

# CHALMERS



## Energibesparande åtgärder ur ett livscykelperspektiv Variationer av ett flerbostadshus med fokus på ökad lufttätet

Examensarbete inom högskoleingenjörprogrammet Byggingenjör

MARTIN ARNETZ  
ANNA MALMBERG

Institutionen för bygg- och miljöteknik  
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Göteborg 2006  
Examensarbete 2006:48



Examensarbete 2006:48

# Energibesparande åtgärder ur ett livscykelperspektiv

Variationer av ett flerbostadshus med fokus på ökad lufttäthet

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Byggingenjör

MARTIN ARNETZ  
ANNA MALMBERG

Institutionen för bygg- och miljöteknik  
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Göteborg 2006

# Energy saving measures from a life cycle perspective

## Variations of an apartment building with focus on increased air-tightness

MARTIN ARNETZ, 1979

ANNA MALMBERG, 1980

© MARTIN ARNETZ, ANNA MALMBERG

Diploma thesis 2006:48  
Department of Civil and Environmental Engineering  
Chalmers University of Technology  
SE-412 96 Göteborg  
Sweden  
Telephone + 46 (0)31-772 1000

Omslag:  
Perspektivskiss av referenshusen, kvarteret Vadden i Skövde. ABAKO Arkitektkontor AB.

Chalmers  
Göteborg, Sweden 2006

## Sammanfattning

Byggbranschen har ett viktigt ansvar att minska samhällets energikonsumtion. Många av de bostadshus som byggs är inte särskilt energieffektiva jämfört med vad den tillgängliga teknik och kunskap som finns idag skulle kunna åstadkomma. Anledningen till detta är ofta att branschen har en kortsiktig syn på investeringar och att den part som bygger bostäderna oftast inte är samma part som förvaltar den.

Peab Sverige AB bygger under 2006 tre stycken flerbostadshus i Skövde, dessa är konstruerade för att ha en låg byggkostnad och en största möjliga andel uthyrbar yta. Liknande bostadshus kan komma att uppföras på andra platser i Sverige och det är därför intressant att analysera dessa byggnader mer utförligt med avseende på energieffektivisering.

Syftet med den här studien är att visa hur små förbättringar av en byggnads klimatskal och dess placering i landet, påverkar dess energibehov och därmed driftskostnaden över hela byggnadens livstid. De förändringar som undersökts är konventionella metoder för energieffektivisering såsom ökad isolertjocklek, minskat luftläckage, sänkta U-värden på fönstren, minskning av köldbryggor i balkonginfästning och bjälklagskant, samt tyngre och vindtätare fasadmateriäl. Stor fokus ligger på hur ökade krav på ett tätare klimatskal påverkar byggnadens energibehov.

Genom att använda energiberäkningsprogrammet BV<sup>2</sup> för att simulera energianvändningen i byggnaden för de olika alternativen, kunde de minskade driftskostnaderna för byggnaden beräknas. Eftersom förändringarna i klimatskalet också påverkar kostnaden för att uppföra byggnaden vägdes den besparing som gjorts i driftskostnad mot merinvesteringen i en livscykelkostnadsberäkning, en så kallad LCC-analys. De alternativ som visade sig vara lönsamma ur ett livscykelperspektiv kombinerades därefter till att utge fyra huvudalternativ, varpå det sammanslagna energibehovet beräknades och en ny LCC-analys gjordes. Byggnadens minskade driftskostnad samt ökade produktionskostnad för de fyra huvudalternativen sattes därefter in i byggnadens fastighetskalkyl. På så vis kunde man utläsa ifall den ökade merinvesteringen trots allt ledde till en högre vinst på lång sikt.

Det visade sig att den största faktorn som påverkar energiförbrukningen i byggnaden är hur pass lufttät byggnaden är. Detta påverkar nämligen storleken på luftläckaget genom byggnadens klimatskal. Luftläckaget medför bland annat värmeförluster, kalldrag samt att fukt avges inuti konstruktionen.

Andra alternativ som ger ett positivt resultat i LCC-analysen är att byta till fönster med lägre U-värde, öka tjockleken på den isolerande putsskivan samt minska köldbryggorna i bjälklagskanten. En kombination av dessa ovanstående, samt att öka tätheten i klimatskalet, kan ge en energibesparing med så mycket som 35 procent per år. Med den minskade uppvärmningskostnad som fås på sikt om dessa åtgärder görs, fås ett positivt resultat i fastighetskalkylen och en ökad vinst från år 1 jämfört med referenshuset. Detta trots att åtgärderna för med sig en något högre investeringskostnad.

Med dessa resultat i åtanke finns det inga hinder, varken byggtekniska eller ekonomiska, för att bygga ett mer energisnålt klimatskal och därmed en mer energieffektiv byggnad.

Nyckelord: LCC, fastighetskalkyl, energieffektivisering, flerbostadshus, klimatskal, täthet

## Abstract

The background for this study is that 30 percent of the total energy use in Sweden is consumed within the building sector. Too many new-built houses are planned and constructed without any further thoughts of energy savings than what the Swedish building regulations demands.

In the year 2006 three apartment buildings is to be constructed in Skövde. The houses are also meant to be built on other places in Sweden during the years to come, if the market is good.

The aim of this study has been to show how small changes of the construction of one of these buildings can affect the need of energy use. The variations made are such as insulation thickness, heat transfer through the windows, the geographical placing of the building and reducing the air leakage through the outer walls. The study does not consider any changes of the ventilation system in the building.

To calculate the energy use in the building the energy calculation program BV<sup>2</sup> has been used. The initial cost of the changes has been compared with the savings of energy in life-cycle cost calculations, a so called LCC-analysis. Thereafter the changes have been combined in different ways to see which combination is the most cost-effective over the years.

The results show that the most cost-effective way to save energy in a house such as this is to enhance the air barrier in the construction of the building. This stops the air from slipping in and out uncontrolled and prevents for example cold air streams, heat loss and damp walls.

The results also show that reducing the air leakage, in combination with lower heat transferring in the windows, thicker insulation board in the walls and reducing the places where heat-loss occurs, up to 35 percent energy can be saved every year. This allows the owner of the building to get a higher profit from year 1, as a result of lower heating costs even though the energy-saving measures cost a bit more to invest.

With these results in mind, there are no obstacles, not technical nor economic, to build a house with improved energy efficiency.

Keywords: LCC, energy efficiency, apartment building, air barrier.

## Förord

Detta examensarbete omfattar 11,0 poäng. Arbetet är en del av högskoleingenjörsutbildningen i byggteknik, 120 p, vid Chalmers Lindholmen i Göteborg. Rapporten är gjord i samarbete med Peab Sverige AB i Skövde under våren 2006.

Vi hoppas med detta arbete belysa frågan om den ekonomiska vinningen med att uppföra byggnader med ett mer energieffektivt klimatskal. Ändamålet med studien har varit att försöka visa den lönsamhetshöjning som olika energiförbättrande åtgärder kan leda till, trots de högre investeringskostnader dessa kan medföra. Vi vill betona att vi i detta arbete endast studerar en enskild byggnad och att resultaten endast är applicerbara på denna. Teorin kring beräkningar och lufttäthet däremot går att överföra till flertalet byggprojekt.

## Tack

Vi vill passa på att tacka alla de personer som gjort denna studie möjlig. Först vill vi tacka vår handledare på Peab Sverige AB, Martin Klaesson, för all hjälp på vägen. Tack även till Lillemor Boqvist-Karlsson och övriga medarbetare på Peabs kontor i Skövde för att ni påmint oss om att fika mellan varven. Även tack till Kurt Möller på Deltate för inspiration till rapporten, Magnus Utbult på Wikström VVS-kontroll AB för all hjälp med uppskattningar och kontroll av våra resultat, Staffan Bolminger och Roland Sundell på Norra Älvstranden Utveckling AB för hjälpen med täthetskostnader, Johan Carlberg på Skövdebostäder för hjälpen med räntor och kalkyler, Anders Torslid på Peab Sverige AB för hjälpen med fastighetskalkylen, Jan-Eje Andersson på PIAB AB för hjälpen med köldbryggor och balkonginfästningar och Per Mathiesen på Halfen-Deha AB för hjälpen med information och U-värden för balkonginfästningar. Ett jättetack till CIT Energy Management AB för att vi fick använda oss av deras beräkningsprogram BV<sup>2</sup>. Slutligen vill vi också tacka vår handledare och examinator på Chalmers Lindholmen, Steve Svensson, för all hjälp och uppmuntran med exjobbet.

Skövde, maj 2006

Martin Arnetz  
Anna Malmberg

# Innehållsförteckning

SAMMANFATTNING.....	I
ABSTRACT.....	II
FÖRORD.....	III
TACK.....	III
INNEHÅLLSFÖRTECKNING.....	IV
<b>1. INLEDNING.....</b>	<b>1</b>
1.1. BAKGRUND.....	1
1.2. SYFTE.....	1
1.3. METOD.....	2
1.4. AVGRÄNSNING.....	2
<b>2. ENERGIANVÄNDNING I BOSTÄDER I SVERIGE.....</b>	<b>3</b>
2.1. ENERGIANVÄNDNING I BEBYGGELSESEKTORN.....	3
2.2. HUSHÅLLELSE I BEBYGGELSESEKTORN.....	3
2.3. SAMARBETE FÖR MINSKAD EL- OCH ENERGIANVÄNDNING.....	4
2.4. PROBLEMATIKEN.....	4
2.5. ENERGIDEKLARATIONER OCH DESS FÖRVÄNTADE EFFEKTER.....	5
2.6. BOVERKETS FÖRSLAG TILL ÅTGÄRDER.....	6
<b>3. ENERGIFÖRBRUKNING I ETT BOSTADSHUS.....</b>	<b>8</b>
3.1. ENERGIBALANSEN.....	8
3.2. VÄRMEGENOMGÅNGSKOEFFICIENT, U-VÄRDE.....	9
3.2.1. $\lambda$ -värdesmetoden.....	11
3.2.2. U-värdesmetoden.....	12
3.3. GENOMSNITTLIG VÄRMEFÖRLUSTKOEFFICIENT.....	13
3.3.1. Värmeförlustkoefficientens övre gräns.....	13
3.4. BYGGNADENS KLIMATSKAL.....	14
3.4.1. Väggar.....	14
3.4.2. Fönster.....	14
3.4.3. Köldbryggor.....	16
3.4.4. Tak.....	16
3.4.5. Grund.....	16
<b>4. OFRIVILLIGT LUFTLÄCKAGE OCH TÄTHETSPROBLEMATIKEN.....</b>	<b>17</b>
4.1. VIKTEN AV GOD TÄTNING.....	17
4.2. TÄTA HUS ÄR SJUKA HUS?.....	18
4.3. PROVADE KONSTRUKTIONSLÖSNINGAR.....	18
4.3.1. Skarvar.....	19
4.3.2. Anslutningar.....	20
4.3.3. Genomföringar.....	21
4.4. ÅTTITYDER KRING LUFTTÄTHETSPROBLEMATIKEN.....	23
<b>5. EKONOMI.....</b>	<b>25</b>
5.1. LIVSCYKELKALKYLERING.....	25
5.1.1. Payback-metoden.....	25
5.1.2. LCC-metoden.....	26
5.1.3. Val av metod.....	28
5.2. FASTIGHETSKALKYL.....	28
5.3. KÄNSLIGHETSANALYSER.....	29
<b>6. REFERENSBYGGNADEN I KV. VADDEN.....</b>	<b>30</b>
6.1. REFERENSBYGGNADENS FÖRUTSÄTTNINGAR.....	30
6.1.1. Orientering och storlek.....	30



6.1.2.	<i>Klimatskal</i> .....	30
6.1.3.	<i>Installationer</i> .....	31
6.2.	VARIATIONER AV REFERENSBYGGNADEN .....	32
6.2.1.	<i>Geografiskt läge</i> .....	32
6.2.2.	<i>Fönster</i> .....	32
6.2.3.	<i>Ytterväggar</i> .....	32
6.2.4.	<i>Köldbryggor</i> .....	34
6.2.5.	<i>Tätare byggnad</i> .....	35
6.3.	SAMMANSTÄLLNING AV REFERENSBYGGNADEN OCH DESS VARIATIONER .....	35
<b>7.</b>	<b>BERÄKNADE RESULTAT OCH TILLHÖRANDE ANALYSER .....</b>	<b>36</b>
7.1.	KÄNDA OCH OKÄNDA INDATA TILL BV <sup>2</sup> .....	36
7.2.	DE VALDA FÖRÄNDRINGARNAS ENERGIBEHOV .....	36
7.3.	FÖRÄNDRINGARNAS LÖNSAMHET UR ETT LCC-PERSPEKTIV .....	37
7.4.	SAMMANSLAGNA FÖRÄNDRINGAR .....	39
7.4.1.	<i>Känslighetsanalyser för LCC-beräkningar</i> .....	40
7.5.	HUVUDALTERNATIVENS DRIFTSKOSTNAD .....	42
7.6.	HUVUDALTERNATIVENS RESULTAT I FASTIGHETSKALKYLEN .....	42
<b>8.</b>	<b>DISKUSSION .....</b>	<b>45</b>
<b>9.</b>	<b>SLUTSATS .....</b>	<b>46</b>
<b>10.</b>	<b>REFERENSER .....</b>	<b>47</b>
10.1.	TRYCKTA OCH ELEKTRONISKA KÄLLOR .....	47
10.2.	PERSONLIGA KÄLLOR .....	50

## **BILAGOR**

BILAGA 1

BILAGA 2

BILAGA 3

# 1. Inledning

## 1.1. Bakgrund

Den totala energianvändningen för bebyggelsesektorn i Sverige ligger idag på samma nivå som på 1970-talet. Av den totala användningen går nästan 25 procent till att värma bostäder och varmvatten. Om man betraktar en byggnad ur ett livscykelperspektiv används 85 procent av den tillförda energin till drift. Driftskostnaden för en normalbyggnad är dessutom cirka 10 gånger högre än investeringskostnaden. Beställare, konstruktörer och entreprenörer ser sällan sambandet mellan en högre investeringskostnad och den lägre driftskostnad denna kan ge på sikt. Samtidigt finns problematiken kring att den part som står för investeringarna i ett projekt inte alltid är densamma som sedan skördar vinsten med en lägre driftskostnad.

Peab Sverige AB kommer med byggstart våren 2006 att uppföra tre stycken flerbostadshus i centrala Skövde. Beställare och förvaltare är det kommunala bostadsbolaget Skövdebostäder. Husen är en satsning från Peabs sida på punkthus i sex våningar med en enkel konstruktion och optimerade ytor. Peab hoppas i framtiden kunna uppföra liknande projekt även i andra delar av landet.

Rapporten är uppdelad i en teoridel och en resultatdel. Kapitel 2 inleder teoridelen med en översiktlig beskrivning av energiläget i bostadssektorn i Sverige. I kapitel 3 behandlas därefter allmänna begrepp inom energi och de delar i en byggnad som påverkar energianvändningen. I kapitel 4 redogörs för problematiken kring otäta hus och olika arbetsmetoder och lösningar presenteras. Kapitel 5 behandlar teorin bakom olika ekonomiska beräkningar och även hur denna teori kommer att appliceras i examensarbetet. I kapitel 6 redovisas förutsättningarna för referenshuset och de variationer som valts. Resultatdelen börjar i kapitel 7 där resultaten av beräkningarna redovisas och analyseras. I kapitel 8 sammanfattas dessa i en slutsats och rapporten avslutas med en diskussion kring de resultat rapporten mynnat ut i samt några förslag till fortsatt arbete inom ämnet.

## 1.2. Syfte

Examensarbetet avser studera ett av de punkthus som Peab Sverige AB bygger i Skövde. Då referenshuset är konstruerat för att klara Boverkets krav på nybyggnation av bostäder, finns det möjligheter att höja de kraven och förbättra klimatskalet med avseende på en minskad energianvändning.

Examensarbetet syftar till att studera och föreslå energitekniska förändringar av klimatskalet med hänsyn till investerings- och driftskostnader under byggnadens förväntade livslängd. Stor fokus ligger på att minska det ofrivilliga luftläckaget i byggnaden och redovisa alternativa arbetsutföranden för att uppnå detta.

Målet med detta examensarbete är att kunna visa att enkla energibesparande åtgärder i en byggnads klimatskal kan ge stora driftskostnadsbesparingar under dess livslängd.

### 1.3. Metod

Med Peabs punkthus som referens studeras olika tekniska lösningar och förändringar av klimatskärmen. Dessa är isoleringsmängd, fönstrens U-värde, fasadmaterial, minskade köldbryggor samt ökad täthet i klimatskärmen. Förändringarna studeras var för sig och i kombination. Tre olika klimatfall studeras för att få med den geografiska variationen, Borlänge i norra klimatzonen, Skövde och Lund i södra.

Energiberäkningsprogrammet BV<sup>2</sup> används för att simulera byggnadens energianvändning. Med de tekniska förändringar som görs kan byggnadens nya energianvändning beräknas och med hjälp av en ekonomisk analys avgörs vilka förändringar som är lönsamma under byggnadens uppskattade livslängd. Den ekonomiska analysen görs med en så kallad livscykelkostnadsberäkning. Då ses lätt vilka förändringar av klimatskärmen som är lönsamma på lång sikt och vilka som inte är det.

Därefter upprättas en investeringskalkyl för hela byggprojektet med hjälp av ett beräkningsprogram för fastighetskalkyler. Resultaten från livscykelkostnadsberäkningarna, de ökade investeringskostnaderna och de driftkostnadsbesparingar som görs i form av minskad energianvändning, sätts in i investeringskalkylen. På detta sätt underlättas jämförelser mellan ”energihuset” och referenshuset eller liknande projekt.

### 1.4. Avgränsning

Inom ramen för detta examensarbete behandlas endast den byggtekniska delen av byggnaden. Den installationstekniska delen har mycket energibesparande potential, men behandlas inte alls i denna studie.

Det är inte heller meningen att i detta arbete utföra en ren energioptimering, utan att istället jämföra några olika scenarion som förändringar av klimatskalet kan ge. De förändringar i klimatskalet som behandlas berör endast ytterväggar och köldbryggor, då yttertakets och grundplattans areor är relativt små i sammanhanget.

I examensarbetet behandlas endast den energi som används för uppvärmning av byggnaden. Den energi som går åt för att värma tappvarmvatten och driva fläktar och dyligt anses vara oförändrad.

I de ekonomiska analyserna antas att byggnaden tilläggsisoleras utåt för att denna inte ska inkräkta på den uthyrbara ytan. Arbetet bortser helt från den högre kostnad som då fås i form av större grund och tak. Som motvikt kan sägas att om energibehovet till följd av förändringarna i klimatskalet sjunker, borde värmesystemet i byggnaden kunna bytas mot ett mindre. Den kostnadsbesparing som det skulle ge tas inte heller med i beräkningarna.

I denna studie antas referensbyggnaden vara placerad på plan mark med enkel grundläggning. Byggnadens läge antas vara nordvästlig-sydvästlig för optimalt tillvaratagande på solljus och solvärme. Inga parkeringsplatser, sophus eller övriga ekonomibygnader antas ingå i projektet.

## 2. Energianvändning i bostäder i Sverige

### 2.1. Energianvändning i bebyggelsesektorn

Av Sveriges totala energianvändning går drygt 30 procent till bebyggelsesektorn. Cirka 60 procent av den energi som används i bebyggelsesektorn är uppvärmning och varmvatten. Med andra ord används nästan 25 procent av Sveriges totala energiåtgång till att värma bostäder och varmvatten.<sup>1</sup>

Den totala energianvändningen för bebyggelsesektorn ligger på samma nivå idag som på 1970-talet. Samtidigt har den specifika energianvändningen för uppvärmning av byggnader, det vill säga antalet kilowattimmar per kvadratmeter, nästan halverats de senaste 30 åren. Denna minskning beror främst på att olika energibärare visar olika stora distributions- och omvandlingsförluster hos konsumenten vid uppvärmning. Uppvärmning med el- och fjärrvärme ger till exempel lägre förluster än olja och därför minskar den totala energianvändningen vid byte från olja till el- eller fjärrvärme.<sup>2</sup> Samtidigt blir bostäderna större och ökar i antal. Den totala byggnadsytan har ökat med cirka 50 procent<sup>3</sup>. En annan bidragande orsak till den stillastående nivån kan bero på att antalet personer per hushåll minskat från 2,6 personer till 2,1 under samma tidsperiod. Omvänt ger detta ett större antal hushåll som, oavsett storlek, förbrukar en viss mängd grundenergi. Antalet hushåll har en betydligt starkare inverkan på energianvändningen än vad både storleken på bostaden eller dess specifika energianvändning har.<sup>4</sup>

Om man betraktar en byggnad ur ett livscykelperspektiv används ungefär 15 procent av den totala energin till att bygga huset, 85 procent går åt till att driva det och mindre än 1 procent till att riva det när brukstiden är slut.<sup>5</sup> Driftkostnaden för ett normalhus är cirka 10 gånger högre än investeringskostnaden.

### 2.2. Hushållsel i bebyggelsesektorn

Användningen av hushållsel har i det närmsta fördubblats de senaste 30 åren, något som till stor del beror på den ökade mängden hushåll men också det ökade antal hushållsmaskiner som finns i varje hushåll. Ständigt utvecklas nya produkter och tjänster som ska göra det mer bekvämt och underlätta i vardagsliv och arbete. Merparten av dessa hjälpmedel kräver energi och det är inte alltid lätt att som brukare se en direkt koppling mellan tjänst och energianvändning. Det är därför viktigt att redan i utvecklandet av nya produkter och tjänster se till att integrera energieffektivitet och miljötanke, skapa en ”passiv” lösning som till exempel hus med välisolerade väggar och energieffektiva hushållsapparater. Det är också av största vikt att som konsument eller byggherre, alltid välja de mest energieffektiva produkterna som finns på marknaden.<sup>6</sup>

---

<sup>1</sup> Statens Energimyndighet. *Energiläget 2005*.

<sup>2</sup> Ibid

<sup>3</sup> Regeringen. *Effektivare energianvändning, förslag till marknadsbaserade åtgärder*.

<sup>4</sup> Kungliga Ingenjörsvetenskapsakademien, IVA. *Energianvändning i bebyggelse*.

