

# CHALMERS



## Passivhus det långsiktiga valet

En konkret jämförelse mellan konventionellt byggande och passivhus

MIKAEL GRANBOM  
ROBERT THORN

**EXAMENSARBETE**

*Högskoleingenjörsprogrammet Byggingenjör*  
*Institutionen för byggt teknik*  
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Göteborg 2007:72



# Passivhus det långsiktiga valet

En konkret jämförelse mellan ett konventionellt byggande och passivhus

MIKAEL M. GRANBOM  
ROBERT R. THORN

*Institutionen för byggt teknik*  
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Göteborg 2007

Passivhouse the long-term alternative  
- a concrete comparison between a conventional building and a passivhouse

MIKAEL M. GRANBOM, 1982  
ROBERT R. THORN, 1983

© MIKAEL M. GRANBOM, ROBERT R. THORN

Department of Building Engineering  
Chalmers University of Technology  
SE-412 96 Göteborg  
Sweden  
Telephone + 46 (0)31-772 1000

Chalmers  
Göteborg, Sweden 2007

## Sammandrag

I dagens situation är energi, miljö och ekonomi viktiga faktorer för den enskilde individen och för ett framtida hållbart samhälle. Energipriserna stiger mer och mer vilket framförallt påverkar husägarens ekonomi. I och med detta ökar också intresset för mer energisnålt byggande i Sverige och runt om i Europa. Att bygga energisnålt är därmed inte bara en konkurrensfråga för byggföretagen utan även en ekonomisk fråga för den enskilde individen/husägaren.

Huvudsyftet med rapporten är att undersöka samt framhäva fördelarna med passivhus gentemot ett vanligt konventionellt hus genom att göra en jämförelse med hänsynstagande till energi och ekonomi. Passivhus är ett hus som inte kräver något konventionellt uppvärmningssystem exempelvis radiatorer, huset värms istället av den interna värme som tillförs av boende, maskiner och lampor samt instrålningen från solen. Resultatet visar hur en LCC-analys ur ett långsiktigt perspektiv kan relatera till ett bättre ekonomiskt tänkande. Rapporten påvisar att med ett passivhustänkande planerar man mer långsiktigt vilket ska resultera i en större ekonomisk fördel för användaren.

För att lyckas genomföra detta examensarbete där framförallt energi och kostnadsberäkningar varit i fokus har vikten av samarbetet med Skanska haft stor betydelse. Största delen av rapporten har utarbetats och skrivits på Skanska Region Hus Göteborg, vilket varit till en stor fördel då vi kunnat diskutera våra idéer med personer inom respektive områden som varit aktuella.

För att kunna genomföra aktuella kostnadsberäkningar för våra olika husalternativ, har SPIK-produktion varit till stor hjälp. SPIK är ett kalkyl och anbudsprogram som är utvecklat av Skanska IT solutions AB. Ser vi till den totala energianvändningen för respektive husalternativ har energiberäkningsprogramet VIP+ använts för att beräkna husets årliga energiförbrukning. Till sist för att lyckas illustrera och jämföra resultaten för respektive husalternativs paybacktid har LCC-kalkylen från Älvstranden utveckling AB varit av stor betydelse och avgörande för att lyckas med denna analys.

Om vi ser till jämförelsen så har avgränsningar gjorts till att titta närmare på passivhus K i Uddevallaprojektet i Misterödsområdet där Skanska Sverige AB är totalentreprenör. Hus K är ett parhus i ett plan med en total BRA på 144 kvm. Huset kommer att ses som ett enda stort rum när energiberäkningar görs. Vid jämförelsen mellan de konventionella alternativen och passivhuset har en och samma brukarfamilj används med samma beteendemönster för att lättare kunna jämföra de olika alternativen.

När man ser till fokus och utveckling för byggindustrin så går det konventionella byggandet hand i hand med att uppfylla kraven i BBR. Eftersom kraven i BBR inte ändras allt för ofta står utvecklingen näst intill still då byggnader idag inte är speciellt mycket bättre än de hus som byggdes på 70 och 80-talet vad gällande energianvändningen. För att uppfylla nya BBR-06 kraven kommer vissa ändringar att vara tvungna att göras, en del av dessa har redan gjorts i den konventionella byggtekniken.

Ett första alternativ är att använda ett FTX-system. För klimatskalet används Skanskas standardskal med de U-värden som är gällande för det gamla BBR-kravet. I Skanskas standardklimatskal är isoleringsmängden 220 mm i vägg, 200 mm i grund samt 400 mm i takbjälklag. Här används fönster med U-värden enligt den gamla standarden på 1,3 W/m<sup>2</sup>,K.

Ett andra alternativ enligt muntliga källor från Skanska är att använda sig av ett FVP-system och öka isoleringsstandarden i Skanskas standardklimatskal med omkring 200 mm i tak och 100 mm i grund samt runt 25 mm i yttervägg. Uppgradering av U-värden blir tvunget från 1,3 till 1,1 W/m<sup>2</sup>,K för fönster, dörrar förblir samma på 1.0 W/m<sup>2</sup>,K.

Analys av det konventionella alternativet med FTX-system resulterade i en energiförbrukning på 88 kWh/m<sup>2</sup> år vilket är godkänt om man ser till energikravet på 95 kWh/m<sup>2</sup>år (energi­kravet för hus med direktverkande el i klimatzon syd). Resultatet från energiberäkningen av det konventionella huset med FVP visade ett mycket lågt värde på 64 kWh/m<sup>2</sup> år. Med tanke på detta låga energivärde väcktes tankarna av att den extra isolering och bättre U-värden på fönster som var tvunget att användas i detta alternativ enligt muntliga källor från Skanska kanske inte var nödvändigt. För att undersöka detta gjordes beräkningar med Skanskas standardklimatskal och standardfönster med U-värde 1,3 istället. Resultatet av denna energiberäkning blev 77 kWh/m<sup>2</sup> år vilket innebär att vi klarar kravet på 130 kWh/m<sup>2</sup> år (energi­kravet för hus med ej direktverkande el i klimatzon syd) utan att använda den extra isolering och bättre fönster som nämnts ovan.

Det som skiljer ett passivhus från ett vanligt konventionellt boende är att passivhuset inte har något internt värmesystem och på så sätt inte kräver någon värmekälla för att driva det vattenburna radiatorsystemet, detta genererar i sin tur minskad energiförbrukning. Ett passivhus drivs med ett FTX-system som återvinner frånluften för att värma tilluften. Enligt våra beräkningar har passivhuset i Misteröd en total energiförbrukning på 69 kWh/m<sup>2</sup> år vilket är klart bättre än det konventionella med FTX som har en energiförbrukning på 88 kWh/m<sup>2</sup> år. Jämför vi dem kostnadsmässigt så resulterar denna minskning av energikostnaden i en minskad total kostnad per år på 1915 kr om vi räknar med ett energipris på 0,72 kr/kWh.

I vårt eget alternativ har vi först och främst fokuserat på att analysera det befintliga passivhuset och se vad som kunnat göras bättre. Detta relaterat till extra kostnaden för arbete och material har lett oss fram till att vi kunnat avgöra vissa områden där förbättringar kunnats göra. Dessa områden är i rapporten indelat i detaljlösningar, där fokus framförallt låg på att minimera eller eliminera köldbryggor, samt undersökande av alternativa energikällor. Med förbättrade detaljlösningar och inkoppling av solvärme för värmning av varmvattnet i det befintliga passivhuset resulterade detta i en total energiförbrukning på 44 kWh/m<sup>2</sup> år, detta är en minskning av 25 kWh/m<sup>2</sup> år om vi ser till alternativet utan solvärme. Räknar vi på ett energipris på 0,72 kr/kWh så visar det sig att med solvärme inkopplat sparar vi 2520 kr/år i energikostnader.

Om vi till sist tittar på paybacktiden som vi fått fram genom vår LCC-analys för respektive husalternativ ser vi att vårt passivhusalternativ blev det mest lönsamma valet. Vad som styr paybacktiden är framförallt energikostnaderna. Genom att göra extra investeringar som till exempel solvärme och bättre klimatskal minskar vi energiförbrukningen i huset och får därmed lägre energikostnader. Ser vi långsiktigt så resulterar denna investering i lägre driftkostnader som både miljön och användaren tjänar på ur ett långsiktigt perspektiv.

Nyckelord: energi, ekonomi, passivhus, konventionella hus, LCC, SPIK, VIP+, BBR-krav, FTX, FVP, klimatskal, U-värden, transmissionsförluster, detaljlösningar, investeringskostnader, driftkostnader, payback, långsiktigt tänkande

## **Abstract**

The main purpose with this report is to investigate and prosper the pros about passivhouses by comparing it with conventional buildings. The goal is to show that a passivhouse is a long term alternative that is not only more energy efficient, it is also more environmentally friendly and more economical than a conventional house. It is sought to understand how just a little bit more isolation, can reduce the total energy demand of the house, and in that way make the house less affective on the environment. This will in the end make the house more economical. The project also examines the usage of sun panels as the main energy resource and investigates the pros and cons of the specific energy supply. The goal is to see that a passivhouse should not be forced to use any external energy resources than it can produce itself.

In order to succeed in this project where energy and cost calculations have been the large focus area in this report, the cooperation with Skanska has had a very important part of the work. At Skanska we have had the opportunity to have discussions and solve problems with right persons in different areas of our work. By using VIP+ and SPIK we were able to establish both good energy measurements and cost calculations for both the conventional and the passivhouses. VIP+ is a program witch purpose is to show the houses energy productions each specific period. SPIK is a program developed by Skanska IT solutions AB that we used to set up costevaluation in order to be able to make our LCC-analysis. The purpose with the LCC is to calculate a paybacktime for the passivhouse.

The results of the investigation shows that with a larger investment cost for example an alternative energy resource like solar panels, you will in the end make an economical profit. The results show like the main purpose of the project tells us that in the end the passivhouse is the more energy efficient and in that way also the more economical alternative.

Keywords: passivhouse, conventional buildings, energy efficient, economical, energy resource, VIP+, SPIK, LCC and paybacktime

## **Förord**

Detta examensarbete om 11 poäng har bearbetats och färdigställts från april 2007 till och med juni 2007 vid institutionen Bygg och Miljöteknik vid Chalmers tekniska högskola. Detta är ett samarbete med Skanska Sverige AB Region Hus Göteborg där största delen av arbetet har behandlats och skrivits.

Initiativet till examensarbetet togs av oss examensjobbare, där vi ville undersöka samt framhäva fördelarna med passivhus gentemot ett vanligt konventionellt hus, detta med hänsynstagande till energi och ekonomi för att kunna sträva mot en hållbar utveckling. Efter diskussion med Skanska som tyckte att detta var ett intressant och relevant område, utvecklades denna rapport som Skanska hoppas ska kunna ligga till grund för framtida utbredning av passivhustillverkning.

