 922 000 bostäder har idag 264 000 renoverats och 417 000 har ett renoveringsbehov (Prognoscentret AB, 2014).
I en rapport av Andreasson, Borgström och Werner (2009) kan avläsas att flerfamiljsbostäder från miljonprogrammet har ett genomsnittligt energibehov på 160 - 180 kWh/m^2,år A_{temp}. Vilket kan jämföras med dagens BBR krav på 90-130 kWh/m^2,år A_{temp}.

Under funderingar angående examensarbete kom vi i kontakt med Malmö Studenthus AB, via Miljöbron. Malmö Studenthus AB förfogar över ett av Malmös största studentboenden; Taxeringsintendenten 3 i Rosengård, med 665 nyrenoverade studentlägenheter fördelat på 17 053 m^2 över en 240 m lång byggnad. Majoriteten av dessa studentlägenheter är enrummare på mellan 21-39 m^2. Malmö Studenthus har via Miljöbron efterfrågat förslag till hur de kan minska den totala energianvändningen för uppvärmning av fastigheten. Utifrån tidigare genomförd energideklaration, energikartläggning och litteraturstudie samt egna inventeringar kommer åtgärdsförslag presenteras.

1.2 Syfte och mål

Syftet med examensarbetet är att undersöka vilka möjligheter det finns att energieffektivisera Malmö Studenthus med avseende på värme.
Målet är att efter avslutad undersökning presentera förslag på åtgärder i olika storleksordning för Malmö Studenthus att utföra för att minska deras energianvändning.

1.3 Problemformulering

Vi kommer att ge förslag på åtgärder för energieffektivisering av Malmö Studenthus och av dessa åtgärder kommer fyra stycken undersökas grundligare. De fyra åtgärderna fokuseras på den västra fasaden då vi antar att där finns störst energibesparingspotential. Undersökningen kommer att simuleras i datorprogram för att jämföra energianvändningen före och efter att åtgärderna utförts. För att visa åtgärdernas inverkan kommer dessa att simuleras för två referenslägenheter. Då den vanligast förekommande lägenheten är en enrummare på ca 25 m^2 kommer referenslägenheterna utgå från denna storlek.

Åtgärderna som kommer studeras är följande:

- Isolering av tvåglasfönster
- Byte till nya fönster och balkongdörrar
- Ny utfackningsvägg
- Ny utanpåliggande fasad

Rapportens specifika frågeställning är följande:
Hur stor är energibesparingspotentialen för respektive undersökt åtgärd?

1.4 Avgränsningar

- Då energibolaget E.ON år 2012 utförde en energikartläggning av Malmö Studenthus och i denna lämnade åtgärdsförslag som hörde till driftoptimering valde vi att främst fokusera på byggtekniska åtgärder och lösningar.
- Rapporten berör endast Malmö Studenthus men vissa beräkningar och resultat kan komma att vara applicerbara på liknande byggnader i Malmöområdet.
- Efter genomförd litteraturstudie har vi förstått att utfackningsväggar med träregelstomme och mellanliggande isolering som avgränsar lägenheterna från balkongerna är väldigt otäta och därför valde vi att rikta in våra åtgärder på den västra fasaden.
- Eventuella fuktproblem och fuktkänsliga lösningar kommer endast diskuteras kortfattat dvs. inga beräkningar kommer att utföras avseende fukt.
- Studien kommer bara omfatta de utrymmen som ingår i given A_{temp} ur energideklarationen. Detta inkluderar bostäder plus biareor som tex. trapphus och uppvärmd källare.
- Ekonomiska aspekter kommer endast kortfattat beskrivas och beräknas.
- Rapporten kommer endast omfatta åtgärder som bidrar till en förbättrad energiprestanda avseende värme.
- Då det finns många olika typer av lägenheter i Malmö Studenthus så kommer endast ett fåtal av dem undersökas. Detta beror på att vissa lägenhetstyper är mer vanligt förekommande än andra.

2 Metod

I DETTA AVSNITT REDOVISAS VILKA UNDERSÖKNINGSMETODER OCH DATORPROGRAM SOM ANVÄNDS FÖR ATT KOMMA FRAM TILL RAPPORTENS RESULTAT SAMT FÖRKLARINGAR TILL VAD DATORPROGRAMMEN ANVÄNTS TILL.

2.1 Litteraturstudie

För att komma igång med detta examensarbete påbörjades en litteraturstudie om de byggnader som uppfördes under det så kallade miljonprogrammet, 1965-1975. Detta för att hitta fakta om miljonprogrammet och de olika åtgärderna vi har valt att ta upp i studien. Litteraturstudien inriktades på energianvändningen i dessa hus.
Fakta och källor har hittats i facklitteratur via universitetets bibliotek, i kurslitteratur och på internet. Information inhämtad från internet har tagits från tillförlitliga sidor. All litteratur och alla böcker samt internetsidor är sammanställda i källförteckningen på sidan 64.
Litteratur som använts inom vår ingenjörsutbildning har även bidragit till inhämtning av information, ekvationer och formler. För att bibehålla den röda tråden i arbetet presenteras delar av informationen inhämtat från litteraturstudien löpande i arbetets olika kapitel.

2.2 Ritningar och handlingar

Handlingar såsom energideklaration och energikartläggning, av Taxeringsintendenten 3, har tillhandahållits av Linnéa Rosenqvist på Malmö Studenthus. Håkan Bäckström, tidigare på EBAB och Stefan Mårtensson på Fastighetsutveckling Båstad AB, som har jobbat löpande som byggkonsult respektive projektledare under ombyggnation av Malmö Studenthus har också försett oss med material i form av ritningar och bilder. Vid besök på Malmö Stadshus ritningsarkiv inhämtades originalritningar och nyare ritningar över byggnaden.

2.3 Fältundersökning

Fältundersökning i form av provtryckning av två lägenheter och användning av värmekamera har genomförts. Detta har gjorts för att undersöka lufttätheten och för att lokalisera eventuella otätheter i klimatskalet.

2.3.1 Provtryckning

Provtryckning sker oftast i samband med nybyggnation av de flesta typer av byggnader. I byggnader med höga krav på lufttäthet är det viktigt med provtryckning då det endast på det sättet kan avgöras om en byggnad är tillräckligt tät.

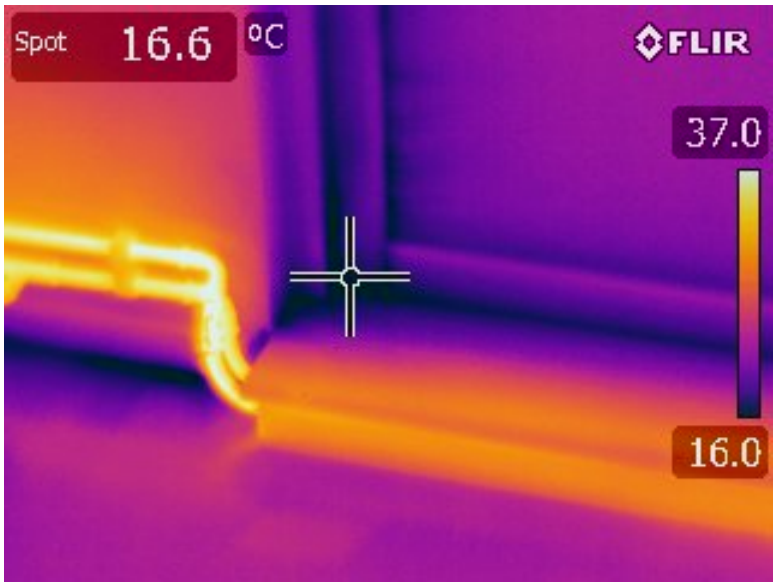
Vid en provtryckning utsätts byggnaden eller delen av byggnaden för ett över- och/eller undertryck på 50 Pa, med hjälp av en blower door, se Figur 1. För att på så vis tvinga luften att flöda genom de byggnadsdelar som ska undersökas. Detta innebär att alla passager som inte är intressanta för undersökningen ska tätas. Exempel på vad som ska tätas kan vara ventilationsdon, köksfläkt, öppen spis osv.

Resultatet av provtryckningen anges i l/s,m^2 och beskriver då byggnadens eller byggnadsdelens lufttäthet. Beroende på när huset är byggt och vad som har prioriterats vid uppförande kan värdena skilja sig avsevärt. Ett passivhus har som krav 0,3 l/s,m^2 medan många hus byggda för 50 år sedan hade självdrag som ventilationssystem och är betydligt mer otäta (Forum för energieffektiva byggnader, 2007).

Figur 1: Provtryckning i LGH 2 med en blower door. Bild Gustav Törnblom.

2.3.2 Värmekamera

Ett bra sätt att hitta köldbryggor i en byggnad är att använda sig av termografering, alltså en värmekamera. En värmekamera mäter värmestrålningen, d.v.s. temperaturen hos det den filmar. Temperaturen bestäms med hjälp av en färgindelad mätskala där en viss temperatur motsvarar en viss färg. Om en värmekamera riktas mot en vägg kan man på skärmen se temperaturen på de olika byggnadsdelarna genom att varma delar lyser upp i gult medan kallare delar får en blå färg. Vid användning av värmekamera i samband med provtryckning kan köldbryggor identifieras. Exempel på termografering se Figur 2 och 3.



Figur 2: Bild på köldbrygga tagen med värmekamera. Utomhustemperatur 12 grader och inomhustemperatur 20 grader. Bild Gustav Törnblom.

Figur 3: Samma bild som ovan tagen med vanlig kamera. Bild Gustav Törnblom.

2.4 Beräkningsprogram

Beräkningarna, för de fyra olika åtgärderna som valts är i huvudsak genomförda för att jämföra energianvändningen i referenslägenheten före och efter åtgärder. Dessa åtgärder har simulerats i följande program:

- Unorm – beräkning av köldbryggor i klimatskalet

- Isover Energi 3 – beräkning av U-värden och den specifika energianvändningen för referenslägenheten

2.4.1 U-norm

U-norm är ett energiberäkningsprogram utvecklat av Gunnar Anderling som har jobbat i 50 år med värme- och fuktöverföringar i byggnader. Programmet kan beräkna köldbryggor, U-värden, värmeflöden och temperaturer i både två och tre dimensioner (Anderling, 2015).
U-norm används i detta arbete för att beräkna linjära köldbryggor. För att beräkna köldbryggor i U-norm görs två simuleringar, den ena beräknar värmegenomgångskoefficienten för referensfallet och den andra för beräkningsfallet. Referensfallet visar hur konstruktionsdetaljen ser ut i verkligheten medan beräkningsfallet beskriver hur U-värdet har beräknats utan att ta hänsyn till köldbryggan. Genom att subtrahera värmegenomgångskoefficienten för beräkningsfallet från referensfallet fås köldbryggan, som blir det så kallade psi-värdet med enheten W/mK. Psi-värdet används för att beräkna den genomsnittliga värmegenomgångskoefficienten.

2.4.2 Isover energi 3

Beräkningsprogrammet Isover Energi 3 används för att bestämma U-värden, köldbryggor, och den genomsnittliga värmegenomgångskoefficienten U_m, enligt BBR. Utöver detta ger programmet användaren en ungefärlig bedömning av byggnadens specifika energianvändning. Isover Energi 3 valdes därför att vi redan använd oss av programmet under vår utbildning och därmed hade vi redan förkunskap om hur det fungerade. Programmet är enkelt och snabbt att använda, en nackdel är dock att noggrannheten inte är särskilt hög då det finns en del parametrar som är låsta och ej kan påverkas.

Programmet kommer från företaget Saint Gobain Isover AB vilka bla tillverkar och distribuerar byggmaterial. Programmet används för att hantera nedanstående beräkningar vilka behövs för att visa att en byggnad uppfyller de

krav som Boverkets Byggregler, BBR, ställer på värmeisolering och energianvändning (Isover).

- Värmegenomgångskoefficient för byggnadsdel, U_i (W/m^2,K)
- Värmegenomgångskoefficient för en linjärköldbrygga, ψ_k (W/m,K)
- Genomsnittlig värmegenomgångskoefficient U_m (W/m^2,K)
- Byggnadens beräknade specifika energianvändning (kWh/m^2,år)

Byggnadens specifika energianvändning och U_m-värde jämförs med kravet enligt BBR för aktuell del av Sverige (Isover). Exempel på resultat från programmet bifogas som Bilaga 1.

2.4.2.1 Begreppsförklaring till Isover Energi 3

Värmegenomgångskoefficient för byggnadsdelar U_i

Värmegenomgångskoefficient kallas även U-värde. U-värdet är det värde som visar på hur bra en byggnadsdels isoleringsförmåga är, ju lägre U-värde desto bättre. Definitionen för U-värde är ”*den värmemängd som per tidsenhet passerar genom en ytenhet av konstruktionen då skillnaden i lufttemperatur på ömse sidor av konstruktionen är en grad”*(Sandin, 2010 s.39). U-värde eller k-värde, som det kallas i äldre litteratur, har enheten W/m^2,K (Sandin, 2010).

För att beräkna ett U-värde används följande formel:

$$U = \frac{1}{R_{si} + R_1 + R_2 + .. + R_N + R_{se}}$$

R_{si} = ytvärmeövergångsmotstånd för insidan (m^{2}K/W)
$R_1 \ldots . R_N$ = värmemotstånd från materialskikten (m^{2}K/W)
R_{se} = ytvärmeövergångsmotstånd för utsidan (m^{2}K/W)

Genomsnittlig värmegenomgångskoefficient, U_m

Vid projektering av nya byggnader måste vissa krav på värmeisoleringen i byggnaden uppfyllas. BBR ställer krav på hur mycket värme som totalt får passera genom en byggnads klimatskal. Detta värde ligger i Sverige idag på 0,5 W/m^2,K. Utifrån detta värde kan isoleringsnivån för en byggnad bestämmas. När beräkning av U_m görs tas hänsyn till varje enskild byggnadsdels U-värde där sedan ett medel U-värde räknas ut. För att få ett mer rättvisande U-värde ska även hänsyn tas till köldbryggor som finns i klimatskalet, såväl linjära som punktformiga (Boverket, 2009).

För beräkning av U_m används följande formel:

$$U_m = \frac{(\sum_{i=1}^{n} U_i A_i + \sum_{k=1}^{m} l_k \psi_k + \sum_{j=1}^{p} \chi_j)}{A_{om}}$$

där
U_i = Värmegenomgångskoefficient för byggnadsdelen i (W/m^2,K)
A_i = Arean för byggnadsdelens yta mot uppvärmd inneluft (m^2)
ψ_k = Värmegenomgångskoefficient för den linjära köldbryggan k (W/m,K)
l_k = Längden mot uppvärmd inneluft av den linjära köldbryggan (m)
χ_j = Värmegenomgångskoefficienten för den punktformiga köldbryggan j (W/K)
A_{om} = Sammanlagda värdet för omslutande byggnadsdelars ytor mot uppvärmd inneluft (m^2)

Specifik energianvändning

I Boverkets byggregler ställs krav på att en byggnad inte får göra av med mer än ett visst antal kilowattimmar per kvadratmeter och år. I detta krav ingår den energi som används för uppvärmning, komfortkyla, tappvarmvatten och fastighetsenergi av byggnaden. Hushållsenergi och verksamhetsenergi räknas inte in. När energin, från de poster som ingår i kravet, läggs ihop efter årets slut divideras totalen med antal m^2 uppvärmd golvarea (A_{temp}). Resultatet av detta kallas för specifik energianvändning och har enheten kWh/m^2,år A_{temp}. Då Sverige är ett avlångt land är det indelat i 3 olika klimatzoner och därför finns olika krav på den specifika energianvändningen beroende på var i landet en byggnad uppförs, se Figur 4 (Boverket, 2015).

Krav på specifik energianvändning	Klimatzon I (norr)	Klimatzon II (mellan)	Klimatzon III (söder)
Bostäder med annan uppvärmingsform än elvärme	130 kWh/m^2,år	110 kWh/m^2,år	90 kWh/m^2,år
Bostäder med elvärme	95 kWh/m^2,år	75 kWh/m^2,år	55 kWh/m^2,år
Max installerad eleffekt för uppvärmning	5,5 kW	5,0 kW	4,5 kW
Tillägg vid uppvärmd golvarea >130 m^2	0,035 kW/m^2	0,030 kW/m^2	0,025 kW/m^2

Figur 4: BBRs krav för specifik energianvändning i bostäder

2.4.2.2 Köldbryggor

En köldbrygga är en byggnadsdel med lokalt högre U-värde vilket medför att värme lättare leds genom den. En vanlig köldbrygga är balkonginfästningar som bara för att kunna bära upp sin egen tyngd ofta behöver fästas in i bjälklaget. Infästningen avviker då från den övriga ytterväggen med ett sämre U-värde än dess omgivande väggar och skapar en köldbrygga (Sandin, 2010).
Man gör skillnad på linjära och punktformiga köldbryggor. En linjär köldbrygga beror på dess längd, ett exempel på det är den geometriskt linjära köldbryggan *vägghörn* vars längd vanligtvis är höjden på huset från grund till takfot. En punktformig köldbrygga är som namnet antyder bara en specifik punkt i en byggnadsdel. Ett exempel på det är takhörnet på en vanlig kvadratisk byggnad. En bult eller infästning som går in i husväggen är också en punktformig köldbrygga.
Köldbryggor uttrycks oftast i W/m,K där ett högt värde visar på en stor värmeförlust. För ytterväggshörn eftersträvas maximalt 0,05 W/m,K och under 0,02 W/m,K för andra detaljer (Isover).

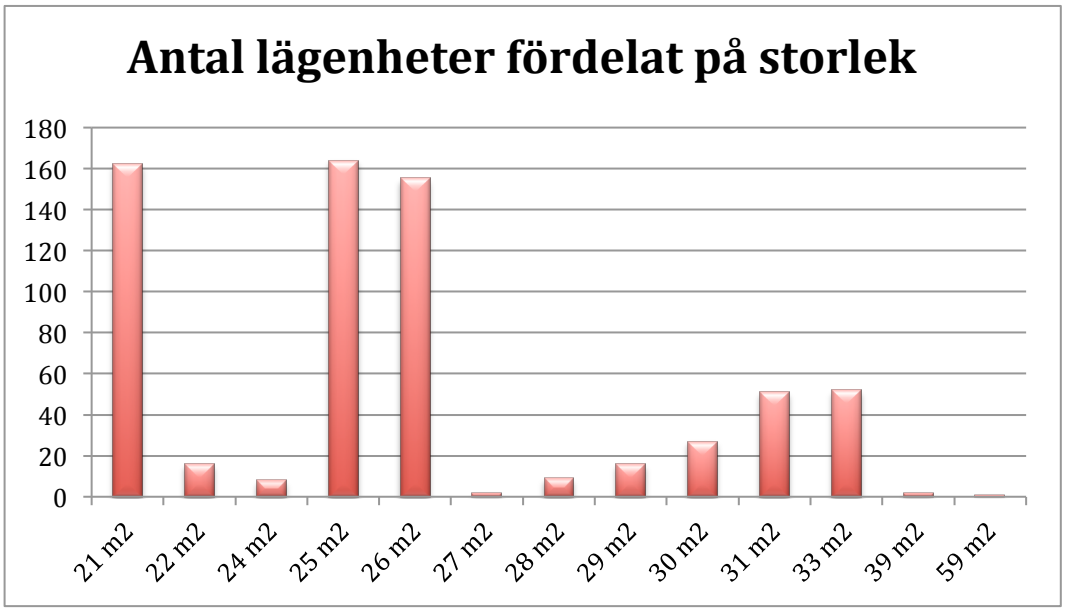
3 Fakta om huset

I DETTA KAPITEL BESKRIVS KORTFATTAT HUR BYGGNADEN ANVÄNDS I DAGSLÄGET SAMT HUR BYGGNADENS ENERGIANVÄNDNING SER UT.