<sup>5</sup> Ibid

<sup>6</sup> Ibid

## 2.3. Samarbete för minskad el- och energianvändning

Att försöka minska el- och energianvändningen i bebyggelsen är nationellt mål för såväl regeringen som enskilda aktörer inom byggsektorn.

Projektet Bygga, bo och förvalta för framtiden, mer känd som Bygga-bo-dialogen, är ett samarbete mellan företrädare för staten, kommuner och näringslivet. Tillsammans har man arbetat fram mål för en mer hållbar bygg- och fastighetssektor och även en strategi för att nå dem. Några av målen består i att energiklassa byggnader och att minska andelen köpt energi i sektorn.<sup>7</sup>

Ett annat samarbete mellan fastighetsägare, byggherrar och förvaltare är Energialliansen för bebyggelse, där man kommit överens om ett gemensamt mål för energianvändningen i nybyggd bebyggelse. Man strävar efter att använda 50 procent mindre energi i de nybyggda husen, än i en likvärdig byggnad som uppförts år 2000.<sup>8</sup>

I regeringens proposition Nationellt program för energieffektivisering och energismart byggande framför man att *”en effektivare energianvändning i alla led och inom alla sektorer är en förutsättning för att förverkliga visionen om ett hållbart samhälle och för att bryta Sveriges beroende av fossila bränslen”*. Inom regeringens energipolitik lägger man allt större vikt vid energieffektivisering. Man menar att på lång sikt bör all energianvändning i Sverige vara så effektiv som möjligt med hänsyn till den tillgängliga teknik som finns och med förutsättningen att det är samhällsekonomiskt genomförbart. Redan från början bör det byggas så energieffektivt som möjligt och vid ombyggnader bör energieffektiviserande åtgärder utföras.

Regeringen ger också förslag till insatser inom området, bland annat anser man att de nuvarande kraven för energihushållning vid nybyggnad av flerbostadshus bör skärpas och att hänsyn bör tas till de regionala skillnader som finns. Ett annat förslag är att det bör bli krav på individuell mätning av el och tappvarmvatten i flerbostadshus. Man vill även uppmuntra till ökad forskning om energismart byggande och att erfarenheter och kunskap från tidigare projekt inom området sprids.<sup>9</sup>

## 2.4. Problematiken

Den teknikutveckling som skett de senaste trettio åren, och den vi har framför oss, gör målen om minskad energianvändning möjliga att nå. Tyvärr används denna teknik mycket lite och därför sker inte den betydande minskning som är möjlig. Det finns flera anledningar till denna problematik varav några kan vara<sup>10, 11</sup>

- Energidebatten i Sverige handlar nästan bara om att lösa tillförseln av ny energi, snarare än att effektivisera den energianvändning vi redan har.
- Den part som står för investeringarna i ett projekt är inte alltid den som sedan skördar vinsten med en lägre driftskostnad.

<sup>7</sup> Boverket. *Bygga-bo-dialogen* (Internet)

<sup>8</sup> Boverket. *Energisk arkitektur, sköna säkra och energieffektiva byggnader*.

<sup>9</sup> Regeringskansliet. *Nationellt program för energieffektivisering och energismart byggande*.

<sup>10</sup> Miljövårdsberedningen. *Strategi för energieffektiv bebyggelse*.

<sup>11</sup> Holmberg, J, Nässén, J & Sprei, F. *Stagnating energy efficiency in the Swedish building sector*.

- Elpriserna i Sverige har legat lågt jämfört med resten av världen och därmed har det inte funnits ekonomiska incitament att sänka användningen.
- Man ser sällan sambandet mellan en högre investeringskostnad och en lägre driftskostnad. Detta kan delvis bero på att inköp av material och kostnader för drift belastar olika delar av budgeten.
- Brist på kunskap om såväl traditionella energibesparingsmetoder som ny teknik både på projekterings-, bygg- och underhållssidan samt brist på information till brukarna.
- Som det är idag gör varje part inte mer än vad som är inskrivet i kontraktet. Istället bör arbetet med energieffektivisering löpa som en röd tråd genom hela projektet. Alla inblandade bör ta ansvar i frågan.
- Erfarenhetsåterföring saknas och bör ske mellan alla led. Mellan projektörer och entreprenörer, boende och byggherrar, från ett projekt till ett annat och från forskningsprojekt till nybyggnation.

Andra hinder ligger i utformningen av Boverkets byggregler. De nivåer på energiförluster som man satt som lägsta gräns har i branschen istället blivit normgivande. Ytterst få aktörer försöker hamna ännu lägre än dessa råd. Nivåerna anses dessutom vara lågt satta i förhållande till resten av Europa och har varit relativt oförändrade sedan reglerna infördes i slutet på 1970-talet. Uppföljningar av färdiga byggnaders energiförlust visar också att energikraven efterföljs dåligt, något som troligen grundar sig i att de beräkningsprogram som används vid projekteringen inte är tillräckligt noggranna för att beräkna de verkliga förlusterna i flerbostadshus.<sup>12</sup>

Bristen på energieffektivt byggande motiveras ofta med att detta inte efterfrågas av kunden. Det har dock visat sig i en undersökning som NCC gjort i samarbete med Mölndals kommun att många privatpersoner ser det som självklart att byggtreprenören bygger husen så energieffektiva som möjligt. I samma undersökning ställdes den direkta frågan; *”Hur viktigt är det för Dig att köpa ett energieffektivt hus, förutsatt att inomhusklimatet och månadskostnaden är oförändrad?”*. Där svarade 83 % att det var viktigt varav upp emot hälften menade att det var mycket viktigt. Kön och ålder påverkar inte inställningen till att köpa ett energieffektivt hus.<sup>13</sup> Visserligen är undersökningen gjord i samband med byggande av småhus och inte flerfamiljshus, men det borde ge en någorlunda rättvis bild av den allmänna uppfattningen.

## 2.5. Energideklarationer och dess förväntade effekter

Europaparlamentet och Europeiska unionens råd antog år 2002 ett direktiv om byggnaders energiprestanda. Det övergripande syftet med direktivet är att effektivisera energianvändningen i bebyggelsen och därigenom minska utsläppen av växthusgaser. Man hoppas också att direktivet bland annat ska leda fram till minimikrav för energiprestanda vid nybyggen och stora renoveringar samt att krav på en förbättrad energiberäkningsmodell ska upprättas.<sup>14</sup>

För att kunna efterfölja kraven i direktivet har regeringen bland annat föreslagit en lag om att alla byggnader ska energideklareras med början den 1 oktober 2006. Energideklarationen ska bland annat innehålla uppgifter om den mängd energi som behöver användas i byggnaden under ett år, ett referensvärde för att kunna jämföra och

<sup>12</sup> Holmberg, J, Nässén, J & Sprei, F. *Stagnating energy efficiency in the Swedish building sector.*

<sup>13</sup> NCC. *Markandens intresse för energieffektiva småhus.*

<sup>14</sup> Europaparlamentet. *Europaparlamentets och rådets direktiv 2002/91/EG om byggnaders energiprestanda.*

bedöma byggnadens energiprestanda samt förslag till lämpliga effektiviseringsåtgärder för byggnaden. Lagen säger att alla som bygger, hyr ut eller säljer en fastighet ska upprätta en energideklaration för denna vilken skall placeras väl synlig för brukarna av fastigheten.<sup>15</sup>

Syftet med energideklarationerna är att genom lättillgänglig och saklig information underlätta för konsumenterna att kunna jämföra energiprestandan i olika hus. På så vis ges möjlighet till att fatta beslut om sin energianvändning och därmed också sina energikostnader. Om brukarna på sikt efterfrågar bättre och bättre energiprestanda skapar detta en ökad efterfrågan och en marknad för energieffektiva bostäder. Det i sin tur skulle leda till att fler nybyggda hus byggs med största möjliga fokus på att minska energianvändningen.

## 2.6. Boverkets förslag till åtgärder

Boverkets Byggregler, BBR, innehåller föreskrifter och allmänna råd som behandlar bland annat energihushållning och värmeisolering. Enligt Boverket bör byggreglerna förändras och följa med utvecklingen inom energieffektivisering och kravnivån bör anpassas till vad som är ekonomiskt lönsamt ur ett livscykelperspektiv<sup>16</sup>.

Boverket har under 2005 arbetat fram ett förslag till ändringar av de nuvarande byggreglerna.<sup>17</sup> Detta förslag syftar främst till att omformulera reglerna så att dessa blir mer tydliga och lättare att verifiera. Genom att omformulera byggreglerna hoppas Boverket att möjligheterna att tillämpa reglerna ökar, något som också borde leda till att efterlevnaden av dessa ökar.

Avsnittet som handlar om energihushållning och värmeisolering i BBR, kapitel 9, har i förslaget genomgått stora förändringar. Här redovisas några av dessa nya, förändrade eller borttagna regler<sup>18</sup>:

- **Krav på byggnadens specifika energianvändning.**  
Då de nuvarande kraven endast begränsar byggnadens energiförluster vill man istället ställa krav på dess specifika energianvändning, uttryckt i kWh/m<sup>2</sup> och år. Den golvarea som avses begränsas av klimatskärmens insida och därmed tas den nuvarande möjligheten att räkna med garageytan bort. Detta krav kompletteras dessutom med att två klimatzoner införs, söder och norr. Övergången från de gamla kraven anses innebära en skärpning då man avser de faktiska värdena under driftskedet och inte de beräknade värdena från projekteringskedet.
- **Råd om att kravet på byggnaders energianvändning bör verifieras genom beräkningar och mätningar.**  
För att kunna verifiera att energikravet uppfylls bör man både göra noggranna beräkningar i projekteringsstadiet, samt genomföra mätningar i den färdiga byggnaden. Genom detta säkerställs att man uppfyller kraven också om byggnaden förändras under uppförandet. Boverket rekommenderar också att man under beräkning lägger på en säkerhetsmarginal för att uppnå kravet i verkligt utförande.

---

<sup>15</sup> Miljö- och samhällsbyggnadsdepartementet. *Energideklarationer i byggnader*.

<sup>16</sup> Boverket. *Piska och morot*.

<sup>17</sup> Boverket. *Konsekvensutredning - Revidering av avsnitten 1,2,6,7 och 9 i Boverkets byggregler*.

<sup>18</sup> Ibid

- Enklare beräkningsmetodik för att bestämma byggnadens värmeisolering. Här ingår också ett tydligare krav på att byggnadens köldbryggor ska ingå i beräkningen. Det finns även en gräns på lägsta godtagbara värmeisolering, U-medelvärde. Detta för att säkerställa att byggnadens klimatskal blir av god kvalitet och håller under byggnadens brukstid. Boverket poängerar dock att kravet på klimatskärmens U-medelvärde inte i sig är tillräckligt för att klara det överordnade energikravet.
- Undantaget från krav på värmeåtervinning eller motsvarande åtgärd för byggnader som i huvudsak uppvärms med förnyelsebar energi tas bort. Sedan detta undantag infördes 1995 är det ovanligt att nybyggnationer har värmeåtervinning<sup>19</sup>. Detta har inneburit att de byggnader som omfattats av undantaget har kunnat använda mer energi än motsvarande byggnader som inte värms upp med förnyelsebar energi. Man vill med borttagandet av detta undantag ställa samma krav på alla byggnader oavsett energitillförselsystem.

Boverket genomförde i samband med revideringen av BBR en utredning om vilka styrmedel som kan vara aktuella i samband med energieffektivisering av byggnader.<sup>20</sup> Utredningen kan ses som ett komplement till andra pågående aktiviteter inom energieffektiviseringsområdet. Förutom att Boverket i utredningen pekar på det gemensamma ansvar som brukare, ägare, bransch, kommuner och myndigheter har, finns ett förslag som är speciellt intressant för att nå energimålen. Förslaget går ut på att ge ekonomiskt stöd till dem som bygger bättre än vad energikraven i BBR anger. Detta för att uppmärksamma kostnaden för byggnaden under hela dess livslängd, skynda på den teknikutveckling som sker inom området och på sikt kunna skärpa energihushållningskravet i BBR utan alltför stora omkostnader. Stödet avses minska de ökade initialkostnader och lönsamhetshinder som man som byggherre för närvarande kan möta om man vill bygga energieffektivt. På så vis kan man få fler att se till den långvariga driften snarare än till utgiften i uppföringsskedet.

---

<sup>19</sup> Holmberg, J, Nässén, J & Sprei, F. *Stagnating energy efficiency in the Swedish building sector.*

<sup>20</sup> Boverket. *Piska och morot.*



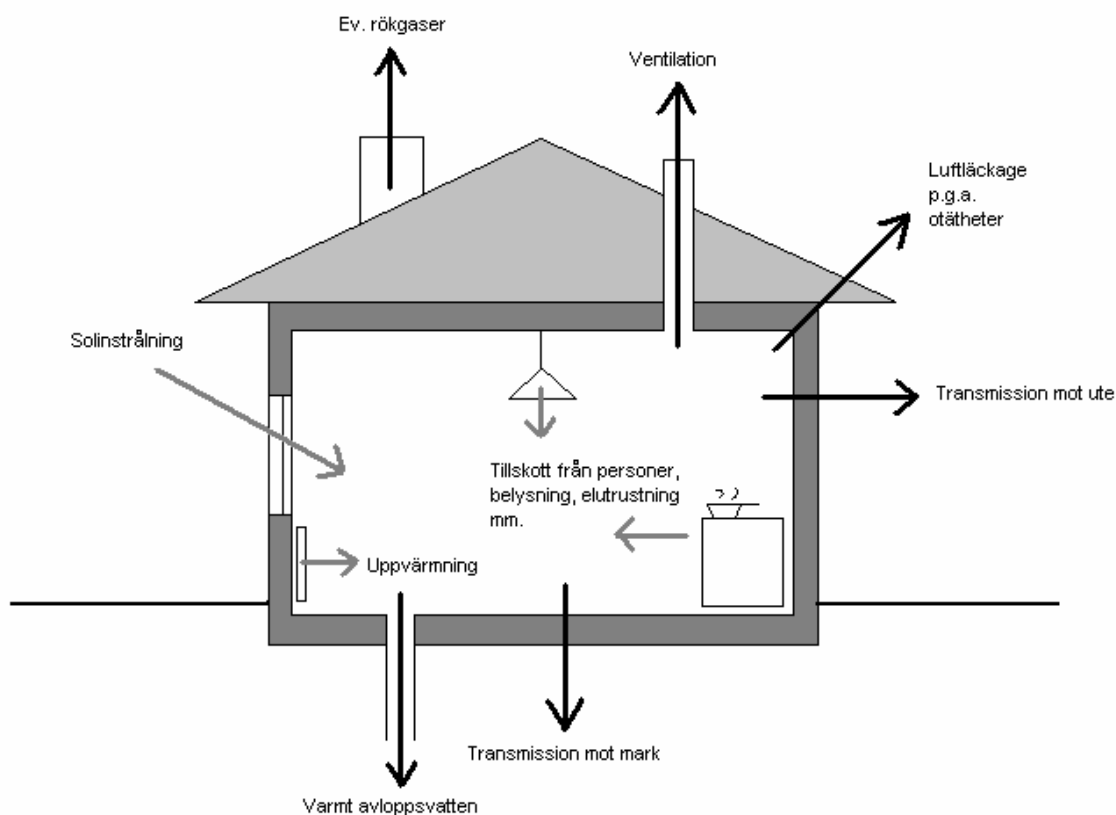
### 3. Energiförbrukning i ett bostadshus

#### 3.1. Energibalansen

En byggnads energibehov beror av bland annat klimat, vind, geografiskt läge, byggnadens utformning, dess isoleringsgrad och antalet boende. På grund av dessa faktorer både bortförs och tillförs värme till byggnaden och för att byggnadens inneklimat ska bli komfortabelt krävs att dessa förluster och tillskott är i balans. I det klimat som råder i Sverige krävs dock oftast ett energitillskott från ett värmesystem för att balansen ska uppnås, man säger att byggnaden har ett energibehov. Energibehovet i en byggnad kan definieras som den värmeenergi som måste tillföras byggnaden för att kompensera för den förlorade värmeenergin som går förlorad genom transmissionsförluster och ventilationsförluster. Värmeförlusterna kan till viss del uppvägas med hjälp av internvärme, det vill säga värmen från apparater, belysning och personer, samt instrålad solvärme, se figur 3.1.

Energibehovet  $Q$  kan skrivas

$$Q = Q_{trans} + Q_{vent} - Q_{intern} - Q_{sol} \quad [\text{Wh}] \quad (1)$$



Figur 3.1 Energitillskott och energiförluster i en byggnad.

Värmeenergiförluster i en byggnad uppkommer i samband med att utetemperaturen är lägre än inomhustemperaturen, ju större temperaturskillnaden är desto större blir också förlusterna. Transmissionsförluster omfattar de förluster som sker genom byggnadens klimatskärm, alltså väggar, golv, tak och fönster. Hit räknas också den energi som förloras genom köldbryggor, det vill säga dåligt isolerade punkter i klimatskalet. Till ventilationsförluster hör både den frivilliga och den ofrivilliga ventilationen. Den ofrivilliga ventilationen, även kallat ofrivilligt luftläckage, ökar då temperaturskillnaden mellan ute- och inneluften ökar. Den frivilliga ventilationen däremot är den som ingår i byggnadens ventilationssystem och som i de flesta fall går att styra.

Internvärme är den värme som personer och apparater genererar och denna beror mycket på vad det är för aktivitet i byggnaden. I ett kontorshus genereras mycket värme från till exempel datorer och personer under veckodagarna, medan det inte genereras lika mycket värme under kvällar och helger. Ett bostadshus däremot påverkas mer av internvärme under kvällar och helger och då ingår även värmen från bland annat matlagning och tvätt.

Värmen från solinstrålning varierar beroende av årstid, i vilket väderstreck byggnaden är placerad och hur mycket av fasaden som består av glas. Vilken sorts glas fönstren består av, och hur fönstren är uppbyggda spelar också roll. Solinstrålningen beror även på i vilken grad omgivningen skuggar byggnaden.<sup>21</sup>

Energiebehovet  $Q$  kan beskrivas som materialets värmegenomgångskoefficient, alltså vilken förmåga materialet har att släppa igenom värme, multiplicerat med aktuell temperaturdifferens mellan inne- och uteluften och den yta materialet är utbrett över

$$Q = U \cdot (T_i - T_e) \cdot A \quad [\text{W}] \quad (2)^{22}$$

där:

$T_i$  = Temperaturen inomhus [ $^{\circ}\text{C}$ ]

$T_e$  = Temperaturen utomhus [ $^{\circ}\text{C}$ ]

$U$  = Värmegenomgångskoefficient, U-värde, för den aktuella ytan [ $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ]

$A$  = Arean för den aktuella ytan [ $\text{m}^2$ ]

På samma sätt beräknas hela byggnadens värmegenomgångskoefficient genom att väga samman yta och U-värde för byggnadens olika delar.

### 3.2. Värmegenomgångskoefficient, U-värde

Den värmeisolerande förmåga ett material besitter beskrivs normalt med dess värmegenomgångskoefficient, även kallat U-värdet. Det är alltså måttet på de energiförluster som sker genom materialet. Storleken på värmegenomgångskoefficienten bestäms av tjockleken på materialet och dess värmemotstånd. Ett U-värde på  $1,2 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$  anger att byggnadsdelen släpper igenom  $1,2 \text{ Watt}$  per kvadratmeter och grad Kelvin, om det är en grads temperaturskillnad mellan ute och inne.<sup>23</sup>

Värmegenomgångskoefficienten  $U$ , därav kallat U-värdet, definieras som inversen av konstruktionens totala värmemotstånd,  $R_T$ .

---

<sup>21</sup> Petersson, Bengt-Åke. *Tillämpad byggnadsfysik*.

<sup>22</sup> Ibid

<sup>23</sup> Ibid

$$U = \frac{1}{R_T} \quad [\text{W/m}^2\text{K}] \quad (3)^{24}$$

Materialskikten i en byggnad kan vara homogena och inhomogena. De homogena skikten består av endast ett materialslag och kan vara betongen i en platta på mark eller gipsskivan i en vägg. De inhomogena skikten består av flera material, som till exempel en träregelvägg med isolering mellan reglarna.<sup>25</sup>

För de homogena skikten 1, 2 och 3 i figur 3.2 nedan beräknas byggnadsdelens totala värmemotstånd,  $R_T$ , som summan av de ingående delarnas värmemotstånd enligt

$$R_T = R_{si} + \frac{d_1}{\lambda_{p1}} + \frac{d_2}{\lambda_{p2}} + \frac{d_3}{\lambda_{p3}} + R_{se} \quad [\text{m}^2\text{K/W}] \quad (4)^{26}$$

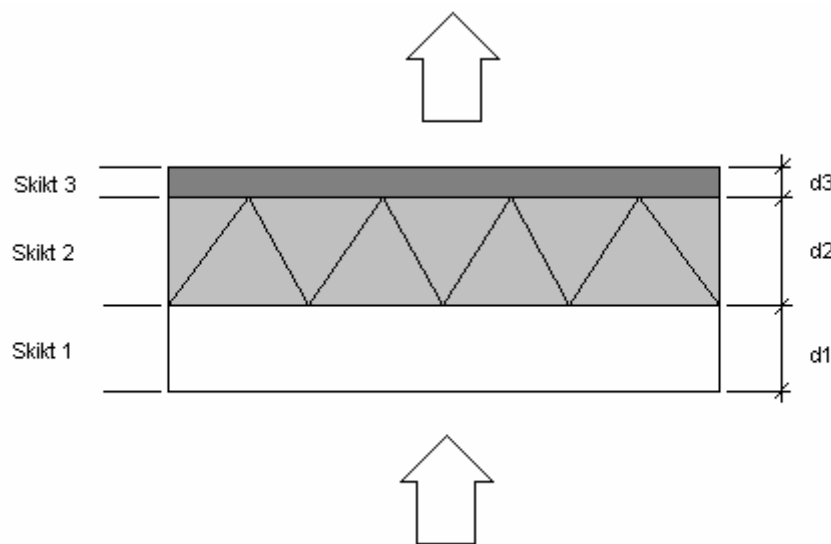
där:

$R_{si}$  = inre övergångsmotståndet, 0,13 [ $\text{m}^2\text{K/W}$ ]

$R_{se}$  = yttre övergångsmotståndet, 0,04 [ $\text{m}^2\text{K/W}$ ]

$d_{1,2,3}$  = tjocklek för skiktet 1, 2, 3 [m]

$\lambda_{p1,2,3}$  = praktisk tillämpbar värmeledningsförmåga för skiktet 1, 2, 3 [ $\text{W/mK}$ ]



Figur 3.2 Värmeövergång genom homogena materialskikt.