Vi vill tacka Gunnar Lander på Skanska för hans stöd och handledning under hela examensarbetet, Börje Westerdahl på byggt teknik Chalmers för även han handledning och vägledning med frågor inom respektive områden. Nödvändig för examensarbetets genomförande var också handledningen i VIP + av Henrik Sundqvist på Skanska Malmö som också bidrog med resultat och data för redan genomförda energiberäkningar. Vi vill även tacka Lennart Davidsson på Skanska för hans lärariska konsultation i SPIK produktion, kalkylprogrammet där kostnadsberäkningarna för projektet genomförts, samt Linda Nadler som hjälpt oss med visning och frågor kring Misterödsområdet samt bidraget med Kostnadskalkylen i SPIK. Vid diskussion angående byggt tekniska frågor vill vi även tacka Ene Linden och Kjell Olofsson på Skanska. Ett stort tack måste också framföras till Staffan Bolminger som bidrog med den excel-mall som LCC-analysen baseras på.

Göteborg, juni 2007

Mikael Granbom

Robert Thorn



# Beteckningar

## Romanska

A	Area ( $m^2$ )
U	Värmeövergångskoefficient ( $W/m^2K$ )

## Grekiska

$\eta$	Verkningsgrad
$\psi$	Värmeförlustkoefficient för köldbryggor ( $W/m^{\circ}C$ )

## Prefix

T	tera ( $10^{12}$ )
G	giga ( $10^9$ )
M	mega ( $10^6$ )
k	kilo ( $10^3$ )

## Terminologi

BBR	Boverkets byggregler, Detaljerade föreskrifter utgivna av Boverket. BFS 1993:57 med ändringar till och med 2007:19
BRA	Bruksarea. Begränsas av omslutande väggars insidor. Beräknas enligt SS 02 10 53
SS	Svensk Standard
BOA	Bostadsarea. Avser de utrymmen av bruksarean som bebos. Beräknas enligt SS 02 10 53
F-system	Frånluftssystem. Ett ventilationssystem med mekanisk frånluftsfläkt där tilluften kommer in genom otätheter och uteluftsdon.
FTX-system	Från och tilluftssystem med värmeåtervinning. Ett system med mekanisk från- och tilluftsfläkt som återvinner värme ur frånluften och avger den till tilluften.
FVP-system	Frånluftvärmepump. Ett system som återvinner värmen ur frånluften och använder denna till att värma varmvattnet.
U-värde	Värmeövergångskoefficient. U-värdet är ett mått på hur mycket värme som transporteras genom en byggnadsdel per kvadratmeter vid en grads temperaturskillnad mellan byggnadsdelens båda sidor. Enhet W/m <sup>2</sup> K
LCC	Life Cycle Cost. Livscykelkostnad. Summan av alla kostnader kopplade till en produkt under hela dess livscykel omräknade till ett nuvärde.

# Innehållsförteckning

<b>SAMMANDRAG</b> .....	<b>I</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>III</b>
<b>FÖRORD</b> .....	<b>IV</b>
<b>BETECKNINGAR</b> .....	<b>V</b>
<b>TERMINOLOGI</b> .....	<b>VI</b>
<b>INNEHÅLLSFÖRTECKNING</b> .....	<b>VII</b>
<b>1. INLEDNING</b> .....	<b>8</b>
1.1. BAKGRUND .....	8
1.2. SYFTE .....	9
1.3. AVGRÄNSNINGAR.....	9
1.4. METOD .....	9
<b>2. KONVENTIONELLT BYGGANDE</b> .....	<b>11</b>
2.1. KONVENTIONELLT BYGGANDE MED FTX-SYSTEM .....	12
2.2. KONVENTIONELLT BYGGANDE MED FVP-SYSTEM .....	12
<b>3. PASSIVHUSBYGGANDE</b> .....	<b>13</b>
3.1. ERFARENHETER FRÅN TIDIGARE PASSIVHUSPROJEKT .....	14
3.1.1. <i>Lindås</i> .....	14
3.2. PASSIVHUSET I MISTERÖD.....	15
<b>4. EGET PASSIVHUSALTERNATIV</b> .....	<b>19</b>
4.1. DETALJLÖSNINGAR .....	19
4.2. ALTERNATIVA ENERGIKÄLLOR.....	20
4.2.1. <i>Solvärme</i> .....	20
4.2.2. <i>Solceller</i> .....	21
<b>5. JÄMFÖRELSE</b> .....	<b>23</b>
5.1. ENERGI BERÄKNINGAR.....	23
5.1.1. <i>Konventionellt byggande med FVP-system</i> .....	24
5.1.2. <i>Konventionellt byggande med FTX-system</i> .....	26
5.1.3. <i>Passivhuset i Misteröd</i> .....	26
5.1.4. <i>Eget passivhusalternativ</i> .....	28
5.2. KOSTNADSBERÄKNINGAR .....	29
5.2.1. <i>Investeringskostnader</i> .....	29
5.2.2. <i>Reinvestering och utbyte</i> .....	30
5.2.3. <i>Löpande drift och underhåll</i> .....	31
5.2.4. <i>Energikostnader</i> .....	32
5.2.5. <i>Hysesintäkter</i> .....	34
5.3. LCC-ANALYS .....	34
5.3.1. <i>Prognoskostnad kr/m<sup>2</sup>.år, första året</i> .....	35
5.3.2. <i>Investering samt LCC-kostnad över vald period</i> .....	36
5.3.3. <i>Investering samt payback diagram (30år)</i> .....	37
<b>6. AVSLUTNING</b> .....	<b>38</b>
6.1. SLUTSATS.....	38
6.2. DISKUSSION.....	38
<b>7. PASSIVHUS I FRAMTIDEN</b> .....	<b>40</b>
<b>8. REFERENSER</b> .....	<b>41</b>
8.1. LITTERATUR.....	41
8.2. ELEKTRONISKA KÄLLOR.....	41
8.3. MUNTLLIGA KÄLLOR.....	42
<b>BILAGOR</b> .....	<b>43</b>

# 1. Inledning

## 1.1. Bakgrund

I dagens situation är energi, miljö och ekonomi viktiga faktorer för den enskilde individen och för ett framtida hållbart samhälle. Elpriserna stiger mer och mer vilket framförallt påverkar husägarens ekonomi. I och med detta ökar också intresset för mer energisnålt byggande i Sverige och runt om i Europa. Enligt en enkätundersökning hos drygt 350 presumtiva husköpare gjord av (NCC,2005) framgår det att 80 % av NCC potentiella småhusköpare anser och kan tänka sig köpa ett energieffektivt hus, förutsatt att månadskostnaden är oförändrad. Att bygga energisnålt är därmed inte bara en konkurrensfråga för byggföretagen utan även en ekonomisk fråga för den enskilde individen/husägaren. Idag går utvecklingen framåt inom alla industrier och produkterna blir bättre och bättre, din TV är idag till exempel mycket mer energisnål än en TV för 10 år sedan. Detta leder till slutsatsen att även inom byggindustrin går utvecklingen framåt och husköparen räknar idag med att nybyggda hus är så energieffektiva som möjligt, men så behöver tyvärr inte vara fallet då fokus idag ofta är att bygga så billigt som möjligt. Husen projekteras för att precis uppfylla BBR, Boverkets byggregler för energihushållning och värmeisolering.

Energikravet för nybyggnation är idag enligt nya BBR-06 110 kWh/m<sup>2</sup>år i klimatzon söder och 130kWh/m<sup>2</sup>år i klimatzon norr för hus utan direktverkande el. För en och tvåbostadshus med direktverkande elvärme som huvudsaklig uppvärmningskälla får byggnadens specifika energianvändning högst uppgå till 75 kWh/m<sup>2</sup>år i klimatzon söder och 95kWh/m<sup>2</sup>år i klimatzon norr. Enligt BBR-06 innefattas klimatzon norr av Norrbottens län, Västerbottens län, Jämtlands län, Västernorrlands län, Gävleborgs län, Dalarnas län och Värmlands län. Klimatzon söder innefattas av de återstående länen som ej ingår i klimatzon norr.

Av Sveriges totala energianvändning 2005 gick drygt 33 % till bebyggelsesektorn, vilket motsvarar 145 TWh. Av detta används drygt 90 % i bostäder och lokaler varav drygt 44 % av dessa till småhus för uppvärmning och varmvatten, resten användes för gatubelysning, avlopps- och reningsverk, el- och vattenverk etc. Ett genomsnittligt småhus på 125 kvadratmeter använder idag 25000 kWh energi per år. Av detta är en så stor del som 15000 kWh till uppvärmning av ventilation, 5000 kWh till varmvatten och 5000 kWh till hushållsel. Tittar man djupare i detta så förstår man snart att det finns mycket energi att spara och att regeringen precis som i dagens industrier måste ställa högre miljö och energikrav samt engagera sig mera.

I Uddevalla kommun byggs nu ett passivhusområde varav 12 stycken par och radhus med totalt 27 lägenheter samt 2 stycken gruppboende med 6 lägenheter. Byggnaderna värms utan traditionellt uppvärmningssystem och har ett anpassat FTX-system med ett elektriskt värmebatteri på 1200W. I det här projektet existerar inte någon alternativ energikälla, varmvattnet värms helt och hållet av en elektrisk varmvattenberedare. Fastigheterna är belägna i västra delen av Uddevalla, vid Magistervägen i Misterödsområdet. Byggherren är Bostadsstiftelsen Uddevallahem AB där Skanska Sverige AB är totalentreprenör. Detta område kommer att ligga till grund för jämförelser och analyser för denna rapport.

## 1.2. Syfte

Syftet med rapporten är att göra en jämförelse mellan konventionellt byggande och passivhus vad gällande energi och ekonomi. Vidare görs analyser av olika ventilationssystem och energikällor att göras, detta med stort hänsynstagande till den ekonomiska aspekten. Rapporten vill framhäva vikten av alternativa energikällor och i den mån jämföra hur lång paybacktid respektive investering har.

Resultatet har förhoppningar att visa hur en LCC-analys ur ett långsiktigt perspektiv kan relatera till ett större ekonomiskt tänkande. Rapporten ska framhäva tyngden av passivhustänkande jämfört med konventionellt tänkande. Rapporten har som mål att påvisa att med ett passivhustänkande planerar man mer långsiktigt, men framförallt också mer ekonomiskt.

Rapportens huvudfrågeställningar är:

- Vilka fördelar har ett passivhus gentemot ett konventionellt hus med hänsynstagande till energi och ekonomi?
- Hur påverkas valet av energikälla, byggnadens ekonomi och energiförbrukning?

Kontentan med rapporten är att visa, att med större passivhustänkande gynnas inte bara den enskilda individens ekonomi, utan det verkar också för ett mer långsiktigt och mer hållbart samhälle.