3.1 Allmänt om byggnaden

Huvudbyggnaden är 240 meter lång och har 665 nyrenoverade studentlägenheter fördelat på 17 053 m^2. Till detta tillkommer 1670 m^2 lokaler. Lokalerna består av frisörsalong, gym, restaurang, boservicekontor och en fristående mindre byggnad. Den större byggnaden uppfördes år 1970 som flerbostadshus med nio våningar. Allt eftersom behovet av bostäder sjönk byggdes huset om till kontor för Rosengårds Stadsdelsförvaltning. Utöver huvudbyggnaden finns även en mindre byggnad på innergården. Under åren 2007-2010 konverterades huvudbyggnaden till studentlägenheter i tre etapper. Ombyggnationen har varit omfattande och inneburit utbyte av stammar, installationer och inre stomkomplettering. Alla lägenheter har fått ett nytt badrum, där lägenheterna som renoverades under etapp 1 och 2 har klinker på golvet och våtrumstapet på väggarna och där lägenheterna som renoverades under etapp 3 är helkaklade. Även övriga ytskikt i lägenheterna är renoverade och köksutrustningen är ny.

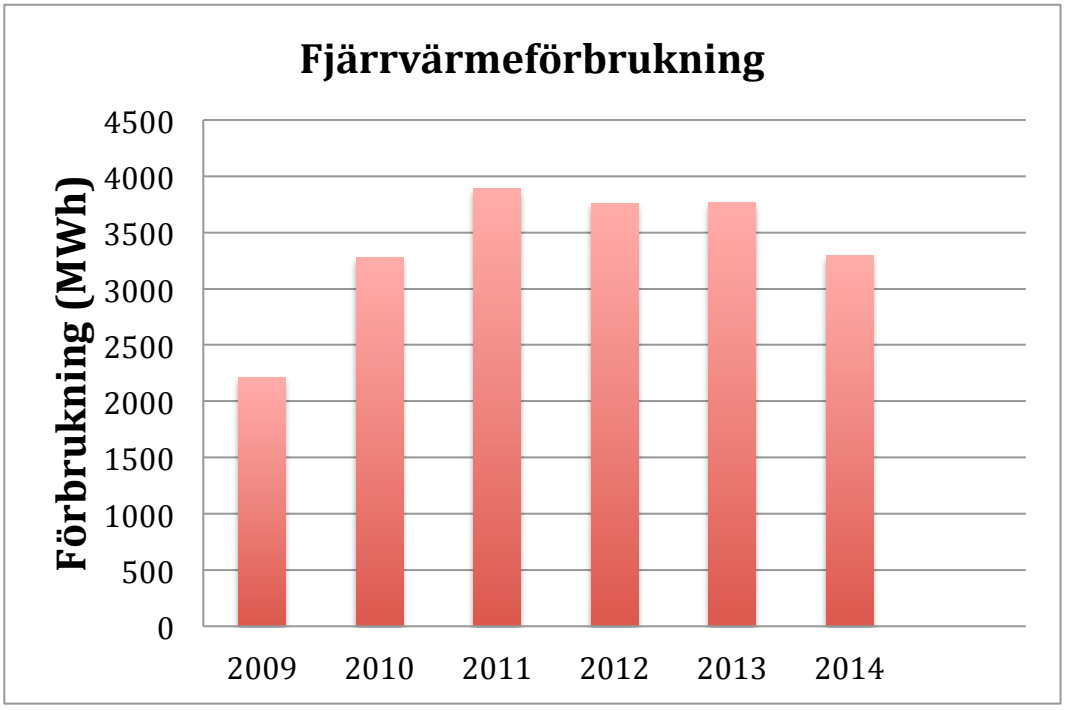
Studentlägenheterna har samtliga ett rum med kokvrå. Storleken varierar mellan 21-39 m^2, se Figur 5. Det finns även en tvårumslägenhet med kokvrå och en yta om 59 m^2. I byggnaden finns även tre nya tvättstugor, intill två av dessa har man gjort studierum/väntrum där studenterna kan sitta och studera under tvättiden.



Figur 5: Fördelning mellan lägenheter i storlek

3.2 Energianvändning

Energideklarationen som utfördes av Energi & VVS utveckling AB den 28 januari 2014 ger en tydlig bild över hur fördelningen av energikostnader ser ut i dagsläget.
Byggnadens energiprestanda är 191 kWh/m^2,år A_{temp} vilket är ca 214 % över nybyggnadskravet. Detta värde kan jämföras med Statistiska Centralbyråns statistik som visar att flerbostadshus med uppvärmningssystemet fjärrvärme i södra Sverige har i medel en energianvändning på 143 kWh/m^2,år A_{temp} (Statistiska CentralByrån, 2009).
Enligt energideklarationen uppgår energinanvändningen för fjärrvärmen till 3 781 000 kWh där 822 000 kWh går åt till tappvarmvatten. De återstående 2 959 000 kWh går åt till uppvärmningen av byggnaden via radiatorerna.
Eon Energi kontaktades för att vi skulle få ta del av historiken för byggnaden. Det kan tydligt avläsas, i Figur 6, att mellan åren 2009-2011 ökade fjärrvärmeanvändningen markant vilket kan vara en konsekvens av att byggnaden började nyttjas på ett mer effektivt sätt efter den invändiga renoveringen då antalet lägenheter utökades.



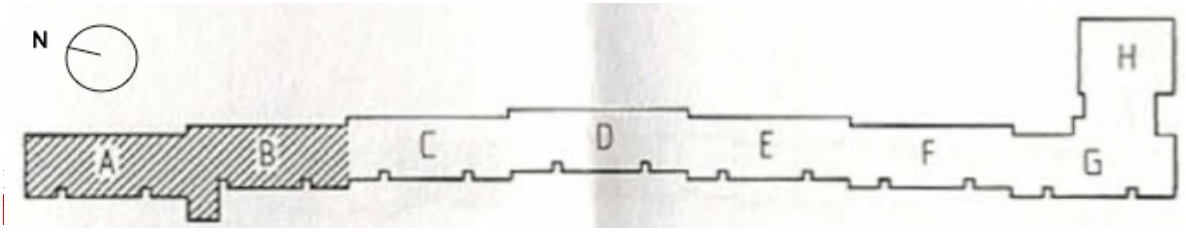
Figur 6: Historik över fjärrvärmeförbrukningen

4 Teknisk beskrivning

I DETTA AVSNITT BESKRIVS UTVALDA BYGGNADSDELAR FÖR ATT GE EN BÄTTRE BILD AV HUR BYGGNADEN FUNGERAR UR ETT BYGGNADSTEKNISKT PERSPEKTIV SAMT EN GRUNDLÄGGANDE BESKRIVNING AV UPPVÄRMNINGS- OCH VENTILATIONSSYSTEMET.

4.1 Bakgrund Skivhus

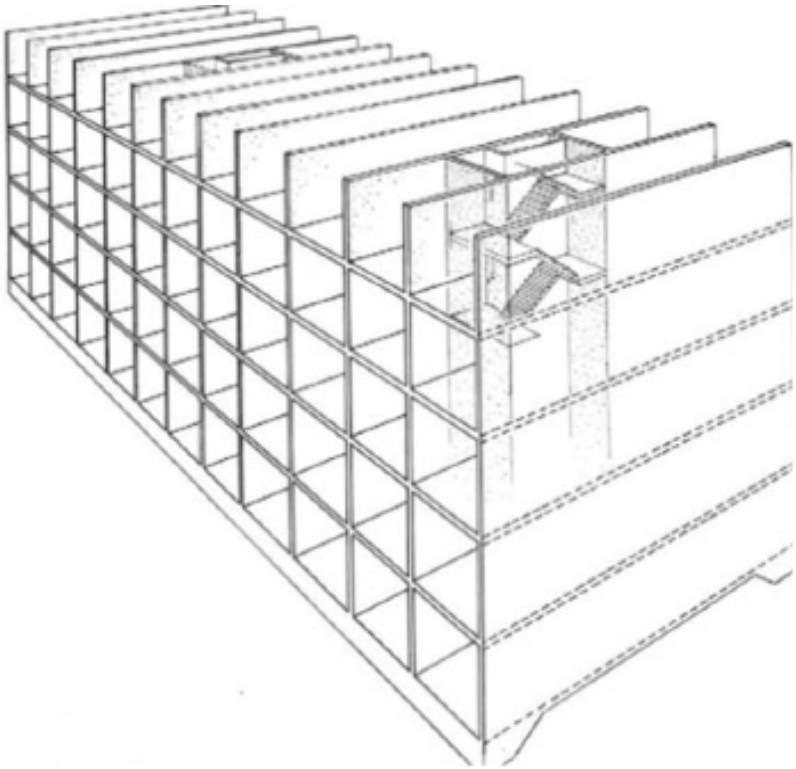
Då målet var att bygga en miljon lägenheter under åren 1965-1975 behövdes ett rationellt och effektivt sätt att bygga upp husen. Under 1960 talet tog byggandet med förtillverkade element fart. Genom användningen av förtillverkade element och byggnadskranar ökade produktiviteten på byggarbetsplatserna med 300 % (Björk, Kallstenius, & Reppen, Så Byggdes Husen 1880-2000, 2013). De vanligaste hustyperna som byggdes under miljonprogrammet var lamellhus, skivhus, punkthus och loftgångshus (Lundahl & Vidén, 1992). I utkanten av städerna byggdes ofta helt nya bostadsområden. Dessa områden bestod ofta av så kallade skivhus. Då det under miljonprogrammet gällde att producera bostäder blev inte sällan närmiljön enformig och upprepad. Då husen generellt sett placerades i samma riktning blev områdena ofta blåsiga. Många gånger byggdes hela områden med bara denna typ av hus. Skivhusen har vanligtvis långa huskroppar med 8-9 våningar (Björk, Kallstenius, & Reppen, Så byggdes husen 1880-2000, 2002). Malmö Studenthus är ett typiskt skivhus. Planritning över Malmö Studenthus enligt Figur 7 nedan.



Figur 7: Planritning över Malmö Studenthus. Husdel H består av ett gym beläget på 1:a våning. Bild tillhandahållen Stefan Mårtensson, Fastighetsutveckling Båstad AB.

4.2 Stomme

Byggnaden är uppbyggd av prefabricerade betongelement. Byggnaden har en bokhyllestomme med bärande tvärgående mellanväggar och hela bärande gavelskivor i betong, se Figur 8.



Figur 8: Bokhyllesystem. (Björk, Kallstenius, & Reppen, Så byggdes husen 1880-2000, 2002)

4.3 Källargolv

4.3.1 Värmeisolerat källargolv

Består sett inifrån av 200 mm konstruktionsbetong, 120 mm cementbunden Leca och 50 mm gruslager.

4.3.2 Normalt källargolv

Består sett inifrån av en 100 mm stålglättad betongplatta och 150 mm makadam, singel eller grovt grus.

4.4 Bjälklag

4.4.1 Våningsbjälklag

Prefabricerade bjälklagselement bestående av en bärande lådformig underdel av förspänd betong och en överplatta av 40 mm lättklinkerbetong. Fyllning i elementet 100 mm mineralullsfilt Rockwool nr 222.

4.4.2 Vindsbjälklag

Prefabricerade bjälklagselement med två stycken 100 mm mineralullsskivor och 30 mm mineralull syllisolering.

4.5 Ytterväggar

4.5.1 Fasad, väst

Ytterväggen består av icke bärande rumsstora utfackningsväggar som är uppbyggda av en 125 mm träregelstomme med 125 mm mellanliggande mineralull, en 13 mm gipsskiva på insidan och en skyddande plåtskiva med en oventilerad luftspalt på utsidan.

4.5.2 Fasad, öst

Den östra fasaden består av rumsstora icke-bärande sandwich-element. Utifrån sett uppbyggd av 60 mm betong, 90 mm cellplast och 30 mm betong. Figur 9 visar fasaden mot öster.

Figur 9: Fasad mot öster. Bild Gustav Törnblom.

4.5.3 Fasad, norr och söder

Fasaderna består av bärande prefabricerade beklädnadselement inifrån sett uppbyggda av 190 mm betong, 100 limmad Mineralullskiva Rockwool nr 333, 20 mm luftspalt och 70 mm betong. Figur 10 visar fasaden mot söder.

Figur 10: Fasad mot Söder. Bild Gustav Törnblom.

4.6 Fönster

Fönsterna på västfasaden, se Figur 11, är original från 1970 och av samma typ och storlek över hela fasaden. De är pivåhängda med karmyttermåtten 1,7 x1,3 m^2 med karm och båge av trä. Fönsterna har ett U-värde på 2,6 W/m^2,K. Då fönsterna har suttit väl skyddade under balkongen och inte utsatts för slagregn har de undersökta fönsterna varit i gott skick.

Figur 11: Pivåhängt fönster ut mot balkong på västra fasaden. Bild Gustav Törnblom.

Vad gäller fönsterna på östfasaden, se Figur 12, sitter inte längre originalfönsterna i.
Fönsterna ersattes någon gång under 2000-talet med ett fönster av typen tvåglas. Enligt tillverkaren H-fönster i Lysekil har fönstret ett U-värde på 1,6 W/m^2,K. Både karm och båge är av aluminium.

Figur 12: Aluminiumfönster på fasad mot öster. Bild Gustav Törnblom.

4.7 Balkonger

Utfackningsväggen som skiljer balkongen från lägenheten är indragen i byggnaden och detta skapar balkongytorna, se Figur 13. Balkongerna täcker hela västra fasaden på samtliga plan, med undantag för trapphusen. Balkongerna består av prefabricerade bärande lådformiga element av förspänd betong. Balkongelementen sträcker sig över två lägenheter med några undantag där de på ett par ställen sträcker sig över endast en lägenhet. Balkongerna är försedda med smidesräcken och är mellan lägenheterna avskilda av antingen den bärande lägenhetsavskiljande betongväggen alternativt en icke bärande balkongavskiljare.

Figur 13: Balkonger på den västra fasaden på Malmö Studenthus. Bild Gustav Törnblom.

4.8 Balkongdörrar

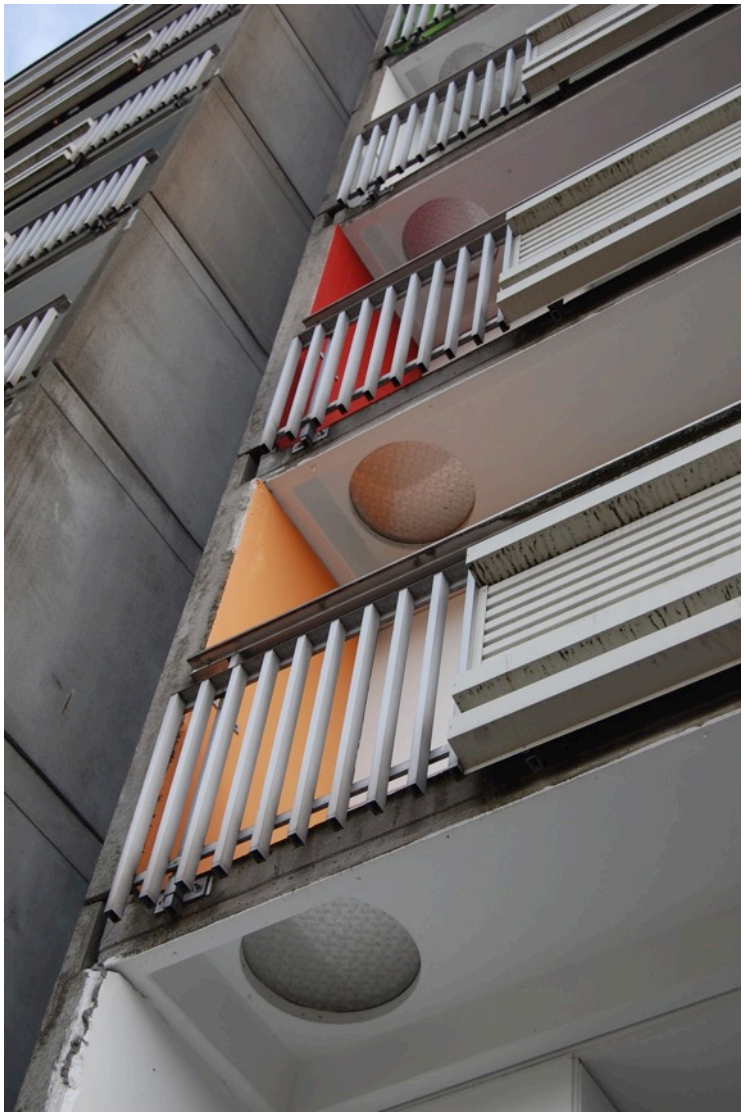
Balkongdörrar är original från 1970. Dörrarna är gjorda av trä och glasdelen i dörrarna består av ett tvåglasfönster. U-värde för dörrar uppskattas till ca 2,0 W/m^2K. Dörrarna är delbara vilket gör dem otäta, se Figur 14 nedan. Efter att ha öppnat en balkongdörr kunde vi konstatera att nedre halvan av dörren bestod av ca 1,5-2 cm genomgående trä per dörrblad. Balkongdörrar i lägenheter som saknar FTX har ett friskluftsintag direkt under glasdelen som är justerbart för att kunna påverka luftflödet, se Figur 16.

Figur 14: Balkongdörrar på västra fasaden. Bild Gustav Törnblom.

4.9 Ventilationssystemet

Under åren 2007-2010 då Malmö Studenthus byggdes om från kontor till studentbostäder uppgraderades ventilationssystemet från ett frånluftsystem till ett nytt till- och frånluftssystem med värmeväxlare.

Efter besök på Malmö Stads Ritningsarkiv har vi tagit del av ritningar över byggnadens ventilationssystem för husdelarna F-G, se Figur 7. Då ritningar av ventilationssystemet för resten av byggnaden ej finns att tillgå utgår vi från att tanken är att samma system används i hela byggnaden, utdrag från ritningarna finns i Bilaga 2. Enligt dessa ritningar har huset ett FTX-system. På västra fasaden har tilluftskanaler dragits in via lägenheternas balkonger. Dessa tilluftskanaler leds ner från husets tak genom håltagningar i samtliga våningars balkonger, se Figur 15. Kanalerna har sedan byggs in i ”lådor” för att dölja schakten. Tack vare att balkongelementen är utformade som en upp- och nedvänd låda kan varje lägenhets tilluftkanal byggas in i balkongkonstruktionen. Detta har gjorts genom att en skiva fästs på undersidan av varje balkongelement som därmed döljer ventilationskanalen.



Figur 15: Håltagningar i balkong för dragning av tilluftkanler. Bild Gustav Törnblom.

Efter att ha besökt Malmö Studenthus den 23 Mars fastställdes att ventilationsschakten har färdigställts på 10 av 14 trappuppgångar på den västra fasaden, d.v.s. fyra trappuppgångar saknar tilluftkanaler. I dessa fyra trappuppgångar har håltagningarna i balkongerna genomförts men installationen av tilluftsrören är ej färdigställd. Vidare fann vi även att lägenheter belägna i de trappuppgångar som saknar tilluftkanal har friskluftsintag genom en ventil i balkongdörren, se Figur 16. De lägenheter som har FTX-system tar in tilluften via tilluftdon enligt Figur 17.
Vad gäller frånluftventilationen dras denna i de redan befintliga schakten avsedda för frånluftkanalerna.

Figur 16: Friskluftsintag i lägenhet utan tilluftkanal, västra fasaden. Bild Gustav Törnblom.

Figur 17: Tilluftsinsläpp i lägenhet med FTX, västra fasaden. Bild Gustav Törnblom.

På den östra fasaden sker tilluftventilationen, enligt Bilaga 2, till lägenheterna via ett schakt som ligger dolt bakom den blåa korrugerade plåten vilken fungerar som utfackningsvägg för alla trapphus, se Figur 18. Från dessa schakt leds tilluftkanalerna in till respektive lägenhet.

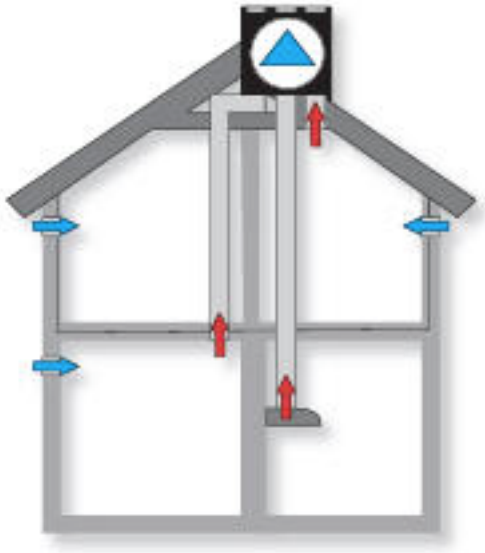
Figur 18: Tilluftsschaktet för lägenheter med fönster mot öster döljs bakom den blåa korrugerade plåten. Bild Gustav Törnblom.