För inhomogena skikt används två metoder,  $\lambda$ -värdesmetoden och U-värdesmetoden. Ingen av de två metoderna är så exakt att den kan användas separat, vanligtvis beräknas medelvärde av dessa två metoder och detta värde får representera byggnadsdelens totala värmemotstånd.<sup>27</sup>

<sup>24</sup> Petersson, Bengt-Åke. *Tillämpad byggnadsfysik*.

<sup>25</sup> Ibid

<sup>26</sup> Ibid

<sup>27</sup> Ibid

### 3.2.1. $\lambda$ -värdesmetoden

I  $\lambda$ -värdesmetoden delar man in byggnadsdelen i flera materialskikt längs med konstruktionen, se figur 3.3 nedan. I materialdelen i figur 3.3 blir endast skikt 2 ett inhomogent skikt, medan skikt 1 och 3 är homogena. Den sammanvägda värmeledningsförmågan,  $\lambda$ -värdet, för det inhomogena skiktet 2 räknas ut, yta för yta enligt

$$\lambda_2 = p_A \cdot \lambda_{pA2} + p_B \cdot \lambda_{pB2} \quad [\text{W/mK}] \quad (5)^{28}$$

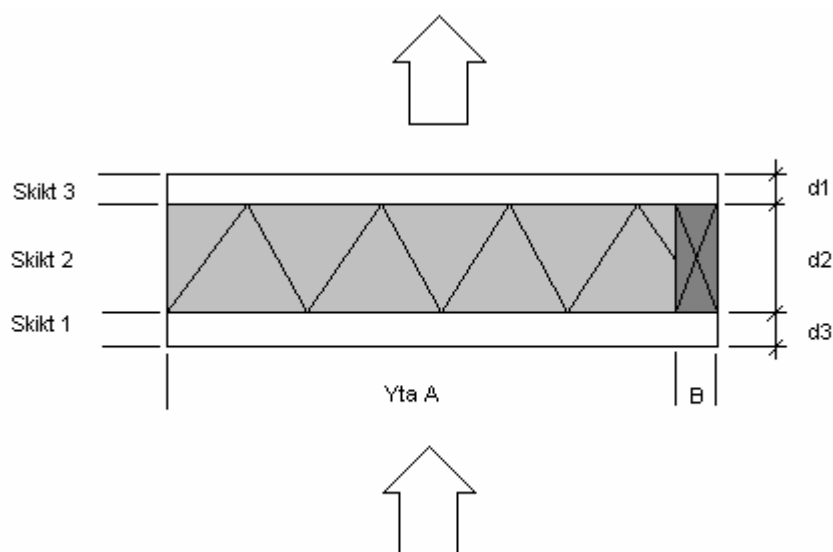
där:

$p_A$  = Andelen av material A i värmeledningens riktning [ $\text{m}^2/\text{m}^2$ ]

$\lambda_{pA}$  = Praktisk tillämpbar värmeledningsförmåga för material A [ $\text{W/mK}$ ]

$p_B$  = Andelen av material B i värmeledningens riktning [ $\text{m}^2/\text{m}^2$ ]

$\lambda_{pB}$  = Praktisk tillämpbar värmeledningsförmåga för material B [ $\text{W/mK}$ ]



Figur 3.3 Värmegenomgång genom inhomogena materialskikt.

Värmemotståndet för det inhomogena skiktet 2 beräknas

$$R_2 = \frac{d_2}{\lambda_2} \quad [\text{m}^2\text{K/W}] \quad (6)^{29}$$

där:

$d_2$  = tjocklek för det inhomogena materialskiktet 2 [m]

$\lambda_2$  = sammanvägd värmeledningsförmåga för det inhomogena materialskiktet 2 [ $\text{W/mK}$ ]

Byggnadsdelens totala värmemotstånd enligt  $\lambda$ -värdesmetoden beräknas sedan enligt ekvation 7.

<sup>28</sup> Petersson, Bengt-Åke. *Tillämpad byggnadsfysik*.

<sup>29</sup> Ibid

$$R_T^\lambda = R_{si} + \frac{d_1}{\lambda_{p1}} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \frac{d_3}{\lambda_{p3}} + R_{se} \quad [\text{m}^2\text{K/W}] \quad (7)^{30}$$

där:

$R_{si}$  = inre övergångsmotståndet, 0,13 [m<sup>2</sup>K/W]

$R_{se}$  = yttre övergångsmotståndet, 0,04 [m<sup>2</sup>K/W]

$d_{1,2,3}$  = tjocklek för skikten 1, 2, 3 [m]

$\lambda_{p1,3}$  = praktisk tillämpbar värmeledningsförmåga för skikten 1 och 3 [W/mK]

$\lambda_2$  = sammanvägd värmeledningsförmåga för skiktet 2 [W/mK]

### 3.2.2. U-värdesmetoden

I U-värdesmetoden beräknas ett U-värde genom valda ytor tvärs igenom byggnadsdelen och parallellt med värmeflödesriktningen. Ytorna väljs så att endast homogena skikt förekommer. Se yta A och B i figur 3.3 ovan. Ytornas U-värden viktas sedan ihop och blir till ett totalt värmemotstånd,  $R_{TA}$  för ytan A och  $R_{TB}$  för yta B

$$R_{TA,B} = R_{si} + \frac{d_1}{\lambda_{p1}} + \frac{d_{2A,B}}{\lambda_{p2A,B}} + \frac{d_3}{\lambda_{p3}} + R_{se} \quad [\text{m}^2\text{K/W}] \quad (8)^{31}$$

där:

$d_{2A,B}$  = tjockleken för materialet i skikt 2 och yta A resp. B [m]

$\lambda_{p1,3}$  = praktiskt tillämpbara värmeledningsförmågan för skikt 1 och 3 [W/mK]

$\lambda_{p2A,B}$  = praktiskt tillämpbara värmeledningsförmågan för skikt 2 och yta A resp. B [W/mK]

Värmemotståndet i ytorna A och B vägs därefter samman enligt

$$U^U = p_A \cdot \frac{1}{R_{TA}} + p_B \cdot \frac{1}{R_{TB}} \quad [\text{W/m}^2\text{K}] \quad (9)^{32}$$

där:

$p_A$  = ytan A's andel av den totala ytan [m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>]

$p_B$  = ytan B's andel av den totala ytan [m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>]

Motsvarande totalt sammanvägt värmemotstånd blir då

$$R_T^U = \frac{1}{U^U} \quad [\text{m}^2\text{K/W}] \quad (10)^{33}$$

Medelvärdet av  $\lambda$ -värdesmetoden och U-värdesmetoden ger det totala värmemotståndet för byggnadsdelen och beräknas enligt

$$R_{T \text{ medel}} = \frac{R_T^\lambda + R_T^U}{2} \quad [\text{m}^2\text{K/W}] \quad (11)^{34}$$

<sup>30</sup> Petersson, Bengt-Åke. *Tillämpad byggnadsfysik*.

<sup>31</sup> Ibid

<sup>32</sup> Ibid

<sup>33</sup> Ibid

<sup>34</sup> Ibid

### 3.3. Genomsnittlig värmeförlustkoefficient

Den genomsnittliga värmegenomgångskoefficienten för hela byggnaden betecknades tidigare som  $U_m$ . Numera betecknas denna som  $F_s$  och kallas den ytrelaterade värmeförlustkoefficienten.  $F_s$  beräknas med hjälp av ekvation 12.

$$F_s = \frac{\sum_{i=1}^n U_{just,i} \cdot A_i}{A_{om}} \quad [\text{W/m}^2\text{K}] \quad (12)^{35}$$

där:

$U_{just,i}$  = justerat U-värde för byggnadsdel  $i$  med avseende på olika faktorer, se ekvation 13  
[W/m<sup>2</sup>K]

$A_i$  = arean för byggnadsdelens yta mot uppvärmd inneluft [m<sup>2</sup>]

$A_{om}$  = total omslutande area som gränsar mot uppvärmd inneluft [m<sup>2</sup>]

U-värdet justeras med avseende på en rad olika faktorer och kan beräknas enligt

$$U_{just,i} = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot (U_{korr,i} - \alpha_3) \quad [\text{W/m}^2\text{K}] \quad (13)^{36}$$

där:

$U_{korr,i}$  = korrigerad värmegenomgångskoefficient för byggnadsdel  $i$

$\alpha_1$  = reduktionsfaktor avseende markens värmelagring

$\alpha_2$  = temperaturfaktor för korrigering till innetemperaturen

$\alpha_3$  = avdrag från fönsters mörker U-värde med hänsyn till solinstrålning. Avdrag kan göras för fönsterareor som är max 15 % av  $A_{upp}$ .

#### 3.3.1. Värmeförlustkoefficientens övre gräns

$F_{s,krav}$  är den övre gräns för Boverket satt för den genomsnittliga ytrelaterade värmeförlustkoefficienten i en byggnads klimatskärm.  $F_{s,krav}$  är ingen konstant storhet, utan beror av byggnadens utformning. För att byggnaden ska klara kraven måste  $F_{s,krav} \geq F_s$ .

För bostäder gäller att

$$F_{s,krav} = 0,16 + 0,81 \cdot \frac{A_f}{A_{om}} \quad [\text{W/m}^2\text{K}] \quad (14)^{37}$$

där:

$A_f$  = sammanlagd fönsterarea inklusive dörrar, balkongdörrar och portar, beräknat med karmyttermått [m<sup>2</sup>]

$A_{om}$  = total omslutande area som gränsar mot uppvärmd inneluft [m<sup>2</sup>]

---

<sup>35</sup> Boverket. *Boverkets byggregler, BBR*.

<sup>36</sup> Ibid

<sup>37</sup> Ibid

Det finns dock ytterligare ett krav som begränsar  $A_f$  enligt

$$A_f \leq 0,18 \cdot A_{\text{upp}} \quad [\text{m}^2] \quad (15)$$

där:

$A_{\text{upp}}$  = uppvärmd bruksarea, den golvarea som begränsas av omslutande byggnadsdelars insida [ $\text{m}^2$ ]

### 3.4. Byggnadens klimatskal

De delar av en byggnad som gränsar mot utomhustemperatur kallas för byggnadens klimatskal. Här innefattas väggar, tak, grundplatta, fönster och dörrar. Klimatskalet fungerar som ett skydd för konstruktionen och bör utformas så att värmetransporter som sker genom ledning, strålning och konvektion minimeras.<sup>38</sup> Eftersom en stor del av en byggnads värmeförluster sker genom klimatskalet är det också här man kan göra stora energieffektiviseringar.

#### 3.4.1. Väggar

Ytterväggarna är vanligtvis den största delen av klimatskalet, därför är det viktigt att de har låga U-värden med så lite köldbryggor som möjligt. Energirådgivare rekommenderar ett högsta U-värde på  $0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$ , vilket motsvarar en standardvägg med 300 mm isolering.<sup>39</sup>

Väggar kan göras med en lätt- eller tung stomme. En lätt stomme kan vara en regelvägg i trä och denna har ingen större förmåga att lagra värme. En tung stomme i betong eller tegel har en viss inbyggd tröghet när det gäller temperaturförändringar och håller kvar värmen längre. En byggnad som består av bärande väggar i betong men har utfackningsväggar i trä kan sägas vara medeltung.

#### 3.4.2. Fönster

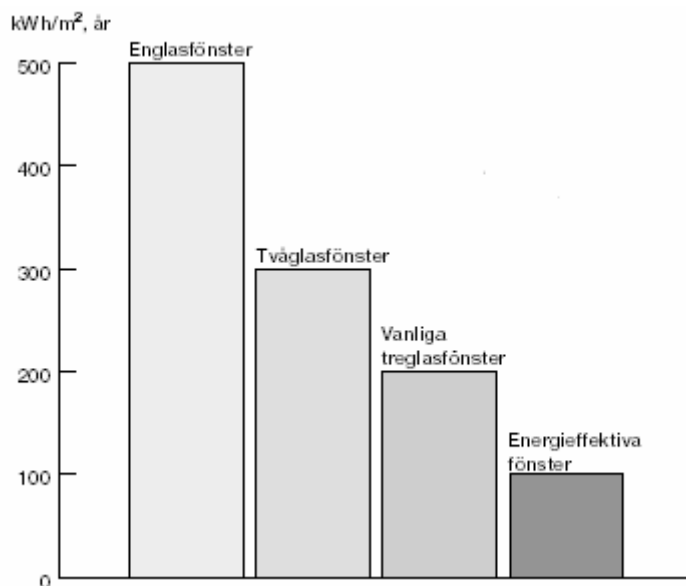
Fönster har höga U-värden i förhållande till övriga delar i klimatskalet, vilket gör dem till en verkligt stor källa till energiförluster. Till detta faktum kan läggas att många nya byggnader har en stor andel glas i fasaderna. Trots att U-värdena för fönster sjunker i takt med den tekniska utvecklingen är energiförluster genom byggnadens fönster ungefär tio gånger större än energiförluster genom byggnadens väggar.<sup>40</sup>

---

<sup>38</sup> Petersson, Bengt-Åke. *Tillämpad byggnadsfysik*.

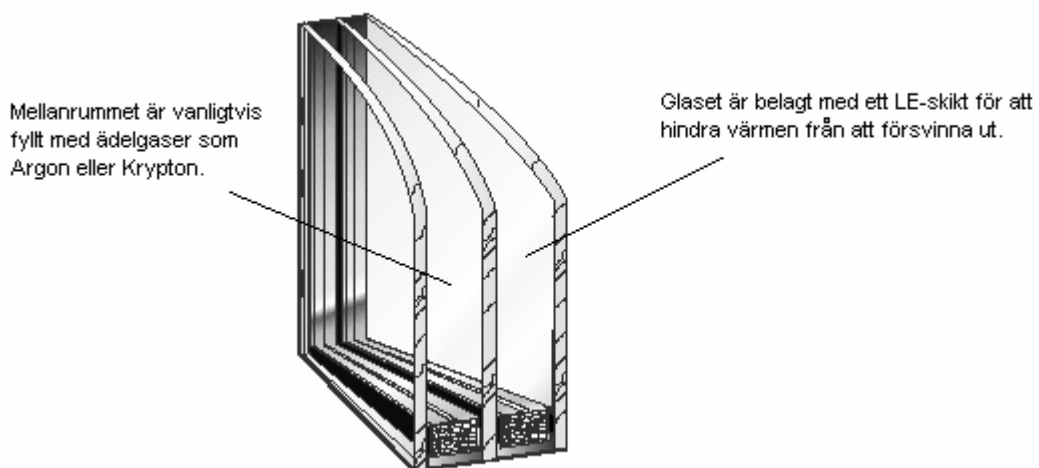
<sup>39</sup> Energirådgivningen. *Uppvärmning vid ny- och ombyggnad*.

<sup>40</sup> Kungliga Ingenjörsvetenskapsakademien, IVA. *Energianvändning i bebyggelse*.



Figur 3.4 Diagram över hur många kWh/m<sup>2</sup> och år som olika fönster släpper igenom.<sup>41</sup>

Energieffektiva fönster isolerar dubbelt så bra som vanliga treglasfönster, se figur 3.4. Detta beror på att energifönster har så kallade isolerrutor, två eller fler hermetiskt tillslutna rutor, se figur 3.5. Den luftfria spalt som bildas mellan glasen fylls ofta med argon eller krypton, ädelgaser med dålig värmeledningsförmåga och därmed bra isolerförmåga. Det är vanligt att det innersta glaset i isolerpaketet är belagt med ett tunt, osynligt skikt av metalloxid, ett så kallat lågmissionsskikt. Metalloxiden släpper igenom den utifrån kommande solenergin, den långvågiga strålningen, men släpper inte tillbaka värmeenergin inifrån, den kortvågiga strålningen.<sup>42</sup>



Figur3.5 Principskiss av ett isolerglas.<sup>43</sup>

Energieffektiva fönster ger ett bättre inomhusklimat än vanliga eftersom att luften vid fönstren inte kyls ned lika mycket och skapar kallras, det vill säga kall luft som strömmar

<sup>41</sup> Statens Energimyndighet. *Nya fönster*.

<sup>42</sup> Ibid

<sup>43</sup> Elitfönster (Internet)



från fönstren ned längs golven.<sup>44</sup> Eftersom temperaturen på insidan av fönstret inte blir lika låg kan inomhustemperaturen sänkas med bibehållen komfort. En grads temperatursänkning ger cirka 5 procent lägre uppvärmningsbehov och detta i kombination med det minskade kallraset, kan medföra att färre radiatorer behövs. En annan del av vinsten med energifönster kan vara att den boende kan utnyttja mer av rummets yta, där det annars är dragigt och okomfortabelt. Även ljud och buller utifrån dämpas av energieffektiva fönster då de är tätare än konventionella.<sup>45</sup> Energirådgivare rekommenderar att fönster med ett högsta U-värde på 1,2 W/m<sup>2</sup>K används.<sup>46</sup>

### 3.4.3. Köldbryggor

Köldbryggor är svaga punkter i klimatskalet med betydligt högre värmeledningsförmåga än omgivande byggnadsdelar. Dessa leder snabbt ut värme ur byggnaden, och uppstår ofta vid exempelvis balkonginfästningar och bjälklagskanter. Vanligtvis uppkommer köldbryggor då ett material är i stort sett obrutet, alltså utan tillräcklig mellanliggande isolering, ut till klimatskalets ytterkant. Även fönster utgör stora köldbryggor, då karmen i stort sett är oisolerad. Köldbryggorna är i regel ganska små till ytan, men står ofta för en stor andel av energiförlusterna. Därför är det viktigt att genom hela byggprocessen tänka på att försöka eliminera dessa.

Balkonginfästningar är ett av de stora problemen när det gäller köldbryggor, här uppstår ofta ett obrutet betongskikt med armering från utsidan av huset in till bjälklaget. Det finns olika sätt att lösa problemet med balkonginfästningarna på, ett exempel är att bygga fristående balkonger som endast är förankrade i ytterväggen och inte bärs upp av byggnaden. Ett annat sätt är att använda någon av de produkter som finns på marknaden för att minska köldbryggorna just vid balkonginfästningen.

### 3.4.4. Tak

Taket är en stor källa till energiförluster. Ju högre en byggnad är desto mindre blir dock takets påverkan på klimatskärmen totalt sett. Energirådgivare rekommenderar att ett vindsbjälklag bör ha ett högsta U-värde på 0,1 W/m<sup>2</sup>K, vilket innebär 500 mm isolering av ett tak med takstolar av trä.<sup>47</sup>

### 3.4.5. Grund

Grunden, liksom taket, är en större källa till energiförluster då byggnaden är låg. Enligt energirådgivarens rekommendationer bör U-värdet för en platta på mark inte vara mer än 0,2 W/m<sup>2</sup>K, eller en isolertjocklek på 140 mm.<sup>48</sup>

---

<sup>44</sup> Statens Energimyndighet. *Nya fönster*.

<sup>45</sup> Ibid.

<sup>46</sup> Energirådgivningen. *Uppvärmning vid ny- och ombyggnad*

<sup>47</sup> Ibid

<sup>48</sup> Ibid

## 4. Ofrivilligt luftläckage och täthetsproblematiken

### 4.1. Vikten av god tätning

En byggnads luft-, diffusions- och vindtätning spelar stor roll för dess energianvändning, ventilationsfunktion och inomhuskomfort.

Dålig lufttätning leder till ett ofrivilligt luftläckage genom klimatskalet och detta i sin tur till energiförluster. I BBR finns ett krav som säger att det maximala luftläckaget vid en tryckskillnad på  $\pm 50$  Pa inte får överstiga 0,8 l/s och  $m^2$ .<sup>49</sup> En tryckskillnad uppstår till exempel då vinden blåser mot en byggnad eller då inne- och utetemperaturerna är olika. Beroende på om byggnaden har ett undertryck eller ett övertryck kommer luft strömma in eller ut ur byggnaden.

Luft rörelser i konstruktionen påverkar såväl fukt- som värme flödet i byggnaden. Om den varma inomhusluften strömmar ut till kallare delar av konstruktionen höjs den relativa fuktigheten i luften och det finns risk att den kondenserar. Därmed ökar risken för fuktskador inuti konstruktionen. Om den kalla utomhusluften istället strömmar in igenom klimatskalet kan detta orsaka drag och nedkylning av ytor, vilket kan yttra sig i kallras. Detta ger komfortproblem för de boende och de kan lockas att höja inomhustemperaturen som följd. När det gäller ventilationen kan luftläckaget leda till att man inte längre har kontroll över ventilationen och tidvis blir den för hög, tidvis för låg. Ytterligare en orsak till att klimatskalet bör ha en god lufttätning är att förhindra att uteluft, förorenad med exempelvis avgaser eller pollen, tar sig in i byggnaden.<sup>50</sup>

På samma sätt som den varma inomhusluften ger upphov till fuktproblem genom kondensation, gör vattenången i luften det genom diffusion. Det innebär att om ånghalten i luften är större inne än ute, till exempel till följd av dusch och tvätt, strävar vattenången efter att komma i jämvikt och kommer därför att transporteras genom klimatskalet. Vid låga utetemperaturer kan ången kondensera i konstruktionens kalla delar och orsaka fuktproblem. Därför behöver byggnaden även en god diffusionstätning.<sup>51</sup>

Både lufttätningen och diffusionstätningen kan uppnås med en plastfolie, en så kallad luft- och diffusionsspärr. Denna spärr bör placeras nära insidan av klimatskalet så att inte luften eller ången hinner kylas av och kondensera.

Vindtätningen ska hindra vinden från att blåsa in i till exempel ytterväggens isolering, då detta sänker dess värmeisolerande förmåga. Vindtätningen kan också skydda konstruktionen mot regn som kan ta sig in bakom fasaden vid kraftiga regnväder. Vindskyddet bör placeras nära utsidan av klimatskalet och består ofta av gips- eller mineralullsskivor.<sup>52</sup>

---

<sup>49</sup> Boverket. *Boverkets byggregler, BBR*.

<sup>50</sup> Adalberth, Karin. *God lufttäthet – En guide för arkitekter, projektörer och entreprenörer*.