## 1.3. Avgränsningar

Avgränsningar har gjorts till att endast titta närmare på hus K i Uddevallaprojektet, vilket är ett parhus i ett plan med en total BRA på 144 kvm. Kostnadsberäkningarna i rapporten beräknas på två lägenheter där även arbetskostnaden är inkluderad. Alla simuleringar och undersökningar har utarbetats efter detta hus. För att underlätta och förenkla energiberäkningarna kommer huset att ses som ett enda stort rum när energiberäkningar görs. Vid jämförelsen mellan det konventionella och passivhuset har en och samma brukarfamilj används med samma beteendemönster för att lättare kunna jämföra de olika alternativen.

Eftersom största delen i ett passivhus energieffektivitet styrs av valet av klimatskal och energikälla har ingen vikt lagts vid att studera valet av olika interna maskiner, såsom exempelvis vitvaror och övrig teknisk utrustning.

## 1.4. Metod

För att lyckas genomföra detta examensarbete där framförallt energi och kostnadsberäkningar varit i fokus har samarbetet med Skanska haft stor betydelse. Största delen av rapporten har utarbetats och skrivits på Skanska Region Hus Göteborg, vilket varit till en stor fördel då vi kunnat diskutera våra idéer med personer inom respektive områden som varit aktuella. Konsultation har också dels skett med Skanska Region Hus i Malmö, där Henrik Sundqvist, ansvarig för energiberäkningarna i Misteröd varit till stor hjälp vid konsultation och utbildning i energiprogrammet VIP+. I rapportern har vi främst fokuserat på olika typer av lösningar på energifrågor och relatera dem till ekonomi och investeringskostnad, detta för att slutligen få fram en återbetalningstid för investeringen. Stor vikt har också lagts vid studier av detaljlösningar och omarbetning av dessa för att minimera och eliminera köldbryggorna.

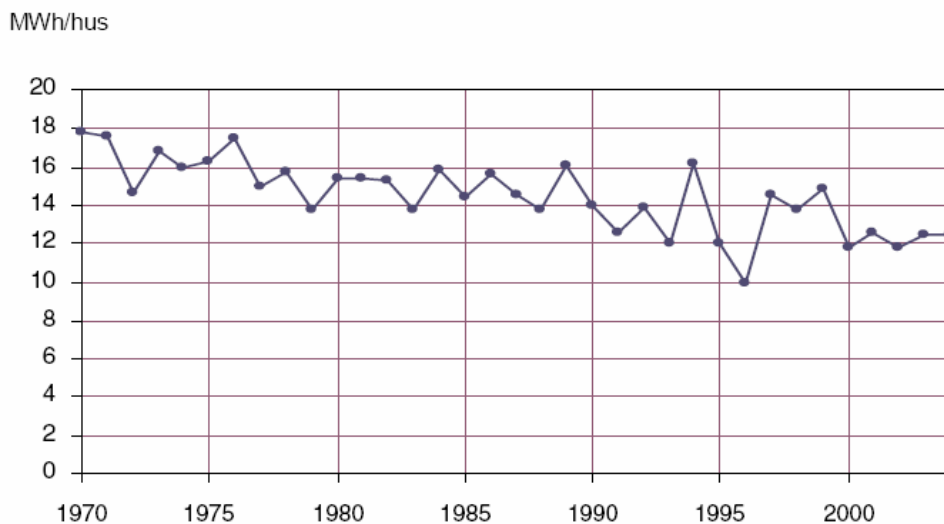
För att kunna genomföra aktuella kostnadsberäkningar för att bestämma investeringskostnaderna för våra olika husalternativ har SPIK-produktion varit till stor hjälp. SPIK är ett kalkyl och anbudsprogram som är utvecklat av Skanska IT solutions AB, detta program används alltid inom Skanska för beräkning av totala projektanbud. För att bestämma den totala energianvändningen för respektive husalternativ har energiberäkningsprogramet VIP+ använts. Till sist för att lyckas illustrera och jämföra resultaten för respektive husalternativs paybacktid har LCC-kalkylen från Älvstranden utveckling AB varit av stor betydelse och avgörande för att lyckas med denna analys.

Övrig information och nödvändig fakta för att kunna genomföra detta examensarbete har tagits fram genom litteraturstudier från böcker, tidigare genomförda projekt och Internet. Den information som vi inte lyckats få fram genom litteraturstudien har inskaffats genom muntliga källor, antingen med intervjuer via telefon med berörda parter eller vid personliga möten där konsultation och vägledning inom de aktuella områdena energi och ekonomi diskuterats.

## 2. Konventionellt byggande

När man ser till fokus och utveckling i byggbranschen så går det konventionella byggandet hand i hand med att uppfylla kraven i BBR. Fönster och dörrar utformas så att de precis klarar kraven vad gällande energieffektivitet, klimatskalet är gjort med den mängd isolering och täthet som krävs för gällande energikrav enligt BBR. När man ser till klimatskalets lufttäthet är denna inte alls lika bra om man jämför med ett passivhus där denna faktor är mycket viktig för att lyckas med en låg energiförbrukning. För att till exempel FTX-systemet i passivhuset ska kunna fungera effektivt är det ett krav att huset är tätt, det blir då också lättare att projektera och kalibrera ventilationssystemet. Genom minskad oavsiktlig ventilation får vi ett mindre uppvärmningsbehov. En annan anledning till varför ett hus täthet är viktigt är för att undvika obehag hos användaren till följd av att kall luft läcker in. Ett konventionellt hus har som värmekälla radiatorer, detta resulterar ofta i kallras längst ner mot golvet. Detta fenomen förekommer inte på samma sätt i ett passivhus då temperaturen i hus och väggar är mer jämnt fördelad och fönstren är bättre isolerade.

Eftersom kraven i BBR inte ändras allt för ofta står utvecklingen näst intill still, vilket innebär att byggnader idag inte är speciellt mycket bättre än de hus som byggdes på 70 och 80-talet vad gällande energianvändningen. Enligt statistik från SCB 2005 var den genomsnittliga energianvändningen för ett småhus utslaget på hela 1970-talet ca 16,11 MWh/hus, hittills för 2000-talet ligger motsvarande genomsnittliga energianvändningen på 12,2 MWh/hus. På hela 34 år har alltså utvecklingen bara gjort en skillnad på ca 3,91 MWh/hus enligt Figur 1 nedan. Räkna vi med ett småhus på 140 kvm skulle detta innebära en skillnad på ungefär 28 kWh/m<sup>2</sup>, vilket inte är ett speciellt bra resultat och som säkert kunde ha varit bättre om högre krav ställts i BBR. Förklaringen till detta är som sagts tidigare, dålig utveckling av BBR-kraven, staten har satt för låga energi och miljökrav helt enkelt, vilket medfört att byggföretagen likaså inte ändrat speciellt mycket i sin byggteknik. Detta har lett till att man blivit väldigt konservativ i sitt tänkande. Det har känts tryggt att hålla sig till de gamla byggandssätten för då har man vetat att misstagen blivit mindre.



Figur 1 - Total energianvändning för uppvärmning och varmvatten (exkl. hushållsel) i småhus 2005 fördelat efter byggår. (www.scb.se)

För att uppfylla nya BBR-06 kraven kommer vissa ändringar att vara tvungna att göras, en del av dessa har redan gjorts i den konventionella byggtekniken. Till exempel så klarar man inte längre energikraven med ett vanligt traditionellt F-system om inte isoleringen i klimatskalet ökas och bättre U-värden väljs på fönstren. Väljer man att göra detta kommer huset att bli tätare vilket medför att bättre ventilation krävs för att uppnå en behaglig och hälsosam inomhusmiljö.

Då F-systemet inte längre klarar av att försörja huset med den ventilation som krävs kommer alternativa ventilationssystem som FTX eller FVP-system att ersätta det traditionella F-systemet. Dessa ändringar och utveckling mot energisnålare byggnader kommer att resultera i att det konventionella byggandet kommer att bli mer kostsamt. Förhoppningsvis kommer detta också leda till att den konventionella tekniken utvecklas till det bättre vad gällande energieffektivitet och kvalitet. Detta leder förhoppningsvis till att det konservativa tänkandet bytts ut mot ett mer modernt och inspirerande tankesätt som tillåter nya idéer utvecklas in i framtida projekt.

## **2.1. Konventionellt byggande med FTX-system**

Ett första alternativ är att använda ett FTX-system med direktverkande el och se om detta klarar de nya BBR-06 kravet på 95 kWh/m<sup>2</sup>år. Varför detta alternativ räknas inom direktverkande el beror på att husets radiatorer drivs med en elpanna. Om huset istället ska tillhöra gruppen övriga byggnader kan exempelvis ett fjärrvärmesystem installeras vilket medför att elpannorna inte längre behövs. Detta skulle också medföra att energikravet skulle ändras till 130 kWh/m<sup>2</sup>år enligt BBR-06. Ser vi till klimatskal så används Skanskas standardskal med de U-värden som är gällande för det gamla BBR-kravet. Här används fönstren med U-värden enligt den gamla standarden på 1,3 W/m<sup>2</sup>,K. Ser vi till Skanskas standardklimatskal så har vi en isoleringsmängd på 220 mm i vägg, 200 mm i grund samt 400 mm i takbjälklag. Se Bilaga 1 för vidare beskrivning.

## **2.2. Konventionellt byggande med FVP-system**

Ett andra alternativ enligt muntliga källor från Skanska är att använda sig av ett FVP-system och öka isoleringsstandarden i Skanskas standardklimatskal med 200 mm i tak och 100 mm i grund samt 25 mm i ytterväggarna. Detta skulle medföra en förbättring av väggens U-värde enligt våra beräkningar från standard 0,216 till 0,18 W/m<sup>2</sup>K vilket visar sig göra stor skillnad i energiförbrukningen som resultaten längre fram i rapporten visar. Ökningen av isolertjocklek kan dock variera något beroende på hur huset ser ut med tanke på storlek, antal fönster etc. Uppgradering av U-värden blir tvunget från 1,3 till 1,1 W/m<sup>2</sup>K för fönster, U-värdet för dörrar förblir samma på 1,0 W/m<sup>2</sup>,K. Som ventilationssystem används ett FVP-system. Eftersom FVP-systemet driver radiatorerna kommer detta system att räknas till övriga byggnader alltså inte ett hus med direktverkande el. Gällande energikrav för detta alternativ är enligt BBR-06 130 kWh/m<sup>2</sup>år.



### 3. Passivhusbyggande

Definitionen för passivhus är ett hus som inte kräver något konventionellt uppvärmningssystem exempelvis radiatorer. Huset värms istället av den interna värme som tillförs av boende, maskiner och lampor samt instrålningen från solen. Passivhus är en teknik som möjliggör minimering av värmeförlusterna genom klimatskal och ventilation, det innebär i praktiken att använda extra tjock isolering i klimatskalet samt fönster och dörrar med låga U-värden. Huset kräver också mekanisk FTX-system med värmeåtervinning på minst 80-85 % för att minska på ventilationsförlusterna samt för att uppnå en behaglig och hälsosam inomhusmiljö.