Vid besök den 23 Mars konstaterades att ett antal lägenheter med fönster mot öster har ett friskluftsintag sittandes på fasaden. Från marken kunde vi också observera att i ett antal trappuppgångar hade tilluftventilationen dragits ner i schaktet mellan trapporna och utfackningsväggen med den korrugerade plåten. Vi har gjort ett antagande att de lägenheter som inte har friskluftsintag sittandes på fasaden har en tilluftkanal. Med detta antagande i åtanke skulle det betyda att 8 av 14 trappuppgångar har tilluftkanaler. Alltså saknar 6 trappuppgångar tilluftkanaler.
Efter att ha varit inne i en lägenhet som ligger i den östra delen av huset kunde det konstateras att i lägenheter som fortfarande saknade FTX-system togs friskluft in genom en ventil under ett av fönstren, se Figur 19.

Figur 19: Friskluftsintag under ett fönster (ö. fasaden). Bild Gustav Törnblom.

4.9.1 Frånluftsystem

Genom att placera en frånluftfläkt på vinden eller på taket skapas ett undertryck i byggnaden. Detta undertryck ser till att luften i byggnaden alltid rör sig på rätt sätt, dock fungerar detta inte alltid i praktiken och risken för obalans ökar om man inte har från- och tilluft. Luften tas in via friskluftsventiler och otätheter i klimatskalet. Den förorenade luften sugs ut genom frånluftdonet med hjälp av fläktsystemet. Med självreglerande friskluftsventiler kan luftflödet minskas när det är riktigt kallt ute. För att ett frånluftsystem ska fungera optimalt behövs en del underhåll. Kanaler, fläktar och ventiler behöver hållas rena samt regelbundet byte av filter krävs för att luftväxlingen ska vara tillräcklig och fläkten inte ska tappa effektivitet (Energimyndigheten, 2010). Se Figur 20 för exempel på frånluftssystem.

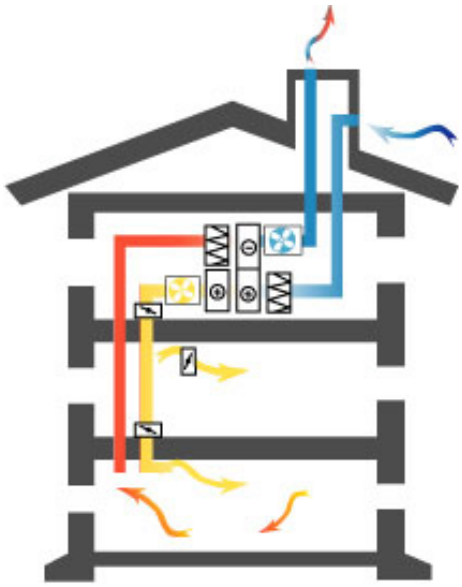


Figur 20: Bilden visar ett exempel på ett frånluftsystem vilket tidigare fanns i byggnaden.. De blåa pilarna visar var friskluften tas in i byggnaden och de röda pilarna markerar var frånluftsdonen är placerade. Från dessa dras luften via en fläkt upp på taket. Bild från Svensk Totalentreprenad AB

4.9.2 FTX-Ventilation med värmeåtervinning

Ett FTX-system fungerar genom att systemet kan reglera hur stora luftflöden som kommer in och ut ur byggnaden. Systemet består av två kanalsystem med varsin tillhörande fläkt, se Figur 21. De två kanalsystemen förser huset med ny frisk uteluft och transporterar bort den förorenade inneluften. Innan den använda varma inneluften (frånluft) ventileras ut passerar den genom ett värmeåtervinningsaggregat. I detta aggregat används energin i den varma frånluften till att värma upp den kalla inkommande uteluften. På detta sätt kan ca 50-80 % av energibehovet som används för eftervärmning av tilluften återvinnas. Tilluftsventiler placeras vanligtvis i sov- och vardagsrum och frånluftsventiler i badrum, toalett och tvättstuga (Svensk Ventilation).

Då Malmö Studenthus är en stor och lång byggnad har huset tre ventilationsanläggningar i tre olika ventilationsrum på byggnadens vind.



Figur 21: Exempel på FTX-system. Den blåa pilen visar friskluften. De gula pilarna ska föreställa tilluften och de röda/orangea pilarna markerar hur den uppvärmda inneluften sugs ut genom frånluftdon. Bild tagen från Svensk Ventilation (ud).

4.10 Uppvärmning

Malmö Studenthus har fjärrvärme som uppvärmningssystem. Fjärrvärmen kommer ifrån Öresundsverket och leds in via källaren i byggnaden. Öresundsverket likt många andra fjärrvärmeverk i Sverige använder sig till stor del av naturgas som förbränns för att skapa ett tryck som driver en generator och i slutänden blir till el. De varma gaserna som blir över värmer upp vattnet som leds ut i ett fjärrvärmenät och fördelas ut till byggnader (E.ON, 2010).

Väl inne i källaren går vattnet genom två värmeväxlare där den ena värmer byggnadens tappvarmvatten och den andra värmer vattnet som går genom radiatorerna för uppvärmning av byggnaden. Det nu avkylda vattnet som blir över efter värmeväxling leds i en returledning tillbaka till Öresundsverket.

Figur 22 visar vattenledningarna i fjärrvärmecentralen.

I slutet på januari 2014 utfördes en energideklaration som visar att ca 22 % av fjärrvärmen används till tappvarmvattenberedning och resten går till uppvärmning.

Figur 22: Bilden visar fjärrvärmecentralen med tre vertikala vattenledningar. Fr. v: varmvatten till radiatorer, tappvarmvatten, kallvatten. Bild Gustav Törnblom.

5 Åtgärdsförslag

I FÖLJANDE KAPITEL GES 11 ÅTGÄRDSFÖRSLAG VILKA KAN HJÄLPA MALMÖ STUDENTHUS ATT SÄNKA SIN ENERGIFÖRBRUKNING. FÖRSLAGEN TAR BÅDE UPP DRIFTOPTIMERINGAR OCH BYGGNADSTEKNISKA LÖSNINGAR. DESSA ÄR UTVALDA EFTER LITTERATURSTUDIER, STUDIEBESÖK OCH DISKUSSIONER. AV DE 11 FÖRSLAG UNDERSÖKS FYRA MER INGÅENDE

5.1 Byte av fönster och balkongdörr

Vid besök den 9:e mars kunde konstateras att både fönster och balkongdörrar på den västra fasaden aldrig blivit bytta sedan byggnaden uppfördes. En av de vanligaste åtgärderna vid en energirenovering oavsett typ av hus är byte av fönster och dörrar. Vanliga tvåglasfönster och otäta dörrar står för ca 35 % av uppvärmningskostnaderna i vanliga småhus varför det ofta är försvarbart att byta ut dem (Energimyndigheten , 2011).
I nuläget har fönsterna ett U-värde på ca 2,6 W/m^2,K, vilket ska jämföras med dagens lågenergifönster som ofta understiger 1,0 W/m^2,K.
Balkongdörrarna som sitter på plats idag uppskattas ha ett U-värde på ca 2,0 W/m^2,K medan en modern dörr ofta landar på ca 0,9 W/m^2,K.
Bortsett från en energibesparing så innebär byte av fönster och dörrar även en ökad komfort inomhus.

5.2 Inglasning av balkonger

Som Figur 23 visar är den västra fasaden täckt av balkonger. Varje lägenhet som har en yttervägg mot den västra fasaden har också en balkong. Balkongfasaden är likt övriga delar av huset relativt energiineffektiv med dåligt isolerade ytterväggar och gamla fönster och balkongdörrar.
En inglasning av samtliga balkonger skulle kunna innebära många positiva effekter. Nedan nämns några positiva effekter som är tagna ifrån en undersökning gjord på det finska universitetet i Tammerfors för Balco AB som utvecklar och tillverkar balkongsystem och inglasningar. (Notera att detta är taget ifrån en produktbroschyr från Balco AB och därmed gäller följande punkter deras produkter):

- Minskad korrosion, en kraftigt lägre tillförsel av fukt minskar risken för att korrosion på den befintliga betongen ska ske i förtid.
- Risken för frostsprängning elimineras, också här är exponeringen för fukt minskad vilket i sin tur minimerar risken för frostsprängning.
- Minskad energiåtgång, Balco AB menar att deras system motsvarar ca 50 mm tilläggsisolering, det är oklart huruvida fönster och balkongdörr är medräknade. Noteras ska också att den automatiskt förvärmda luften som når lägenheten bidrar till en minskad energiåtgång.

- Minskade underhållskostnader, till följd av den minskade slitningen på fasaden och balkongen räknar Balco AB med en ökad livslängd på ca 50 år.
- Ljudreducering, den upplevda ljudnivån minskar med 10dB enligt broschyren

(Balco AB, 2012)

Figur 23: Den västra fasaden på Malmö Studenthus.

5.3 Injustering av ventilation

För att uppnå en effektiv energianvändning i byggnader är det viktigt att ha ett väl injusterat ventilationssystem (Fastighetsägarnas Energiakademi, ud).

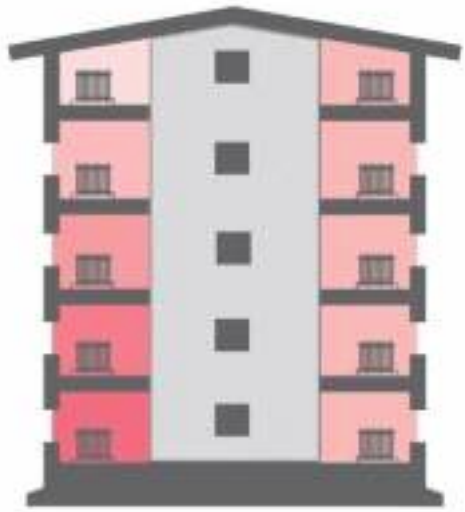
Att göra en injustering av ventilationssystemet innebär att luftströmmen från till- och frånluften är ungefär lika stora. Detta görs genom justering av fläktar och spjäll. I ett hus strävar man efter ett svagt undertryck för att undvika risk för mögel- och fuktskador. I samband med en injustering kontrolleras också att luftflödena i respektive rum är de eftersträvade. Injustering görs av en fackman (VVS Företagen, 2012).
Fastighetsägarnas Energiakademi har tagit upp konsekvenser av dåligt injusterade ventilationssystem.
Om ett antal rum inte har tillräckligt med luft kan detta leda till att det totala luftflödet måste ökas. Denna kompensation leder i sin tur till att det går åt mer

energi för att driva fläktar och även mer energi för att värma upp luften. Ett högt luftflöde kan även leda till att det blir övertryck i huset vilket gör att det kan uppstå mögel- och fuktproblem då varm inneluft trycks ut genom klimatskalet. Om däremot motsatsen skulle uppstå, nämligen för låga flöden, leder detta inte bara till ett försämrat inomhusklimat utan även risk för att flödesbalansen påverkas. Om byggnaden har ett FTX-system kommer verkningsgraden att påverkas till det negativa om flödena ej är balanserade. Har ventilationssystemet ett för lågt frånluftsflöde sjunker temperaturen på tilluften. Den sänkta temperaturen kan behöva höjas med hjälp av köpt energi. En annan konsekvens av felaktigt injusterade luftflöden som Fastighetsägarnas Energiakademi tar upp är risken att det uppstår drag. Då luftflödena är felbalanserade kompenseras detta ofta med hjälp av att höja rumstemperaturen via radiatorer eller tilluften. Ytterligare en sak som leder till att energianvändningen ökar är onödiga tryckfall. Vid injustering av ett ventilationssystem är det donet längst bort från fläkten som är det dimensionerande. Vid detta don ska tryckfallet vara som lägst. Om detta tryckfall är onödigt högt måste fläkten jobba extra hårt.

5.4 Injustering av värmesystem

För att en injustering av värmesystemet ska ge så stor effekt som möjligt bör först energiförbättringar av klimatskal och ventilationssystem ha genomförts.

Är värmesystemet injusterat på ett korrekt sätt i ett hus har alla lägenheter och rum samma möjlighet att få värme. Är värmesystemet fel injusterat finns områden i huset som är kallare. För att kompensera detta vrids värmen oftast upp i hela huset. Detta leder till att lägenheter i nedre delen av huset drabbas av övertemperaturer, se Figur 24, vilket kan leda till att boende tvingas vädra. Då varje grads extra uppvärmning ökar värmebehovet med 5 % gör 2-3 graders övertemperatur stor skillnad för energianvändningen i slutänden. (Energimyndigheten, 2014).



Figur 24: Fördelning av värmen i beroende av injustering. Lägenheterna till vänster har en ojämn värmefördelning och lägenheterna till höger har en jämn värmefördelning. Bild tagen från Energimyndigheten.

Enligt en skrift framtagen av VVS Företagen & Svensk Ventilation (2008) som utgår från Sveriges vanligaste flerbostadshus, vilket är byggt någon gång under 1965-1975 som ett lamellhus och har 3-6 våningar, kan stora energibesparingar uppnås genom att renovera huset i ”rätt ordning”. Har klimatskalet och ventilationssystemet genomgått renoveringar kan ojämn fördelning av värmen i byggnaden åtgärdas genom att injustera värmesystemet. Det är inte själva injusteringen som sparar någon energi, det är på grund av följderna från injusteringen som energibesparingen sker. När injusteringen är klar kan temperaturen på varmvattnet till radiatorerna sänkas. Detta sker genom att nivån ändras på reglerkurvan. En extra förtjänst detta medför är att temperaturen på rör sjunker och samt att spillvärmen från alla värmerör minskar. Genom att uppnå en jämnare temperatur i lägenheten då fönster och väggar blir varmare, tack vare energiförbättringar i klimatskalet och ventilation, kan detta leda till att inomhustemperaturen kan sänkas och ändå bibehålla komforten för de boende. Med en jämnare temperatur i huset minskar vädringsbehovet för de lägenheter som ligger närmast undercentralen. VVS Företagen och Svenska Ventilation menar att om förutsättningarna som nämns ovan är densamma kan en injustering av värmesystemet ge en energibesparing på minst 10 kWh/m^2 A_{temp}. Detta genom att medeltemperaturen för byggnaden sänks, spillvärmen från rören reduceras och vädring minskar.

Om husets värmesystem inte har injusterats på länge eller om huset har renoverats och därmed inte har samma värmebehov längre bör en ny injustering ske i samband med att nya termostatventiler installeras. En tidigare injustering påverkas av t ex fönsterbyte, tilläggsisolering av vinden eller isolering av fasad (Energimyndigheten, 2014).

5.5 Installation av solfångare på södra fasaden

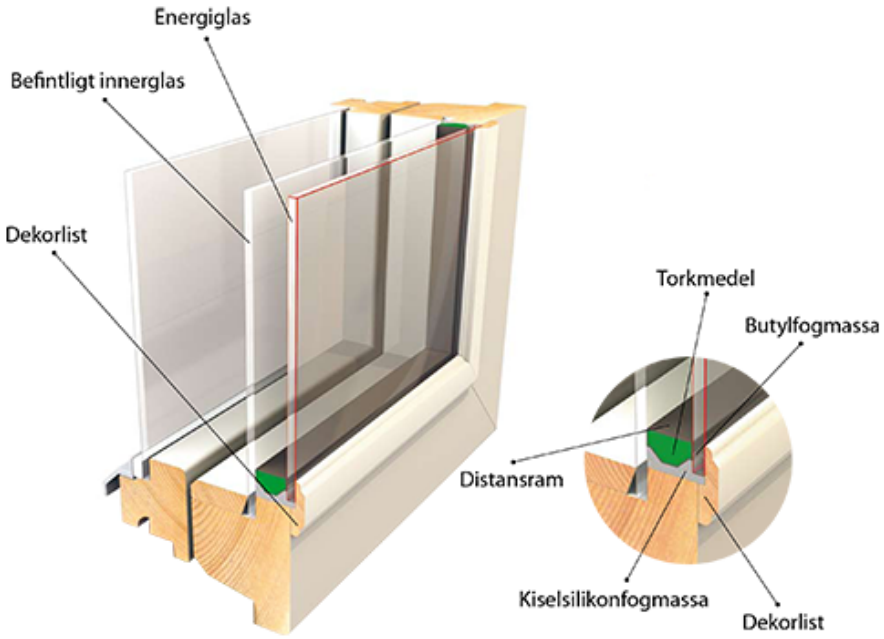
Solfångare tar till vara på energin som solen genererar. Den vanligaste formen av solfångare i Sverige är den plana solfångaren. En plan solfångare genererar värme genom att strålningen som träffar den mörka ytan på solfångaren värmer upp vätskan som flödar genom den. Vätskan som nu är uppvärmd leds vidare till en värmeväxlare som växlar över värmen till vattnet som används antingen som tappvarmvatten och/eller för uppvärmning av byggnaden (Energimyndigheten, 2014).
Problemet med solfångare i Sverige är att då byggnader har som störst behov av värme (uppvärmningsmånaderna) är då solfångare är mest ineffektiva. Solfångare fungerar bäst på sommaren då soltimmarna är som flest och solstrålningen är som starkast.
Placering av solfångarna är av hög vikt för att nå bästa resultat, bästa placeringen av solfångare är direkt kopplat till användningsområdet. Detta beror på vilken tid på året som anläggningen ska vara som mest effektiv. Lutningen från horisontalplanet tillsammans med väderstrecket de är riktade åt är de avgörande faktorerna för hur effektiv anläggningen är (Cirotech AB, ud) (Svensk Solenergi, ud).
Enligt Svensk Solenergi så finns två sätt att installera solfångare på flerbostadshus som är anslutna till fjärrvärme;

- Anslutning till sekundärkrets, anläggningen dimensioneras enbart för förvärmning av tappvarmvatten.
- Anslutning till Primärkrets, anläggningen dimensioneras både för uppvärmning av byggnaden och för förvärmning av tappvarmvatten.

5.6 Isolering av tvåglasfönster

I ett småhus står fönster och dörrar för ca 35 % av uppvärmningskostnaden och fönstren är ofta den åtgärd man först tittar på vid en energirenovering på en lite äldre byggnad. Det är svårt att jämföra ett småhus med ett flerbostadshus men det visar vilken stor roll fönstren spelar (Energimyndigheten, 2011).
Ett modernt fönster har ofta tre glasrutor (treglasfönster) för att hålla nere U-värdet. U-värdet bestäms av formeln $1/R_{tot}$ där R är värmemotståndet, detta medför att ju högre värmemotstånd desto lägre blir U-värdet. Det är i första hand tjockleken på luftspalten mellan glasen som senare avgör vad U-värdet blir för fönstret (Sandin, 2010).
På uppdrag av energimyndigheten 2006 har Glasbranschföreningen tagit fram en broschyr som visar på fördelar med att renovera gamla fönster med en extra ruta. I broschyren framgår det att U-värdet ungefär kan halveras från ca 2,8 W/m^2K till 1,4 W/m^2K (Glasbranschföreningen, 2006).

Väl utförd kan denna åtgärd i vissa fall likställas med att byta fönster beroende lite på hur den utförs och vilket typ av glas som sätts in. Vad som görs är att en glasmästare installerar en extra energiglasruta med hjälp av distanser och lister utanpå den befintliga innersta rutan, se Figur 25. På så sätt minimerar man både kostnader och resursslöseri då man som ett andra alternativ hade behövs slänga det gamla fönstret för att byta ut mot ett helt nytt (Glasbranschföreningen, 2006).



Figur 25: Bilden visar ett hur isolerglas monteras på befintligt 2-glasfönster. Bild från Grundels.se

5.7 Isolering av utfackningsväggar

En utfackningsvägg är en ”*Icke bärande yttervägg placerad mellan bärande innerväggar eller pelare”* (Hansson, Olander, & Evertsson, 2007 s.115).

Användningen av lätta utfackningsväggar slog igenom under 60-talet. Ett problem med dessa väggar var att de ofta var väldigt otäta. I förhållande till fönster som användes vid samma tid är det de lätta utfackningsväggarna som står för den största delen av klimatskalets otätheter (Nylund, 1994). När husen byggdes på 1970-talet hade ytterväggarna ca 100 mm isolering enligt VVS Företagen och Svensk ventilation (2008), detta kan jämföras med dagens tjocklekar på 200 - 400 mm isolering.