<sup>51</sup> Ibid

<sup>52</sup> Ibid

## 4.2. Täta hus är sjuka hus?

Det finns en gammal föreställning om att alltför täta hus orsakar fuktproblem och mögel. Detta baseras till viss del på att 1970-talets energikris tvingade fram täta och energisnåla hus, vilket också ledde till att många gamla hus tätades och tilläggsisolerades. Som följd uppstod fenomenet ”sjuka hus”, hus med fukt och mögelproblem.

Den plastfolie som numera används som luft- och diffusionsspärr har ofta fått skulden för dessa problem. Man menar att huset måste få ”andas” för att fukten ska kunna transporteras ut genom klimatskalet. Dock transporteras cirka 100 gånger mer fukt bort med ventilationen än vad som diffunderar ut genom väggen, även om väggen saknar plastfolie. Med plastfolien är mängden fukt som går genom väggen försumbar.<sup>53</sup> Man kan därför anta att det inte är plastfolien som gör de täta husen sjuka utan bristen på ventilation. Vad man ofta inte tänkte på under 1970-talets energirenoveringar var nämligen att den naturliga ventilationen minskade. Denna ersattes i de flesta fall aldrig heller av någon mekanisk ventilation.

Dagens byggmaterial avger i många fall emissioner, ämnen som kan vara farliga och allergiframkallande. Dessutom alstrar vi mycket mer fukt i våra bostäder idag, det tvättas och duschas oftare. Allt detta ställer högre krav på ventilationen och ifall denna sker okontrollerat, kan problem som dålig luft, fukt och drag uppstå.<sup>54</sup> Viktigt är dock att inse att då en byggnad görs tätare krävs också att dess ventilationssystem anpassas till dessa nya förhållanden. Detta är speciellt viktigt i byggnader med frånluftssystem då inkommande uteluft tas in via ventiler, ofta placerade bakom radiatorerna under fönstren. I dessa lägen kan oegentligheter såsom kalldrag uppstå kring dessa ventiler, ifall byggnaden är mycket tät och utetemperaturen är låg.

## 4.3. Provade konstruktionslösningar

Då detta examensarbete endast behandlar energiproblematiken är det därmed främst av energibesparingsskäl som en minskning av det ofrivilliga luftläckaget önskas. Ett tidigare utfört examensarbete har visat att det ofrivilliga luftläckaget kan utgöra så mycket som 18 procent av byggnadens totala värmeförluster<sup>55</sup>. Detta gäller vid Boverkets krav på 0,8 l/s och m<sup>2</sup> och vid en tryckskillnad på  $\pm 50$  Pa. Det är därför mycket intressant att se vad som händer ifall det flödet kan sänkas.

Statens Provningsanstalt, har tillsammans med bland andra Chalmers tekniska högskola genomfört ett forskningssamarbete kring luftrörelser och lufttäthet. En del i detta samarbete innebar att olika byggarbetsplatser besöktes och platschefer, konstruktörer, arkitekter och andra inblandade intervjuades. Det huvudsakliga syftet med arbetet var att undersöka vilka konstruktionsdetaljer och arbetsutföranden som är viktiga ur ett lufttäthetsperspektiv, men också att utreda de olika aktörernas inställning till dessa frågor. I ett laboratorium simulerades luftrörelserna i olika konstruktionslösningar och luftläckaget mättes. På så vis kunde man också avgöra vilket arbetsutförande som är mest lämpligt ur täthetssynpunkt.<sup>56</sup> Arbetet grundar sig delvis på ett examensarbete som gjorts inom ramen

---

<sup>53</sup> Boverket. *Ekologiskt byggande – Föreställningar och fakta.*

<sup>54</sup> Fresh. (Internet).

<sup>55</sup> Lindahl, Maria, Utbult, Magnus & Värmsjö, Per. *Energioptimering av flerbostadshus.*

<sup>56</sup> Statens Provningsanstalt. *Luftrörelser i och kring konstruktioner. Lufttäthetsfrågorna i byggprocessen.*

för forskningssamarbetet kring lufttätethet, där utformningen och det praktiska genomförandet av konstruktionsdetaljerna i det lufttäta skiktet undersökts och provats.<sup>57</sup>

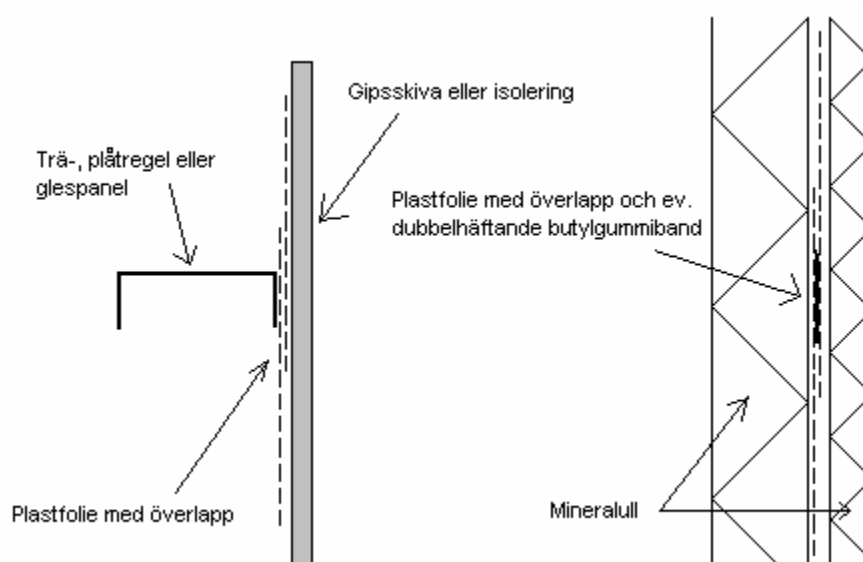
I detta kapitel och i kapitel 4.4 kommer fakta från båda dessa rapporter att redovisas, vilket kommer att ge en bild av hur mycket luftläckage som sker i de lösningar som oftast används idag, och hur man istället kan utföra mer energisnåla tätningar.

Det finns många konstruktionslösningar i en byggnad som kan anses vara kritiska ur täthetssynpunkt. På de byggarbetsplatser som besöktes fann man ett antal variationer på tätningar. Dessa kan delas upp i tre huvudgrupper:

- Skarvar (t ex överlappsskarvar mellan två plastfoliesjok i ytterväggar och tak)
- Anslutningar (tätskiktets anslutning mot fönster, golv- eller takbjälklag)
- Genomföringar (t ex ventilationskanaler, eldosor och elrör som perforerar tätskiktet)

### 4.3.1. Skarvar

Skarvar i tätskiktet överlappas med allt från 200 mm till upptill 1500 mm. Ibland tätas skarvarna med fogmassa eller dubbelhäftande butylgummiband, ibland häftas plasten fast mot en regel med häftpistol. Ofta kläms plasten fast mellan regel och isolering, regel och gipsskiva, glespanel och gipsskiva, glespanel och isolering eller isolering och isolering, se figur 4.1.



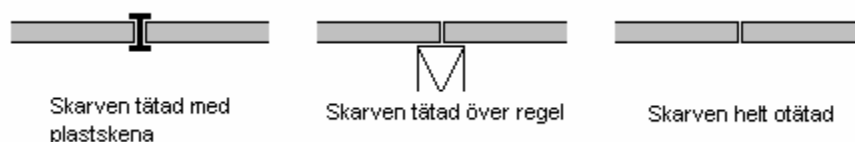
Figur 4.1 Olika metoder för att tätta plastfoliens skarvar.

Vid provning gav dessa olika skarvutföranden, vid  $\pm 50$  Pa tryckskillnad, ett luftläckage på mellan 0,02 och 24,44 m<sup>3</sup>/mh. Den stora skillnaden utgörs av huruvida skarven är klämd eller inte. Det lägsta värdet gavs vid överlapp och klämning mellan träregel eller glespanel. Nästan lika låga värden fick man vid klämning mellan träregel och gips, samt då man överlappat plasten 600-1200 mm och sedan klämt den mellan regel och isolering. Det

<sup>57</sup> Johansson, Mikael. *Byggnaders lufttätethet*.

högsta värdet fick man då skarven inte klämts alls utan endast lagts omlott med 200-600 mm och satts fast med häftklamrar. Klamringens c/c visade sig ha betydelse för läckagets storlek, ju mindre avstånd desto bättre, men generellt sett blev dessa fogar mycket otäta. Då butylgummiband använts i tätningen bedöms skarven bli mycket tät, provningar på detta har dock inte utförts.

Skarvar i konstruktionens vindskydd, som mellan två utegipsskivor, är även de en källa till otätheter. Ibland tätas dessa skarvar med en plastskena som är speciellt utformad för att ansluta två gipsskivor mot varandra. Andra gånger möts gipsen över en träregel och ibland tätas skarven inte alls, se figur 4.2.

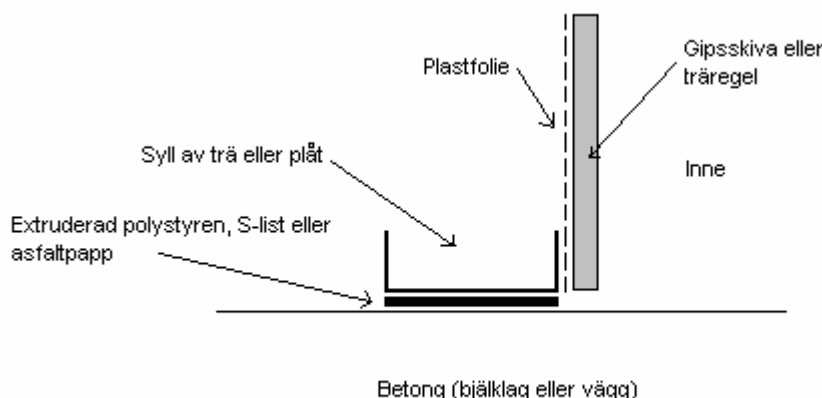


Figur 4.2 Olika sätt att tätta två utegipsskivor.

Vid provning gav dessa utföranden mycket stora skillnader i luftläckage, från nästintill obefintligt med plastskenan, till  $1,7 \text{ m}^3/\text{mh}$  med regel och upp mot  $92 \text{ m}^3/\text{mh}$  vid en 3 mm springa i skarven. Eftersom luftläckagen kan bli så stora vid ett bristfälligt utförande av tätningen, har otätheter i vindskyddet mycket stor betydelse för byggnadens totala lufttäthet, även om det inre tätskiktet har brister. Läckaget i vindskyddet har även betydelse för konstruktionens värmeledande förmåga.

#### 4.3.2. Anslutningar

Anslutningarna mellan en utfackningsvägg och betongvägg eller betongbjälklag sker vanligtvis genom att plastfolien kläms mellan gipsskiva och syll, samt att syllens tätas mot betongen med något slags fukt- och lufttätt material, se figur 4.3.

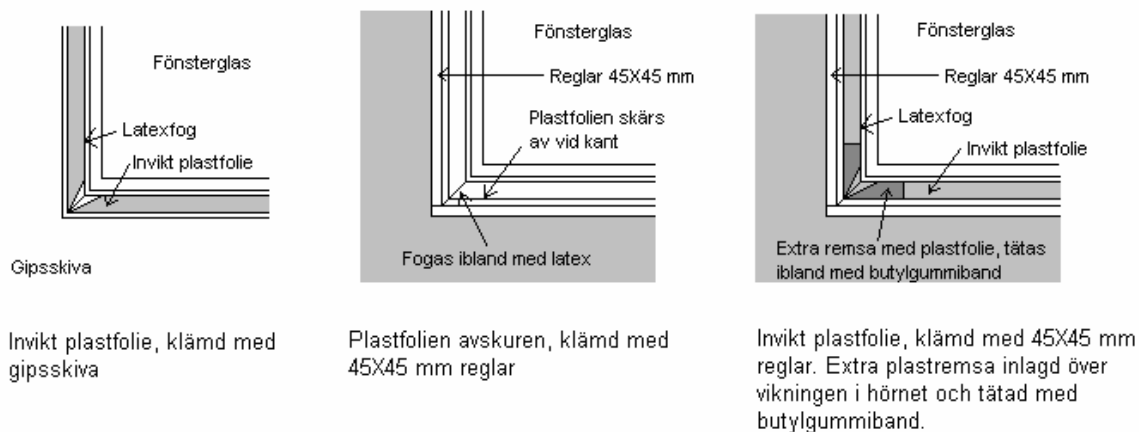


Figur 4.3 Tätning vid anslutning av utfackningsvägg.

Vid provningar kunde man se att för tätningen mellan syll och betonggolvet, var S-listen 6-10 gånger tätare än extruderad polystyren och 30-40 gånger tätare än asfaltpapp.

Mätningarna gäller vid  $\pm 50$  Pa tryckskillnad. Skillnaderna var dessutom ännu större om betongytan hade en grov struktur jämfört med om den var väl slipad.

Anslutningar mellan plastfolie och karm vid fönster ser även de olika ut, se figur 4.4. Ofta viks plastfolien in över karmen och tätas med fogmassa. Det förekommer även att en extra plastremsa sätts utanpå den invikta plastens skarv och tätas med butylgummiband. Ibland kläms plastfolien med en 45 mm regel runt fönstret eller med en gipsskiva. Det händer också att plastfolien skärs av vid regeln efter klämning och skarven mellan reglarna fogas med latex.

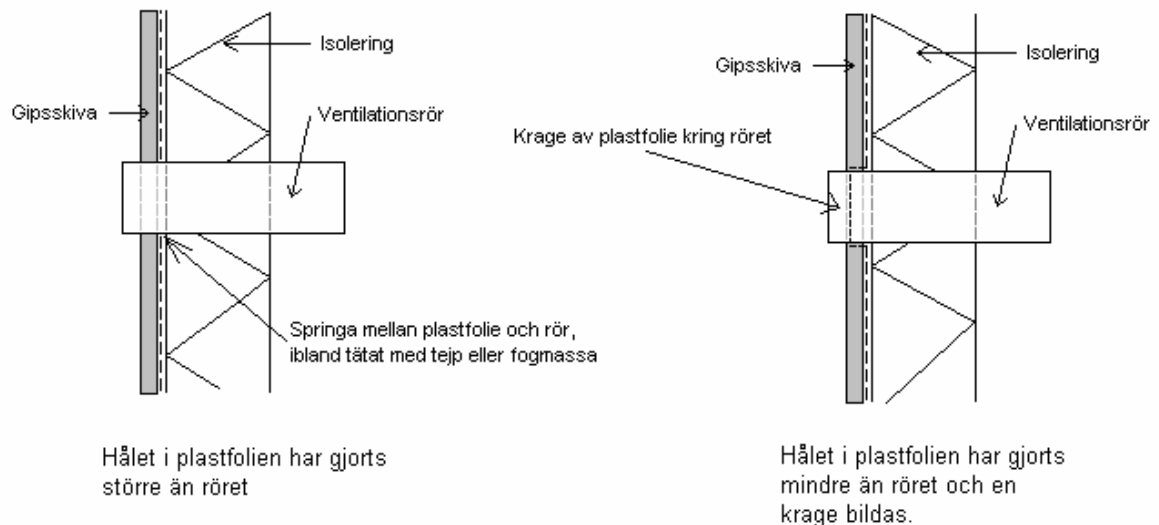


Figur 4.4 Olika sätt att ansluta plastfolien kring fönster- och dörrsmygar.

Vid provtryckning framkom att de varianter där en extra plastfolieremsa lagts in, eller skarvarna tätats med någon slags fogmassa, gav bäst resultat. Luftläckaget blev 4-10 gånger större om tätningen inte gjordes. Dock kräver invikningen med en extra plastremsa en betydligt större arbetsinsats än enbart klämning, avskärning och fogning av plasten. Då dessa två arbetsutföranden gav ungefär samma storlek på läckaget, cirka  $0,5 \text{ m}^3/\text{mh}$ , rekommenderas att använda det sista alternativet då större chans ges till ett gott resultat på detaljutförandet.

### 4.3.3. Genomföringar

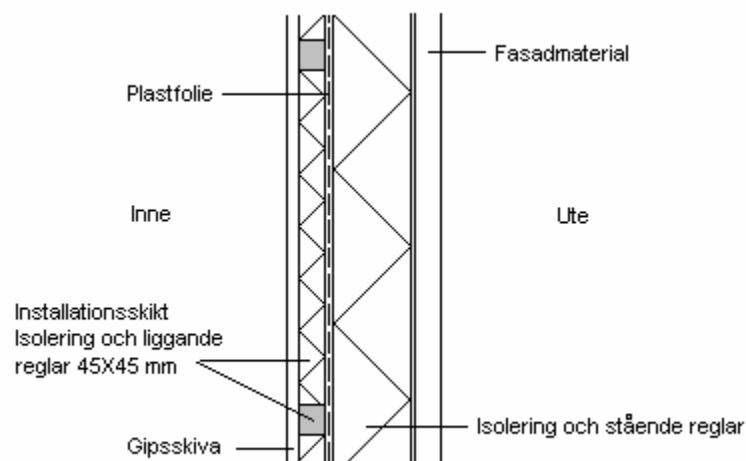
Genomföringar genom plastfolien är nästintill oundvikligt, även om plastfolien ibland dras in en bit i konstruktionen. Olika installationer som eldosor, vattenrör till radiatorer och ventilationskanaler kräver sin plats innanför gipsen och en perforering av plasten blir nödvändig. I vissa fall skärs hålet mindre än dosan eller röret och plasten bildar då en krage kring installationen. I andra fall är hålet i plastfolien större och springor uppstår som ibland tätas med tejp eller fogmassa, se figur 4.5. Ibland görs håltagningen efter att innergipsen monterats och då kan det vara mycket svårt att täta hålet på ett effektivt sätt.



Figur 4.5 Olika sätt att täta genomföringar i plastfolien.

Provnigen visade att det för stort tillskurna hålet gav ett luftläckage på runt  $10 \text{ m}^3/\text{mh}$  medan det snävare tillskurna endast läckte  $0,2 \text{ m}^3/\text{mh}$  vid  $\pm 50 \text{ Pa}$  tryckskillnad. Dock är det svårt att utföra tillskärningen på det mindre hålet så att passformen blir perfekt och det är dessutom tidsödande. Ett bra alternativ skulle då kunna vara en tätningsduk av plastfolie, butyl- eller rågummi, som är självhäftande med ett utstansat hål i mitten. Duken finns i olika storlekar där hålets diameter kan väljas till några millimeter mindre än det rör man vill täta.<sup>58</sup> Med denna lösning uppmättes luftläckaget vid provning till nära obefintligt.

Ett komplement till dessa olika sätt att täta genomföringar, kan vara att bygga ett så kallat installationsskikt på insidan av väggen, vanligtvis 45 mm regler som monteras vågrätt mot väggreglarna. Innanför dessa regler sätts plastfolien och oftast fylls utrymmet därefter med isolering, se figur 4.6. Detta kallas installationsskikt för att de flesta el- och VVS-installationer kan placeras inom detta utrymme. Därmed kan många av genomföringarna genom tätskiktet undvikas och man får en mer lufttät konstruktion.



Figur 4.6 Principskiss över regelvägg med installationsskikt.

<sup>58</sup> Owe Selling. Besiktningsmannen AB.

Installationsskiktet ger dessutom fördelar då man vill minska köldbryggorna i klimatskärmen. Eftersom träreglarna har högre värmegenomgångstal än isoleringen fungerar dessa som köldbryggor. Om väggen byggs med endast stående regler blir det många meter köldbryggor per vägg, medan man med det liggande regelskiktet endast får köldbryggor i den knutpunkt där stående och liggande regel möts.

#### 4.4. Attityder kring lufttäthetsproblematiken

I de intervjuer som gjordes inom ramen för ovan nämnt forskningsprojekt speglas de inblandade aktörernas attityd och kunskap kring lufttäthetsproblemet. I flera av dessa fall betraktades inte lufttätheten som någon viktig fråga och många var ganska okunniga om de effekter som följer av ett otätt klimatskal. De flesta trodde sig veta att luftläckage orsakar drag och ökad energianvändning, men få hade kunskap om sådana konsekvenser som fuktproblem, dålig lukt och partiklar. Det verkar finnas ett stort behov av information och utbildning kring lufttäthet och detta var också något som efterfrågades av de intervjuade aktörerna.

De inblandade blev också tillfrågade om varför de tror att det finns så stora brister i lufttätheten. Många ansåg då att ritningar och beskrivningar ofta inte är tillräckligt detaljerade och att många konstruktionsdetaljer är utförda med dålig kunskap om täthet. En annan anledning som angavs var just bristen på kunskap i alla led, vilket också leder till felprioriteringar och brist på motivation att göra något åt problemet. Många menar att:

Kunskap => Motivation => Bättre utfört jobb!

För att det ska byggas lufttätare hus gäller det att beställaren ställer krav. Det är i projektets startfas attitydförändringen måste ske. Ställer beställaren höga krav på lufttäthet redan i anbudsskedet så finns det goda chanser att problemet kommer upp till ytan under både projekteringen och byggskedet. Det gäller dock att beställaren kan se sambandet mellan den kostnad man måste lägga ner på ett tätare hus, och den besparing i energi som erhålls, samt de problem som kan undvikas under byggnadens livslängd.

Norra Älvstranden Utveckling AB, är ett bostadsbolag i Göteborg som jobbar mycket med att hålla nere energiförbrukningen i de byggnader som uppförs i deras regi. De menar att det går relativt lätt att halvera BBR:s krav på maximalt luftläckage till ca 0,4 l/s och m<sup>2</sup>. Provtryckningar som utförts i lägenheterna i ett av deras senaste bostadsprojekt, visar till och med så låga värden på luftläckaget som 0,19 – 0,38 l/s och m<sup>2</sup>. Detta gäller vid en tryckskillnad på ± 50 Pa. För att kunna uppnå så låga värden krävs dock att man informerar och utbildar alla som är involverade i projektet och får dem att förstå hur pass mycket energi det går att spara på att skapa en tätare byggnad. I de projekt där Norra Älvstranden Utveckling AB lyckats sänka luftläckaget utfördes provtryckningar av lägenheterna redan innan inomhusgipsen monterades. Detta för att kunna spåra alla springor och otätheter och få en chans att åtgärda dessa.<sup>59</sup>

Det är mycket svårt att kontrollera hur tät en byggnad är utan att man gör provtryckningar. Provtryckningar görs dock sällan då det inte finns några krav från vare sig Boverket eller beställaren på att det ska göras. Alltså finns det i praktiken inget sätt för beställaren att veta att Boverkets krav på det ofrivilliga luftläckaget är uppfyllt, om man inte angivit detta i föreskrifterna för byggnaden vid anbudsskedet.