Fördelar med passivhustekniken är att befintliga tekniker och material används fast på ett mer effektivare och noggrannare genomförande. Ser man till olika materialval så kan ett passivhus byggas med i princip samma material som ett konventionellt hus, med undantaget för att de kräver en speciell sorts tegel som är mindre fuktkänsligt. Väljer man att använda puts krävs också enligt Hans Eek, professor på Chalmers att man lägger putsen på en glasfiberarmerad cementskiva med en 15'15 mm luftspalt bakom, putsen ska då vara kallputs eller organisk puts.

Passivhustekniken utvecklades i Sverige på 70-talet av arkitekt Hans Eek och Dr Wolfgang Feist som byggde Tysklands första passivhus 1991 i Darmstadt. Redan 1978 byggdes det första passivhuset i Sverige nämligen i Färgelanda i Dalsland, (*Passivhusen blir fler, 2007*). Ett 1,5-planshus på 174 kvm som fortfarande står kvar och fungerar som det var tänkt. Fastän passivhustekniken ursprungligen är en svensk teknik är det främst de tyskspråkiga länderna som har tagit till sig och utvecklat passivhusbyggandet. Totalt finns det i Europa idag omkring 10 000 bostäder byggda med denna princip, främst är dessa belägna i Tyskland, Österrike och Schweiz. I Sverige räknar man att 2008 kommer det att finnas totalt 700 passivhusbostäder färdigställda, (*Passivhus aktiverar Byggsverige, 2007*).

Ett passivhus elförbrukning är omkring 40 % mindre än ett nybyggt konventionellt hus (*Boverket, 2006*). Detta medför att intresset ökar och det märks då fler och fler passivhusprojekt uppförs. Framtidens svar på energieffektiva byggnader är på uppgång och det är passivhusen. Vem vill inte bo i ett hus som är modernt, har högre kvalitet och bättre komfort vad gällande byggande och inomhusklimat samt har lägre driftkostnader vilket är positivt när elpriserna stiger.

Förlag på nordiska kriterier

- För uppvärmning får max 12 W/m<sup>2</sup> effekt tillföras med ett börkrav på 10 W/m<sup>2</sup>.
- För uppvärmning ska energianvändningen ligga inom intervallet 5-25 kWh/m<sup>2</sup>, beroende på byggnadens placering och läge.
- Den totala energianvändningen får max vara 95 kWh/m<sup>2</sup> år i klimatzon norr, 75 kWh/m<sup>2</sup> år i klimatzon söder med direktverkande el, vad gällande uppvärmning, tappvarmvatten och hushållsel enligt de nya BBR 06-kraven.
- Klimatskalets luftläckning < 0,6 oms/h vid +/- 50 Pa.

(För mer information angående definitioner för passivhus se Bilaga 1)

Faktorer för att lyckas uppnå dessa krav är framförallt noggrannhet i byggnationen. Med noggrannhet menas här att man använder rätt produktionsanpassade konstruktionslösningar, vilka framställts med en god dialog mellan projekterare och entreprenörer. Ett exempel på detta kan vara att noga titta på detaljlösningar för att till exempel minska ner eller helst eliminera köldbryggor genom klimatskalet, vanligt förekommande där tak möter vägg, grund möter vägg och vid fönster och dörrdetaljer.

En generell siffra på hur mycket av energiförlusterna köldbryggorna står för, är runt 10 %. Men denna kan dock variera beroende på hur huset ser ut med dess klimatskal och detaljlösningar. En annan viktig faktor är utbildning och handledning av alla i projektet. Alla måste ligga på samma nivå vad gällande kvalitet och noggrannhet i både projektering och byggnation. Att välja rätt personer med rätt kompetens till rätt arbete har också visat sig vara en viktig faktor samt att ha gott om tid vid projektering och byggnation av passivhus. Att stressa igenom ett passivhusprojekt är därmed förkastligt om noggrannhet och kvalitet ska kunna uppnås. För att vara på den säkra sidan för att uppnå ovan nämnda krav bör provväggar byggas och testas innan, samt provtryckningar bör göras med hög noggrannhet och i ett så tidigt skede som möjligt för att eventuella läckage ska kunna åtgärdas. Det finns ett ordspråk som säger att en kedja är inte starkare än dess svagaste länk, detta tänkande måste införas i både projektering och byggnation för att kunna uppnå i det här fallet ett hus med så låg energiförbrukning som möjligt. En byggnad, speciellt ett passivhus, måste vara noggrant genomfört genom både projektering och byggnation när man ser till helheten. Det räcker inte att enstaka delar av byggnaden är bra om den istället faller på en annan faktor som inverkar negativt till helheten.

Enligt nya BBR-06 måste provtryckning göras av byggnaden när den står färdig för att säkerhetsställa att de krav som byggnaden måste uppfylla stämmer överens med vad som är sagt. Detta är en viktig aspekt ur kvalitetssynpunkt för att säkra produktnamnet passivhus och dess teknik. Det som annars skulle kunna inträffa är att passivhustekniken utnyttjas för att det ser bra ut på pappret men i själv verket inte uppfyller de krav som är satta. Passivhustekniken ska stå för kvalitet och noggrannhet och vara ett föredöme mot byggfusk och dåligt projekterade projekt som inte är speciellt genomtänkta utan bara byggts för att tjäna så mycket pengar som möjligt.

Med ett passivhus menar vi inte bara ett hus som är mer energisnålt i förvaltningsfasen, utan ett passivhus är som helhet mer ekonomiskt, energisnålt och miljövänligare än ett konventionellt boende genom hela sin livslängd.

### **3.1. Erfarenheter från tidigare passivhusprojekt**

För att utvecklingen av passivhustekniken ska kunna etablera sig på marknaden som det bästa valet vad gällande energieffektivt byggande måste erfarenheter från tidigare passivhusprojekt beaktas och tas till vara med stor eftertanke. Inställningen att projektering och byggande hela tiden kan göras bättre är viktiga faktorer för att uppnå ett bra energieffektivt passivhus med god kvalitet i framtiden. Forskningen för bättre byggnadsteknik bör läggas på noggrannare och bättre detaljlösningar för att framförallt minska ner och helst eliminera köldbryggor. För att få en uppfattning om hur ett passivhusprojekt kan se ut och hur väl det fungerar i verkligheten kommer rapporten att ta upp information om Lindåsprojektet. En intressant fråga är hur Skanskas passivhusprojekt förhåller sig i jämförelse med Lindåsprojektet.

#### **3.1.1. Lindås**

Lindåsprojektet 20km söder om Göteborg var Sveriges första passivhusprojekt och stod klart 2001 med sina 20 radhus. Radhusen har en total bostadsyta på 120 kvm/hus. Husen är utrustade med ett FTX-system med en värmeåtervinning på 85 % där varje system har en värmepatron för extra tillsatsvärme under kalla dagar på 900 W. På sommaren kan värmeväxlaren stängas av och huset ventileras istället med endast frånluft eller fönstervädring. För att minska behovet av det lokala elnätet är varje radhus utrustat med 5 kvm solfångare som bidrar med ungefär 50 % av varmvattenproduktionen. Vattnet förvaras i en ackumulatortank på 500 liter med en el-patron som används för att värma resterande varmvattenbehov. Den totala medelenergianvändningen beräknas uppgå till 68 kWh/m<sup>2</sup>år. Hans Eek är projektets arkitekt och enligt hans beräkningar kostar Lindåshuset omkring 50 000 kronor mer på grund av tjockare isolering i klimatskalet, värmeväxlare för ventilation samt bättre U-värden på fönster och dörrar. Den extra kostnaden finansieras av lägre kostnader för uppvärmningssystem och energianvändning.

Med stigande elpriser räknar Hans Eek att den extra kostnaden för isolering med mera i Lindåshusen kommer betala tillbaka sig själva efter ca 5 år.

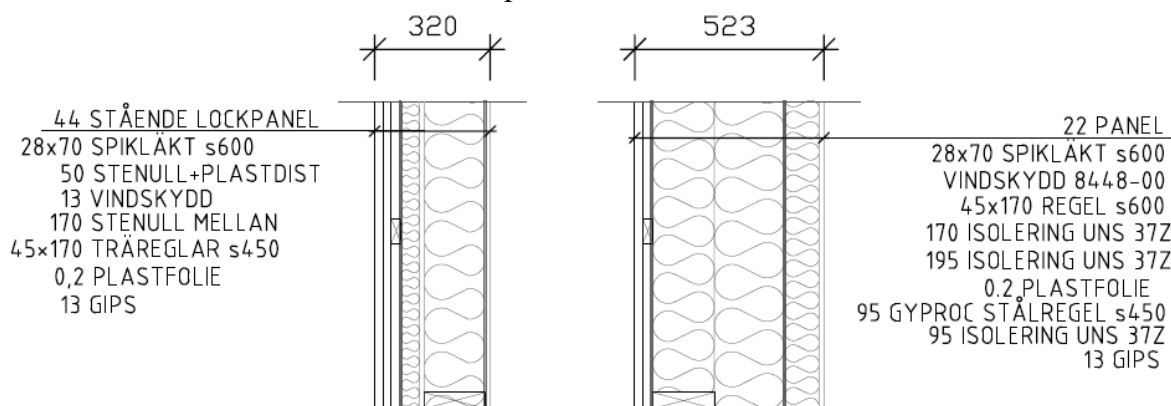
Efter det att Lindåshusen stod klara och folk hade flyttat in gjordes en undersökning på hur nöjda de boende var med sina hus. Den genomsnittliga familjen som svarade på undersökningen var två vuxna och två barn. De positiva reflektionerna var att inomhustemperaturen generellt är bra både vinter och sommartid. Ljudförhållandena är bra vad gällande externt ljud samt luftkvalitet är ren och frisk. Ser vi till energianvändningen så är denna låg vilket är positivt och ljusförhållandena är goda. Vad som däremot anses mindre bra är att de boende upplever att badrumstemperaturen är kallare än övriga delar av huset beroende på att ventilationssystemet suger luft här ifrån. En lösning på detta skulle vara att installera golvvärme för att motverka detta. En annan nackdel är att behov av extra värme kan behövas på vintern när det är extra kallt ute. Då får det installerade värmebatteriet i FTX-systemet användas vilket blir en extra energikostnad, (*Lindås och framtidens passivhus, 2007*).

Det är sådana här erfarenheter från användarna som är mycket viktiga att ta till sig för att kommande användare av passivhus inte ska uppleva samma nackdelar. Här måste man hitta lösningar på dessa för att passivhustekniken ska kunna utvecklas till det bättre.