Byggnadsdel	U-värde
Vindsbjälklag/tak	0,08
Ytterväggar	0,13
Golv (mot mark)	0,13
Fönster	0,8
Ytterdörr	0,8

Figur 26: Visar de U-värden som bör uppnås vid ombyggnationer av byggnader. Bild tagen från Energimyndighetens nätverk Bebo, Byggherrarnas Beställarorganisation.

Vid ombyggnationer anger U-värdena i Figur 26 ovan de godhetstal som överenskommits i gruppen ombyggnader. De ytterväggar som har 100 mm isolering motsvarar ungefär ett U-värde på 0,5 W/m^2,K. Genom valet att tilläggsisolera utfackningsväggarna från utsidan minskar värmeförlusterna och genomgående köldbryggor bryts. Isoleringen på utsidan av väggen gör att hela väggkonstruktionen blir varmare och torrare vilket minskar risken för fuktskador (Nevander & Elmarsson, 2006). Om en väggs insida blir varmare kan rumstemperaturen sänkas och genom detta sparas mer energi. En sak som bör beaktas är att vid utvändig tilläggsisolering kan fasaden komma att förändra utseende och då bör det kontrolleras om byggnaden står under skydds- eller varsamhetsbestämmelser. Är fallet så att utseendet på byggnaden inte får förändras kan tilläggsisolering från insidan av utfackningsväggarna övervägas. Denna lösning gör att värmeförlusterna minskar men köldbryggorna kvarstår. Detta leder till att hela väggkonstruktionen blir kallare, vilket i sin tur gör att fukthalten i väggen ökar. En annan sak att ta i beaktande vad gäller invändig tilläggsisolering är att den uthyrningsbara ytan minskar. Vid invändig tilläggsisolering måste el, rördragningar och radiatorer flyttas (Energimyndigheten, Boverket, Naturvårdsverket, 2011).

5.8 Tätning av klimatskalet

Att byggnader idag byggs med lufttäta konstruktioner är en sak i ledet för att minska energiförbrukningen. En otät byggnad har större energiförluster. I Figur 27 följer en lista på de viktigast negativa konsekvenserna av bristande lufttäthet:

	Konsekvens
Energi	Ökad energianvändning, transmissionsförluster
	Ökad energianvändning, ventilationsförluster
Komfort	Drag
	Kalla golv
Fukt	Skador av fuktkonvektion
	Skador av inläckande regnvatten
Luftkvalitet	Funktion hos ventilationssystem
	Spridning av lukter, partiklar, gaser inkl radon
Annat	Frysrisk hos installationer
	Försämrad ljudisolering

Figur 27: Lista över negativa konsekvenser pga. bristande lufttäthet.
(Sikander, Wahlgren, Larsson, & Sandberg, 2007)

Enligt Sikander, Wahlgren, Larsson, och Sandberg (2007) har beräkningar gjorts för att ta reda på hur mycket energianvändningen ökar i en otät byggnad på grund av att ventilationen ökar. Beräkningen är baserad på en byggnad från miljonprogrammet med ett luftläckage på 0,8 l/s,m^2 (enligt gamla BBR-kravet) samt 2.0 l/s,m^2 vilket är ett värde Sveriges Tekniska Forskningsinstitut (SP) ofta mäter upp i byggnader från 1970- och 1980-talen. Två olika täta men i övrigt likadana byggnader är placerade i två olika geografiska lägen. Ett vindutsatt läge på landsbygden och ett mindre vindutsatt läge i en stad. När den otäta byggnaden placeras i staden står den ofrivilliga ventilationen för 23 % av den totala energianvändningen vilket är ungefär lika stort som transmissionsförlusterna. När den tätare byggnaden (0,8 l/s,m^2) placeras på samma plats är den ofrivilliga energianvändningen 10 % av den totala energianvändningen. När den otäta (2.0 l/s,m^2) byggnaden flyttas ut på landet ökar betydelsen av lufttätheten. Här är energiförlusterna genom den ofrivilliga ventilationen större än de genom det mekaniska ventilationssystemet och står för så mycket som 45 % av den totala energianvändningen.
Om en byggnad är otät leder det till att ventilationsgraden ökar, framför allt när det blåser, vilket i sin tur leder till ökad energianvändning. Om klimatskalet är otätt finns risk att luft blåser in i isoleringen vilket minskar isoleringsförmågan, detta gör dessutom att värmeväxlingen av ventilationsluften inte fungerar tillfredställande. I de fall då klimatskalet är otätt läcker en del av luften igenom väggar och tak i stället för att gå igenom värmeväxlaren (Wahlgren, 2010).
Ett annat bekymmer som Sikander, Wahlgren, Larsson, och Sandberg (2007) tar upp med otäta konstruktioner är varm inneluft som läcker ut genom hål och glipor i klimatskalet. Den varma luften kyls av och om temperaturen sjunker till daggpunkten kondenserar vattenånga ur luften och fukt ackumuleras i byggnadskonstruktionen. Denna process kallas fuktkonvektion och kan leda till kritiska fuktskador eftersom mycket fukt kan kondensera under kort tid.

För att undvika att dessa skador uppkommer är det bäst att bygga så tätt som möjligt.
I samband med renovering av befintliga väggar appliceras även en vindtät plastfolie, vanligtvis i ett installationsskikt, vars funktion är att täta ytterväggen.
Att täta fönster och dörrar med hjälp av tätningslister är en enkel och billig åtgärd som sparar energi (Energimyndigheten, 2013).

5.9 Ny utfackningsvägg

Främst byts gamla utfackningsväggar ut av lufttäthetsskäl. Har byggnaden otäta utfackningsväggar så passerar mycket värme ut genom dessa (Blomsterberg, 2014).
Utfackningsväggar kan tillverkas både på fabrik och i fältfabrik (på plats) men också platsbyggas. Att platsbygga är tidsödande men i vissa fall krävs det då utrymme inte räcker till för att montera in färdiga element.
Ett flerbostadshus på Maratonvägen i Halmstad energirenoverades på grund av kallras från fönster och väggar, stora köldbryggor och korrosion i tegelytterväggen. Efter renovering hade dörrar och fönster bytts, taket tilläggsisolerades och lufttätades och utfackningsväggar byttes ut.
Utfackningsväggarna, se Figur 28 nedan, läckte mycket så fokus lades på lufttäthet och extra isolering. Provtryckning visade att byggnaden läckte 1,41 l/s,m^2 före renovering, efter renovering mättes ett värde upp till 0,86 l/s,m^2 .[1]

Figur 28: Bilden visar hur Maratonvägens utfackningsväggar såg ut innan renovering. (HFAB, ud)

[1] Mjörnell, Kristina; Adjungerad Professor vid institutionen för Byggnadsfysik, Lunds Universitet. 2015. Renovering i praktiken, föreläsning 27 januari.

5.10 Tilläggsisolering av taket

Under åren 1965-1975 isolerades ofta taken på flerbostadshusen med ca 15 cm isolering vilket idag inte är tillräckligt. Dåtidens isoleringsmaterial har ofta en sämre isolerande förmåga än dagens moderna material vilket gör att tilläggsisolering av tak ger en stor effekt. Då många hus under denna period byggdes med lågt lutande eller plana tak kan utrymmet för att tilläggsisolera vara väldigt begränsat. Dessa tak har i vissa fall en invändig vattenavrinning och detta medför ökad risk för fuktskador. Att bygga om taket till ett lutande tak är ett bra sätt för att kunna isolera taket ordentligt. Denna åtgärd leder också till att en bättre vattenavrinning skapas. Ett lutande tak ger också möjlighet för att bygga nya lägenheter och/eller fläktrum. Att renovera taket och samtidigt bygga nya lägenheter är oftast givande ur en ekonomisk synpunkt, då den uthyrningsbara ytan ökar. Det finns även metoder för att tilläggsisolera platta och låglutande tak. Då läggs isolering och ett nytt ytskikt direkt på det befintliga taket. Att öka på isoleringen från 15 cm till 40 cm kan minska energianvändningen med 3 kWh/m^2 A_{temp} (Energimyndigheten, Boverket, Naturvårdsverket, 2011).

5.11 Ny utanpåliggande fasad

En konstruktion med en ny utanpåliggande fasad är något som har använts i ett pilotprojekt i Alingsås i bostadsområdet Brogården. Området består av 16 huskroppar vilka är 3-4 våningar och är byggda under åren 1971-73. Ägaren till bostadsområdet, Alingsåshem AB, har totalrenoverat området till passivhusnivå. Renoveringen ingick i EU-projektet BEEM-UP och hade som mål att visa att genom energieffektivisering kan uppvärmningsbehovet minskas med 75 % (Martinsson, Tengberg, Bengtsson, & Mjörnell, 2015). Som en del i renoveringen, för att nå målet, har Alingsåshem använt sig av ett system där monteringen av väggarna kan ske direkt från en kranbil. Detta system blir väldigt effektivt att använda till miljonprogrambyggnader med regelbunden bokhyllestomme och plana uppställningsytor runt om husen. Själva väggen som använts i Brogården håller passivhusstandard och har ett U-värde på ca 0,10 W/m^2,K. Systemet kan dock anpassas till andra energikrav. Tillverkaren av väggarna är Elementum eco AB. Exempel på väggkonstruktioner som används i projektet Brogården visas i Figur 29.

Figur 29: Bild på tre generationer välisolerad vägg från projektet Brogården i Alingsås. (Martinsson, Tengberg, Bengtsson, & Mjörnell, 2015)

Ytterväggselementens egenvikt tas upp av en bottenplatta och innebär inte någon ytterligare belastning för den befintliga betongstommen. Väggelementen monteras sedan utanpå den gamla stommen. Elementen som monterades var 3-4 våningar höga och levererades utan fönster, se Figur 30.

Figur 30: Montering av väggelement i projektet Brogården i Alingsås.
Bild: Linda Martinsson/Skanska

Efter färdigställande av husen provtryckets lägenheterna för att undersöka om väggarna uppfyller passivhuskravet för lufttäthet på q_{50} 0,30 l/s,m^2. Resultatet blev att väggarna klarade av kravet. Dessa provtryckningar har genomförts av ansvarig arbetsledare och har verifierats av SP som oberoende part. Vid undersökning upptäcktes inga köldbryggor relaterade till väggsystemet (Skanska Sverige, 2014).

6 Beskrivning av referenslägenhet

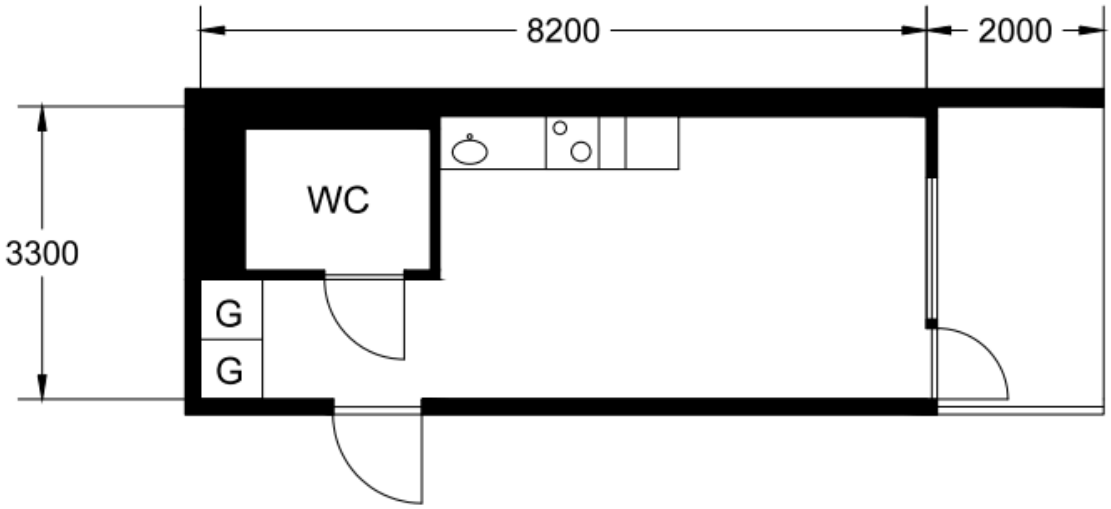
I FÖLJANDE KAPITEL BESKRIVS GRUNDLIGT VILKEN PLANLÖSNING REFERENSLÄGENHETERNA HAR, VAR DE ÄR PLACERADE I BYGGNADEN OCH AV VILKA MATERIAL DESS OMSLUTANDE VÄGGAR ÄR UPPBYGGDA AV.

De fyra åtgärder som simuleras utgår från en referenslägenhet som har en boyta på 25 m^2. Denna lägenhet har valts ut då det är den mest förekommande lägenheten i byggnaden.

Då byggnadens geometri har betydelse för uppvärmningsbehovet av en lägenhet kommer därför referenslägenheten antas vara placerad på två olika platser i byggnaden. Det som gör att uppvärmningsbehovet varierar är arean på omslutande ytterväggar, olika köldbryggor som uppkommer, orienteringsriktningen på ytterväggarna och på vilket våningsplan lägenheten ligger på. För att visa på denna skillnad i uppvärmningsbehov omnämns referenslägenheten numera som referenslägenhet 1 och referenslägenhet 2. Referenslägenhet 1 placeras på våning sex i huskropp D, med balkong och fasad mot väster, referenslägenhet 2 är en hörnlägenhet som placeras i huskropp A på våning sex, med balkong och fasad mot väster samt norrfasaden som yttervägg, se Figur 7.

6.1 Referenslägenhet 1

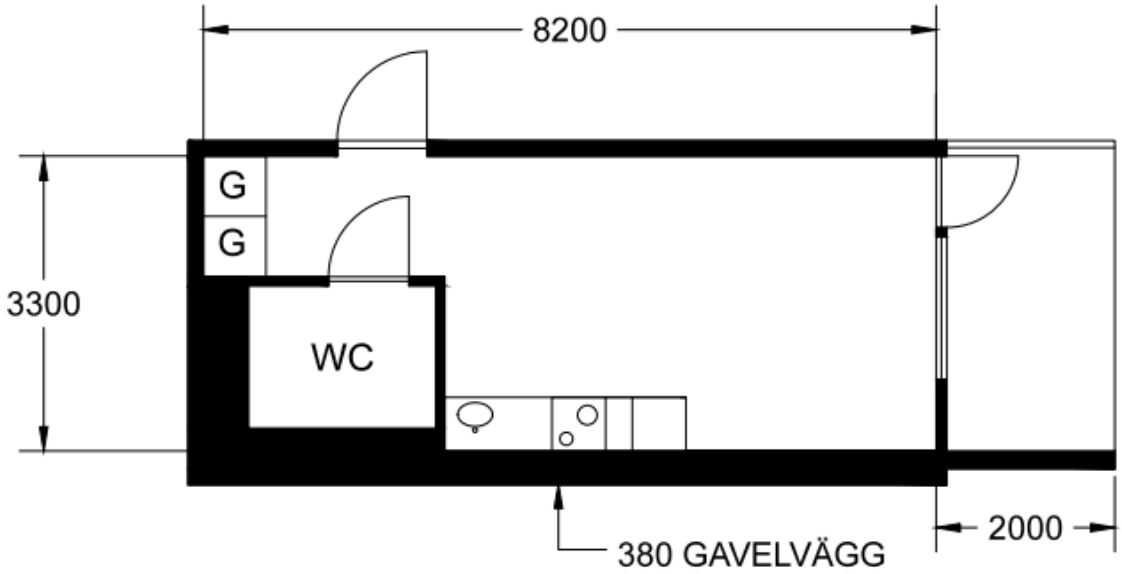
Den bärande lägenhetsavskiljande innerväggen är av 200 mm armerad betong och har ett installationsskikt på 95 mm isolering och stålreglar samt 13 mm gipsskiva.
Utfackningsväggen mot balkongen är uppbyggd av en 125 mm träregelstomme med 125 mm isolering, 13 mm invändig gips och är plåtbeklädd utvändigt. Fönstret har måtten 1,7x1,3 m^2 och balkongdörren har måttet 0,9x2,2 m^2.
De två resterande icke bärande lägenhetsavskiljande innerväggarna är troligtvis inte original och då ritningar över dessa saknas antas väggarna bestå på båda sidor av två gipsskivor (13+13 mm) på en 120 mm lättregelstomme med en mellanliggande isolering. Planlösning för referenslägenhet 1 visas i Figur 31.



Figur 31: Planlösning referenslägenhet 1

6.2 Referenslägenhet 2

Gavelväggen består utifrån sett av 70 mm prefabricerad beklädnadselement, 20 mm luftspalt, 100 mm isolering och 190 mm betong.
Utfackningsväggen mot balkongen är uppbyggd av en 125 mm träregelstomme med 125 mm isolering, 13 mm invändig gips och är plåtbeklädd utvändigt. Fönstret har måtten 1,7x1,3 m^2 och balkongdörren har måttet 0,9x2,2 m^2.
De två resterande icke bärande lägenhetsavskiljande innerväggarna har samma uppbyggnad som i referenslägenhet 1. Planlösning för referenslägenhet 2 visas i Figur 32.



Figur 32: Planlösning referenslägenhet 2

7 Indata för fyra utvalda åtgärder och antaganden

I KAPITLET FÖRKLARAS HUR DE FYRA UTVALDA ÅTGÄRDERNA FUNGERAR OCH VILKA MATERIAL SOM ANVÄNDS FÖR RESPEKTIVE ÅTGÄRD. RESULTAT FRÅN UTRÄKNINGARNA AV KÖLDBRYGGOR OCH PROVTRYCKNINGEN REDOVISAS OCKSÅ I DETTA KAPITEL. VÄRDEN SOM ANVÄNDS FÖR ATT BERÄKNA DE SLUTLIGA RESULTATEN OCH MATERIALKOSTNADER KAN OCKSÅ UTLÄSAS I DETTA AVSNITT.

7.1 Allmän indata

Följande indata har använts för samtliga beräkningar i Isover Energi 3:

Hushållsenergi 1500 kWh/år

Siffran baseras på en onlinekalkyl på Energirådgivningen (2015)

Fastighetsenergi 975 kWh/år

Siffran har tagits fram genom att utgå från energirådgivningens guide. (Energirådgivningen, 2015)

Varmvattenberedning 1039 kWh/år

För att ta fram en siffra på varmvattenberedningen för referenslägenheten har 77 % av A_{temp} (25691 m^2) använts. I den ingår bostäder och biareor så som trapphus och uppvärmd källare. En referenslägenhets yta på 25 m^2 står för 0,13 % av dessa 77 %. Därefter multipliceras 0,13 med den totala varmvattenberedningen.

Antaganden

Vid alla beräkningar har följande antaganden gjorts

- Att lägenheterna har ett fungerande FTX-system. Största delen av byggnaden har fungerande FTX-system.
- Att FTX aggregatet har en verkningsgrad på 80 % vilket är en standard verkningsgrad.
- Ventilationsflödet är 0,35 l/s,m^2 , lägsta tillåtna flöde enligt BBR.
- Innetemperaturen 20° C, normal inomhustemperatur.
- 1 person per lägenhet, studentlägenheterna är avsedda för 1 person.
- Infiltration 0,15 oms/h, standardvärde i Isover Energi 3.

7.2 Beräkningar av köldbryggor

Simuleringarna av följande köldbryggor bifogas som Bilaga 3
Utfackningsvägg-betongbjälklag,
Ny utfackningsvägg-betongbjälklag
Ny utanpåliggande fasad-betongbjälklag

7.2.1 Referenslägenhet 1

För följande köldbryggor har beräkningar utförts. Se resultat i Figur 33.

- Anslutning mellan utfackningsvägg och betongbjälklaget
- Anslutning utfackningsvägg och den bärande lägenhetsavskiljande väggen
- Anslutning ny utfackningsvägg och betongbjälklaget
- Anslutning ny utfackningsvägg och den bärande lägenhetsavskiljande väggen
- Anslutning ny utanpåliggande fasad och betongbjälklaget
- Anslutning ny utanpåliggande fasad och lägenhetsavskiljande vägg

Byggnadsdel	ψ (W/m,K)	Längd, m	$\psi \cdot$ längd (W/K)
Utfackningsvägg-betongbjälklag	0,48	3,30	1,58
Utfackningsvägg-lägenhetsavskiljande vägg	0,61	2,45	1,49
Ny utfackningsvägg-betongbjälklag	0,12	3,30	0,40
Ny utfackningsvägg-lägenhetsavskiljande vägg	0,35	2,45	0,86
Ny utanpåliggande fasad-betongbjälklag	0,04	3,30	0,13
Ny utanpåliggande fasad-lägenhetsavskiljande vägg	0,02	2,45	0,05

Figur 33: Beräkningar av köldbryggor referenslägenhet 1

7.2.2 Referenslägenhet 2

För följande köldbryggor har beräkningar utförts. Se resultat i Figur 34.