---

<sup>59</sup> Staffan Bolminger. Norra Älvstranden Utveckling AB



Det finns en del råd till beställare, projektörer och entreprenörer, om hur man kan bidra till en byggnad med god lufttätethet.<sup>60</sup> För beställare gäller som ovan nämnt att ställa höga krav i projekteringshandlingarna. Det är även upp till beställaren att kräva att täthetskontroller utförs, både fortlöpande egenkontroller under byggnationen och tryckprovning av färdig byggnad.

För projektörer gäller att beskrivningar och ritningar bör vara utförliga och detaljerade. Om möjligt bör byggnadens klimatskal utformas med indragen fukt- och ångspärr. Elledningar och andra installationer förläggs lämpligen i innerväggarna för att undvika håltagning genom tätskiktet. Upprepade besök på byggarbetsplatsen kan ge vägledning om huruvida de föreskrivna lösningarna är bra och genomförbara.

För bygg-, el- och VVS-entreprenörer ges råden att arbetsledaren skall informera och motivera sina hantverkare om varför en byggnad bör ha ett gott tätskikt samt inverkan av det luftläckage som sker om detta inte uppnås. Arbetsledaren bör även, tillsammans med sina hantverkare, gå igenom de täthetslösningar som föreskrivits för att upptäcka fel eller oklarheter i tid. Ett tydligt avtal med el- och VVS-entreprenörerna bör skrivas om vem som har ansvaret för att täta runt genomföringar i klimatskalet.

---

<sup>60</sup> Adalberth, Karin. *God lufttätethet – En guide för arkitekter, projektörer och entreprenörer.*

## 5. Ekonomi

### 5.1. Livscykelkalkylering

För att kunna avgöra ifall förändringarna av klimatskärmen är lönsamma, måste en investeringsbedömning göras. Då man vill jämföra en dyrare byggnad med lägre driftskostnad med en billigare med högre driftskostnad, kan man studera byggnadens totalkostnad under en längre tidsperiod. Om denna tidsperiod är densamma som byggnadens livslängd talar man om livscykelkalkylering.

De klimatskalförändringar som görs i rapporten, kommer att öka grundinvesteringen för byggnaden men minska driftkostnaderna. En livscykeleconomisk bedömning kan då vara ett hjälpmedel för att avgöra vilka investeringar som ger de lägsta kostnaderna på lång sikt. Det finns ett flertal metoder för att genomföra denna analys varav Payback-metoden är en och LCC-metoden en annan. Payback-metoden innebär att investeringens återbetalningstid beräknas. LCC står för Life Cycle Cost, livscykelkostnad, och är en metod som strävar efter att visa alla de kostnader som investeringen har under hela dess livscykel.<sup>61</sup>

#### 5.1.1. Payback-metoden

Payback-metoden är en enkel investeringskalkyl som används för att se hur lång tid det tar för en investering att återbetala sig. Det är en mycket förenklad beräkningsmetod och för att kunna använda den krävs endast att man känner till

- Merkostnad för investeringen [kr]
- Energibesparingen per år [kWh]
- Energipris [kr/kWh]

Återbetalningstiden kan beräknas enligt

$$\text{Paybacktid} = \frac{\text{Investeringskostnad}}{\text{Energibesparing per år}} \quad [\text{år}] \quad (16)$$

Nackdelen med denna metod är att den är ganska trubbig eftersom den inte tar hänsyn till räntan på det investerade kapitalet. Man ser inte heller den besparing som sker efter återbetalningstiden. Till exempel kan energieffektiva fönster betala sig efter ett visst antal år, men de fortsätter även efter återbetalningstiden att spara energi. På detta vis gynnar metoden kortsiktiga investeringar och är inte lämplig för bedömning av byggnadsdelar med lång teknisk livslängd. Payback-metoden kan dock användas som en första grovsällning för att ta bort de investeringar som har alltför lång återbetalningstid. En tumregel brukar då vara att en investering är lönsam om återbetalningstiden är kortare än halva livslängden på investeringen. En annan är att en investering som inte betalar sig inom fem år inte bör genomföras.<sup>62</sup>

---

<sup>61</sup> Bejrums, Håkan. *Livscykeleconomiska kalkyler för byggnader och fastigheter*.

<sup>62</sup> Energilotsen (Internet)

### 5.1.2. LCC-metoden

LCC-metoden tar hänsyn till alla kostnader och besparingar en investering kommer att medföra under hela dess livscykel. Metoden gynnar ett långsiktigt tänkande och är idealisk att använda då det gäller bedömningar av investeringar i byggnadens klimatskal. LCC ger ett säkrare underlag än payback-metoden.<sup>63</sup> För att göra en LCC-analys krävs kunskap om, eller en uppskattning av, en rad faktorer:

- Merkostnaden för investeringen [kr]
- Åtgärdens energibesparing [kWh]
- Åtgärdens förväntade livslängd, även kallad kalkylperiod [år]
- Den reala kalkylräntan, avkastningskravet [%]
- Energipriset [kr/kWh]
- Förväntad energiprisökning [%]
- Eventuella underhållsmerkostnader för åtgärden [kr]

LCC-metoden innebär att man summerar alla kostnader och besparingar en investering kommer att medföra under hela dess livscykel, och räknar om dem till ett nuvärde. Nuvärdet kan förklaras som dagens värde av en framtida betalning med hjälp av en räntejustering. En investering som görs idag skulle lika gärna kunna betalas in på ett bankkonto, där beloppet skulle öka enligt en viss räntenivå. När nu investeringen görs istället, ställs ett avkastningskrav på pengarna som motsvarar den lägsta lönsamhet som kan accepteras för att investeringen ska genomföras. Kravet uttrycks i procent och kallas kalkylränta. I beräkningar används den reala kalkylräntan, vilket innebär kalkylräntan utöver inflationen. På så vis fås ett ekonomiskt mått som är oberoende av inflation och tidsförskjutningar och därmed går det att jämföra kostnader som utfaller vid olika tidpunkter.<sup>64</sup>

Eftersom det är svårt att sia om framtiden medför uppskattningarna om kostnader och räntor ett visst mått av osäkerhet i LCC-kalkylen. Denna osäkerhet kan till viss del mätas med hjälp av en så kallad känslighetsanalys, se avsnitt 5.3.

LCC för en investering kan beräknas enligt följande

$$K_n = \sum_{t=0}^n \frac{U_t}{(1+r)^t} + A \quad [\text{kr}] \quad (17)^{65}$$

där:

$K_n$  = livscykelkostnad under tiden  $n$  år

$U_t$  = kostnad år  $t$  för underhåll

$A$  = anskaffningskostnad

$r$  = real kalkylränta

---

<sup>63</sup> Energilotsen (Internet)

<sup>64</sup> Bejrums, Håkan, Hanson, Rune & Johnson, Bertil G. *Det levande husets ekonomi*.

<sup>65</sup> Ibid

Denna formel kan specificeras mer för att göra den gällande för byggnader och fastigheter

$$K_n = \sum_{t=0}^n \underbrace{(D_t + U_t)}_{\text{Nuvärde drift+underhåll}} \cdot \frac{1}{(1+r)^t} + \underbrace{I_0}_{\text{Grundinvestering}} \quad [\text{kr}] \quad (18)^{66}$$

där:

$D_t$  = driftskostnad år t

$I_0$  = grundinvesteringen

För att kunna räkna med inverkan av energiprisökningen i livscykelkostnadsberäkningen skrivs driftskostnaden  $D_t$  som

$$D_t = E \cdot \alpha(1 + \beta)^t \quad [\text{kr}] \quad (19)$$

där:

$E$  = årligt energibehov

$\alpha$  = energipris

$\beta$  = energiprisökning

$t$  = livslängd

Med hänsyn tagen till energiprisökningen fås följande ekvation för att beräkna investeringens livscykelkostnad

$$K_n = \sum_{t=0}^n \underbrace{(E \cdot \alpha(1 + \beta)^t + U_t)}_{\text{Nuvärde drift+underhåll inkl energiprisökning}} \cdot \frac{1}{(1+r)^t} + \underbrace{I_0}_{\text{Grundinvestering}} \quad [\text{kr}] \quad (20)^{67}$$

Ifall en energibesparande åtgärd görs där inget underhåll tillkommer förutom det som ändå utförs för byggnadsdelen, blir det inga merkostnader för underhållet. Underhållskostnaden kan då lyftas ut ur beräkningen. Dessutom kan den energi som beräknas gå åt innan åtgärden införs sättas till noll och istället fås den förändring av energiåtgång som åtgärden medför.

Förenklat kan då  $LCC_{\text{energi}}$  beräknas enligt nedan.  $LCC_{\text{energi}}$  är nuvärdessumman av den kostnadsbesparing som återgården åstadkommer under byggnadsdelens livstid.<sup>68</sup>

$$LCC_{\text{energi}} = \text{Nusummeffaktor} \cdot \text{Energipris} \cdot \text{Årlig energibesparing} \quad [\text{kr}] \quad (21)$$

Nusummeffaktorn är en funktion av både den reala kalkylräntan, den reala energiprisökningen samt investeringens förväntade livslängd och fås ur tabell 5.1.

<sup>66</sup>Bejrums, Håkan. *Livscykeleconomiska kalkyler för byggnader och fastigheter*.

<sup>67</sup>Ibid

<sup>68</sup>Energilotsen (Internet)

Tabell 5.1 Nusummefaktorn vid olika brukstider och differenser mellan real kalkylränta och real energiprisökning.<sup>69</sup>

Brukstid	Differensen mellan kalkylränta och energiprisökning (real kalkylränta – real energiprisökning)					
	- 4%	- 2%	0%	2%	4%	6%
10 år	12,60	11,19	10,00	8,98	8,11	7,36
20 år	31,56	24,89	20,00	16,35	13,59	11,47
30 år	60,07	41,66	30,00	22,39	17,29	13,76
50 år	167,47	87,29	50,00	31,42	21,48	15,76
60 år	264,51	118,03	60,00	34,76	22,62	16,16
100 år	1456,89	327,01	100,00	43,09	24,50	16,68

Kriteriet för lönsamhet är att beräknad  $LCC_{\text{energi}}$  ska vara högre än merkostnaden för investeringen. Då fås ett positivt värde på  $LCC_{\text{total}}$  enligt

$$LCC_{\text{total}} = LCC_{\text{energi}} - \text{Investeringsmerkostnad} \quad [\text{kr}] \quad (22)$$

Om så är fallet är åtgärden lönsam och bör genomföras.

### 5.1.3. Val av metod

Eftersom syftet med studien är att bedöma lönsamheten i olika energieffektiviserande förändringar av klimatskalet, ger Payback-metoden ett alltför osäkert resultat då den inte tar hänsyn till de långsiktiga driftkostnadsbesparingar åtgärderna antas ge. För att bedöma om en förändring är ekonomiskt försvarbar används alltså LCC-metoden i denna studie. Referensbyggnadens grundinvestering sätts till noll och merkostnaden för varje förändring tas fram. Därefter beräknas  $LCC_{\text{energi}}$  för varje vald åtgärd enligt ekvation (21) då åtgärderna inte antas ha några extra underhållskostnader jämfört med referensbyggnaden. Slutligen subtraheras  $LCC_{\text{energi}}$  för åtgärden med dess ökade investeringskostnad och om summan är positiv är investeringen lönsam ur ett livscykelperspektiv.

## 5.2. Fastighetskalkyl

Då en byggnad planeras görs en investeringsbedömning i form av en fastighetskalkyl, vilket innebär att man gör en lönsamhetsbedömning för hela byggnaden på lång sikt. Denna används för att ge beställaren ett beslutsunderlag när det gäller framtida kostnader för byggnaden. Kalkylen består av initialkostnader som köp av tomten, kostnader för bygglov, projektering av bygget, uppförande av fastigheten, avlopps- och kabeldragningar men också av mer långsiktiga pengaflöden såsom räntekostnader, förvaltningskostnader, drift- och underhållskostnader, amorteringar samt hyresintäkter.

Om beställaren är densamma som ska förvalta byggnaden är denna investeringsbedömning särskilt intressant. Med hjälp av den kan man lätt se sådana samband som att en högre investeringskostnad på sikt kan ge en lägre driftskostnad. Ur fastighetskalkylen kan man även med hjälp av passräkning ta reda på vilken hyra per m<sup>2</sup> som måste tas ut av brukaren för att investeringen ska vara lönsam. Uppvärmningskostnader står för en ganska stor del

<sup>69</sup> Energilotsen (Internet)

av den slutliga hyran och kan dessa kostnader minskas så kan till viss del även hyran sänkas.<sup>70</sup>

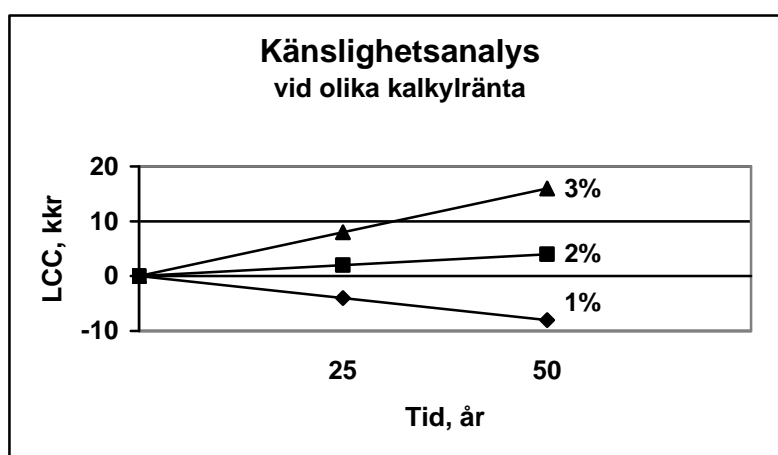
Inom ramen för denna studie görs en fastighetskalkyl för referensbyggnaden med hjälp av ett kalkylprogram. Därefter sätts de ökade investeringskostnader och minskade uppvärmningskostnader som fås vid de valda förändringarna in i kalkylen. På det sättet ges en överskådlig bild av hur förändringarna påverkar byggnadens totala ekonomi och det blir också lättare att jämföra ”energibyggnaden” med referensbyggnaden eller med liknande projekt.

### 5.3. Känslighetsanalyser

Eftersom det är svårt att sia om framtiden medför uppskattningarna om kostnader och räntor ett visst mått av osäkerhet såväl i LCC- som i fastighetskalkylen. Stora satsningar kan göras som baseras på antaganden om exempelvis energiprisökningen i framtiden, och om antagandet inte slår in kan investeringen bli ett misslyckande. Även uppgifter om materialkostnader kan utgöra en osäkerhet för kalkylens resultat. Materialkostnaderna kan variera kraftigt från leverantör till leverantör och beroende på gällande avtal men kan även minska då man köper större kvantiteter.

Det är med bakgrund av detta nödvändigt att analysera de osäkerheter som antaganden i kalkylen medför. Om detta inte görs, och presenteras på ett bra sätt, kan man lätt luras av de exakta siffrorna i kalkylen och glömma att ifrågasätta antagandena bakom dessa. I en känslighetsanalys undersöks om resultaten i kalkylen är känsliga för förändringar av förutsättningarna. Syftet med känslighetsanalysen är att upptäcka de förutsättningar som är särskilt kritiska för att se om en viss investering är lönsam, se figur 5.2 som exempel.<sup>71</sup>

De olika förutsättningar som i denna studie bör varieras och undersökas i en känslighetsanalys är främst kalkylräntans storlek och den förväntade energiprisökningen.



Figur 5.2 Exempel på förändringar av LCC vid olika kalkylränta.

<sup>70</sup> Johan Carlberg. Skövdebostäder

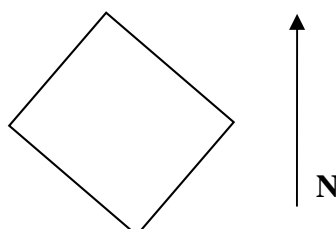
<sup>71</sup> Högskolan i Skövde. Kurskompendium - A27 Industriell ekonomi.

## 6. Referensbyggnaden i Kv. Vadden

### 6.1. Referensbyggnadens förutsättningar

#### 6.1.1. Orientering och storlek

Referensbyggnaden är ett punkthus som orienteras mot norr enligt figur 6.1. Byggnaden rymmer 22 stycken lägenheter fördelade över 6 våningar. På bottenplan finns även förråd.



Figur 6.1 Referensbyggnadens placering.

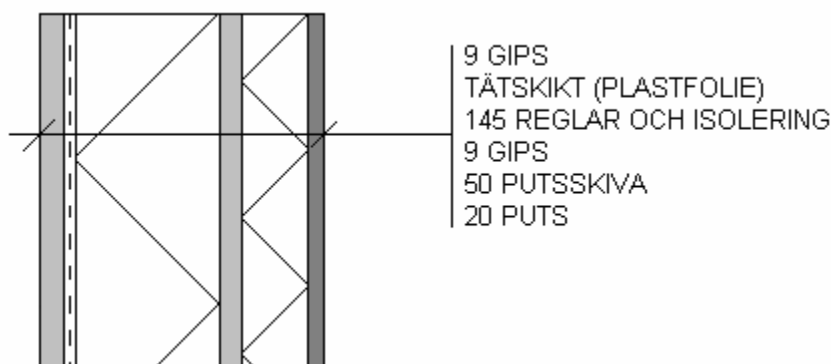
Några olika termer för att benämna olika areor i en byggnad är BOA och BTA. BOA är boarean, det vill säga arean av de utrymmen som bebos. Trapphus, förråd och tvättrum räknas inte med i BOA. BTA, eller bruttoarea, är den area av ett eller flera golvplan som begränsas av omslutande byggnadsdelars utsida.<sup>72</sup> Referensbyggnadens BOA är 1744 m<sup>2</sup> och BTA 2076 m<sup>2</sup>.

#### 6.1.2. Klimatskal

Grunden är utförd som kantförstyvad platta på mark av 200 mm betong som isoleras med cellplast. Bärande innerväggar utförs i 200 mm betong och bjälklag utförs i 220 mm betong.

Yttertaket är uppstolpat av takstolar på betongbjälklag. Taket består av bandtäcktplåt, papp, råspont och 300 mm mineralull.

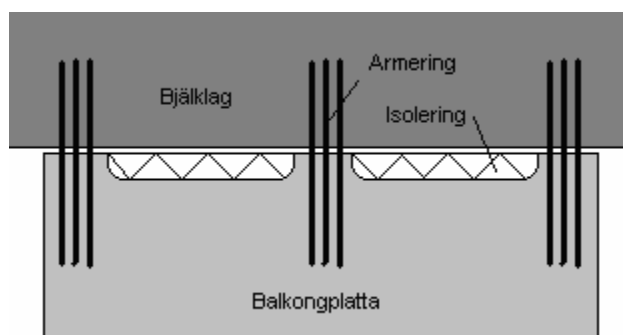
Ytterväggarna är uppbyggda av en mineralullsfylld trästomme på 145 mm med plastfolie och gips på insidan, samt gips, isolering och puts på utsidan, se figur 6.2.



Figur 6.2 Principskiss av yttervägg.

<sup>72</sup> Boverket. Boverkets byggregler, BBR

Balkongerna utförs genom att en prefabricerad betongplatta med ingjuten kantisolering och armering, gjuts in i bjälklagskanterna, se figur 6.3.



Figur 6.3 Principskiss av balkongplattans infästning.

Köldbryggor finns i byggnadens klimatskal och utgörs till större delen av balkonginfästningar, där en del betong och armering går från bjälklaget rakt igenom klimatskalet. Även bjälklagets möte med ytterväggen utgör köldbryggor, då väggens isolering måste minska vid upplaget.

U-värden för de olika delarna av klimatskalet är framtagna efter byggnadens K-ritningar och genom användandet av U-värdesmetoden och  $\lambda$ -värdesmetoden. De beräknade U-värdena för referensbyggnaden framgår av tabell 6.4

U-värdena för olika byggnadsdelar har korrigerats och justerats enligt BBR för att ta hänsyn till bland annat olika köldbryggor i väggar och tak, markens värmegenomgångsmotstånd och infästningen för fönster och dörrar.

Tabell 6.4 Klimatskalets korrigerade och justerade U-värden.

Byggnadsdel	U-värde ( $W/m^2K$ )
Yttervägg	0,2446
Tak	0,1574
Platta på mark	0,2138
Fönster	1,4
Köldbrygga bjälklag	0,6
Köldbrygga balkong	2,37
Port	1,5
Balkongdörrar	1,5

### 6.1.3. Installationer

Byggnaden ventileras med ett frånluftssystem, alltså en mekanisk fläkt som suger ut luft ur badrum och kök i lägenheterna. Ny luft tillförs byggnaden genom friskluftsentiler placerade bakom radiatorerna under fönstren. Med ett frånluftssystem uppnås ett relativt jämnt och väderoberoende till- och frånluftsföde men luften som tillförs byggnaden är



dock både ouppvärmad och ofiltrerad. En fördel med frånluftssystemet är att det, förutom rensningsplikten, är i stort sett underhållsfritt.<sup>73</sup>

Uppvärmningen av byggnaden sker med vattenburna radiatorer som är kopplade till fjärrvärmenätet. Den energi som behövs för att värma upp byggnaden köps således i form av fjärrvärme.

## 6.2. Variationer av referensbyggnaden

### 6.2.1. Geografiskt läge

Byggnaden är i sitt ursprung placerad i Skövde och kommer i denna studie även placeras i Lund och i Borlänge. Detta eftersom det är inom dessa geografiska områden som byggnaden troligtvis kommer att uppföras om det blir aktuellt och på så sätt jämförs två ytterligheter, Lund och Borlänge, med en mellanvariant, Skövde. Energianvändningen kommer givetvis att påverkas av klimatet på de olika platserna i landet och detta leder till att även de olika energibesparande åtgärder som görs kommer att vara mer eller mindre lönsamma beroende på placeringen av byggnaden.