### 3.2. Passivhuset i Misteröd

Passivhusen i Misteröd räknas som hus med direktverkande el där förklaringen till detta ligger i att FTX-systemet drivs med el och värmen distribueras ej via ett vattenburet system samt att systemet över tid inte ensam kan anses klara husets uppvärmning.

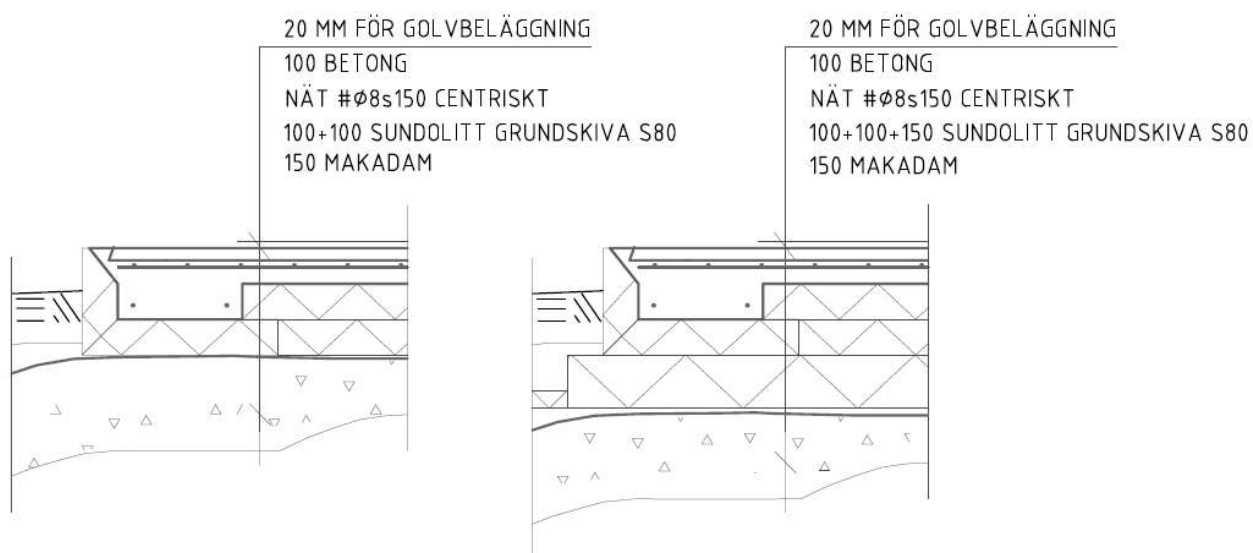
Om vi ser till Skanskas pågående passivhusprojekt i Misteröd så är klimatskalet uppbyggt på i princip samma sätt som Skanskas standardklimatskal, detta för att hålla nere på kostnaderna och vidarehålla samma leverantörer som tidigare. Den största skillnaden mellan Skanskas konventionella vägg och passivhusets vägg, är att man valt att ha mera isolering samt ett obrutet isoleringsskikt och ett installationsskikt i passivhusalternativets vägg, se Figur 2 för jämförelse. Totalt sett består passivhusväggen av 240 mm mer isolering vilket är mer än dubbelt upp om man ser till den konventionella väggen som har 220 mm isolering totalt. Kraven för husets täthet har varit större och därmed lett till ett mer noggrannare tätningsarbete. Detta ger väggen ett U-värde på 0,095 W/m<sup>2</sup>,K vilket kan jämföras med den konventionella väggens U-värde på 0,216 W/m<sup>2</sup>,K. Detta resulterar också i att väggen får mindre luftgenomsläpplighet. Vid provtryckning av blev resultatet 0,3 l/s,m<sup>2</sup> vilket klarar kravet på < 0,6 l/s,m<sup>2</sup>.



Figur 2 – Jämförelse mellan konventionell vägg och passivhusvägg

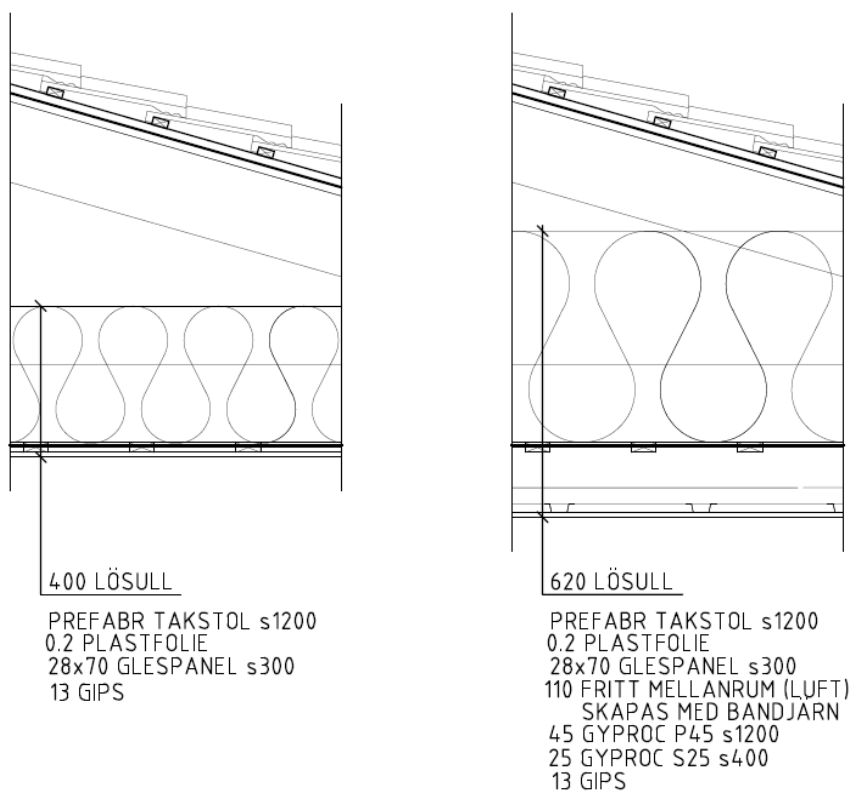
Det som är väsentligt för transmissionsförlusterna i ett passivhus är köldbryggorna. Dessa måste också beaktas med stor noggrannhet med tanke på fuktproblem som kan uppstå pga. kondens som kan bildas om klimatskalet skulle läcka. Man säger att ett passivhus klarar av en otäthet som är stort som en handflata vilket motsvarar ungefär tusen spikhål.

Studerar vi detaljlösningarna enligt Figur 3 och Figur 4 nedan ser vi tydligt hur de passiva detaljalternativen inte skiljer sig speciellt mycket från motsvarande konventionella detaljlösningar.



**Figur 3 - Jämförelse mellan konventionell grund och passivhusgrund**

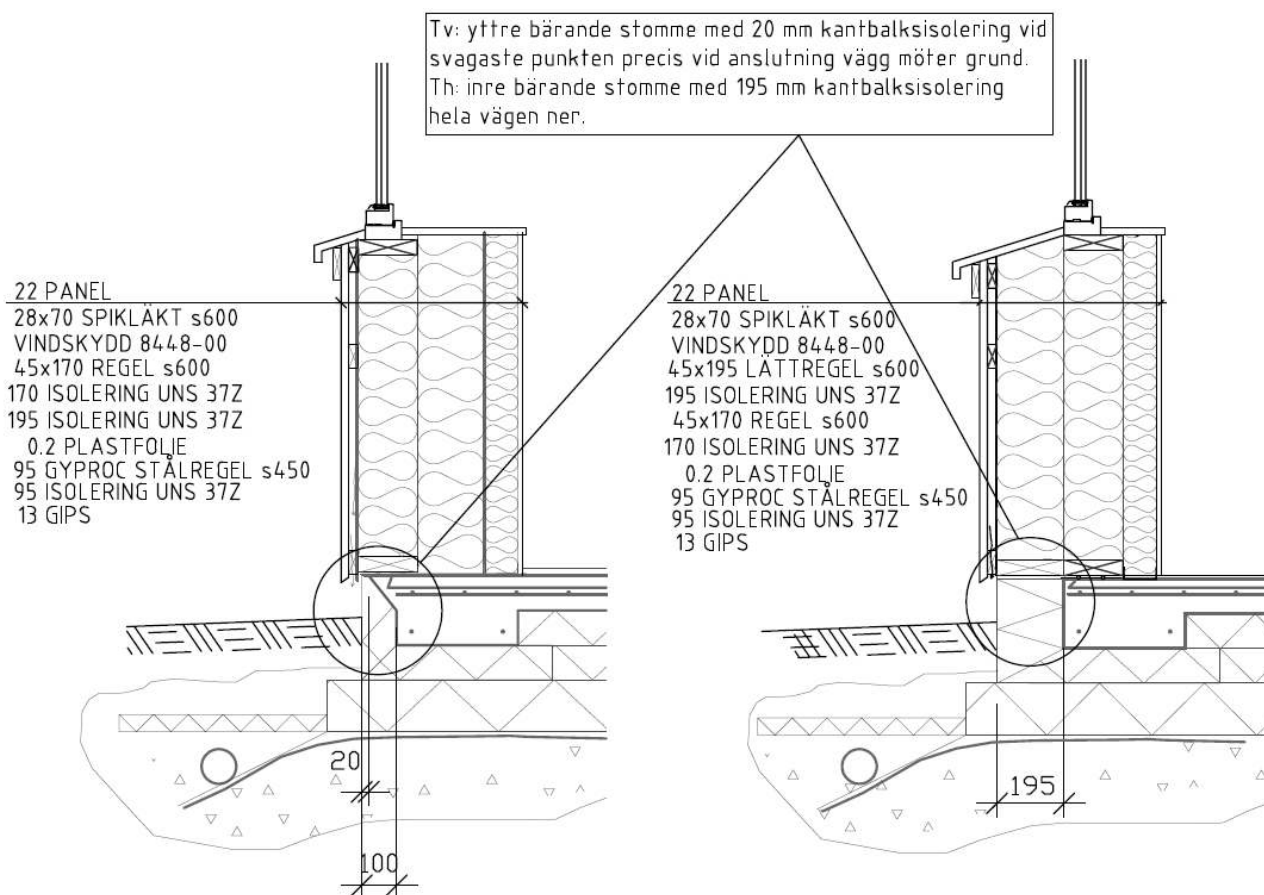
Skillnaden är mer isolering, om vi ser till jämförelsen mellan grundalternativen har man valt att använda sig av 150 mm mer cellplast vilket ger ett U-värde på 0,077 W/m<sup>2</sup>,K som kan jämföras med den konventionella grunden som har ett U-värdet på 0,125 W/m<sup>2</sup>,K. I taket har man ökat lösullsisolering med 200 mm. Detta leder till ett förbättrat U-värde från 0,089 W/m<sup>2</sup>,K till 0,06 W/m<sup>2</sup>,K. Här har man som nämnts tidigare om passivhustekniken, utnyttjat de befintliga teknikerna och detaljlösningar som finns fast utfört dem på ett mera effektivt sett genom mer isolering. En trolig förklaring till detta är att ökningen av isoleringen har varit det enklaste och billigaste alternativet för att minska ner transmissionsförlusterna. Slutsatsen man kan dra är att detaljlösningarna redan varit tillräckligt dimensionerande i alla fall vad gällande köldbryggor.