- Anslutning utfackningsvägg och betongbjälklaget
- Anslutning utfackningsvägg och fasad mot norr
- Anslutning ny utfackningsvägg och betongbjälklaget
- Anslutning ny utfackningsvägg och fasad mot norr
- Anslutning ny utanpåliggande fasad och betongbjälklaget
- Anslutning ny utanpåliggande fasad och fasad mot norr

Byggnadsdel	ψ (W/m,K)	Längd, m	$\psi \cdot längd$ (W/K)
Utfackningsvägg-betongbjälklag	0,48	3,30	1,58
Utfackningsvägg – fasad mot norr	0,76	2,45	1,86
Ny utfackningsvägg-betongbjälklag	0,12	3,30	0,40
Utfackningsvägg- fasad mot norr	0,52	2,45	1,27
Ny utanpåliggande fasad-betongbjälklag	0,04	3,30	0,13
Ny utanpåliggande fasad – fasad mot norr	0,51	2,45	1,25

Figur 34: Beräkningar av köldbryggor referenslägenhet 2

7.3 Provtryckning

I Figur 35 redovisas uppmätta värden som korrigerats, enligt FEBY 12 framtagen av Sveriges Centrum för Nollenergihus (2012), beroende på vilken yta läckaget baserats på. I ”Alla ytor” medräknas tak, golv och samtliga väggar. I ”Alla väggar som omsluter lägenheten” har taket och golvet skalats bort då dessa kan antas vara tätare än övriga ytor. I ”Yttervägg” medräknas endast vägg som avskiljer inomhus mot utomhus. Notera att LGH 2 tycks vara den tätare av de två.

Det två lägenheterna som provtryckts har inget att göra med de två referenslägenheterna.

LGH 1 är 24 m^2 stor och är belägen på västsidan.

LGH 2 är 31 m^2 stor och är belägen på östsidan.

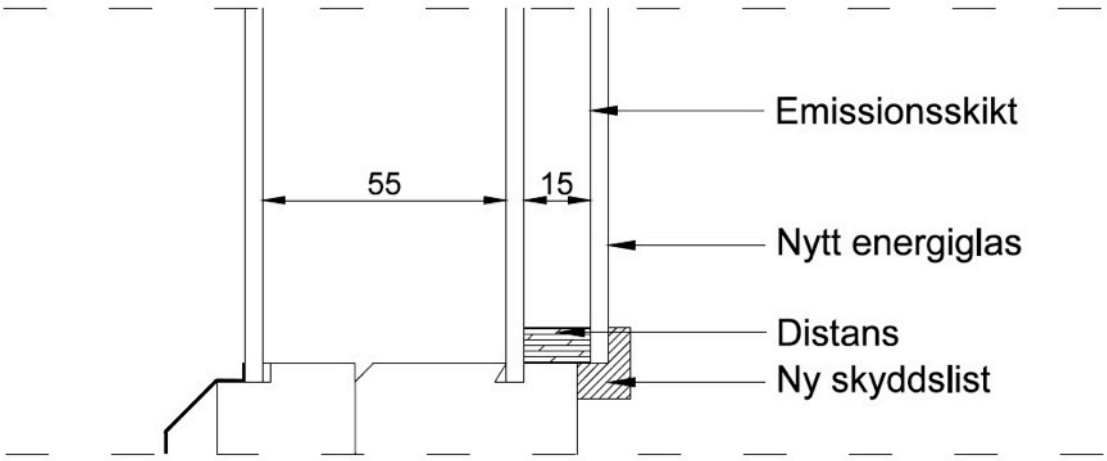
	Alla ytor	Alla väggar som omsluter lägenheten	Yttervägg
LGH 1, Övertryck	1,36	2,71	13,28
LGH 1, Undertryck	1,49	2,97	14,56
LGH 2, Övertryck	1,27	2,72	11,99
LGH 2, Undertryck	1,22	2,61	11,52

Figur 35: Uppmätta värden från provtryckning i l/s,m^2

7.4 Isolering av tvåglasfönster

Fönsterna på den västra fasaden har ett beräknat U-värde på 2,6 W/m^2,K. Om U-värdet för glasdelen och karmen beräknas var för sig så konstateras att glasdelen är den störst bidragande faktorn till det höga U-värdet. Karmens U-värde är ca 0,9 W/m^2,K medan glasdelen är drygt 3,0 W/m^2,K. Detta är den motiverande faktorn till att försöka höja prestandan på bara glasdelen.
Det nya glaset fästs i liv med karmen på fönstret där det också tätas invändigt med silikon och täcks av en skyddslist i kanten på glaset, se Figur 36.
Fönstret som används i simuleringen är ett 4 mm Pilkington K Glass med ett emissionsskikt (ε=16 %) på sidan som vänds in mot spalten. Spalten som uppstår är 15 mm bred.
I Isover Energi 3 gjordes en U-värdesberäkning på det isolerade fönstret vilket landade på ca 1,2 W/m^2,K.
Fönster uppbyggnad utifrån och in:

- 4 mm obehandlat glas
- 55 mm luftspalt
- 4 mm obehandlat glas
- 15 mm silikontätad luftspalt
- 4 mm Pilkington K Glass med emissionsskikt



Figur 36: Genomskärning av befintliga fönster med isolerglas

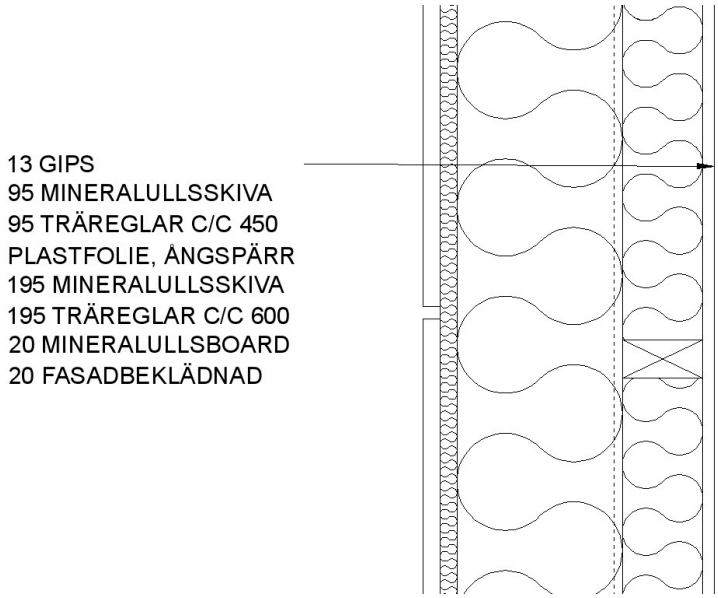
7.5 Nya fönster och balkongdörrar

De gamla fönsterna ersätts med ett energieffektivt fönster från Elitfönster som heter Elit Vision. Elit Vision har en båge av trä med aluminiumbeklädd utsida. Fönstret har treglas isolerruta och har ett U-värde på 0,9 w/m^2,K.
Måtten för fönstret är 1,7 x1,3 m^2.

De gamla balkongdörrarna byts ut till en ny dörr från SP fönster. Dörren heter Balans + och har ett U-värde på 1,0 W/m^2,K. Dörren är en fönsterdörr med treglas isolerruta och har måtten 0,9x2,2 m^2.

7.6 Ny utfackningsvägg

Väggen består av en träregelstomme med två skikt isolering med ångspärren placerad mellan 195 mm isoleringen och det 95 mm tjocka installationsskiktet, se Figur 37. Detta för att undvika perforering av plastfolien vid kabeldragning. Mineralullsboarden minimerar köldbryggor och skyddar tillsammans med plåtbeklädnaden primärskiktet från väder och vind.
För att undvika allt för stor förändring av fasaden används likartad fasadplåt som målas vit. Väggen har ett U-värde på 0,09 W/m^2,K.



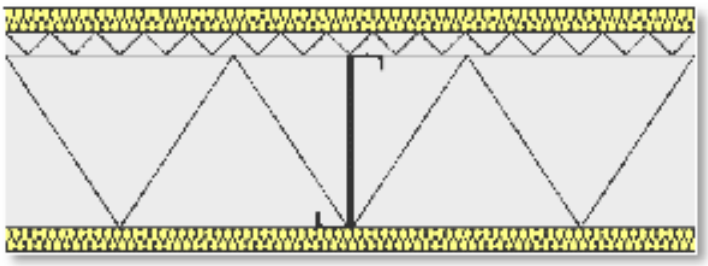
Figur 37: Genomskärning av ny utfackningsvägg

Energieffektiva fönster monteras i den nya utfackningsväggen.
Se beskrivning av fönster och balkongdörr i punkt 7.5 ovan. Fönsterna har måtten 1,6x1,2 m^2.

7.7 Ny utanpåliggande fasad

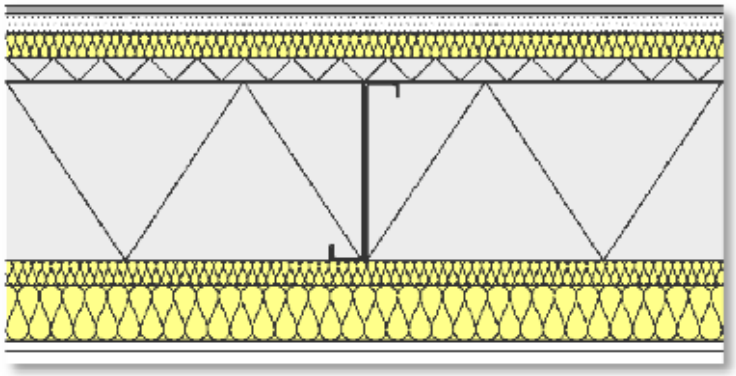
Väggen som fästs på utsidan av balkongelementen är tillverkad av ELEMENTUM eco AB. Den kompletta väggkonstruktionen har ett U-värde, enligt tillverkaren på 0,12 W/m^2,K. Väggens uppbyggnad illustreras i Figur 38.

Huvuddelen av väggkonstruktionen består av ett väggelement som är uppbyggt utifrån sett av:
30 Stenullsboard
30 Grafitcellplast
170 Grafitcellplast + slitsade stålreglar
30 Stenullsboard


Figur 38: Bilden visar ett 260 mm ELEMENTUM Väggelement. Figur tagen från ELEMENTUM eco AB.

Den färdiga väggkonstruktionen, se Figur 39, består från utsidan sett av:
10 fasadskiva
25 ventilerad fasadläkt
260 ELEMENTUM Väggelement
Plastfolie
45 installationsskikt
2x13 invändig gips

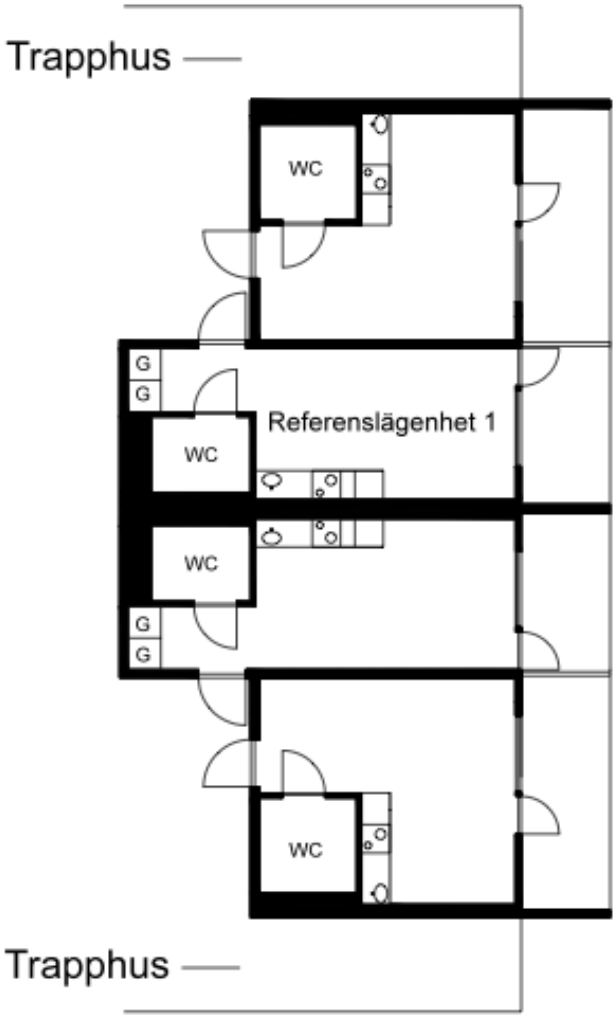
Total tjocklek: 365 mm



Figur 39: Uppbyggnad av färdig väggkonstruktion. Figur tagen från ELEMENTUM eco AB.

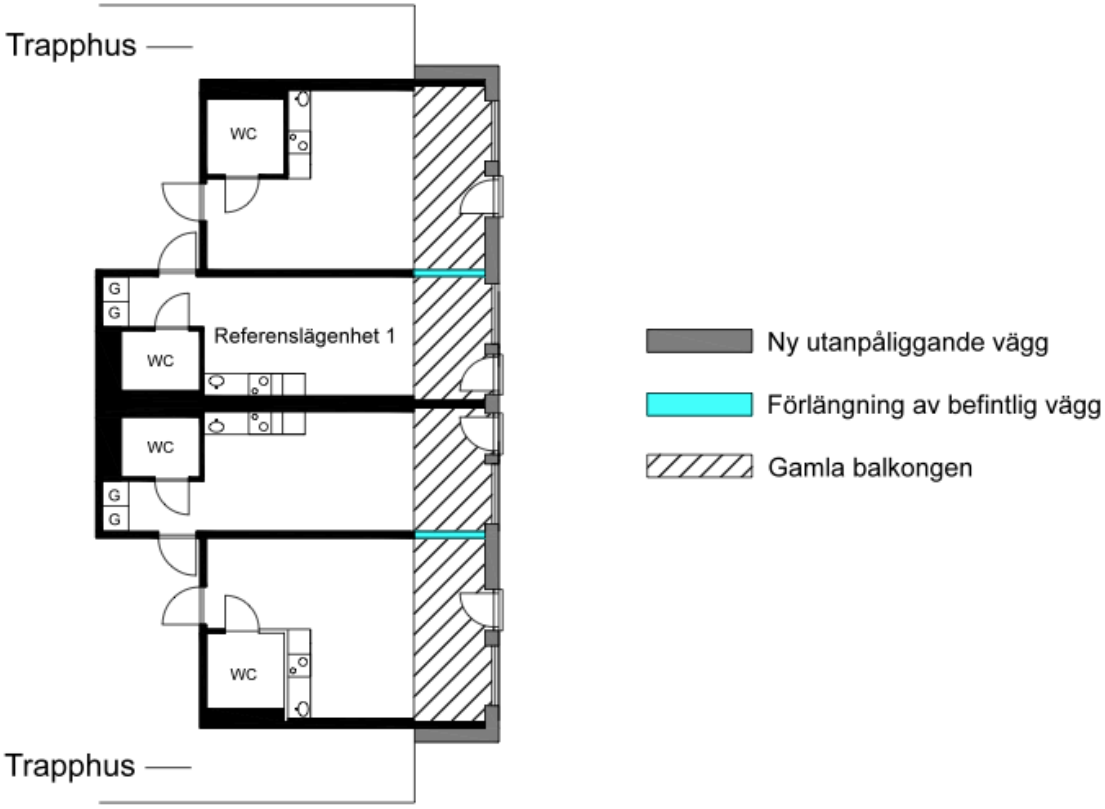
I den nya fasaden används ett fönster från Elitfönster, Elit Vision, och en balkongdörr från SP fönster, Balans+. Dessa har samma storlek som i den nya utfackningsväggen, se punkt 7.5 *Nya fönster och balkongdörrar*.

Planlösning för referenslägenhet 1 innan genomförd åtgärd



Figur 40: Planlösning för lägenheter utan den nya utanpåliggande fasaden.

Planlösning för referenslägenhet 1 med den nya fasaden



Figur 41: Planlösning med den nya utanpåliggande väggen på plats. Tanken med dörren som sitter i fasaden är att den ska ersätta balkongen med en så kallad fransk balkong.

7.8 Materialkostnader

Samtliga kostnader är exklusive moms per lägenhet. Dessa kostnadsförslag har räknats fram med hjälp av Byggkalkylatorn via Svensk Byggtjänsts hemsida. Fönsterpriserna är tagna från tillverkaren Elitfönster och priserna för balkongdörrarna är tagna från www.bygghemma.se. Ingen hänsyn har tagits till arbetskostnader.

Isolering av tvåglasfönster

Glasruta:	1 000 kr
Totalt:	1 000 kr

Byte av fönster och balkongdörrar

Fönster:	9 082 kr
Balkongdörr:	7 178 kr
Totalt:	15 300 kr

Ny utfackningsvägg

Fönster:	8 105 kr
Balkongdörr:	7 178 kr
Utfackningsvägg:	2 700 kr
Totalt:	18 000kr

Ny utanpåliggande fasad

Fönster:	8 105 kr
Balkongdörr:	7 178 kr
Fasadelement:	4 700 kr
Golv:	2 600 kr
Tak:	800 kr
Innervägg:	630 kr
Totalt:	24 000 kr

8 Resultat av fyra utvalda åtgärdsförslag

I KAPITELET PRESENTERAS RESULTAT FRÅN ISOVER ENERGI 3. DÅ RESULTATEN UTGÅR FRÅN REFERENSLÄGENHETERNA ÄR DET SKILLNADEN FÖRE OCH EFTER ÅTGÄRD SOM ÄR RELEVANT.

Referenslägenhet 1 har en energianvändning på 93 kWh/m^2,år före åtgärd.
Referenslägenhet 2 har en energianvändning på 108 kWh/m^2,år före åtgärd.

Isolering av tvåglasfönster	kWh/m^2,år
Referenslägenhet 1	93
Efter åtgärd	86
Skillnad	-6
Referenslägenhet 2	108
Efter åtgärd	101
Skillnad	-7

Nytt fönster och balkongdörr	kWh/m^2,år
Referenslägenhet 1	93
Efter åtgärd	83
Skillnad	-10
Referenslägenhet 2	108
Efter åtgärd	94
Skillnad	-14

Ny utfackningsvägg	kWh/m^2,år
Referenslägenhet 1	93
Efter åtgärd	82
Skillnad	-11
Referenslägenhet 2	108
Efter åtgärd	88
Skillnad	-20

Ny utanpåliggande fasad	kWh/m^2,år
Referenslägenhet 1	93
Efter åtgärd	65
Skillnad	-28
Referenslägenhet 2	108
Efter åtgärd	72
Skillnad	-36

9 Diskussion

I FÖLJANDE KAPITEL ANALYSERAS OCH DISKUTERAS RESULTATEN FRÅN DE FYRA ÅTGÄRDSFÖRSLAGEN SAMT FRÅGOR SOM DYKER UPP TILL FÖLJD AV ÅTGÄRDERNA. ÄVEN VENTILATIONSSYSTEMET OCH PROVTRYCKNINGEN DISKUTERAS I DETTA AVSNITT. I METODDISKUSSIONEN BEHANDLAS OMSTÄNDIGHETER SOM HAR FÖRSVÅRAT VALIDITETEN FÖR RESULTATET.

Rimliga åtgärder?