### 6.2.2. Fönster

Det har i tidigare examensarbeten och undersökningar visat sig vara en god investering att byta ut fönster med höga U-värden mot mer energieffektiva fönster.<sup>74, 75</sup> För att ge en bild av hur mycket energianvändningen påverkas av att byta till fönster med lägre U-värde, jämförs de ursprungliga fönstrens U-värde på 1,4 W/m<sup>2</sup>K med ett med U-värde 1,2 W/m<sup>2</sup>K. Även fönstrens solfaktor väljs att förändras från 0,5 till 0,6 vid bytet till ett mer energieffektivt fönster. Solfaktorn är ett mått på den andel solenergi i form av värme som kommer igenom fönstret. Ett högt solvärde medför en hög andel gratis värme. Om byggnaden har stora glasytor kan det dock vara behagligare med en något lägre solfaktor. Ett öppet fönster har solfaktorn 1, det vill säga 100 procent, och det rekommenderade lägsta värdet på solfaktorn för bostäder är 0,52 eller 52 procent.<sup>76</sup>

### 6.2.3. Ytterväggar

Ytterväggarna i byggnaden är projekterade för att ha en låg initialkostnad. De är uppbyggda av ett konventionellt träregelverk, 145 mm tjockt, med isolering mellan reglarna, se figur 6.5. En jämförelse mellan de ursprungliga 145 mm och ett 170 mm tjockt lager med regler och isolering kommer att göras.

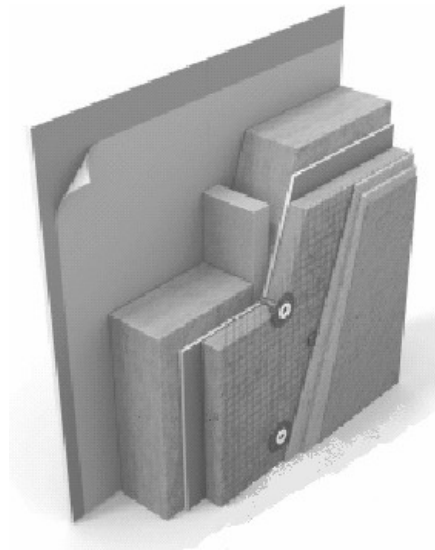
---

<sup>73</sup> Warfvinge, Catarina. *Installationsteknik AK för V*

<sup>74</sup> Lindahl, Maria, Utbult, Magnus & Wärmsjö, Per. *Energioptimering av flerbostadshus*

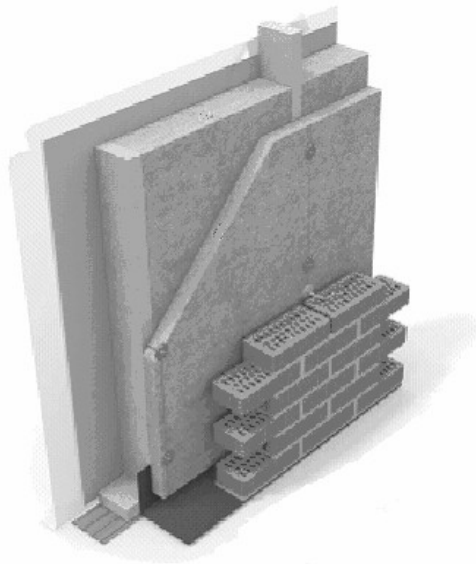
<sup>75</sup> Warfvinge, Catarina. *Kv Jöns Ols i Lund – energisnålt och lönsamt flerfamiljshus med konventionell teknik.*

<sup>76</sup> Statens Energimyndighet. *Välj rätt fönster.*



*Figur 6.5 Yttervägg med gips, tätskikt, träregelstomme med isolering, utegips samt putsskiva innanför puts.<sup>77</sup>*

Fasadens putsyttskikt kommer att jämföras med en tegelfasad, se figur 6.6. Då kommer putsskivan som används i första fallet att bytas ut mot en likvärdig isolerskiva. I studien jämförs även en ökning av putsskivan alternativt isolerskivans tjocklek från 50 mm till 70 mm.



*Figur 6.6 Yttervägg med gips, tätskikt, träregelstomme med isolering samt isolerskiva innanför tegel.<sup>78</sup>*

Konsekvensen av att bygga på väggarnas isolerskikt är att väggens tjocklek ökar, antingen utåt eller inåt i byggnaden. Om väggen tillåts växa inåt minskar den uthyrbara ytan och hyresintäkter går förlorade. Om man däremot låter väggen växa utåt så krävs en större grundläggningsyta och en större takkonstruktion vilket medför en högre kostnad. Ett tidigare examensarbete som gjorts, visar att de förlorade hyresintäkter som fås om väggen växer inåt, är betydligt större än den driftskostnadsbesparing man gör med tjockare

<sup>77</sup> Paroc (Internet)

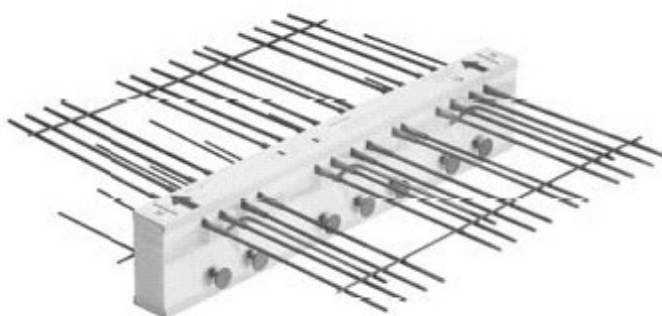
<sup>78</sup> Ibid

väggisolering.<sup>79</sup> I den här studien undersöks därför fallet då väggen växer utåt, för att inte några hyresintäkter ska gå förlorade. I studien medräknas dock inte den extra kostnad som den ökade grundläggningsytan och den större takkonstruktionen ger.

#### 6.2.4. Köldbryggor

Om köldbryggan vid balkonginfästningen kan minskas vinner man inte bara ett sänkt energibehov, utan kommer dessutom åt problem som drag och kallras intill balkongdörren. På så vis kan större yta av byggnaden användas utan minskad komfort.

En jämförelse mellan referenshusets balkonginfästning och en produkt för att minska köldbryggorna kommer att göras. Denna produkt är relativt dyr, men kan som tidigare sagts ge mervärden i form av ökad komfort. Infästningen består av moduler av cellplast med drag- och tryckarmering av rostfritt stål, se figur 6.7, där cellplasten bryter köldbryggan som uppstår i ett obrutet betongskikt. Stålet i armeringen har dessutom en lägre värmeledningsförmåga än konventionell armering. Dessa moduler placeras intill bjälklagskanten och gjuts sedan in i balkongplattan samt bjälklaget.<sup>80</sup>



Figur 6.7 Balkonginfästningssystem för minskade köldbryggor.<sup>81</sup>

För att minska köldbryggorna där bjälklaget möter ytterväggen kan bjälklagskanterna vid upplaget förskjutas inåt och det hålrum som uppstår fyllas med extra isolering.<sup>82</sup> I studien görs en förskjutning cirka 50 mm och därigenom kan 50 mm extra isolering placeras mellan bjälklaget och utfackningsväggen, se figur 6.8.

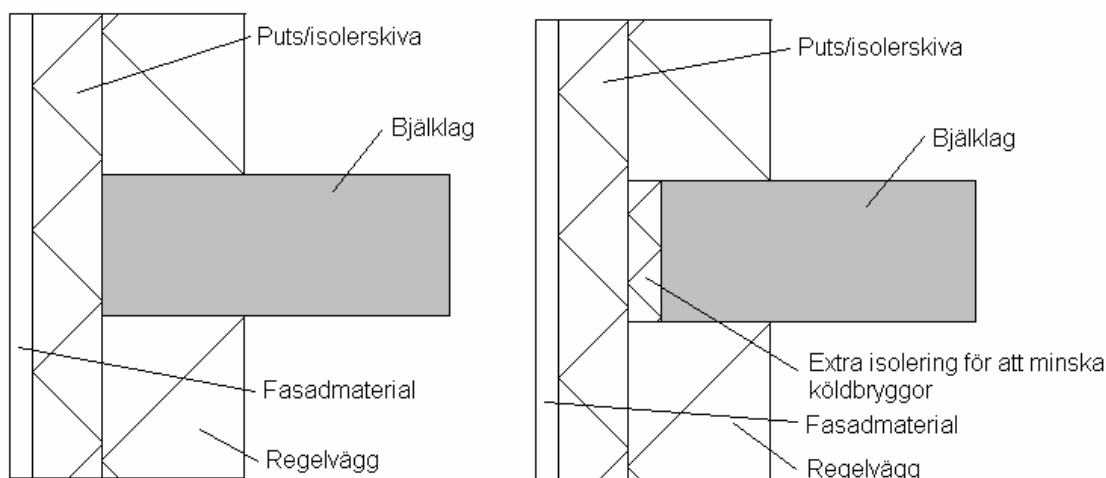
---

<sup>79</sup> Lindahl, Maria, Utbult, Magnus & Värmsjö, Per. *Energioptimering av flerbostadshus*.

<sup>80</sup> Halfen-Deha (Internet)

<sup>81</sup> Ibid

<sup>82</sup> Jan-Eje Andersson, PIAB AB



Figur 6.8 Möte mellan bjälklag och yttervägg. Minskning av köldbryggor.

### 6.2.5. Tätare byggnad

Det ofrivilliga luftläckaget antas kunna minskas från 0,8 l/s och m<sup>2</sup> till 0,4 l/s och m<sup>2</sup>. Den ökade tätheten ska uppnås med hjälp av utbildning och information till alla inblandade samt de arbetsutföranden som visade sig ha lägst luftläckage i kapitel 4. Dessutom byggs ett installationskikt för att slippa genomföringar i tätskiktet.

### 6.3. Sammanställning av referensbyggnaden och dess variationer

I tabell 6.9 nedan finns en sammanställning av referensbyggnadens förutsättningar samt de valda variationer på dessa som kommer att ingå i studien.

Tabell 6.9 Sammanställning av förutsättningarna för studien.

	Referensbyggnaden	Variationer
<b>Geografiskt läge</b>	Skövde	Lund, Borlänge
<b>U-värde fönster</b>	1,4	1,2
<b>Solfaktor fönster</b>	0,5	0,6
<b>Isolering i regelvägg</b>	145 mm	170 mm
<b>Putsskiva/Isolerskiva</b>	50 mm	70 mm
<b>Köldbrygga bjälklag</b>	Ingen extra isolering	50 mm
<b>Köldbrygga balkong</b>	Normal infästning	Mer isolerad infästning
<b>Fasadmaterial</b>	Puts	Tegel
<b>Täthetskrav</b>	0,8 l/s och m <sup>2</sup>	0,4 l/s och m <sup>2</sup>

## 7. Beräknade resultat och tillhörande analyser

### 7.1. Kända och okända indata till BV<sup>2</sup>

Vissa indata som har använts för att kunna göra energiberäkningar i BV<sup>2</sup> är kända. Andra indata har uppskattats, ofta med hjälp av personer med erfarenhet inom det området. De data som lagts in i BV<sup>2</sup> som är kända är:

- Byggnadens utformning, storlek och placering
- Klimathållningssystemet i byggnaden
- De olika geografiska placeringarna av byggnaden och tillhörande klimatdata
- Byggnadsdelarnas olika U-värden, beräknade från byggnadens K-ritningar
- Köldbryggornas storlek, även de beräknade från byggnadens K-ritningar

De indata som uppskattats är:

- Byggnadens ofrivilliga luftläckageflöde
- Storleken på det fläktstyrda ventilationsflödet
- Den interna värmegenereringen från personer, maskiner och belysning
- Vädringsfrekvensen
- Fönsterglasens solfaktor

Vissa indata har även utelämnats helt, beroende på att de inte är relevanta för de jämförelser som görs. Hit hör exempelvis energibehovet för beredning av tappvarmvatten.

I BV<sup>2</sup> finns inga klimatdata för Skövde, därför används värden för Karlsborg istället.

För exakta värden av de indata som användes i BV<sup>2</sup> se bilaga 1.

### 7.2. De valda förändringarnas energibehov

De olika alternativen som undersökts ger olika stor energiåtgång och därmed olika stor energibesparing. Energiåtgången blir givetvis större ju längre norrut byggnaden placeras, se tabell 7.1.

Investeringsmerkostnader för förändringarna beskrivs i bilaga 2. Merkostnaden baseras på Peabs leverantörsavtal och uppskattningar av merarbete.

Tabell 7.1 Energiåtgång i referensbyggnaden, merkostnad och energiminskning för olika förändringar i klimatskalet, även energiminskning i % för olika förändringar.

	Förändring i klimatskalet	Merkostnad kkr inkl. moms	Total energiåtgång för hela byggnaden (MWh)		
			Lund	Skövde	Borlänge
	<b>Referensbyggnaden</b>	-	<b>156,9</b>	<b>192,2</b>	<b>221,7</b>
1	<b>Extra isolering i vägg (170 mm)</b>	35	155,4	190,5	219,8
	Energiminskning jfr referensbyggnaden		-0,96 %	-0,88 %	-0,86 %
2	<b>Tjockare putsskiva (70 mm)</b>	13,2	153,9	188,6	217,7
	Energiminskning		-1,91 %	-1,87 %	-1,80 %
3	<b>Installationsskikt + tätare byggnad (45 mm och 0,4 l/s och m<sup>2</sup>)</b>	152	114,5	139,6	159,4
	Energiminskning		-27,02 %	-27,37 %	-28,10 %
4	<b>Endast installationsskikt</b>	152	152,8	187,4	216,4
	Energiminskning		-2,61 %	-2,50 %	-2,39 %
5	<b>Bättre fönster (U-värde 1,2 och solfaktor 0,6)</b>	26,4	145,3	178,6	206,1
	Energiminskning		-7,39 %	-7,08 %	-7,04 %
6	<b>Extra isolering av köldbryggor vid bjälklagskanten (50 mm)</b>	7,3	154,2	189,0	218,2
	Energiminskning		-1,72 %	-1,66 %	-1,58 %
7	<b>Minskade köldbryggor vid balkonginfästning (Halfen-Deha)</b>	85,5	155,7	190,8	220,2
	Energiminskning		-0,76 %	-0,73 %	-0,68 %
8	<b>Tegel istället för puts i fasaden</b>	150	153,6	188,7	217,8
	Energiminskning		-2,10 %	-1,78 %	-1,75 %

I de redovisade resultaten från energiberäkningarna ovan, kan noteras att den stora energibesparingen fås när byggnaden görs tätare och dess luftläckage minskar. Även fönster med lägre U-värde ger en betydande minskning av energiåtgången. De återstående alternativen ger relativt små energibesparingar i jämförelse.

### 7.3. Förändringarnas lönsamhet ur ett LCC-perspektiv

LCC<sub>energi</sub> är ett mått på den kostnadsbesparing som åtgärden åstadkommer under dess livslängd, omräknat till ett nuvärde. En investering lönar sig om LCC-värdet blir positivt och ju högre detta värde blir desto snabbare betalar sig investeringen. Livscykelkostnaden för de valda alternativen har beräknats enligt ekvation 21 och 22 i kapitel 5.1.2.

Energipriset har beräknats enligt modell från Skövde kommun.<sup>83</sup> Den reala kalkylräntan har satts till 4 procent och den reala energiprisökningen till 2 procent.<sup>84</sup> Detta gäller för alla ekonomiska beräkningar i denna rapport.

Tabell 7.2 LCC för enskilda förändringar av klimatskalet. Livslängd 50 år, energipris 0,57kr/kWh, kalkylränta 4 % och energiprisökning 2 %.

	Förändring av klimatskalet	LCC <sub>energi</sub> (kr)		
		Lund	Skövde	Borlänge
1	Extra isolering i vägg	-13 399	-10 508	-7 618
2	Tjockare puts-/isolerskiva	30 172	38 844	44 625
3	Installationsskikt + tätare byggnad	653 003	829 332	1 004 216
4	Endast installationsskikt	-92 782	-82 665	-75 438
5	Bättre fönster	141 263	170 170	199 076
6	Extra isolering vid köldbryggor vid bjälklagskanten	31 697	38 923	43 259
7	Minskade köldbryggor vid balkonginfästning	-68 199	-65 309	-63 863
8	Tegel istället för puts	-102 304	-99 414	-93 633

Enligt de redovisade LCC-beräkningarna i tabell 7.2 ovan lönar det sig inte att bygga ett installationsskikt i en vägg om endast väggens värmegenomgångsmotstånd beaktas, se alternativ 4. Om det däremot går att räkna med den energi som sparas genom att byggnaden har blivit tätare ger denna investering en mycket god lönsamhet, se alternativ 3.

Tjockare isolering i regelväggen är inte lönsam, se alternativ 1. Här är dock värdena på olönsamheten relativt små och har ett visst mått av osäkerhet på grund av eventuella förändringar av materialpriset, se känslighetsanalyser kapitel 5.3. Detta förbehåll gäller för alla alternativens resultat i LCC-analysen.

Intressant att se är att en tjockare putsskiva, alternativ 2, har en bättre isolerande förmåga än mineralullen i alternativ 1, se resultat tabell 7.1, och ger ett positivt värde i LCC-beräkningen. Detta beror på att tjockare mineralull kräver ett större regelverk och därmed blir materialkostnaderna högre för alternativ 1 än för putsskivan som endast kräver grövre infästningsskruvar. Tjockare putsskiva blir då ett bättre alternativ då man vill öka klimatskalets isolerförmåga.

Alternativ 7 med minskade köldbryggor vid balkonginfästningen lönar sig inte i detta projekt. Den relativt lilla energibesparingen som denna åtgärd ger överskuggas i ett livscykelperspektiv av dess höga merkostnad vid investeringstillfället.

Att byta fasadens ytskikt från puts till tegel, alternativ 8, blir en olönsam affär om man bara ställer investeringens merkostnad mot energibesparingen. Det är då enbart estetiska skäl som motiverar att detta alternativ genomförs.

<sup>83</sup> Skövde Kommun – Driftskostnad för fjärrvärme (Internet)

<sup>84</sup> Johan Carlberg, Skövdebostäder

## 7.4. Sammanslagna förändringar

Utifrån lönsamheten av ovan valda investeringar har olika alternativ av klimatskalet kombinerats enligt följande:

- Samtliga alternativ av klimatskalet slås ihop. Fasadmaterialet är puts. Anledningen till att denna kombination finns med, trots att vissa ingående förändringar visats sig vara olönsamma ur ett LCC-perspektiv, är att de trots detta kan ha ett mervärde i form av höjd komfort.
- Alla lönsamma alternativ, de med positiva LCC-värden, slås ihop. Fasadmaterialet är puts.
- Alla lönsamma alternativ slås ihop. Här byts dock fasaden ut mot tegel. Anledningen till detta är att trots att tegelfasaden visat sig vara olönsam ur ett LCC-perspektiv, kan det finnas estetiska värden i att uppföra byggnaden med tegelfasad istället för puts.
- Samtliga lönsamma alternativ slås ihop förutom installationsskiktet och därmed inte heller täthetskravet. Fasadmaterialet är puts.

För dessa nya sammanslagna alternativ beräknas den totala energianvändningen samt den totala merkostnaden för att utföra förändringarna. Då minskar energiåtgången enligt tabell 7.3.

Tabell 7.3 Energiåtgång, energiminskning samt merkostnad för olika kombinationer av förbättringar av klimatskalet.

	Sammanslagna förändringar av klimatskalet	Energiåtgång (MWh/år)			Merkostnad för alternativet
		Lund	Skövde	Borlänge	
	<b>Referensbyggnaden</b>	<b>156,9</b>	<b>192,2</b>	<b>221,7</b>	
1	Alla förändringar (puts) (1+2+3+5+6+7)	98,91	121,5	138,5	319 569 kr
	Energiminskning	-37,0%	-36,8%	-37,5%	
2	Alla lönsamma förändringar (puts) (2+3+5+6)	101,2	124,3	141,7	198 947 kr
	Energiminskning	-35,5%	-35,3%	-36,1%	
3	Alla lönsamma förändringar (tegel) (2+3+5+6+8)	97,93	120,5	137,9	348 947 kr
	Energiminskning	-37,6%	-37,3%	-37,8%	
4	Alla lönsamma förändringar utom täthet (2+5+6)	142,1	174,9	202,3	46 908 kr
	Energiminskning	-9,4%	-9,0%	-8,8%	

Här syns tydligt att en byggnad som har uppförts med högre krav på täthet såsom alternativ 1, 2 och 3, förbrukar runt 30 procent mindre energi per år jämfört med en byggnad där man bortser från att öka tätheten, se alternativ 4. Alternativ 2 ger en något lägre energibesparing än alternativ 1 och 3, men har i gengäld en betydligt lägre investeringskostnad vilket kommer visa resultat i LCC-beräkningarna i tabell 7.4.

Livscykelkostnaden för de fyra sammansatta alternativen har beräknats enligt ekvation 21 och 22 i kapitel 5.1.2.



Tabell 7.4 LCC för olika kombinationer av förändringar av klimatskalet. Livslängd 50 år, energipris 0,57 kr/kWh, kalkylränta 4 % och energiprisökning 2 %.

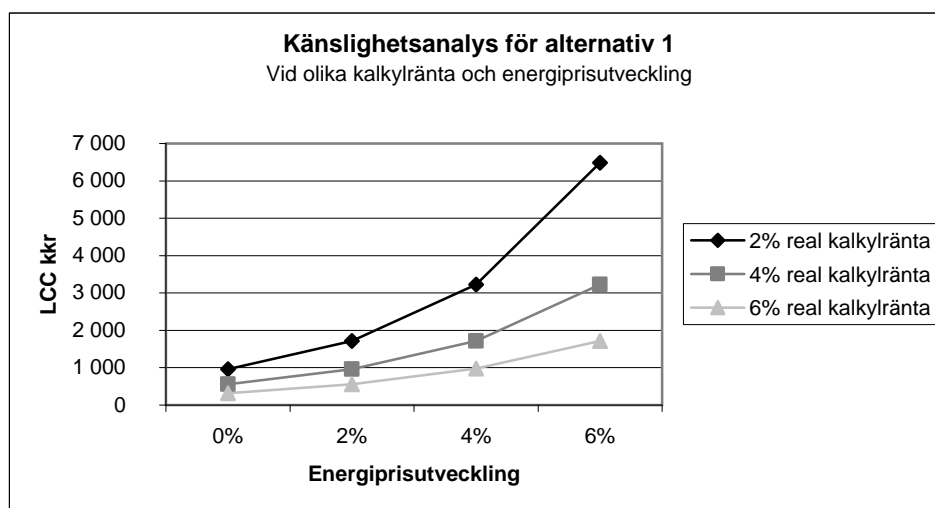
Sammanlagda förändringar		LCC <sub>energi</sub> (kr)		
		Lund	Skövde	Borlänge
1	Alla förändringar	518 571	702 271	882 936
2	Alla lönsamma förändringar	606 095	782 424	957 308
3	Alla lönsamma förändringar (tegel)	503 357	687 346	862 230
4	Alla lönsamma förändringar utom täthet	166 999	203 132	233 484

I tabell 7.4 framgår att alla de sammanslagna alternativen är lönsamma investeringar, oberoende av byggnadens geografiska läge och om byggnadens täthet beaktas. Det mest lönsamma alternativet är dock alternativ 2, där man minskar byggnadens luftläckage och endast utför de förändringar som i ett tidigare skede visat sig vara lönsamma ur ett LCC-perspektiv.