**Figur 4 – Jämförelse mellan konventionellt tak och passivhustak**

Ser vi till ytterväggen som helhet så har vi yttre bärande regelstomme, se Figur 5. I Österrike däremot väljer österrikarna istället att ha en inre bärande stomme för att på så sätt lättare kunna minimera köldbryggorna genom att arbeta med att bygga på med isolering utåt samt för att minimera på transmissionsförlusterna genom fönstren genom att dessa får en djupare fönsternisch i fasaden, (Warfvinge Catarina. Kv. Jöns Ols i Lund (2004), *energisnålt och lönsamt flerfamiljshus med konventionell teknik*, s 12). De största värmeförlusterna per ytenhet sker genom fönstren. Valet av fönster och dess utformning har därmed stor betydelse. Fönster som används i detta projekt för beräkningarna har U-värdet 0,9-1,0.

Om man ser till svagheten med isoleringen vid kantbalken för den yttre bärande stommen enligt Figur 5, löses detta med att ha en inre bärande stomme genom att man då kan fortsätta med isolering nedåt från väggens yttre isoleringsskikt. Kantbalken blir också rak och inte sned som visas nedan, detta gör också att du kan bygga på med mer isolering. Istället för 20 mm isolering vid den övre delen av kantbalken som är den svagaste punkten precis vid anslutningen mellan grund och vägg får vi istället 195 mm isolering hela vägen ner, nästan är 10 gånger mer se Figur 5.



**Figur 5 – Jämförelse mellan yttre och inre bärande stomme**

Varför har man då inte valt att använda detta alternativ istället? Efter diskussion med Ene Linden på Skanska Teknik så var svaret på den frågan att eftersom projektet uppe i Misteröd är platsbyggt ville man få huset tät så fort som möjligt vilket medförde att en yttre bärande stomme var ett bättre alternativ pga. att när man väl har fått upp stommen kan denna sedan torka ut inåt och man kan fortsätta att jobba med övriga delar av byggnaden under tiden. Hade man istället valt en inre bärande stomme hade detta tagit mycket längre tid då stommen måste torka ut utåt i det här fallet innan man sätter på fasaden vilket i sin tur hade medfört en högre byggkostnad. Att bygga med en inre bärande stomme lämpar sig bättre vid prefabricerad tillverkning då väggen är skyddad från väder och vind och kan torka ut innan man sätter upp väggen.

Om man ser till ett hus transmissionsförluster så är dessa störst genom ytterväggen inkl. fönster, vilket har medfört att störst vikt på detaljlösningar i Misterödsprojektet lagts på ytterväggen. En större ändring här gör också en större skillnad i energiförbrukningen vilket i sin tur blir lönsamt om man ser till den byggkostnad som ändring står för. När man tittar på köldbryggor så måste man alltså ta hänsyn till hur stor den totala ytan är för köldbryggan.

Om vi överskådligt tittar på Skanskas passivhusprojekt så kan vi snabbt komma till slutsatsen att det är ett projekt vars syfte är att få en så bra energieffektivitet till en så låg kostnad som möjligt vilket kan vara positivt så länge huset uppfyller de definitioner och krav som gäller för passivhus samt att det inte påverkar kvalitén och noggrannheten i projektering och byggnation. De har därför istället för att bearbeta och utveckla detaljlösningarna för till exempel grund och tak valt att fokusera på att använda sig av mer isolering i tak, väggar och grund samt att arbeta med att få huset så tätt som möjligt vilket är en den viktigaste faktorn för ett passivhus låga energianvändning. Det går inte att tänka att mer isolering räcker för att minska på transmissionsförlusterna och därmed energiförbrukningen, är huset inte tätt från början så spelar det ingen större roll hur mycket isolering du använder i klimatskalet, det blir bara ett slöseri med pengar.

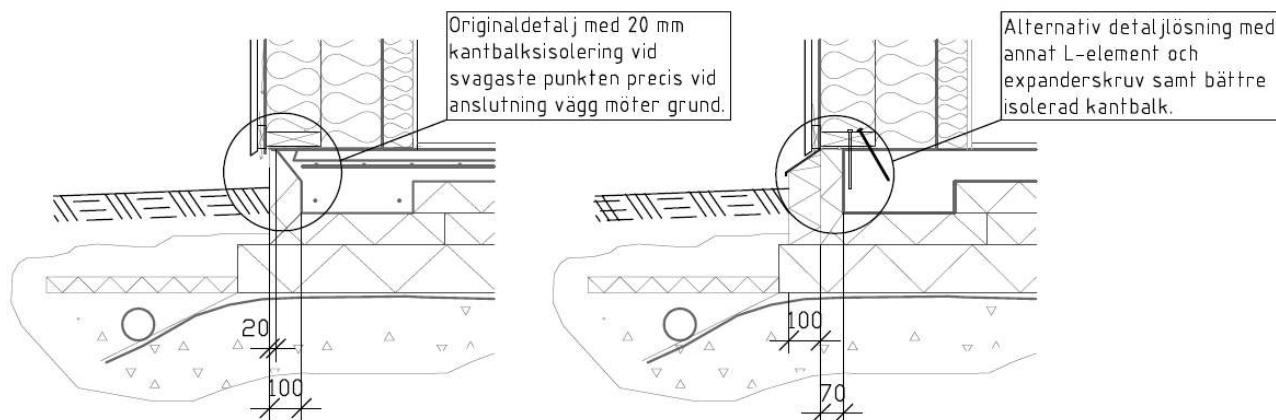
## 4. Eget passivhusalternativ

För att se om passivhus K kunde ha gjorts bättre ur passivhusteknik vad gällande detaljlösningar och energi har ett eget passivhusalternativ av hus K utarbetats där utgångspunkten varit att bygga ett hus med alternativa detaljlösningar med avsikt att minimera köldbryggorna och helst eliminera dem. Målsättningen är också att huset ska vara så lite beroende av det lokala elnätet som möjligt, detta ser vi som en förutsättning för att lyckas med att uppnå ett ”riktigt” passivhus i framtiden som inte är beroende av vare sig fjärrvärme eller det lokala elnätet. För att åstadkomma detta kommer vi att titta på olika energikällor som exempelvis solenergi. En förutsättning är dock att byggnationen inte ska vara allt för dyr att förverkliga. Vi kommer därför att titta på hur mycket våra detaljlösningar kommer att kosta, varvid vi sedan kommer att relatera detta till hur mycket energieffektivare huset blir för att paybacktiden ska vara realistisk. Hjälpmedel till denna undersökning har varit att använda oss av kostnadskalkylen i SPIK samt VIP+ för att kunna se energiaspekterna.

### 4.1. Detaljlösningar

Om vi ser till passivhus K i Misterödsprojektet kan vi snabbt konstatera att den mängd isolering och värdet på husets täthet är helt inom godkända och tillräckliga värden. Vi vill istället fokusera på att lägga tyngdpunkten på att utveckla och titta vidare på alternativa detaljlösningar för att på så sätt kunna minska ner på transmissionsförlusterna genom klimatskalet. Vi kommer därför att visa alternativ till detaljlösningar och diskutera dessa vad gällande hur stor skillnaden blir i byggkostnaden samt hur mycket energieffektivare huset blir.

Enligt tidigare i rapporten så har vi diskuterat kring detaljlösningen där vägg möter grund som vi anser är något underdimensionerad. Om vi ser till kantbalkens isoleringsmängd längst upp där grund möter vägg, har vi endast 20 mm isolering vilket vi reagerade på när vi tittade igenom Misterödsprojektets detaljlösningar. Vi valde därmed att omarbete denna detaljlösning för att minska ner på denna köldbrygga. Om vi ser till övriga detaljlösningar som vägg, fönster och takdetalj så anser vi att dessa redan är bra dimensionerade vilket medför att det blir svårt att göra dessa bättre. Som vi ser i Figur 5 om vi tittar på vår alternativa detaljlösning så är skillnaden att vi flyttat ut den bärande stommen 70 mm varav resterande 100 mm får vila på grunden. För att säkerhetsställa att stommen klarar av att bära upp väggen pga. att stommen får mindre yta att stå på fästes denna in genom att dra fast syllen med expanderskruv i plattan. Det vi vinner på att flytta ut stommen samt att göra kantbalken rak mot grunden är att vi kan öka kantbalksisolering till 70 mm och få lika mycket kantbalksisolering hela vägen upp till syllen i detta isolerlager. Vidare väljer vi att öka på med ytterligare 100 mm isolering varvid vi blir tvungna att utforma ett nytt L-element som illustreras i Figur 6. Utseendet på grunden blir helt klart annorlunda vilket får bli en arkitektonisk fråga om det är snyggt eller inte.



Figur 6 - Jämförelse mellan original och eget detaljalternativ

När vi pratade med Sundolitt, leverantör av grundelement angående ändringen av L-elementet så trodde de att kostnaden skulle i princip vara den samma som för standardutförandet skillnaden blev totalt 4125 kr. Ser vi till kostnaden för expanderskruven som används för att fästa in den bärande stommen så är detta en väldigt liten kostnad på 2207 kr inkl den extra arbetstid som utförandet tar. Priset för den extra kantbalksisoleringen blir 2316 kr. Genom att göra detta val av detaljlösning har vi uppskattat en minskning av energiförbrukningen till ca 4 kWh/m<sup>2</sup>år. Denna energibesparing är helt klart relevant om vi ser till den extra kostnad som denna detaljlösning står för nämligen 8648 kr.

Vi har även som tidigare beskrivits i rapporten undersökt ett alternativ med inre bärande stomme. Fördelen här är att man minimerar köldbryggorna där vägg möter grund och där tak möter vägg samt värmetransporten genom fönstren med 28,5 % enligt egna uppskattningar och beräkningar med hjälp av isolerguiden-04. Frågan är hur stor påverkan lättreglarna utgör som punktköldbryggor som behövs i det obrutna isolerskiktet för att bära upp fasaden med valet av inre bärande stomme. Eftersom köldbryggorna som uppstår i väggen troligtvis är förhållandevis mycket större än den köldbrygga som fanns i grunden, resulterar detta enligt diskussion med Hans Eek att det antagligen inte blir någon större skillnad i energiförbrukning. Vi har därför valt att inte presentera detta alternativ i LCC-analysen.