Då genomförandet av åtgärdsförslagen är av olika ingreppsstorlek är frågan hur långt Malmö Studenthus är villiga att gå. Att genomföra förslaget ”Isolering av tvåglasfönster” och förslaget ”Byte av fönster och balkongdörrar” måste ses som mindre åtgärder. Att genomföra dessa förslag skulle inte påverka de boende i den grad att de är tvungna att flytta ifrån sin lägenhet. Vi tror att dessa åtgärder skulle kunna utföras under 1 arbetsdag per lägenhet och detta samtidigt som de boende bor kvar.
Vi kan konstatera genomförandet av åtgärderna ”Ny utfackningsvägg” och ”Ny utanpåliggande fasad” är mycket större ingrepp och därmed mer tidskrävande än de två ovanstående. Att utföra dessa skulle medföra att de boende i Malmö Studenthus inte kan bo kvar i sina lägenheter under renoveringstiden. Det kan diskuteras om dessa åtgärder är möjliga och ekonomiskt försvarbara att genomföra då utöver kostnaden för renoveringen också ett bortfall av hyresintäkter måste inkluderas. Detta är dock ett beslut som Malmö Studenthus bör undersöka mer grundligt då åtgärderna trots allt innebär en väsentlig energibesparing.

Isolering av tvåglasfönster

Kostnaden för att installera en extra glasruta är svår att beräkna då saker som mängdrabatter och olika bra offerter förmodligen skulle variera mycket. Om bara en lägenhet skulle utrustas med en extra ruta skulle kostnaden kunna vara dubbelt så stor per lägenhet jämfört med om hela västra sidans fönster skulle förses med en extra ruta.
Energibesparingen vid denna typ av åtgärd är också svår att beräkna exakt då bland annat effekter av att byta tätningslister i samband med installation är närmast omöjlig att jämföra med tidigare då en individuell inventering måste ske innan beräkning. Utöver det skulle labtester behöva utföras för att kunna behandla just exakt det fönster som rutan ska installeras på då verkligheten aldrig går att beskriva exakt i en dator.
Energibesparingen på 6-7 kWh/m^2 är dock markant för en så pass liten investering men en mer utförlig ekonomisk kalkyl bör utföras innan beslut tas att genomföra åtgärden. Enligt energimyndigheten under rubriken 4.6 *Isolering av tvåglasfönster* så kan ett U-värde ungefär halveras vid installation

av en extra ruta med ett emissionsskikt. Detta stämmer ganska väl överens med det nya värdet vi fått på fönstret.
En aspekt som bör diskuteras och undersökas är i vilket skick som fönsterna är i nuläget. Om fönsterkarmen inte håller för ytterligare 5 år så kan åtgärden anses omotiverad endast av det enkla skälet att de oavsett måste bytas ut. Vid egna inventeringar har dock samtliga fönster som undersökts konstaterats vara i gott skick. Det bör också undersökas om fönstret klarar av att bära tyngden från ytterligare en glasruta, vilken väger ungefär 20 kg.

Byta fönster och balkongdörr

Vad gäller åtgärden att byta ut fönster och balkongdörrar till nya mer energieffektiva alternativ var resultatet lite förvånande. Vid jämförelse av vad som togs upp under punkten 4.1 *Byte av fönster och balkongdörrar* där tidigare forskning säger att läckaget genom fönster och dörrar står för 35 % av uppvärmningskostnaderna och att de nya U-värdena är ca 50 % lägre än tidigare hade vi hoppats att energibesparingen skulle vara lite större än 10 kWh/m^2 för referenslägenhet 1 respektive 13 kWh/m^2 för referenslägenhet 2. Detta är en förbättring på 11-12 %. Anledningen till att vi trodde på ett bättre resultat är att ungefär hälften av utfackningsväggen i referenslägenheterna består av fönster och balkongdörr. Dock ska nämnas att siffran på 35 % gäller för vanliga småhus och därmed inte betyder att fönster och dörrar i ett vanligt flerbostadshus står för samma storlek av läckage.
Vid insättning av nya fönster gäller det att tänka på hur infästningen görs. Att fönstret blir tätt är väldigt viktigt. Om tätningen av fönstret inte blir gjort ordentligt kan det leda till att man inte blir av med eventuella kallras och drag som kan upplevas innanför ett fönster vid kall väderlek. Lyckas man täta ordentligt och slipper kallraset medför det att inomhusklimatet uppfattas som jämnare och därmed kan temperaturen i rummet sänkas med en eller ett par grader. Då varje grads sänkning av inomhustemperaturen enligt Energimyndigheten (2014) minskar uppvärmningsbehovet med 5 % finns här en bra energibesparingspotential. Det gäller även att tänka på vad som händer med ventilationen vid insättning av nya fönster. Då nya fönster ofta är tätare än de gamla medför detta att ventilationsluften måste tas in i huset på något nytt sätt. Sker inte detta finns risk att frånluftventilationen eller självdragsventilationen kan sluta att fungerar. Det måste därför monteras tilluftsventiler.

Vid jämförelse av kostnaderna för ”Isolering av tvåglasfönster” och ”Byte av fönster och balkongdörr” kan diskuteras om den stora skillnaden i pris är ekonomiskt försvarbar då energibesparingen bara ökar med 4,5 % för referenslägenhet 1 och 5,5 % för referenslägenhet 2 vid byte av fönster och

balkongdörr. Dock ska tilläggas att de nya fönsterna och balkongdörrarna har en livslängd på 25-30 år, troligtvis längre då de sitter väl skyddade under balkonger. De befintliga fönsterna med en extra glasruta som i dagsläget redan är 40 år gamla har förmodligen en mycket kortare livslängd. Därför bör ”Byte av fönster och balkongdörr” ses som en mer långsiktig investering.

Byte av utfackningsvägg

Att byta utfackningsvägg är ett stort ingrepp på byggnaden. Det innebär att den befintliga väggen rivs helt och en ny sätts upp.
Kostnaden för ett så pass stort ingrepp är svår att sia om då många parametrar måste tas hänsyn till. Det enda som är någorlunda genomförbart att räkna på är vad materialkostnaden skulle uppgå till och där kan direkt konstateras att energibesparingen är stor i förhållande till just materialkostnaden.
Den stora besparingen ges genom den nästan tre gånger så tjocka väggen med genomgående isolering. Dessutom bryts köldbryggor av de korsliggande reglarna samt fasadboarden som sitter obruten i ett skikt. I övrigt görs ingen markant förbättring av köldbryggor vid byte av utfackningsvägg.
En viktig parameter för energibesparingen är att just ventilationssystemet skulle effektiviseras av att utfackningsväggen byttes ut då en av de stora vinsterna i att byta väggen är att klimatskalet tätas från luftläckage. Lufttäthet är en viktig komponent för att ett FTX-system ska kunna utnyttjas till fullo. I dagsläget kan samtliga lägenheter med utfackningsvägg mot västra fasaden efter provtryckning antas vara dåliga just ur den aspekten. Noteras ska dock att lufttätheten inte påverkar beräkningar gjorda på utfackningsväggen då Isover Energi 3 ej kunde hantera högre flöden. Skillnaden före och efter kan därför antas vara större.
Det bör diskuteras innan beslut tas inför eventuell åtgärd huruvida det finns en möjlighet att återanvända befintliga fönster och dörrar. Detta på grund av att kostnaden för inköp och transport av nya samt bortförsel och deponi av gamla upptar en stor del av kostnaden för denna åtgärd. Om beslut tas att återanvända fönster och dörrar måste dock de också ses över och dessutom energieffektiviseras. Det kan innebära installation av en extra ruta på både fönster och dörr samt försöka åtgärda dörrens underdel som bara består av 3-4 cm genomgående trä. Kostnaden för detta måste vägas emot hur lång tid befintliga fönster och dörrar kan antas hålla sig i gott skick samt kostnaden för arbetet att renovera upp dessa till tillräckligt bra skick.
Dock bör noteras att om denna åtgärd ska kunna genomföras bör FTX-systemet vara i fullt bruk i samtliga lägenheter som åtgärder utförs på. Alternativet är annars att placera ett friskluftsinsläpp på utfackningsväggen för att frånluftsventilationen ska fungera.

Ny utanpåliggande fasad

Att Malmö Studenthus har ett otätt klimatskal har påvisats genom provtryckningen som genomförts, se punkt 7.3. Genom att hänvisa till referenslitteraturen som tas upp i punkt 5.8 *Otätheter i klimatskalet* kan vi se att otäta byggnader är mer energikrävande byggnader. Beräkningarna visar att byggnaden med ett luftläckage på 2 l/s,m^2 har en ofrivillig ventilation som står för 23 % av den totala energianvändningen. Detta kan jämföras med Malmö Studenthus bästa uppmätta värde på luftläckage som landade på 1,22 l/s,m^2. Vid användandet av en liknande fasad, se punkt 5.11 *Ny utanpåliggande fasad* i pilotprojektet Alingsås i bostadsområdet Brogården provtrycktes husen efter färdigställandet. Där uppnåddes en lufttäthet på 0,30 l/s,m^2 vilket motsvarar passivhusstandard. Skulle en siffra runt 0,5-0,7 l/s,m^2 uppnås för Malmö Studenthus vid en eventuell provtryckning efter utförd åtgärd hade en stor energibesparing uppnåtts.

Vid en jämförelse av köldbryggorna som finns i den befintliga byggnaden med framräknade köldbryggorna för den nya utanpåliggande fasaden kan konstateras att de har minskats med ca 95 %. Detta har i princip skett pga köldbryggorna har byggts bort helt av den utanpåliggande fasaden. Detta måste ses som ett bra argument för denna åtgärd. Bara genom att eliminera den befintliga köldbryggan ”Utfackningsvägg mot betongbjälklag”, se punkt 7.2 *Beräkning av köldbryggor*, har en besparing på ca 95 000 kr per år gjorts. Se uträkning nedan:

$$\left[\frac{kWh}{\text{år}}\right] = 8{,}544 \cdot \psi \cdot l \cdot \Delta T$$

ψ Psi-värde köldbrygga, W/m,K
l Längd köldbrygga, m
ΔT $T_{Inne} - T_{ute,medel}$, K
Pris per $kWh = 1kr$

Att åtgärden med ny utanpåliggande fasad ökar på bostadsytan för de lägenheter som tidigare hade balkong medför att nya frågor dyker upp. Hur ska åtgärden finansieras?
Om det sker genom en hyreshöjning skulle det då betyda att de boende i lägenheterna som tidigare hade balkong måste betala en mycket högre hyra då deras bostadsarea blivit större och lägenheten har renoverats? Är studenterna villiga att betala högre hyra än de gör i dagsläget?
Detta är ju ett par frågor som bör undersökas, så att misstaget att bygga för dyra studentlägenheter inte görs.

En sak som inte får glömmas bort är att med denna åtgärd tillkommer också mycket arbete i lägenheterna till följd av den nya ytterväggen. De gamla balkongerna måste byggas om så de fungerar som innergolv och innertak. Troligtvis behöver det gamla golvet i lägenheterna ersättas.

Ventilation

Ett av de största problem med den här studien har varit hur ventilationen ska hanteras. Förhoppningen från början var att det skulle finnas siffror vi kunde utgå ifrån alternativt att det skulle vara tillräckligt lättförståeligt för att det skulle gå att dra egna slutsatser. Dock visade sig systemet vara väldigt komplicerat. Under åren 2007-2010 genomgick byggnaden en stor renovering av ventilationen. Frånluftsventilationen skulle uppgraderas till ett FTX-system. Det tycks dock att då lite fler än hälften av lägenheterna hade fått FTX-systemet installerat avslutades arbetet abrupt. Det innebär för studien att det inte går att beräkna någon medelförbrukning av energi utan att ta hänsyn till huruvida lägenheten har FTX eller frånluftsystem. Därav gjordes valet att skapa referenslägenheter för att kunna hantera problemet.
Problem uppstod också i programmet Isover Energi 3 som tycks väldigt begränsat vad gäller infiltrationsförluster. Byggnader från miljonprogrammet har som i tidigare stycken nämnt ofta problem med infiltrationsförluster. Då alla åtgärder förutom isolering av tvåglasfönster som det har gjorts beräkningar på förbättrar infiltrationsförlusterna markant går det inte att få en korrekt skillnad i energiförbrukning vilket såklart försämrar resultatet.
En större fullständig inventering borde göras avseende ventilationssystemet för att kunna avgöra huruvida energibesparande åtgärder går att utföra. I den inventeringen bör också undersökas hur mycket ytterligare som måste göras för att färdigställa FTX-entreprenaden. Det kan till och med vara så att FTX-aggregaten, som i nuläget inte har användning av värmeväxlaren, ändå är i fullt bruk. Vad händer med det som skulle blivit förvärmd tilluft? Går den luften bara ut i det fria? Det är naturligtvis starkt rekommenderat att färdigställa entreprenaden då det mesta redan är gjort och då ritningar fortfarande förmodligen finns att tillgå.
Enligt rapporten från VVS Företagen och Svensk Ventilation (2008) kan genom installation av FTX-system en besparing på 35 kWh/m^2 A_{temp} göras. Detta motsvarar 18 % av Malmö Studenthus specifika energiprestanda (191 kWh/m^2,år A_{temp}) enligt energideklarationen.
Det normalårskorrigerade värdet för uppvärmning och varmvatten av Studentbostäderna är 3 003 000 kWh. Innan FTX installerades i 64 % av trapphusen så användes således 3 339 000 kWh. Eftersom bara 64 % av trapphusen fick FTX landade bara besparingen på 11,5 %. Det finns alltså ytterligare 6,5 % besparing att göra.

Dessa 6,5 % skulle motsvara 220 000 kWh. Det ska tilläggas att dessa 18 % enligt rapporten ovan först kan uppnås när klimatskalet har tätats.

Provtryckning

Tidigt i arbetet bestämde vi att två provtryckningar skulle genomföras. Detta för att noggrannare kunna bestämma hur mycket otäta väggar påverkade våra resultat i Isover Energi 3. Då provtryckningen blev väldigt försenad så hanns det aldrig med att noggrannare analysera och räkna vidare på värdena. Provtryckningen var lyckad men värdena var inte så användbara som vi hade hoppats. Det visade sig väldigt svårt att avgöra var i lägenheten luftläckagen fanns. Vissa läckage i utfackningsväggen kunde identifieras med hjälp av värmekamera, dock bara de läckage som sög in kall uteluft. Andra läckage som inte var identifierbara av värmekamera kunde istället upptäckas genom drag från läckagets källa. Hur stort eventuellt läckage via lägenhetsavskiljande väggar var kunde inte konstateras då varken drag upplevdes eller värmekameran var till någon hjälp. Ett stort läckage upptäcktes i båda lägenheter. Dessa kunde kopplas till ett installationsskikt vilket inte gick att täta. Båda läckage gav förmodligen upphov till en markant skillnad i mätningen vilka utgör en stor osäkerhet för mätvärdena. Problemet med så stora läckage (om inte läckan finns i klimatskalet) är att det är svårt att avgöra läckans storlek för att kunna kompensera mätvärdena. Det ser alltså ut, utan noggrannare analys, som att klimatskalet är otätare än det är i verkligheten. Vidare skapar detta ett problem då en avskalning av mätvärdena, för att bara kunna appliceras på klimatskalet, är av största vikt för att kunna få ut något praktiskt användbart av mätvärdena.
Vi hade tankar att jämföra våra mätningar med det gamla BBR-kravet, 0,8 l/s,m^2. Det är möjligt att jämföra men med kraftiga begränsningar. Begränsningarna innefattar främst att det inte går att få fram en korrekt siffra på hur stor del av läckaget just ytterväggen står för. Vidare går det inte att kompensera för detta utan att påverka felsäkerheten markant. Dock kan konstateras att ytterväggen förmodligen inte skulle klara det gamla BBR-kravet då bästa fallet fortfarande överstiger 0,8 l/s,m^2 med 0,42 l/s,m^2.
Så inga jämförelser kunde göras mellan vårt projekt och andras och inte heller fyller värdena någon större funktion i ett program som Isover Energi 3.
Det huvudsakliga syftet med provtryckningen är däremot uppfyllt, vilket är att visa på att lägenheterna som vetter mot väst (balkongsidan) är otätare än de som vetter österut.

Metoddiskussion

I startgroparna för den här studien så diskuterades det om Isover Energi 3 var ett program som kunde hantera den indata som skulle behövas för att få fram korrekta värden för energianvändningen. Alternativet hade annars varit programmet IDA som används flitigt över hela Sverige av energikonsulter och branschfolk. Den stora anledningen till valet att använda Isover Energi 3 var att IDA kräver en inlärningsperiod som skulle ha tagit för mycket tid. IDA är ett mer komplicerat program med större möjligheter att påverka fler parametrar. Detta skulle dock betyda för oss, då delar av vår indata är inte har hög säkerhet samt att viss indata saknas, att programmet skulle kunna ge ett missvisande resultat i slutänden. Isover Energi 3 har visat sig vara ett begränsande val framför allt då programmet är väldigt låst vad gäller vissa parametrar t.ex. infiltrationsförluster. Det finns en övre gräns för hur stora infiltrationsförluster programmet kan räkna på och det understiger värdet som skulle användas. Isover Energi 3 har också en tendens att bara kunna använda en decimal på indata, exempelvis blir 2,45 m takhöjd 2,5 m.

Malmö Studenthus har en uppvärmd yta på ca 17 053 m^2 vilket gör att generaliseringar är svåra att göra på ett så rättvist sätt som möjligt. Det finns flertalet olika typer av lägenheter i varierande storlek och med skilda planlösningar samt olika ventilationsförutsättningar. Under inventering av sex olika lägenheter samt vid undersökning av ritningar så kunde det konstateras att de två referensfallen är bra generaliseringar av verkligheten.

Ritningar togs fram på ritningsarkivet i Malmö där drygt 300 ritningar valdes ut att titta närmare på. Det visade sig vara ett lite för omfattande och tidsödande arbete då inte många slutsatser kunde dras. De 40 år gamla inskannade ritningarna hade tappat mycket noggrannhet och mycket av det handskrivna var svårt att läsa. Nya ritningar var desto svårare att få tag på. Ritningar som beskrev planlösningar, stomkompletteringar och nya innerväggar fanns inte att tillgå. Dessutom tycktes ritningarna vara organiserade i ett system som inte alls följde någon slags byggteknisk struktur.

Alla beräkningar som har gjorts kan ha brister eller felaktigheter på grund av mänsklig faktor. För att undvika detta i möjligast mån har alla beräkningar gjorts minst 2 gånger och rimligheten ifrågasätts i samtliga fall.

Vad gäller användningen av källor som studien bygger på har vi använt oss av vetenskapliga rapporter och faktablad som hämtats från internet. Mycket information har inhämtats från olika myndigheters hemsidor. Böckerna som har använts är till största delen facklitteratur. Även artiklar i facklitterära tidningsmagasin har använts som ett källor.

När vi i efterhand har kollat igenom källorna har vi märkt att en internetkälla, Cirotech AB inte går att tillgå längre. Webhotellet som äger sidan har spärrat den och vi funderar vad detta kan bero på. En ny källa har letats fram för att bekräfta informationen från Cirotech AB.

10 Slutsats

Slutsatsen som kan dras av studien är att en stor energibesparingen kan uppnås genom att göra byggnaden tätare och minska infiltrationsförlusterna. Då köldbryggorna ofta är 10 gånger större än dagens eftersträvande värden bör stort fokus vid renovering läggas på att försöka åtgärda dessa i största möjliga mån. Att genomföra åtgärden ”Ny utanpåliggande fasad” innebär att en helt ny tät yttervägg omsluter västra fasadens balkonger och många av byggnadens köldbryggor byggs bort. Detta ger den största energibesparingen av de fyra undersökta åtgärderna med en energibesparing på ca 30 % för referenslägenheterna. Denna åtgärd medför även att byggandens boyta ökar med ca 4 300 m^2.

Att enbart byta till nya energieffektiva fönster och balkongdörrar leder till en energibesparing på 11-12 %, dock förbättras inte de otäta utfackningsväggarna vid genomförande av denna åtgärd. Den enklaste och minst kostsamma åtgärden är ”Isolering av tvåglasfönster” vilket ungefär halverar fönsternas U-värde från 2,6 till 1,2 W/m^2,K. Energibesparing blir för referenslägenheterna cirka 6,5 %.

Den av de undersökta åtgärderna som, enligt författarna, är mest lämplig att genomföra är ”Byte av utfackningsvägg”. Denna åtgärd resulterar i en energibesparing på 12 % för referenslägenhet 1 respektive 19 % för referenslägenhet 2. Utöver denna besparing kommer även tätheten för klimatskalet förbättras vilket gör FTX-systemet mer effektivt.