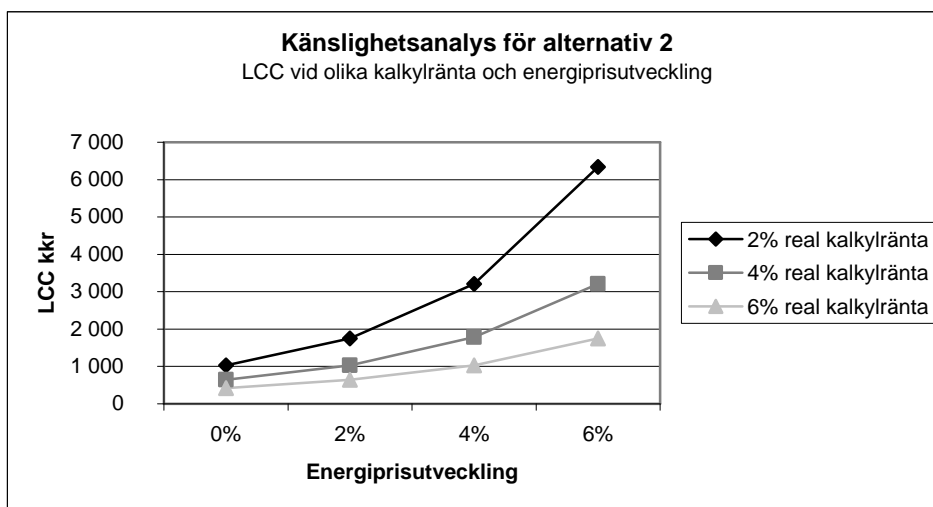
Viktigt är att notera att de siffror som resultaten visar är den kostnadsbesparing som alternativet genererar under sin beräknade livslängd, omräknat till ett nuvärde. Den är inte en vinst i sig utan ett mått för att jämföra olika investeringar.

#### 7.4.1. Känslighetsanalyser för LCC-beräkningar

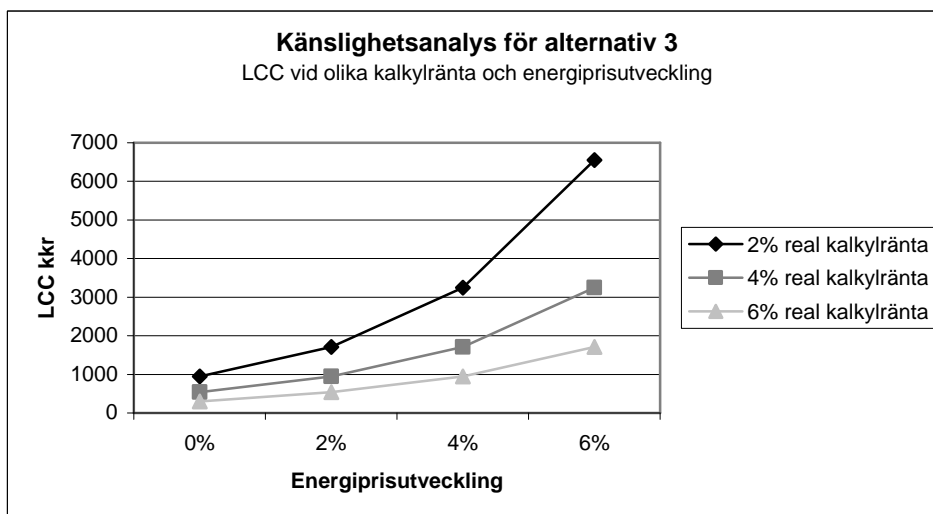
Nedan följer känslighetsanalyser för de fyra huvudalternativens LCC-beräkningar. De ursprungliga LCC-beräkningarna är baserade på en kalkylränta på 4 % och en energiprisökning på 2 %. I dessa analyser kontrolleras även kalkylräntan 2 % och 6 % samt energiprisökningen 0 %, 4 % samt 6 %.



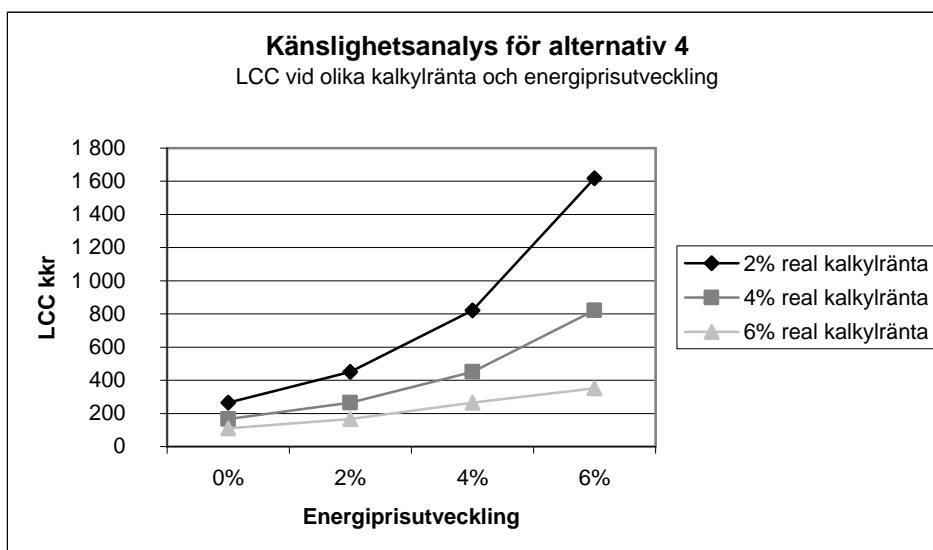
Figur 7.5 Känslighetsanalys för LCC om alla förändringar av klimatskalet görs, alternativ 1. Livslängd 50 år och energipris 0,57 kr/kWh.



Figur 7.6 Känslighetsanalys för LCC om alla lönsamma förändringar av klimatskalet görs, alternativ 2. Livslängd 50 år och energipris 0,57 kr/kWh.



Figur 7.7 Känslighetsanalys för LCC om alla lönsamma förändringar av klimatskalet görs och om fasaden är av tegel, alternativ 3. Livslängd 50 år och energipris 0,57 kr/kWh.



Figur 7.8 Känslighetsanalys för LCC om alla lönsamma förändringar görs, utom de som innefattar ett tätare klimatskal, alternativ 4. Livslängd 50 år och energipris 0,57 kr/kWh.

Som kan utläsas ur känslighetsanalyserna för samtliga alternativ, se tabell 7.5 till 7.8, blir ingen investering olönsam, även om kalkylräntan och energiprisökningen varierar med någon procent upp eller ner. Generellt kan sägas att ju större energiprisökningen blir i framtiden, desto mer kommer investeringarna att löna sig. Omvänt gäller att ju högre kalkylräntan blir desto lägre vinst genererar investeringen.

## 7.5. Huvudalternativens driftskostnad

I tabell 7.9 nedan redovisas hur mycket de valda alternativens uppvärmningskostnader för byggnaden. Driftskostnaden redovisas som en kostnad per BOA för att lätt kunna användas i fastighetskalkylens drift- och underhållskostnader. Uppvärmningskostnaden är baserad på den energiåtgång som beräknats och redovisats i tabell 7.3, fjärrvärmepriset 0,57 kr/kWh samt BOA 1744 m<sup>2</sup>.

Tabell 7.9 Driftskostnad för uppvärmning för de fyra huvudalternativen.

Sammanslagna förändringar		Driftskostnad		
		kr/BOA (endast uppvärmning)		
		Lund	Skövde	Borlänge
	<b>Referensbyggnaden</b>	<b>52</b>	<b>63</b>	<b>73</b>
1	Alla förändringar förutom tegelfasad	33	40	46
2	Alla lönsamma förändringar	34	41	47
3	Alla lönsamma förändringar inkl. tegelfasad	33	40	46
4	Alla lönsamma förändringar utom tätare klimatskal	47	58	66

## 7.6. Huvudalternativens resultat i fastighetskalkylen

Resultatet i fastighetskalkylen för de olika variationerna presenteras nedan som betalnetto och direktavkastning. För en mer utförlig överblick av indata och resultat se bilaga 3.

För att en investering ska vara lönsam för en kommunal fastighetsägare bör direktavkastningen ligga på minst 5 % år 1. För en privat, och därmed vinstdrivande, fastighetsägare bör samma siffra hamna på minst 6 % år 1.<sup>85</sup>

Som kan utläsas av tabellerna 7.10 till 7.12 nedan är samtliga förändringar som görs, mer lönsamma från år 1 än referensbyggnaden. Lönsamheten för förändringarna ökar dessutom ju längre norrut byggnaden är placerad. Detta beror på att investeringskostnaden är lika stor oavsett geografiskt läge, men driftskostnaden högre i norr än i söder beroende på det större energibehovet.

<sup>85</sup> Anders Torslid, Peab AB

Tabell 7.10 Direktavkastning och betalnetto för de olika alternativen i Lund.

Lund	Sammanlagda förändringar	Betalnetto (kkkr)			Direktavkastning totalt kapital (%)		
		År 1	År 10	År 20	År 1	År 10	År 20
	<b>Referensbyggnaden</b>	<b>99</b>	<b>254</b>	<b>369</b>	<b>5,52</b>	<b>6,9</b>	<b>9,01</b>
1	Alla alternativ förutom tegelfasad	109	281	421	5,56	7,01	9,31
2	Alla lönsamma alternativ	116	286	424	5,59	7,06	9,36
3	Alla lönsamma alternativ inkl. tegelfasad	107	279	419	5,55	7,0	9,3
4	Alla lönsamma alternativ utom tätare klimatskal	105	264	385	5,55	6,95	9,1

Tabell 7.11 Direktavkastning och betalnetto för de olika alternativen i Skövde.

Skövde	Sammanlagda förändringar	Betalnetto (kkkr)			Direktavkastning totalt kapital (%)		
		År 1	År 10	År 20	År 1	År 10	År 20
	<b>Referensbyggnaden</b>	<b>80</b>	<b>227</b>	<b>328</b>	<b>5,44</b>	<b>6,76</b>	<b>8,72</b>
1	Alla alternativ förutom tegelfasad	97	264	396	5,51	6,93	9,14
2	Alla lönsamma alternativ	103	269	398	5,54	6,97	9,18
3	Alla lönsamma alternativ inkl. tegelfasad	95	262	394	5,5	6,92	9,13
4	Alla lönsamma alternativ utom tätare klimatskal	86	236	345	5,47	6,8	8,82

Tabell 7.12 Direktavkastning och betalnetto för de olika alternativen i Borlänge.

Borlänge	Sammanlagda förändringar	Betalnetto (kkkr)			Direktavkastning totalt kapital (%)		
		År 1	År 10	År 20	År 1	År 10	År 20
	<b>Referensbyggnaden</b>	<b>62</b>	<b>202</b>	<b>291</b>	<b>5,37</b>	<b>6,63</b>	<b>8,46</b>
1	Alla alternativ förutom tegelfasad	87	249	374	5,47	6,85	8,99
2	Alla lönsamma alternativ	93	254	376	5,5	6,89	9,03
3	Alla lönsamma alternativ inkl. tegelfasad	85	247	372	5,46	6,84	8,98
4	Alla lönsamma alternativ utom tätare klimatskal	72	216	315	5,41	6,7	8,62

De förändringar som görs av klimatskärmen visar sig generera relativt små vinstökningar i förhållande till referensbyggnaden. I relation till detta kan sägas att de förändringar som görs är ganska försiktiga. Detta har varit ett medvetet val, då ett av målen varit att bibehålla byggnadens yttre gestaltning. Trots detta visar resultaten att även små förändringar av en byggnads klimatskal kan ge både ekonomiska och miljömässiga vinster.

En intressant iakttagelse är att alternativ 4, det vill säga att endast sänka fönstrens U-värden med 0,2, öka tjockleken på puts-/isolerskivan samt att minska köldbryggorna vid bjälklagskanten, ger en något bättre avkastning från år 1 än referensbyggnaden. Då referensbyggnaden är projekterad enligt BBR:s lägsta krav visar denna studie att BBR:s krav inte automatiskt är de mest kostnadseffektiva, vilket nog många inom byggbranschen tror.

## 8. Diskussion

För att bygga ett tätare klimatskal krävs att krafttag tas redan tidigt i projekteringsprocessen. Beställaren måste ställa högre krav i projekteringshandlingarna på maximalt luftläckage. Beställaren måste även kräva täthetskontroller, både fortlöpande egenkontroll under byggnationen och tryckprovning av färdig byggnad. Dessutom måste täthetsfrågan lyftas fram vid projekteringsmöten och andra styrmöten under byggnationens gång. Förutom dessa högre krav är det nödvändigt att alla medverkande i projektet, från konstruktör till hantverkare, utbildas i frågorna kring täthet. Inte bara i det praktiska utförandet utan också hur viktigt det är att en byggnad har ett gott tätskikt samt vilken inverkan ett för stort luftläckage har på byggnaden. De missuppfattningar som finns om att husen kan bli "sjuka" om de byggs för täta måste lyftas fram och redas ut.

Det görs olika försök att öka marknads medvetande inom området, såsom kommunernas energirådgivare och olika samarbeten mellan fastighetsägare, entreprenörer och konstruktörer. Ändå är långt ifrån alla byggnader som uppförs projekterade med tanke på låg energiförbrukning. Generellt sett måste därför byggbranschen ta på sig ett större ansvar för att bygga så energieffektivt som möjligt med bästa tillgängliga teknik där tillfälle ges. Ett genomgående problem är dock att den vinst som görs med att bygga energieffektivt endast till viss del tillkommer branschen, den stora vinsten är samhällsekonomisk. Ett mindre energibehov gynnar hela samhället genom exempelvis ett minskat behov av olja, mindre behov av kärnkraft och minskade koldioxidutsläpp. Dock bör varje part i ett byggprojekt kunna hitta en personlig vinst i det hela – beställaren kan skaffa sig marknadsandelar genom att erbjuda en energisnål produkt, entreprenören kan ta ut en högre entreprenadsumma till följd av merkostnader för energieffektiviserande åtgärder, fastighetsägaren får minskade driftskostnader och de boende kan få en lägre månadsavgift.

Det bör även betonas att denna studie endast görs för en enskild byggnad och att de resultat och den årsvinst som redovisas i fastighetskalkylen är baserad på detta. Om en framtida byggherre väljer att bygga fler än en byggnad borde projektkostnaden för dessa inte öka linjärt eftersom vissa av projektets omkostnader är ungefär lika stora oavsett om man bygger ett eller tre hus. Detta borde ge ett än mer positivt resultat i den slutliga fastighetskalkylen då entreprenadsumman inte ökar med samma faktor som uppvärmningskostnaderna minskar.

Även lönsamheten för de olika geografiska placeringarna av byggnaden ska beaktas, speciellt då det kan visa sig att investeringar som inte är lönsamma för fallen i den här studien kan bli lönsamma för andra byggnader som placeras på en annan plats.

Det kan vara intressant att följa upp denna studie med en undersökning om hur mycket energi som kan sparas om man tar sig an den installationstekniska delen av byggnaden. I faktasökningen till denna rapport har det flera gånger framkommit uppgifter på att en frånluftsvärmepump skulle kunna spara mycket energi i den typen av byggnader som referenshuset utgör.

En annan sak som kan vara intressant att studera, är den eventuella vinst som skulle fås med individuell mätning. Detta innebär att man mäter varje boendes energiåtgång för uppvärmning samt vattenförbrukning. Man kan då debitera den boende individuellt, istället för att som nu ta ut en lika stor avgift för alla inbakat i månadsavgiften. Detta anses vara ett starkt incitament för de boende att dra ner på sin värme- och vattenförbrukning och kan således spara både energi och pengar.

## 9. Slutsats

Den slutsats som kan dras av rapporten är att den stora energibesparingen fås när byggnaden görs tätare och dess luftläckage minskar. Att byta till fönster med lägre U-värden ger också en energiminskning, men en betydligt mindre sådan. De återstående förändringarna ger relativt små energibesparingar, men då bör också beaktas att de alternativ som valts har varit ganska försiktiga. Inte alla alternativ som ger en energiminskning lönar sig rent ekonomiskt, men de kan ändå ge mervärden som inte går att mäta i pengar.

En energibesparing med så mycket som 35 procent per år kan göras på att minska luftläckaget i byggnaden, byta till fönster med lägre U-värde, öka tjockleken på putsskivan samt minska köldbryggorna i bjälklagskanten. Med energibesparingen kommer minskade driftskostnader och därigenom ges på sikt, trots en något högre investeringskostnad, ett positivt resultat i fastighetskalkylen och en ökad vinst från år 1.

Studien har visat att det är möjligt att med enkla förändringar av referensbyggnadens klimatskärm göra byggnaden mer lönsam på sikt, än om endast kraven från Boverket följs. Det finns alltså inget byggtekniskt eller ekonomiskt hinder för att bygga ett mer energisnålt klimatskal och därmed en mer energieffektiv byggnad.

## 10. Referenser

### 10.1. Tryckta och elektroniska källor

- Adalberth, Karin (1998). *God lufttäthet – En guide för arkitekter, projektörer och entreprenörer*. Arlöv: Erlanders Berlings.
- Allansson, Stefan & Sundqvist, Henrik (2006). *Utformning av energieffektiva bostäder – Kostnadsjämförelser med hänsyn till systemlösning, hustyp och klimat*. (Elektronisk) Examensarbete. Lunds Tekniska Högskola. Lund. Kräver Adobe Acrobat Reader, Tillgänglig: <  
[http://www.ebd.lth.se/?document=EBD/Publ/EBD\\_R06\\_11\\_Allansson%20sundkvist.pdf](http://www.ebd.lth.se/?document=EBD/Publ/EBD_R06_11_Allansson%20sundkvist.pdf) > (06-04-10)
- Andersson, Sara & Nordström, Johanna (2005). *Investeringskalkyl baserad på ett flerbostadshus energiprestanda*. (Elektronisk) Examensarbete. Lunds Tekniska Högskola. Lund. Kräver Adobe Acrobat Reader, Tillgänglig: <  
[www.ebd.lth.se/?document=EBD/Publ/Exjobb%20%20Andersson%20o%20Nordstrom.pdf](http://www.ebd.lth.se/?document=EBD/Publ/Exjobb%20%20Andersson%20o%20Nordstrom.pdf) > (06-03-31)
- Bejrums, Håkan, Hanson, Rune & Johnson, Bertil G (1996). *Det levande husets ekonomi. Livscykeleconomiska perspektiv på drift och förnyelse*. Byggeforskningsrådet, Stockholm: Gotab
- Bejrums, Håkan (1991). *Livscykeleconomiska kalkyler för byggnader och fastigheter*. Stockholm: Avd. Bygg- och fastighetsekonomi, Tekniska Högskolan
- Boverket (2002). *Boverkets Byggregler, BBR*. Vällingby: Erlanders Gotab
- Boverket (1998). *Ekologiskt byggande – Föreställningar och fakta*. Karlskrona: Lenanders tryckeri AB
- Boverket (2006). *Energisk arkitektur, sköna säkra och energieffektiva byggnader*. (Elektronisk), Huskvarna. Kräver Adobe Acrobat Reader, Tillgänglig: <  
[http://www.boverket.se/upload/publicerat/bifogade%20filer/2006/energisk\\_arkitektur.pdf](http://www.boverket.se/upload/publicerat/bifogade%20filer/2006/energisk_arkitektur.pdf) > (06-03-31)
- Boverket (2005). *Konsekvensutredning - Revidering av avsnitten 1,26,7 och 9 i Boverkets byggregler (BFS 1993:57) med ändringar t.o.m. BFS 2006:XX*. (Elektronisk) Karlskrona. Kräver Adobe Acrobat Reader, Tillgänglig: <  
<http://www.boverket.se/upload/Bygga%20och%20f%C3%B6rvalta/Aktuella%20fr%C3%A5gor%20och%20uppdrag/dok%2012%20april/Konsekvensbeskrivning%202006-04-10.pdf> > (06-04-10)
- Boverket (2005). *Piska och morot*. (Elektronisk) Karlskrona. Kräver Adobe Acrobat Reader, Tillgänglig: <  
[http://www.boverket.se/upload/publicerat/bifogade%20filer/2005/piska\\_och\\_morot.pdf](http://www.boverket.se/upload/publicerat/bifogade%20filer/2005/piska_och_morot.pdf) > (06-04-10)