## 4.2. Alternativa energikällor

I vårt fall har vi valt att koncentrera oss på solvärme men vi har även tittat på solceller. Målet är att hitta en energikälla som är relevant till dess investering om vi ser till hur mycket energibesparingar som kan göras. Genom att göra undersökningar på hur stor investeringskostnaden samt underhållskostnaden är för varje energikälla samt titta på hur mycket energi varje energikälla producerar vill vi med hjälp av LCC-kalkylen visa hur lönsam och hur lång paybacktiden är för respektive alternativ. För att ett passivhus ska kunna bli ett "riktigt passivhus" i framtiden måste alternativa energikällor som solenergi beaktas för att utveckling mot ett hus som är helt självförsörjande ska kunna bli verklighet.

Hur effektiv solfångaren är beror bland annat på vilket vädersträck den placeras mot, en solfångare som vinklas mot söder får mer sol än en som vinklas mot väster eller öster som då bara får sol halva dagen. Även vinkeln på den lutning som solfångaren placeras i har stor betydelse för årsproduktionen av solenergi eller solvärmens, den mest fördelaktiga vinkeln för en solfångare har visats sig vara 30-45<sup>0</sup>. Idag finns det en rad olika lösningar för solfångare för både villor och flerbostadshus, en lösning kan vara en samlad anläggning för hela områden eller att man integrerar solfångarna i fasaden. Ett vanligt villatak i Sverige tar emot fem gånger mer energi än vad huset förbrukar under ett år. Det sägs att solens instrålning mot jorden under 5,5 minuter motsvarar jordens samlade energitillförsel (användning) under 1 år (100 000 TWh), (Kjellsson, E (2004), *Solvärme i bostäder med analys av kombinationen solfångare och bergvärmepump*).

### 4.2.1. Solvärme

Solljuset är elektromagnetisk strålning som ger upphov till värme. Energin i solljuset suggs upp av en svartmålad yta, absorbatoren. Värmen tas tillvara i en cirkulerande vätska eller gas i den svartmålade absorbatoren. Ju mörkare ytan är, desto bättre suger den upp ljus. Om värmen inte används direkt, lagras den i en ackumulator.

Solpaneler används idag i Sverige till största delen för att värma varmvattnet i bostäder, samt utnyttja det till radiatorer och till golvvärme. Solvärme i sig är tyvärr inte med dagens teknologi ett komplett energisystem för varmvattenproduktion, detta pga. att solvärmens kapacitet är låg vintertid och vid längre perioder med molntäcke. I och med detta forskas och utvecklas det inom området att kombinera solvärme med fjärrvärmennätet eller att koppla dem till ett säsongsvärmelager kopplat till ett berggrum.

Vid dimensionering av solvärme måste värmeenergin kunna lagras i tiden, detta tillgodoses genom



att man dels som tidigare nämnts kopplar det till fjärrvärmenätet eller genom säsongsvärmelager. Ser vi till mindre hus som referenshuset i rapporten så kan vi tillfredställa detta genom att vi skapar en fabricerad tank, så kallad ackumulatortank där värmen från solfångarna kan lagras ett par dagar. Vid dimensionering av denna värmelagringsvolym finns ett grundtal  $0,1 \text{ m}^3$  vatten per  $\text{m}^2$  solfångare. Enligt Hans Eek krävs det ungefär  $5 \text{ m}^2$  solpaneler för ett normalt småhus, vilket skulle medföra en ackumulatortank på  $0,5 \text{ m}^3$  vatten.

Ser vi till uppvärmningskostnaden med hjälp av solvärme har detta uppmäts till att halvera totala kostnaden för uppvärmning jämfört med genomsnittliga hus i Sverige, solfångare levererar idag värme till ca 30 % av det totala värmebehovet. När man dimensionerar ett vattenburet solvärmesystem ska man tänka på att man dimensionerar det så man tillgodoser endast varmvattenbehovet från ca april till september.

Bygger man en anläggning för längre period så blir det ett onödigt överskott på sommaren som ej är nyttjbar och kostnaden för att bygga anläggningen ökar.

Det finns idag olika typerna av solfångare, plana och vakuum solfångare, i den här rapporten har vi valt att studera plana solfångare. Plana solfångare har med dagens teknologi en livslängd på 25 år och mer. Idag är garantitiden på en plan solfångare oftast på hela 25 år av de flesta leverantörer. Enligt solgruppen har deras solpanel LESOL 5 AR en livslängd på mellan 30-50 år. I detta måste man sedan räkna in byte av pump som cirkulerar värmebäraren efter 10-15 år. Vad gällande underhållskostnaden är denna väldigt låg och ligger på omkring 100 kr/år för elenergi till cirkulationspumpen. Idag finns det tre olika tillämpningsområden för solvärmen:

Mindre system med modulsolfångare för befintliga och nya villor ( $5 - 10 \text{ m}^2$ ). Solvärmesystem med takintegrerade solfångare på flerbostadshus ( $3 - 5 \text{ m}^2/\text{lgh}$ ). Större system med markplacerade solfångare i anslutning till gruppcentraler och fjärrvärmesystem.

Ur den ekonomiska aspekten ligger investeringskostnaden på  $5200 \text{ kr}/\text{m}^2$  för plana solfångare vad gällande hela systemet inklusive ackumulatortank, arbetskostnad och tillhörande komponenter.  $5 \text{ m}^2$  solpaneler för ett småhus i det här fallet skulle medföra en totalkostnad på  $26000 \text{ kr}/\text{hus}$ . Bidrag kan sökas och utgår på ungefär 25 % av den totala kostnaden. För din investeringskostnad får du  $406 \text{ kWh}/\text{m}^2$  solfångare vilket i det här fallet skulle innebära ett totalt värmeutbyte på  $2030 \text{ kWh}/\text{år}$  vilket motsvarar ungefär 40 % av varmvattenbehovet för våra aktuella hus som har en varmvattenanvändning på  $5035 \text{ kWh}/\text{år}$ .

#### 4.2.2. Solceller

I solceller omvandlas solljuset till el. Solcellen består av en tunn skiva av ett så kallat halvledarmaterial där elektroner frigörs och skapar elektrisk ström. Processen pågår så länge solcellen är belyst men upphör direkt när ljuset försvinner.

Man skiljer på två huvudkategorier av solcellstillämpningar nämligen, nätanslutna och icke nätanslutna system. Vårt solcellsalternativ är ett nätanslutet system där anläggningen är kopplad till elnätet via en växelriktare, du får en spänning på 230 V direkt in i ditt hem, rakt in efter mätaren vilket sparar daglig el för belysning, kyl & frys, värmepumpar m.m. Enkel anslutning direkt till vanligt jordat eluttag (plug & play) Systemet känner själv av att där är ström på nätet och kopplar upp sig och börjar ladda. Exempel på användning av solceller kan till exempel vara att driva FTX-systemet och bidra till övrig elproduktion för huset. Detta alternativ används till exempel i Österrike där man utnyttjar den överblivna el som produceras av solcellsanläggningen genom att sälja den till det lokala elnätet, ett så kallat nätanslutet distribuerande system, en stor ekonomisk fördel för husägaren och en bra affärsidé för exempelvis entreprenören för att locka kunder.

Enligt de senaste mätningarna från energimyndigheten har solceller en livslängd på över 25 år vilket oftast är en garanti från de flesta solcellsleverantörer.

Solceller kommer i moduler och den area som krävs för att anläggningen ska vara effektiv för att kunna driva till exempel ett FTX-system och kunna vara till hjälp för övrig elproduktion ska vara runt 10 m<sup>2</sup> enligt vad som används nere i Österrike och vad som står i svensk standard.

De vanligaste solcellerna på marknaden idag har en verkningsgrad på 13 %. När solen skiner en klarblå dag är effekten 1000W/m<sup>2</sup>. Med en verkningsgrad på 13 % innebär detta att 1 m<sup>2</sup> solceller ger 130 W el. En anläggning på 10 m<sup>2</sup> skulle då medföra en total elproduktion på 1300 W el. Ett vanligt värde på hur mycket energi en solcellsanläggning i denna storlek ger, ligger på mellan 600-900 kWh per installerad kW och år. Besparingen hamnar på omkring 600-1000 kr per år och installerad kW( inklusive skatt, nätavgifter och moms).

Vad gäller investeringskostnaden för solceller ligger priset på omkring 40 kr/W och anläggningsstorleken behöver vara 23 m<sup>2</sup> stor vilket medför en effekt på 3 kW för att kunna försörja två FTX-anläggningar och bidra med ytterligare stöd till övrig elproduktion för huset enligt samtal med Ekosol Energi AB. Investeringskostnaden skulle då hamna på 100 000 kr.

Underhållskostnaderna kan sägas vara obefintliga, enda problemet om du har ett icke nätanslutet system är att livslängden på batterierna kan vara osäkert.

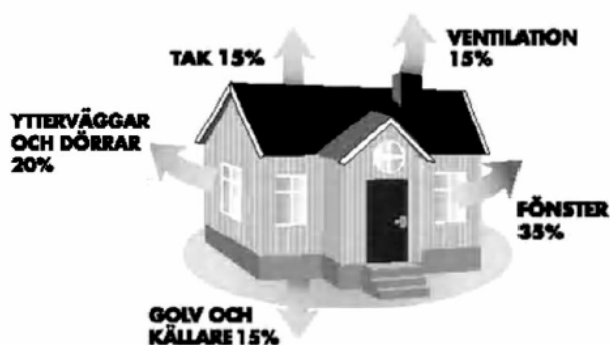
## 5. Jämförelse

I och med marknadens ständiga prisökningar på elenergin ställs allt högre krav på energieffektivare byggnader. Dagens konventionella byggande ställs mot det allt mer energieffektiva och långsiktiga tänkandet med passivhusteknik. Jämförelsen mellan passivhusteknik och konventionell teknik bygger på studier och simuleringar av de olika principerna. Med uppgifter från projektet i Misteröd har vi konstruerat och på så sätt kunnat göra energi och kostnadsräkningar på hur ett konventionellt hus i samma storlek kunde ha sett ut på Skanskas aktuella plats för byggnation idag.

VIP+ används för att bestämma energiförbrukningen samt SPIK-produktion för att fastställa prisskillnaderna i kostnadskalkylerna för de olika alternativen. VIP+ är ett energiberäkningsprogram framtaget av Skanska i början av 90-talet. Programmet används för att kunna beräkna energiförbrukningen i en byggnad med hänsyn tagen till kända och mätbara energiflöden. VIP+ innehåller i huvudsak två beräkningsmodeller; Modellen för värmelagring i byggnadsstommen samt modellen för beräkning av luftflöden genom ventilationssystem och läckage. En begränsning är att VIP+ enbart är avsett för beräkning av energiförbrukning, programmet kan ej användas för dimensionering av värme- eller kylsystem. För att genomföra simuleringarna i VIP+ har köldbryggorna i respektive klimatskal först beräknats, se Bilaga 2 köldbryggor för beräkningar.