Då renoveringen av ventilationssystemet i byggnaden är olika långt genomförd och har olika sorters lösningar beroende på vilken trappuppgång som undersöks kan slutsatsen dras att det är väldigt svårt att få någon uppfattning av hur ventilationssystemet fungerar i dagsläget. Då ett fungerade från- och tilluftsystem med värmeåtervinning har en stor del i att minska en byggnads energianvändning rekommenderas Malmö Studenthus att göra en grundlig inventering av samtliga delar hos ventilationssystemet och ta reda på hur stora åtgärder som måste sättas in för att färdigställa arbetet med FTX-systemet
Med förutsättningen att alla utfackningsväggar tätas kan ett fullt fungerande FTX-system stå för en energibesparing på ca 220 000 kWh/år.

11 Källhänvisning

Elektroniska källor

Anderling, G. (januari 2015). *Welcome*. Hämtat från GAD Byggnadsfysik: http://www.gadbyggnadsfysik.se/ den 24 mars 2015

Andreasson, M., Borgström, M., & Werner, S. (2009). *Värmeanvändning i flerbostadshus och lokaler.* Stockholm: Svensk Fjärrvärme.

Balco AB. (februari 2012). *Inglasade balkonger, -Har du råd att avstå?* Hämtat från Balco AB: http://www.balco.se/wp-content/blogs.dir/2/files_mf/balco_ramboll_se_201265.pdf den 16 mars 2015

Blomsterberg, Å. (den 19 mars 2014). *Renovering flerbostadshus.* Hämtat från LNU: http://lnu.se/polopoly_fs/1.101790!/Goda%20exempel%20svensk%20oavkortad%202014-03-17.pdf den 1 April 2015

Boverket. (den 20 maj 2014). *Under miljonprogrammet byggdes en miljon bostäder*. Hämtat från Boverket: http://www.boverket.se/sv/samhallsplanering/stadsutveckling/miljonprogrammet/ den 26 mars 2015

Boverket. (oktober 2009). Energihushållning enligt Boverkets byggregler. Karlskrona, Blekinge, Sverige. Hämtat från Byggtjänst.

Boverket. (den 28 januari 2015). *Energikrav*. Hämtat från Boverket: http://www.boverket.se/sv/byggande/bygg-och-renovera-energieffektivt/energikrav/ den 24 mars 2015

Cirotech AB. (u.d.). *Orientering av solfångare.* Hämtat från Ciretech AB: http://www.cirotech.se/fakta-orientering-av-solfangare.htm den 17 mars 2015

EU-upplysningen. (den 25 februari 2015). *Klimatmål för att stoppa global uppvärmning*. Hämtat från EU-upplysningen: http://www.eu-upplysningen.se/Om-EU/Vad-EU-gor/Miljopolitik-i-EU/Klimatmal-for-att-stoppa-global-uppvarmning/ den 26 mars 2015

Energimyndigheten . (den 28 mars 2011). *Fönster och Dörrar*. Hämtat från Energimyndigheten: http://www.energimyndigheten.se/Hushall/Din-uppvarmning/Fonster-och-dorrar/ den 17 mars 2015

Energimyndigheten. (november 2011). *Ventilera rätt.* Hämtat från Helsingborgs Stad: http://www.helsingborg.se/wp-content/uploads/2012/11/Ventilera_r-tt.pdf den 16 mars 2015

Energimyndigheten. (den 29 juli 2010). *Frånluftventilation*. Hämtat från Energimyndigheten: http://www.energimyndigheten.se/Hushall/Varmvatten-och-ventilation/Ventilation/Franluftsventilation/ den 19 mars 2015

Energimyndigheten. (den 12 september 2014). *Injustering av vattenburen värme*. Hämtat från Energimyndigheten: http://www.energimyndigheten.se/Hushall/Din-uppvarmning/Varmedistribution-och-reglersystem/Injustering-av-vattenburen-varme/ den 20 april 2015

Energimyndigheten. (den 12 september 2014). *Injustering av vattenburen värme*. Hämtat från Energimyndigheten: http://www.energimyndigheten.se/Hushall/Din-uppvarmning/Varmedistribution-och-reglersystem/Injustering-av-vattenburen-varme/ den 16 mars 2015

Energimyndigheten. (den 8 april 2013). *Isolering*. Hämtat från Energimyndigheten: http://www.energimyndigheten.se/Hushall/Din-uppvarmning/Isolering/ den 17 mars 2015

Energimyndigheten. (den 17 december 2014). *Kyotoprotokollet*. Hämtat från Energikunskap: http://www.energikunskap.se/sv/FAKTABASEN/Klimat-och-miljo/Kyotoprotokollet/ den 26 mars 2015

Energimyndigheten. (den 4 september 2014). *Solvärme*. Hämtat från Energimyndigheten: http://www.energimyndigheten.se/Hushall/Din-uppvarmning/Solvarme/ den 26 mars 2015

Energimyndigheten, Boverket, Naturvårdsverket. (mars 2011). *Renovera Energismart.* Hämtat från Renovera Energismart: http://www.renoveraenergismart.se/wp-content/uploads/2010/10/RE-kompendium-mars-2011.pdf den 17 mars 2015

Energirådgivningen. (u.d.). *Beräkningen av hushållsel*. Hämtat från Energirådgivningen: http://iis.energiradgivningen.se/misc/www/kalkyler/hushall/hushall.aspx den 17 April 2015

Energirådgivningen. (u.d.). *Energi i BRF*. Hämtat från energi & klimatrådgivningen: http://www.energiradgivningen.se/forening/energi-i-brf den 17 April 2015

E.ON. (juni 2010). *Öresundsverket, Ett av världens effektivaste kraftverk.* Hämtat från E.ON: https://www.eon.se/upload/eon-se-2-0/dokument/broschyrarkiv/om-eon/kraftverk/%C3%96resundsverket-%20Ett%20av%20v%C3%A4rldens%20effektivaste%20kraftverk.pdf den 19 mars 2015

Fastighetsägarnas Energiakademi. (u.d.). *Injustering av ventilationssystem*. Hämtat från Energiakademin: http://energiakademin.fastighetsagarna.se/atgardsbeskrivningar/installationer/injustering_av_ventilationssystem den 21 April 2015

Forum för energieffektiva byggnader. (2007). *Kravspecifikation för passivhus i Sverige — Energieffektiva bostäder* . Hämtat från Energimyndigheten: https://www.energimyndigheten.se/Global/F%C3%B6retag/passivkrav.pdf den 24 mars 2015

Glasbranschföreningen. (den 27 juni 2006). *Fönsterrenovering med energiglas.* Hämtat från Glasbranschföreningen: http://www.gbf.se/sites/default/files/Fonsterrenovering%28www%29.pdf den 15 mars 2015

Isover. (u.d.). *Isover Energi.* Hämtat från Isover: http://www.isover.se/files/Isover_SE/Om_Isover/Kontakta_oss/Broschyrer_Bygg/IsoverBoken%20200709/Isover%20Energi.pdf den 24 mars 2015

Isover. (u.d.). *Konstruktioner och detaljer*. Hämtat från Isover: http://www.isover.se/multi-comfort+house/konstruktioner den 26 Mars 2015

Hansson, B., Olander, S., & Evertsson, H. (den 28 juli 2007). Begrepp i bygg och fastighetssektorn. Lund.

HFAB. (u.d.). Att renovera och energieffektivisera ett miljonprogramområde. Halmstad, Sverige.

Lundahl, G., & Vidén, R. (1992). *Miljonprogrammets Bostäder BEVARA-FÖRNYA-FÖRBÄTTRA.* Stockholm: Statens råd för byggnadsforskning.

Nylund, P. (1994). Tekniken i byggandet ett hot mot byggnadsvården. *Byggnadskultur* (4).

Naturvårdsverket. (den 16 oktober 2014). *Energieffektivisering i bostäder och lokaler*. Hämtat från Naturvårdsverket: http://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Miljoarbete-i-Sverige/Uppdelat-efter-omrade/Energi/Energieffektivisering/Bostader-och-lokaler/ den 26 mars 2014

Martinsson, L., Tengberg, C., Bengtsson, J., & Mjörnell, K. (den 27 Februari 2015). Energieffektiv renovering i Brogården, Alingsås. *Bygg & Teknik* , 12-18.

Prognoscentret AB. (2014). *Renoveringsskulden i miljonprogrammet.* Trä- och möbelföretagen.

Sikander, E., Wahlgren, P., Larsson, B., & Sandberg, P. (2007). *Lufttäthetsfrågorna i byggprocessen - Etapp B. Tekniska konsekvenser och lönsamhetskalkyler.* Borås: SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut.

Sydvatten. (den 22 april 2014). *Vattenförbrukning*. Hämtat från Sydvatten: www.sydvatten.se/vattenforbrukning den 15 mars 2015

Svensk Ventilation. (u.d.). *FTX - Ventilation med värmeåtervinning*. Hämtat från Svensk Ventilation: http://www.svenskventilation.se/ventilation/olika-satt-att-ventilera/ftx-varmeatervinning/ den 19 mars 2015

Svensk Solenergi. (u.d.). *Byggnader anslutna till fjärrvärme*. Hämtat från Svensk Solenergi: http://www.svensksolenergi.se/fakta-om-solenergi/solvaerme/byggnader-anslutna-till-fjaerrvaerme den 18 mars 2015

Svensk Solenergi. (u.d.). *Solfångare, placering*. Hämtat från Svensk Solenergi: http://www.svensksolenergi.se/fakta-om-solenergi/fragor-och-svar/solfangare-placering den 28 april 2015

Säker Vatten AB. (2011). *Branschregler: Säker vatteninsltallation 2011:1.* Stockholm: Säker Vatten AB.

Skanska Sverige. (2014). *Utvärdering av prefabricerad vägg.* Göteborg: Skanska.

Statistiska CentralByrån. (den 15 oktober 2009). *Genomsnittlig energianvändning till uppvärmning av flerbostadshus 2008*. Hämtat från Statistiska CentralByrån: http://www.scb.se/sv_/Hitta-statistik/Statistik-efter-amne/Energi/Tillforsel-och-anvandning-av-energi/Energistatistik-for-

flerbostadshus/Aktuell-Pong/2008A01/Genomsnittlig-energianvandning-till-uppvarmning-av-flerbostadshus-2008/ den 27 mars 2015

VVS Företagen & Svensk Ventilation. (2008). *Renovering Pågår.* Stockholm: Wallén Grafiska.

VVS Företagen. (den 7 mars 2012). *Ventilationsanläggning med värmeåtervinning, FTX.* Hämtat från VVS Företagen: http://www.vvsforetagen.se/globalassets/mediafiler/publik/dokument/teknik--installation/energi-och-miljo/ventilationsanl_med_ftx_orig.pdf den 16 mars 2015

Wahlgren. (2010). *Goda exempel på lufttäta konstruktionslösningar.* Borås: SP Sverigen Tekniska Forskningsinstitut.

Wahlström, Å., & Nielsen, J. (2000). *Vatten- och energibesparing vid byte av tappvattenarmatur.* Borås: SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut.

Tryckta källor

Björk, C., Kallstenius, P., & Reppen, L. (2002). *Så byggdes husen 1880-2000.* Stockholm: Svenskabyggtjänst.

Björk, C., Kallstenius, P., & Reppen, L. (2013). *Så Byggdes Husen 1880-2000.* Stockholm: AB Svensk Byggtjänst.

Nevander, L., & Elmarsson, B. (2006). *Fukthandbok.* Stockholm: AB Svensk Byggtjänst.

Sandin, K. (2010). *Praktisk Byggnadsfysik*.

Sveriges Centrum för Nollenergihus. (2012). *FEBY 12*. Sveriges Centrum för Nollenergihus.

12 Bilagor

12.1 Bilaga 1

ISOVER

Resultat från energiberäkning

2015-04-13 14:42

Objekt: Ny utanpåliggande fasad lägenhet 2
Utförd av: Gustav Törnblom, Student, Byggingenjörsprogrammet, LTH
Beräkning enligt BBR 2012.

Sammanfattning

Klimatzon:	III Södra Sverige		
Närmaste ort:	Lund	**Län:**	Skåne län
Atemp bostad:	31,6	**Atemp lokal:**	0,0

Beräknad specifik energianvändning: 72 kWh/m².år
BBR:s krav på uppmätt energianvändning: 90 kWh/m².år

BBR rekommenderar att använda säkerhetsmarginaler så att kraven på specifik energianvändning verkligen uppfylls när byggnaden tagits i bruk.

Summa installerad eleffekt för uppvärmning: 0,0 kW

BBR klassar byggnaden som ej eluppvärmd.

Klaras kraven?

Den beräknade specifika energianvändningen är 20% lägre än BBR:s krav på uppmätt specifik energianvändning.

Denna marginal kan vara för liten.

ISOVER

Begreppsförklaringar till värmebalansen nästa sida

Förluster

Trans	Transmissionsförluster
Vent	Ventilation och luftläckage
Vatten	Vattenförluster - antas vara lika med energi till varmvattenuppvärmning

Tillskott

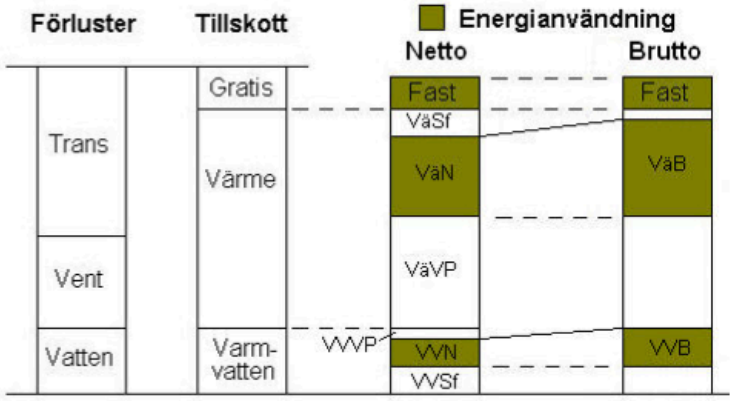
Gratis	Utnyttjbar del av personvärme, hushållsel eller verksamhetsel, fastighetsel samt infallande solenergi genom fönster
Värme	Energi till byggnadens uppvärmning
Varmvatten	Energi till varmvattenuppvärmning

Energianvändning

Fast	Fastighetsel
VäSf	Energi från solfångare till värme
VVSf	Energi från solfångare till varmvatten
VäVP	Värmebesparing med värmepump
VVVP	Varmvattenbesparing med värmepump
nVä	Värmesystemets verkningsgrad för värme
nVV	Värmesystemets verkningsgrad för varmvatten
VäN	Värme Netto = Värme - VäSf - VäVP
VVN	Varmvatten Netto = Varmvatten - VVSf - VVVP
VäB	Värme Brutto = VäN / nVä
VVB	Varmvatten Brutto = VVN / nVV

Principfigur

Staplarnas storlek stämmer inte med tabellvärdena. Specifik energianvändning är energianvändning under ett normalår per m² uppvärmd golvarea. Det är bruttovärdet som ska jämföras med BBR:s krav.



ISOVER Energi 3
Objekt: Ny utanpåliggande fasad lägenhet 2
Gustav Tömblom
Student, Byggingenjörsprogrammet, LTH

Sida 2 (4)

ISOVER

BOSTAD

Värmebalans, kWh

	Förluster			Tillskott			Energianv. Brutto		
Månad	Trans	Vent	Vatten	Gratis	Värme	Varmvatten	Fast	VäB + VVB	Kyla
Jan	164	97	88	199	62	88	83	153	0
Feb	153	91	80	186	58	80	75	141	0
Mar	146	87	88	196	37	88	83	128	0
Apr	114	68	85	175	7	85	80	94	0
Maj	73	43	88	115	1	88	83	91	0
Jun	45	27	85	72	0	85	80	87	0
Jul	30	18	88	48	0	88	83	90	0
Aug	34	20	88	54	0	88	83	90	0
Sep	58	34	85	92	0	85	80	87	0
Okt	96	57	88	151	2	88	83	92	0
Nov	124	73	85	182	15	85	80	102	0
Dec	155	92	88	199	48	88	83	139	0
Totalt	**1192**	**707**	**1039**	**1669**	**230**	**1039**	**975**	**1295**	**0**

ISOVER

Indata	Bostad	Lokal
Genomsnittlig rumshöjd, m	2,5	0
Genomsnittlig innetemperatur, °C	20	0
Infiltration inkl. fönstervädring, oms/h	0,15	0
Ventilationsflöde, l/s per m²	0,35	-
Ventilationsflöde q-medel	-	0
Ventilationsflöde q (endast då lokal klassas som elvärmd)	-	0
Värmeväxling, verkningsgrad, %	80	0
Installerad el-effekt för ventilation, kW	0	0
Hushållsenergi, kWh/år	1500	0
Fastighetsenergi, kWh/år	975	0
Antal personer, genomsnitt, st	0,7	0
Årsvärmefaktor	1	0
Dimensionerad för x% av varmvattenbehovet, %	0	0
Dimensionerad för y% av husuppvärmningen, %	0	0
Installerad el-effekt för drift av värmepump, kW	0	0
Verkningsgrad Värme, %	98	0
Verkningsgrad Varmvatten, %	98	0
Installerad el-effekt för uppvärmning, kW	0	0
Solfångare för varmvatten, kWh/år	0	0
Solfångare för värme, kWh/år	0	0
Varmvattenberedning, brutto, kWh/år	1039	0
Installerad el-effekt för varmvattenberedning, kW	0	0
Komfortkyla, elektriska kylmaskiner, kWh	0	0
Komfortkyla, övrigt, kWh	0	0

Klimatdata	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
Utetemperatur (°C)	0,0	-0,6	2,2	5,6	11,1	14,4	16,7	16,1	12,8	8,3	4,4	1,1
Globalstrålning (kWh/m²)	14	26	57	114	152	155	166	129	78	43	21	10