- Bülow-Hübe, Helena. Föreläsningmaterial från kursen *Utformning av energieffektiva byggnader*. Avdelningen för Energi och Byggnadsdesign, Lunds Tekniska Högskola 2004.
- Bygga-Bo-Dialogen. (Elektronisk)Tillgänglig: < <http://www.byggabodialogen.se> > (06-03-31)
- CIT Energy Management AB (2002). *Användarmanual BV<sup>2</sup>*. (Elektronisk) Göteborg. Kräver Adobe Acrobat Reader, Tillgänglig: < [http://www.bv2.nu/Docs/BV2\\_manual\\_2003s.pdf](http://www.bv2.nu/Docs/BV2_manual_2003s.pdf) > (06-04-06)
- Energilotsen. (Elektronisk) Tillgänglig < <http://www.energilotsen.nu> > (06-05-11)
- Energirådgivningen (2005). *Uppvärmning vid ny- och ombyggnad*. (Elektronisk) Kräver Adobe Acrobat Reader, Tillgänglig: < [http://www.uppsala.se/upload/Fakta\\_oppvarmn\\_vid\\_nybyggn\\_nov05.pdf](http://www.uppsala.se/upload/Fakta_oppvarmn_vid_nybyggn_nov05.pdf) > (06-04-10)
- Europaparlamentet (2002). *Europaparlamentets och rådets direktiv 2002/91/EG ombyggnaders energiprestanda*. (Elektronisk), Bryssel. Kräver Adobe Acrobat Reader, Tillgänglig: < [http://europa.eu.int/eur-lex/pri/sv/oj/dat/2003/l\\_001/l\\_00120030104sv00650071.pdf](http://europa.eu.int/eur-lex/pri/sv/oj/dat/2003/l_001/l_00120030104sv00650071.pdf) > (06-03-27)
- Fresh. (Elektronisk) Tillgänglig < <http://www.fresh.se> > (06-04-15)
- Halfen-Deha (Elektronisk) Tillgänglig < [http://www.halfen-deha.se/products/betong/armeringsteknik/hit/balkonginfastning\\_hit.php](http://www.halfen-deha.se/products/betong/armeringsteknik/hit/balkonginfastning_hit.php) > (06-04-22)
- Holmberg, John, Nässén, Jonas & Sprei, Frances. (2005). *Stagnating energy efficiency in the Swedish building sector – economic and organisational explanations*. (Elektronisk), Göteborg. Kräver Adobe Acrobat Reader, Tillgänglig: < <http://www.byggabodialogen.se/EPIServer/upload/2159/CTH%20Energy%20efficiency%20draft.pdf> > (06-04-10)
- Högskolan i Skövde (2003). *A27 Industriell ekonomi – 5 poäng – VT 2003*. Skövde. Institutionen för industriell ekonomi.
- Johansson, Mikael (2004). *Byggnaders lufttäthet – En studie av utformning och praktiskt utförande av konstruktionsdetaljer i klimatskärmens lufttäta skikt*. Examensarbete. Chalmers, Göteborg
- Kungliga Ingenjörsvetenskapsakademien, IVA (2002). *Energianvändning i bebyggelse*. (Elektronisk), Eskilstuna. Kräver Adobe Acrobat Reader, Tillgänglig: < <http://www.iva.se/upload/Verksamhet/Projekt/Energiframsyn/Bebyggelse%20v1.pdf> > (06-05-05)
- Lindahl, Maria, Utbult, Magnus & Värmsjö, Per (2003). *Energioptimering av flerbostadshus - En LCC-studie av ett nybyggnadsprojekt i Sannegårdshamnen*. Examensarbete. Chalmers Lindholmen, Göteborg

- Miljö- och samhällsbyggnadsdepartementet (2005). *Energideklarationer i byggnader*. (Elektronisk), Stockholm. Kräver Adobe Acrobat Reader, Tillgänglig: < <http://www.regeringen.se/content/1/c6/06/07/99/f11ef92d.pdf> > (06-04-10)
- Miljövårdsberedningen (2004). *Strategi för energieffektiv bebyggelse*. (Elektronisk), Stockholm. Kräver Adobe Acrobat Reader, Tillgänglig: < <http://www.sou.gov.se/mvb/pdf/Energieffektiv%20bebyggelse.pdf> > (06-04-10)
- NCC (2005). *Markandens intresse för energieffektiva småhus*. (Elektronisk), Göteborg. Kräver Adobe Acrobat Reader, Tillgänglig: < [http://www.molndal.se/miljo/aktuellt/energieffektiva%5Fhus/pdf/Marknadsintresse\\_Slutrapport050824.pdf](http://www.molndal.se/miljo/aktuellt/energieffektiva%5Fhus/pdf/Marknadsintresse_Slutrapport050824.pdf) > (06-05-04)
- Paroc (Elektronisk) Tillgänglig: < <http://www.paroc.se> > (06-05-14)
- Petersson, Bengt-Åke (2001). *Tillämpad byggnadsfysik*. Lund: Studentlitteratur
- Regeringen (2001). *Effektivare energianvändning, förslag till marknadsbaserade åtgärder*. (Elektronisk), Stockholm. Kräver Adobe Acrobat Reader, Tillgänglig: < <http://www.regeringen.se/content/1/c4/18/37/6df546c5.pdf> > (06-04-04)
- Regeringskansliet (2006). *Nationellt program för energieffektivisering och energismart byggande*. (Elektronisk), Stockholm. Kräver Adobe Acrobat Reader, Tillgänglig: < <http://www.regeringen.se/content/1/c6/06/07/74/ffa4e648.pdf> > (06-04-10)
- Skövde Kommun – Driftskostnad för fjärrvärme (Elektronisk) Tillgänglig: < [http://www.skovde.se/templates/S\\_Article.aspx?id=3435](http://www.skovde.se/templates/S_Article.aspx?id=3435) > (06-04-20)
- Statens Energimyndighet (2005). *Energiläget 2005*. (Elektronisk), Eskilstuna Kräver Adobe Acrobat Reader, Tillgänglig: < [http://www.stem.se/web/biblshop.nsf/FilAtkomst/ET2005\\_23w.pdf/\\$FILE/ET2005\\_23w.pdf?OpenElement](http://www.stem.se/web/biblshop.nsf/FilAtkomst/ET2005_23w.pdf/$FILE/ET2005_23w.pdf?OpenElement) > (06-04-10)
- Statens Energimyndighet (2005). *Nya fönster*. (Elektronisk) Stockholm: EO Print. Kräver Adobe Acrobat Reader, Tillgänglig: < [http://www.stem.se/web/biblshop.nsf/FilAtkomst/ET2005\\_13W.pdf/\\$FILE/ET2005\\_13W.pdf?OpenElement](http://www.stem.se/web/biblshop.nsf/FilAtkomst/ET2005_13W.pdf/$FILE/ET2005_13W.pdf?OpenElement) > (06-04-11)
- Statens Energimyndighet (2000) *Välj rätt fönster*. (Elektronisk) Kräver Adobe Acrobat Reader, Tillgänglig: < [http://www.stem.se/web/biblshop.nsf/FilAtkomst/fonstereloff.pdf/\\$FILE/fonstereloff.pdf?OpenElement](http://www.stem.se/web/biblshop.nsf/FilAtkomst/fonstereloff.pdf/$FILE/fonstereloff.pdf?OpenElement) > (06-04-12)
- Statens Provningsanstalt (2004). *Luftrörelser i och kring konstruktioner, del 3 Lufttäthetsfrågorna i byggprocessen – Kunskapsinventering, laboriemätningar och simuleringar för att kartlägga behov av tekniska lösningar och utbildning*. (Elektronisk), Borås. Kräver Adobe Acrobat Reader, Tillgänglig: < <http://www.sp.se/databas/rapportpubl/> > (06-04-11)

Warfvinge, Catarina (2003) *Installationsteknik AK för V*. Lund: Lunds tekniska högskola, Lunds universitet.

Warfvinge, Catarina (2005) *Kv Jöns Ols i Lund – energisnålt och lönsamt flerfamiljshus med konventionell teknik*. (Elektronisk), Malmö: WSP Environmental Byggnadsfysik. Kräver Adobe Acrobat Reader, Tillgänglig: <[http://www.hvac.lth.se/pdf/Kv\\_J%C3%B6ns\\_Ols\\_3.pdf](http://www.hvac.lth.se/pdf/Kv_J%C3%B6ns_Ols_3.pdf)> (06-04-06)

## 10.2. Personliga källor

Andersson, Jan-Eje. Kontorschef, PIAB AB, personlig kommunikation 31 mars 2006.

Bolminger, Staffan. Projektledare och miljösamordnare, Norra Älvstranden Utveckling AB, personlig kommunikation 30 mars 2006.

Carlberg, Johan. Produktionschef, Skövdebostäder, personlig kommunikation 12 april och 17 maj 2006.

Klaesson, Martin. Arbetschef, Peab Sverige AB, personlig kommunikation löpande mars till maj 2006.

Möller, Kurt. VVS-konsult, Deltate, personlig kommunikation 16 och 30 mars 2006.

Selling, Owe. Utvecklare av Diffseal, Besiktningsmannen AB, personlig kommunikation 11 maj 2006.

Torslid, Anders. Projektutvecklare, Peab Sverige AB, personlig kommunikation 10 och 18 maj 2006.

Utbult, Magnus. VVS-ingenjör, Wikström VVS-kontroll AB, personlig kommunikation 30 mars, 25 april och 12 maj 2006

## Bilaga 1. Indata BV2

### Referensbyggnadens klimatskal och orientering

Information hämtad från K-ritningar

	<b>Fasader</b>		<b>Fönster</b>			<b>Portar inkl. balkongdörrar</b>	
	Area (m <sup>2</sup> )		Area (m <sup>2</sup> )	glasandel		Area (m <sup>2</sup> )	U-värde
<b>Norr</b>	306		73,01	90 %		12,7	1,4
<b>Söder</b>	306		37,87	90 %		12,7	1,4
<b>Öst</b>	261		81,96	90 %		10,6	1,4
<b>Väst</b>	261		71,1	90 %		46,7	1,4
Lätt byggnad med puts							
Medeltung byggnad med tegel							

Antal våningar	6
Våningshöjd	2,4 m
Orientering	-45°
Längd	19,6 m
Bredd	16,9 m

### Referensbyggnadens internlast

<b>Internlast (h x W/m<sup>2</sup>)</b>				
	<b>Sommar</b>		<b>Vinter</b>	
	Morgon	Kväll	Morgon	Kväll
Belysning	3h x 0,7	4h x 0,7	3h x 0,7	7h x 0,7
Personer	9h x 1,8	8h x 1,8	9h x 1,8	8h x 1,8
Maskiner	1h x 4,0	2 x 4,0	1h x 4,0	2 x 4,0

### Referensbyggnadens klimathållningssystem

<b>Frånluftssystem</b>	
Lägsta tillåtna innetemperatur	20°C
Hygienflöde	0,35 l/s och m <sup>2</sup>
Specifik fläkteffekt	0,9 kW/(m <sup>3</sup> /s)

Internlast och indata till klimathållningssystem är uppskattade med hjälp av Magnus Utbult, Wikström VVS-kontroll AB.

## U-värden för enskilda förändringar av klimatskalet

Beräknade med hjälp av U-värdesmetoden och  $\lambda$ -värdesmetoden. Fönsters U-värden och solfaktor uppskattat med hjälp av olika fönsterleverantörer. Korrigeringar enl. BBR.

	Referens byggnad	Tjock vägg	Putsskiva	Inst. Skikt	Bättre fönster	Köldbrygga bjälklag	Köldbrygga balkong	Tegel
Gips	9	9	9	9	9	9	9	9
Installationsskikt	0	0	0	<b>45</b>	0	0	0	0
Isolering vägg	145	<b>170</b>	145	145	145	145	145	145
Gips	9	9	9	9	9	9	9	0
Puts/isolerskiva	50	50	<b>70</b>	50	50	50	50	50
Puts/tegel	20	20	20	20	20	20	20	<b>120</b>
U-värde	0,1946	0,1748	0,1751	0,145	0,1946	0,1946	0,1946	0,1874
U <sub>korr</sub>	0,2446	0,2248	0,2251	0,185	0,2446	0,2446	0,2446	0,2274
Köldbrygga bjälklag	0,6	0,59	0,4	0,6	0,6	<b>0,28</b>	0,6	0,54
Köldbrygga balkong	2,37	2,37	2,37	2,37	2,37	2,37	<b>1,66</b>	2,37
U <sub>tot</sub> (inkl köldbryggor)	0,3134	0,2951	0,275	0,2616	0,3134	0,279	0,2985	0,292
Fönster (U-värde+solfaktor)	1,4+0,5	1,4+0,5	1,4+0,5	1,4+0,5	<b>1,2+0,6</b>	1,4+0,5	1,4+0,5	1,4+0,5

## U-värden för sammansatta förändringar av klimatskalet

Korrigering för olika byggnadsdelar enligt BBR

	Alla förändringar (puts)	Lönsamma förändringar (puts)	Lönsamma förändringar (tegel)	Lönsamma förändringar utom täthet (puts)
Gips	9	9	9	9
Installationsskikt	<b>45</b>	<b>45</b>	<b>45</b>	0
Isolering vägg	<b>170</b>	145	<b>145</b>	145
Gips	9	9	0	9
Puts/isolerskiva	<b>70</b>	<b>70</b>	<b>70</b>	<b>70</b>
Puts/tegel	20	20	<b>120</b>	20
U-värde	0,1228	0,1341	0,1308	0,1751
U <sub>korr</sub>	0,1628	0,1741	0,1608	0,2251
Köldbrygga bjälklag	<b>0,2</b>	<b>0,23</b>	<b>0,22</b>	<b>0,23</b>
Köldbrygga balkong	<b>0,145</b>	0,237	0,237	0,237
U <sub>tot</sub> (inkl köldbryggor)	0,1945	0,2274	0,1949	0,2718
Fönster (U-värde+solfaktor)	<b>1,2+0,6</b>	<b>1,2+0,6</b>	<b>1,2+0,6</b>	<b>1,2+0,6</b>

## Bilaga 2. Kostnader

Merkostnaderna är baserade på Peabs aktuella avtal.

### Merkostnader för olika enskilda alternativ.

Variation	Merkostnad
Isolering 170 mm	35 075 kr
Putsskiva 70 mm	13 187 kr
Installationsskikt och extra täthet*	152 040 kr
Fönster U-värde 1,2	26 394 kr
Extra isolering i bjälklag	7 327 kr
Halfen-Deha	85 547 kr
Tegel	150 000 kr

\* I kostnaden för installationsskikt och extra täthet ingår utbildning och information till alla inblandade, extra materialkostnad och den extra tid det tar att genomföra detta på byggarbetsplatsen.

### Merkostnad för olika sammansättningar av alternativ

	Sammansättning	Merkostnad
<b>1</b>	<b>Alla förändringar (puts)</b>	
	Isolering 170 mm	35 075 kr
	Putsskiva 70 mm	13 187 kr
	Installationsskikt	152 040 kr
	Fönster U-värde 1,2	26 394 kr
	Extra isolering i bjälklag	7 327 kr
	Halfen-Deha	85 547 kr
	<b>Σ</b>	<b>319 569 kr</b>
<b>2</b>	<b>Alla lönsamma förändringar (puts)</b>	
	Putsskiva 70 mm	13 187 kr
	Installationsskikt	152 040 kr
	Fönster U-värde 1,2	26 394 kr
	Extra isolering i bjälklag	7 327 kr
	<b>Σ</b>	<b>198 947 kr</b>
<b>3</b>	<b>Alla lönsamma förändringar (tegel)</b>	
	Putsskiva 70 mm	13 187 kr
	Installationsskikt	152 040 kr
	Fönster U-värde 1,2	26 394 kr
	Extra isolering i bjälklag	7 327 kr
	Tegel	150 000 kr
	<b>Σ</b>	<b>348 947 kr</b>
<b>4</b>	<b>Alla lönsamma förändringar utom täthet</b>	
	Putsskiva 70 mm	13 187 kr
	Fönster U-värde 1,2	26 394 kr
	Extra isolering i bjälklag	7 327 kr
	<b>Σ</b>	<b>46 908 kr</b>

### Bilaga 3 Indata och resultat ur fastighetskalkylen

Sammanfattning av resultat

Projekt	Referenshus Skövde		
Projektytor	m2 BOA/LOA	m2 BTA	övrigt
Bostäder	1 744	2 076	
Antal lägenheter			22 st
<b>Projektkostnad</b>	<b>kronor</b>	<b>kr/m2/BTA</b>	<b>kr/m2/(LOA+BOA)</b>
Mark/Fastighet/Byggrättskostn	1 108 000	534	635
Entreprenadkostnad	18 296 000	8 813	10 491
Byggherrekostnad	-321 000	- 155	- 184
Mervärdesskatt	4 822 000	2 323	2 765
Projektkostnad totalt	23 905 000	11 515	13 707
Finansiering			
Externa lån	23 905 000	11 515	13 707
Ränta (snitt)	3 %		
Resultat år 1 (12 månader)			<b>kr/m2/BOA/LOA</b>
Intäkter bostäder	1 709 000	823	980
Intäkter totalt	1 709 000	823	
Kostnader exkl. räntebidrag	-633 000		
Räntebidrag	199 000		
Kostnader totalt	-434 000		
Driftsnetto	1 275 000		
Ränta	-717 000		
Amortering	-478 000		
Betalnetto	80 000		
Avskrivning	-478 000		
Resultat efter finansnetto	80 000		
Nyckeltal			
Bokfört värde (utgående balans)	23 427 000		
Externa lån (utgående balans)	23 427 000		
Direktavkastning totalt kapital	5,44 %		
Avkastning externt kapital	5,44 %		
Avkastning eget kapital	-		
Yteffektivitet			
BOA/BTA	84,0 %		

## Intäkt/Kostnadsanalys

Projektkostnad	23 905 kkr	Amorteringstakt (snitt):	2 %
Eget kapital		Avskrivning	2 %
Externa lån	23 905 kkr	Ränta (snitt)	3 %

Hyra/m2(LOA/BOA) 980

Hyresutveckling.(snitt)	1,99 %
DU-kostnad /m2 (LOA/BOA)	363 kr
Subventionsränta	3,86 %
Taxeringsvärde	17 130 kkr

(Anges i kkr) År	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
Hyresintäkter bostad	1 709	1 743	1 778	1 814	1 850	1 887	1 925	1 963	2 002	2 042
Summa intäkter	1 709	1 743	1 778	1 814	1 850	1 887	1 925	1 963	2 002	2 042
Drift/underhållskostnader	- 633	- 658	- 685	- 712	- 741	- 770	- 801	- 833	- 866	- 901
Fastighetsskatt						- 45	- 46	- 46	- 46	- 47
Tomträttsavgäld										
Räntebidrag	199	199	199	199	199	199	199	199	199	199
(Fritext)										
Summa kostnader	- 434	- 459	- 486	- 513	- 542	- 616	- 648	- 680	- 713	- 749
DRIFTSNETTO	1 275	1 284	1 292	1 301	1 308	1 271	1 277	1 283	1 289	1 293
Räntekostnader	- 717	- 703	- 688	- 674	- 660	- 645	- 631	- 617	- 602	- 588
Amortering	- 478	- 478	- 478	- 478	- 478	- 478	- 478	- 478	- 478	- 478
BETALNETTO	80	103	126	149	170	148	168	188	209	227
ACKUMULERAT BETALNETTO		183	309	458	628	776	944	1 132	1 341	1 568
Avskrivning	- 478	- 478	- 478	- 478	- 478	- 478	- 478	- 478	- 478	- 478
RESULTAT EFTER FINANSNETTO	80	103	126	149	170	148	168	188	209	227
NYCKELTAL										
Bokfört värde (utgående balans)	23 427	22 949	22 471	21 993	21 515	21 037	20 559	20 081	19 603	19 125
Externa lån (utgående balans)	23 427	22 949	22 471	21 993	21 515	21 037	20 559	20 081	19 603	19 125
Direktavkastning totalt kapital	5,44 %	5,6 %	5,75 %	5,92 %	6,08 %	6,04 %	6,21 %	6,39 %	6,58 %	6,76 %
Avkastn. externt kapital	5,44 %	5,6 %	5,75 %	5,92 %	6,08 %	6,04 %	6,21 %	6,39 %	6,58 %	6,76 %



## Basdata

Inköp fastighet	2006-03-01
Värdetidpunkt	2006-05-18
Byggstart	2006-03-01
Byggslut	2007-09-30
Byggtid	19,0 månader

## Ytor

Bostäder	m2 BOA	m2 LOA	m2 BTA
med rta-bidrag			
5 st,2 Rok	335 m2		400
11 st,3 Rok	869 m2		1 034
6 st,4 Rok	540 m2		642
utan rta-bidrag			
Lokaler			
Totalt	1 744		2 076

## Investeringskalkyl

<b>Mark/Fastighet/ Byggrättskostnad</b>	<b>kkr</b>	<b>kr/BTA</b>	
Köpeskilling	1 108	534	
Räntekostnad förvärv till byggstart			
Totalt	1 108	534	
Totalentreprenadkostnad			
Lämnat TE-pris	18 296	8 813	
Totalt	18 296	8 813	
Byggherrekostnad			
Förprojektering	100	48	
Bygglov	150	72	
Plankostnad			
Anslutning VA	260	125	
Anslutning El	30	14	
Anslutning fjärrvärme/kyla	420	202	
Försäljn./administr.			
Byggledning /kontroll/besiktning	170	82	
Byggfelsförsäkring	93	45	1st á 93
Byggherreförsäkring			
Fastighetskatt under byggår	6	3	
Kabel- Tv	10	5	
Investeringbidrag+stimulans	-2 160	-1 040	
Lagfart	33	16	3,00 % på 1 108
Pantbrev			
Kreditiv ränta förvärv	70	34	4,00 % på 1 108
Kreditiv ränta från byggstart	497	239	4,00 % på 17 408
Totalt	- 321	- 155	
Mervärdeskatt			
Avdragsgill			
Ej avdragsgill	4 822	2 323	
Projektkostnad	23 905	11 515	

## Ekonomi

Hysesintäkt	m2	Hyra kr/m2	Hysesutv. %	Tillägg kr/m2	Vakans %
Bostäder med rta-bidrag	1 744	980	2,00		
Intäkter bostäder/lokaler		1 709 kkr			
Hyresintäkt totalt		1 709 kkr			
Intäkter tillägg				kr	
Räntebidrag					
Bidragsunderlag	17 146 kkr				
Sub. ränta	3,86 %				
Bidrag år 1	199 kkr				
Taxeringsvärde		skattesats			
Bostäder	17 130 kkr	0,50 %			
Indexuppräknning	1,00 %/år				
Finansiering	Belopp (kkr)	Ränta (%)	Ränta (kkr)	Amort. (kkr)	
Externt lån 1	23 905	3,00	717	478	(rak amortering)
Totalt	23 905		717	478	
Avskrivning					
Avskrivning/år	478 kkr	2,00 %			
Drift/underhåll	Bostäder kr/m2/BOA				
Fastighetsel	30				
Vatten	25				
Reparationer	50				
Avfallshantering	10				
Planerat underhåll	80				
Övrigt (försäljn/admin)	105				
Uppvärmning	63				
Drift/underhållskostn	363 kr				
Indexuppräknning	4,00 %				

All indata i fastighetskalkylen är uppskattade med hjälp av Johan Carlberg, Skövdebostäder och Anders Torslid, Peab Sverige AB.