Byggnadsdata, bostad/utomhus

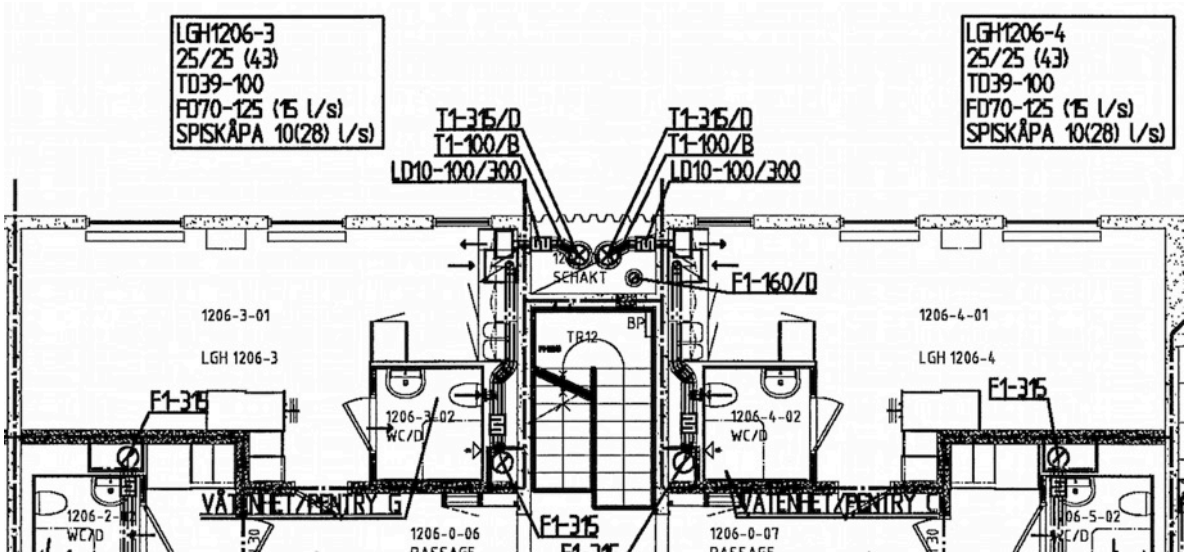
Golvyta, m²: 31,6

Volym, m³: 79,00

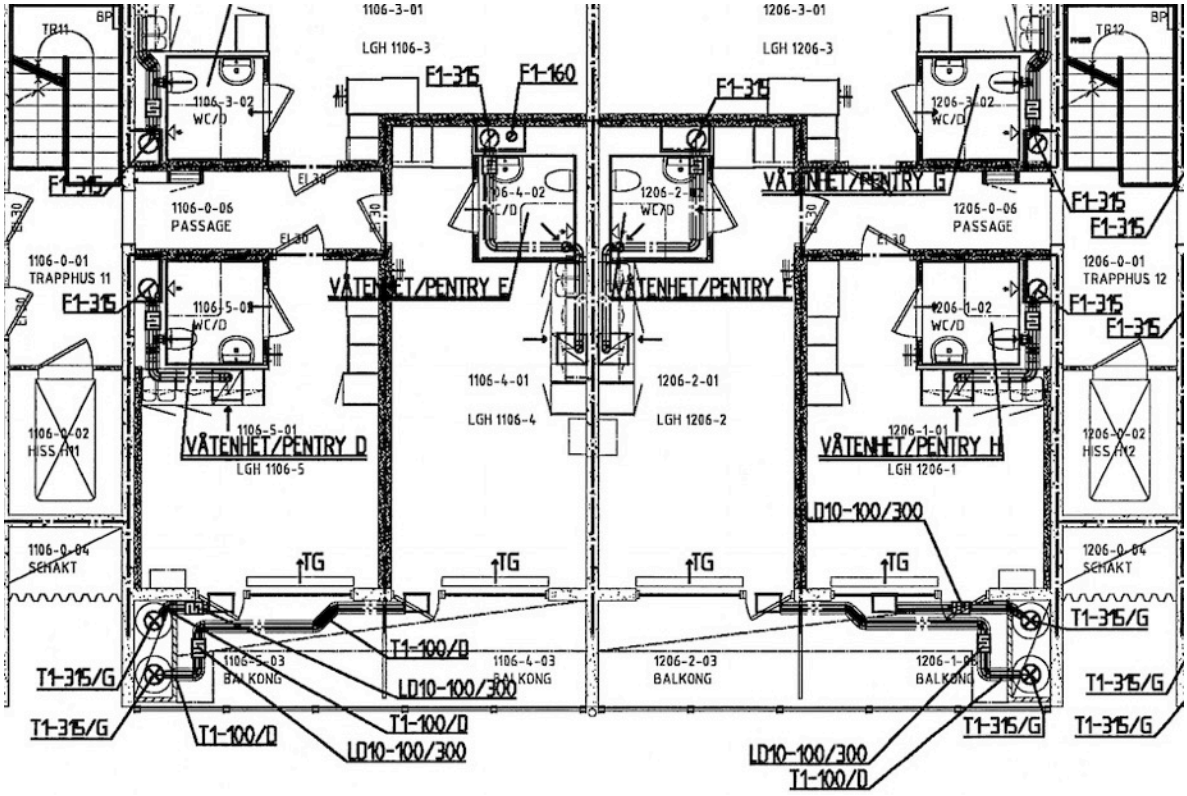
Yta	Area,m²	U, W/m²,°C	Orientering, °
Fasad norr	20,0	0,28	0
Fasad väster	4,2	0,12	270
dörr	1,8	1,00	
Fönster	1,9	0,90	

Köldbrygga	Längd, m	Psi, W/m,K
Anslutning utanpåliggande fasad och fas	2,40	0,51
Anslutning ny utanpåliggande fasad mot	3,30	0,04

12.2 Bilaga 2



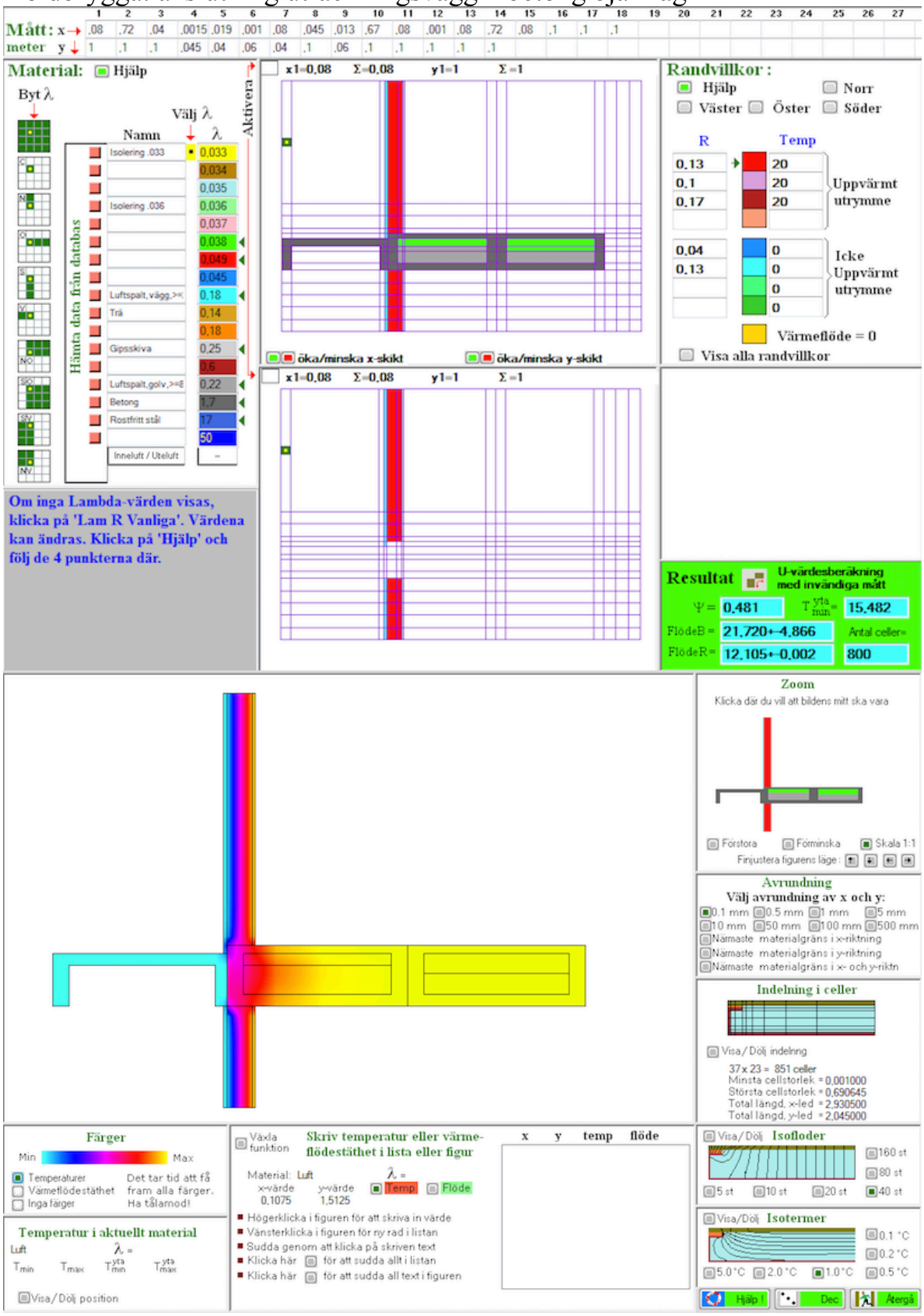
Fasad mot öster. Ritningen visar hur tilluften för FTX-systemet dras in via ventilationsschakt i trapphuset till lägenheterna.



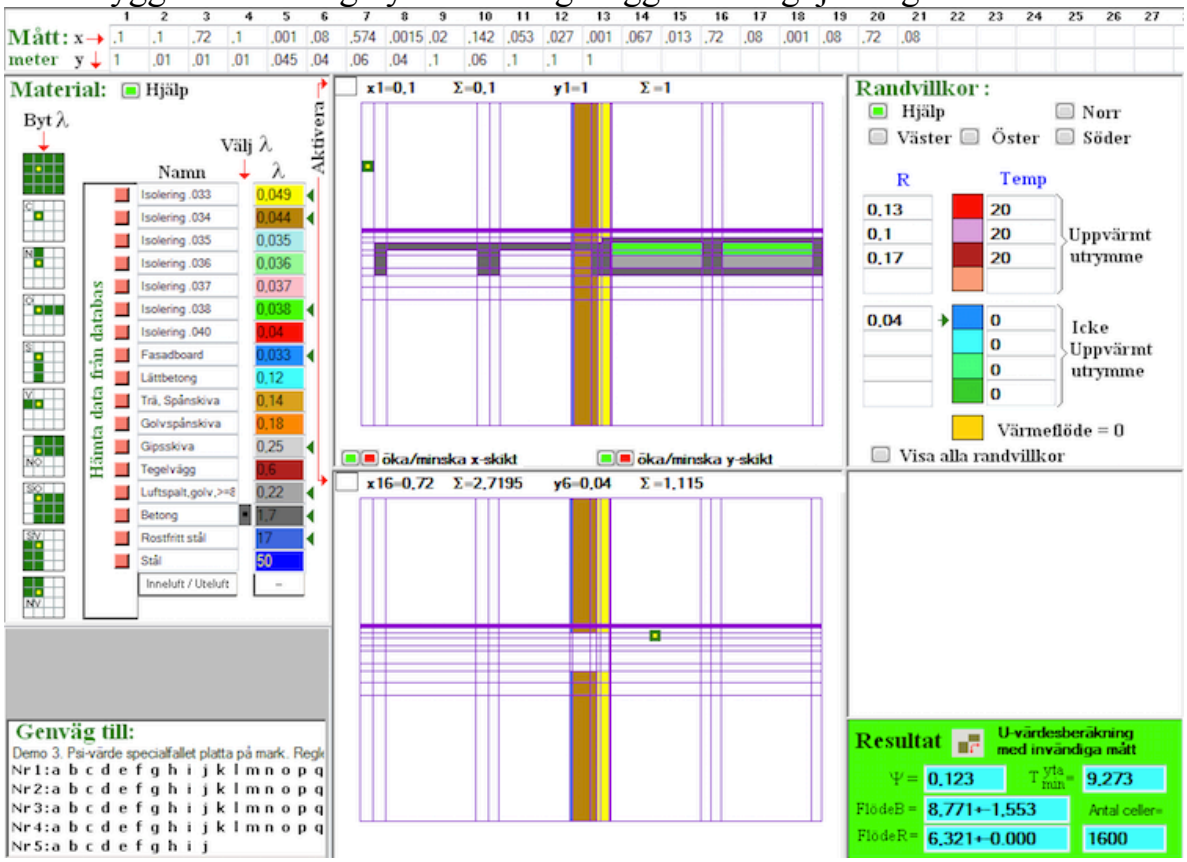
Fasad mot väster. Ritningen visar hur tilluften för FTX-systemet dras in via ventilationsschakt genom håltagningar i balkongelementen till lägenheterna.

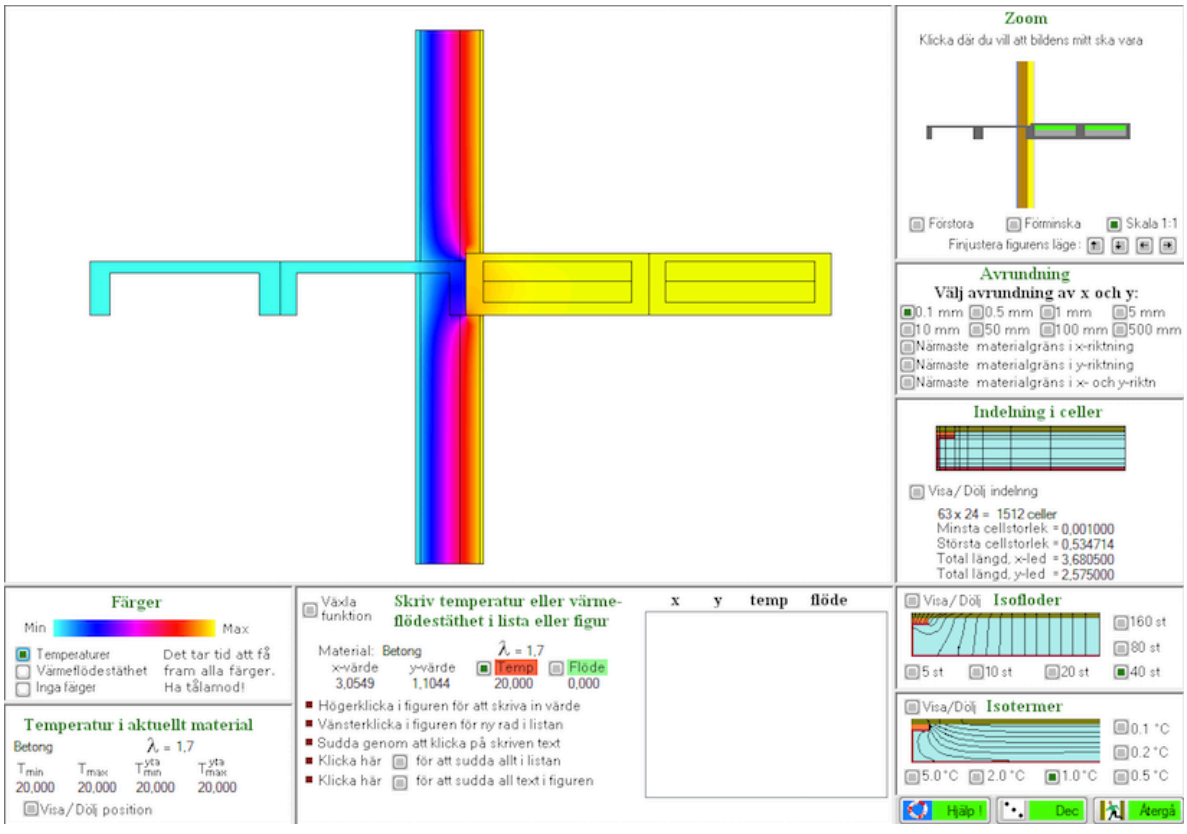
12.3 Bilaga 3

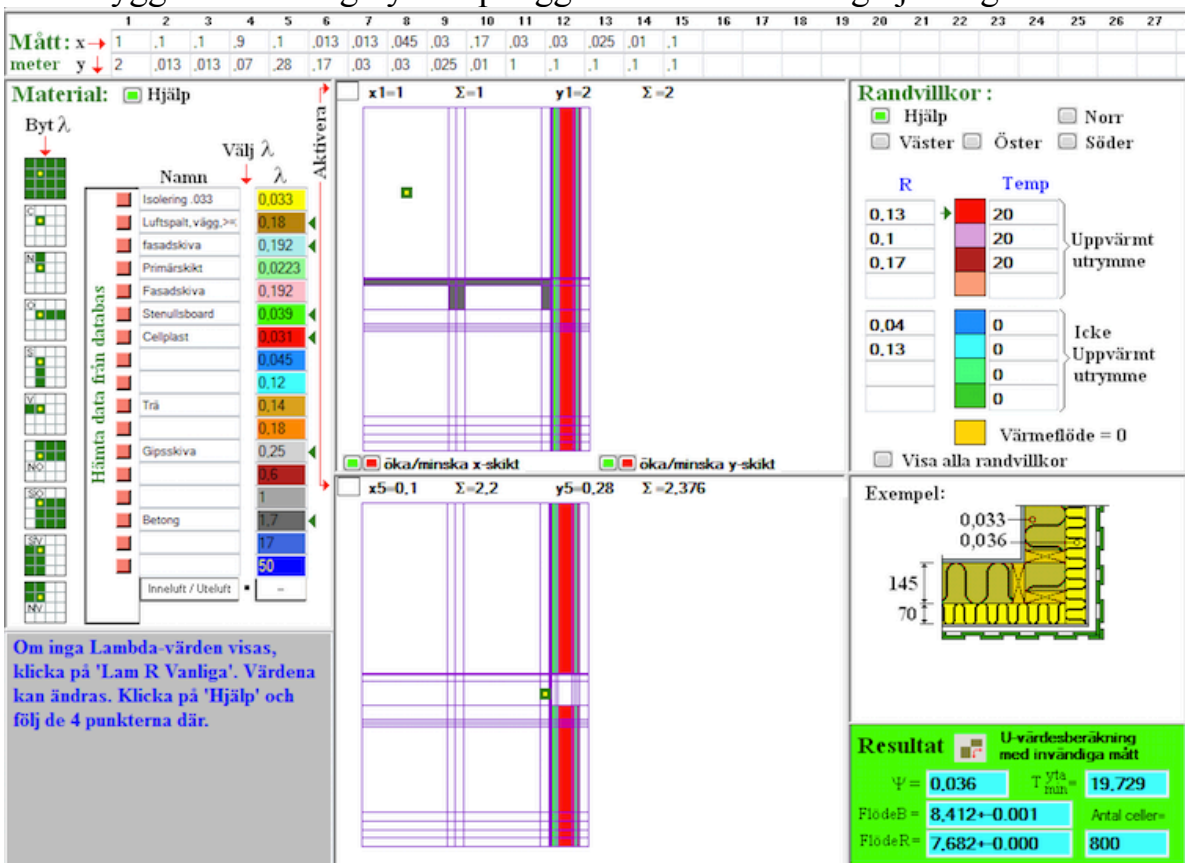
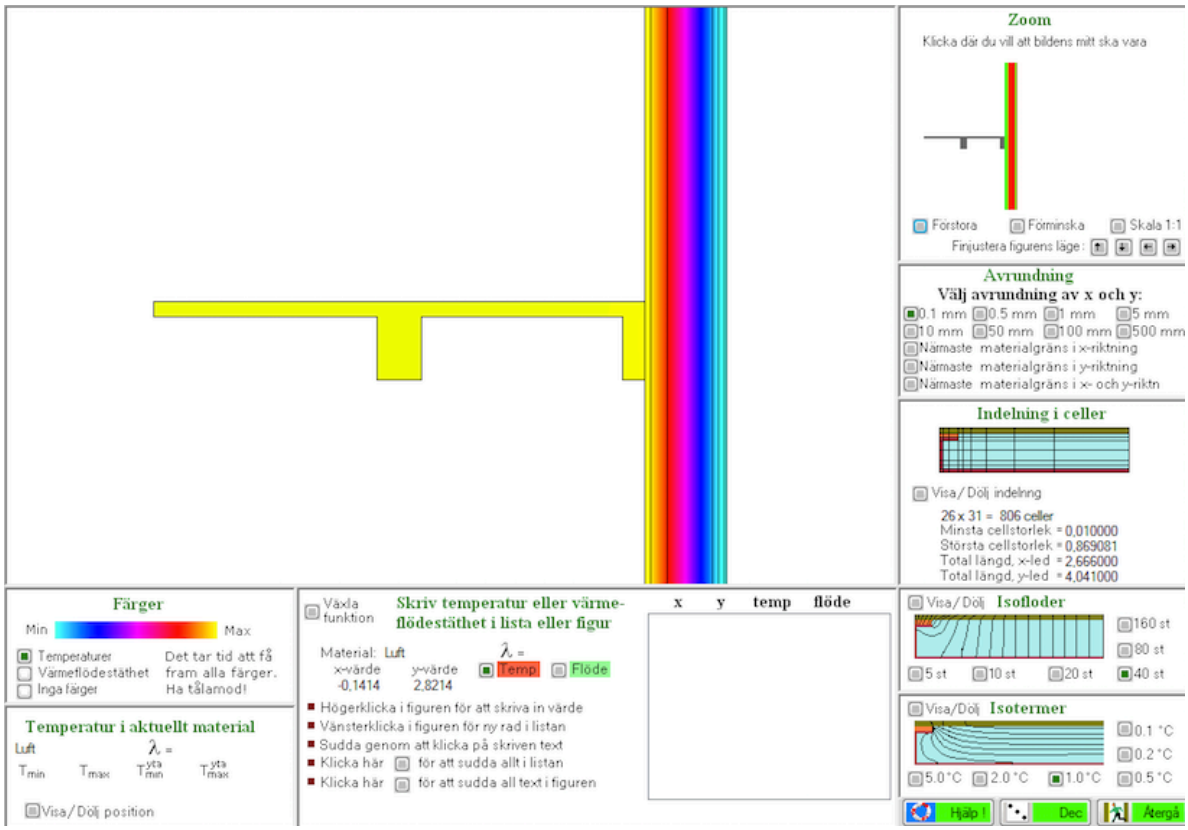
Referenslägenhet 1
Köldbrygga: anslutning utfackningsvägg – betong bjälklag



Referenslägenhet 1
Köldbrygga: anslutning ny utfackningsvägg – betongbjälklag





Referenslägenhet 1

Köldbrygga: anslutning ny utanpåliggande fasad – betong bjälklag