### 5.1. Energiberäkningar

När energiberäkningar utförs görs undersökningar på hur stora energiförlusterna är för byggnaden. Energiförlusterna kan delas in i 3 stycken stora huvudområden, avloppsförluster av varmvatten, transmissionsförluster genom klimatskalet samt ventilationsförluster genom uppvärmning av innerluften. Hur stora transmissionsförlusterna blir beror på hur proportionerna mellan ytor mot utomhustemperatur och uppvärmd area förhåller sig, samt hur stor volymen av huset är vid beräkning. Värmeläckaget kan generellt delas in i fem byggnadsdelar vars värden och storlek presenteras i Figur 7.



Figur 7 - Förenklad bild av hur stor andel av värmeläckaget som sker genom ett konventionellt småhus (Ibid.)

Vidare görs beräkningar på hur energibalansen i huset ser ut det vill säga hur mycket energi som strömmar in och ut ur byggnaden. Huvudsakliga värmekällor som tillförs byggnaden är hushållsel, solenergi, energi till varmvatten, energi till uppvärmning samt intern värme från personer, eventuella djur och maskiner. Värmeförlusterna blir överskottenergi, ventilationsförluster, transmissionsförluster och varmvattenförluster. Det gäller att uppnå en god energibalans för att på så sätt minimera energiförlusterna och därmed erhålla ett behagligt inomhusklimat. Den största faktorn som påverkar energibalansen i en byggnad är hur klimatskalet är uppbyggt. Ser man till mängden isolering så har den en mycket stor betydelse för hur mycket värme en byggnad släpper ut.

Vidare är köldbryggor genom klimatskalet, fönster, detaljlösningar och dåligt utförda byggarbeten en annan stor faktor som måste beaktas. För att till exempel minska ner på köldbryggorna genom fönstren är djupa fönsternischer en lösning för att motverka värmetransporten. Viktigt att tänka på är att fönstren monteras i liv med väggens isolerskikt.

Bra detaljlösningar där köldbryggorna minimeras eller helt tas bort och noggrant utfört arbete är här lösningen för att minimera på transmissionsförlusterna och på sätt minska byggnadens energianvändning.

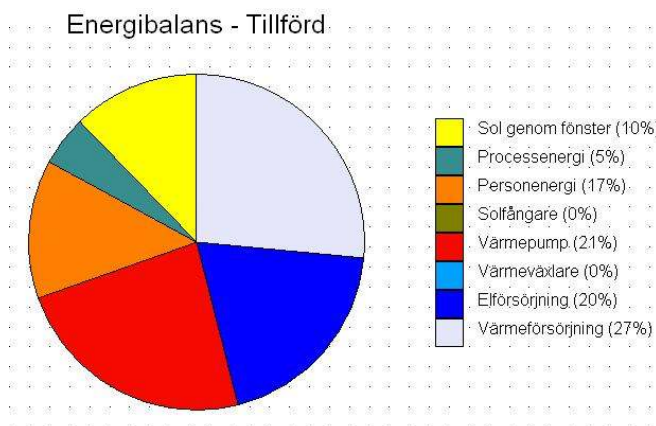
Ser vi till energieffektiviteten i ett passivhus så är det viktigt som tidigare nämnts att se över transmissionsförlusterna och minimera dessa för att kunna bevara den största mängden intern värme från personer, djur och maskiner inom byggnaden hela tiden. Effekten av den interna värme som en person tillför omgivningen är grovt uppskattat till 100 W/h, 12 timmar för en person innebär då en tillförd energimängd på 1,2 kWh/dygn. (Kjellsson, E (2004), *Solvärme i bostäder med analys av kombinationen solfångare och bergvärmepump s 45*). Beroende på hur stor den omgivande omslutningsarea är och antal personer som verkar samtidigt inom denna, påverkas ökning och minskning av internvärmens och därmed energibehovet. Desto färre personer som verkar inom en byggnad, desto viktigare och mer betydelsefull är den interna värme som uppstår inom byggnaden. I ett passivhus vill man utnyttja så mycket internvärme som möjligt från personer, maskiner och djur verkande inom en byggnad. Desto bättre utnyttjande av internvärmens, desto mindre värmestillskott krävs vilket leder till att huset blir än mer energieffektiv. I VIP + energijämförelse för en byggnad räknas inte bara byggnadens enskilda omvandlingsförluster in utan här redovisas också skillnader på om tappvarmvatten resp. hushålls/driftel räknas in. Vid SCB:s senaste undersökning 2003 så var den genomsnittliga användningen av hushållsel i småhus 5,9 MWh/hus, något som har ökat från 4,7 MWh/hus sedan 1986. Räknar man på den medelarea på 144 m<sup>2</sup> som SCB räknat med får man en årlig energianvändning på ca 40 kWh/m<sup>2</sup>. Ser vi till tappvarmvatten ligger den genomsnittliga energianvändningen för ett småhus på runt 5000 kWh/hus, vilket det ingår 1000 kWh/hus i endast förluster för varmvattenberedaren.

I jämförelsen mellan passivhuset Skanska erbjuder oss för sina mätningar med ett konventionellt hus i samma omfattning ser vi tydliga skillnader i hur bra energihushållningen respektive alternativ resulterar i. Olika energikällor och skillnader i klimatskal har varit utgångspunkterna för jämförelsen för både passivhusalternativet och de konventionella alternativen. Med våra resultat från de olika konventionella alternativen och passivhusalternativet samt från tidigare kända fakta om den generella energianvändningen i Sverige idag, vill vi visa hur dessa förhåller sig gentemot varandra i energiförbrukning och på sätt också i ett ekonomiskt perspektiv. Med bara en liten ökning av isoleringen i klimatskalet som inte är en speciellt stor tilläggskostnad/investering vill vi visa att detta ska medföra en låg energiförbrukning som resulterar i en kortare paybacktid i LCC-analysen.

### **5.1.1. Konventionellt byggande med FVP-system**

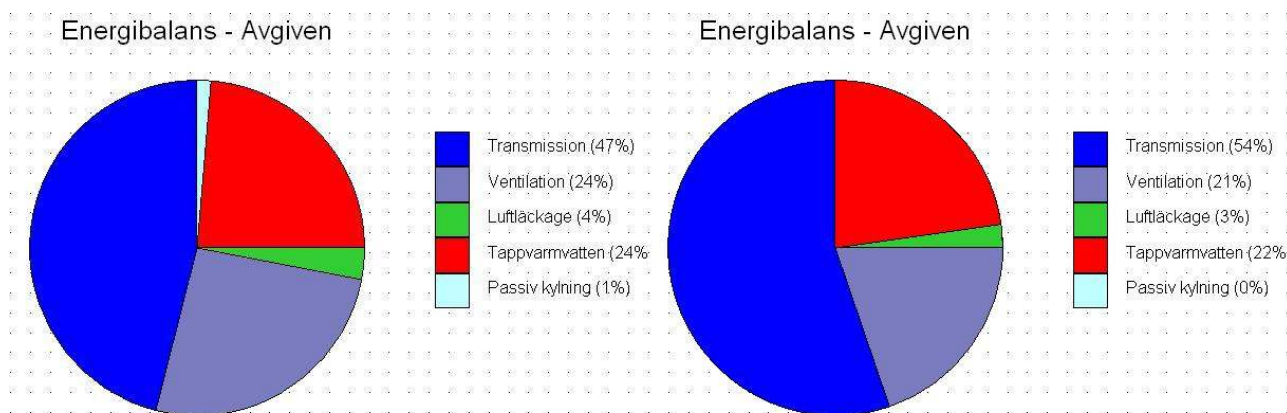
Resultatet från energiberäkningen av detta hus visade ett mycket lågt värde på 64 kWh/m<sup>2</sup> år. Med tanke på detta låga energivärde väcktes tankarna av att den extra isolering och bättre U-värden på fönster som var tvunget att användas i detta alternativ enligt muntliga källor från Skanska kanske inte var nödvändigt. För att undersöka detta gjordes beräkningar med Skanskas standardklimatskal och standardfönster med U-värde 1,3 istället. Resultatet av denna energiberäkning blev 77 kWh/m<sup>2</sup> år vilket klarar kravet på 130 kWh/m<sup>2</sup> år utan att använda sig av den extra isolering och bättre fönster som nämnts ovan. Det som styr detta resultat i energiberäkningen är dels vilket typ av ventilationssystem man använder sig av, i detta fall var frånluftsvärmepumpen från NIBE mycket effektiv med hög verkningsgrad, detta gjorde att vi fick bra värmeåtervinning från inneluften och på så sätt minskad energiförbrukning. Vårt valda FVP-system fungerar enligt följande, energin återvinns ur ventilationsluften och tillförs pannan, vilket reducerar energikostnaderna väsentligt. Värmepumpen ventilerar huset, värmer tilluften, levererar värme till radiatorerna och bereder varmvattnet. I och med att pumpen värmer varmvattnet med hjälp av värmen från den utventilerade inneluften sparar vi in på energin till värmandet av varmvattnet och den inventilerade luften. Resultatmässigt gjorde frånluftsvärmepumpen att effekten av köpt energi till varmvatten minskade från 5035 kWh som är det årliga användandet till 3259 kWh, detta innebär om vi räknar på en kostnad av 0,50 kr/kWh (priset för varmvatten) en minskad kostnad av 888 kr per år. I figur 8 kan vi se att pumpen utgör 21 % av energin som tillförs huset.

Gräver vi djupare i figur 8 kan vi också se att i denna beräkning finns inget solvärmesystem, men trots det utgör solen 10 % av den tillförda energin. Kan vi istället utnyttja solen som vi beskriver sedan i vårt eget passivhusalternativ, så behöver vi ingen frånluftsvärmepump och kan på sätt sträva efter att koppla bort huset helt från det externa elnätet.



**Figur 8 - Energibalans tillförd för konventionellt med FVP**

Ser vi till klimatskalan i dessa båda fallen så kan vi tydligt se hur bara en liten ökning isolering i klimatskalet kan utgöra en stor påverkan på transmissionsförlusterna se Figur 9. I vårt fall utgjorde denna lilla ökning av isoleringen i klimatskalet samt bättre U-värden på fönster en extra kostnad på omkring 30 000 kr vilket resulterade i en minskning av energiförbrukningen på 1658 kWh/år. Detta skulle utgöra en minskad kostnad på 1194 kr/år med ett snitt elpris enligt källor från vattenfall på 0,72 kr/kWh. Detta innebär en paybacktid för den extra isoleringen på 25 år, detta förutsatt att energipriset håller sig till dagens nivå, stiger priset för energi minskar istället paybacktiden.

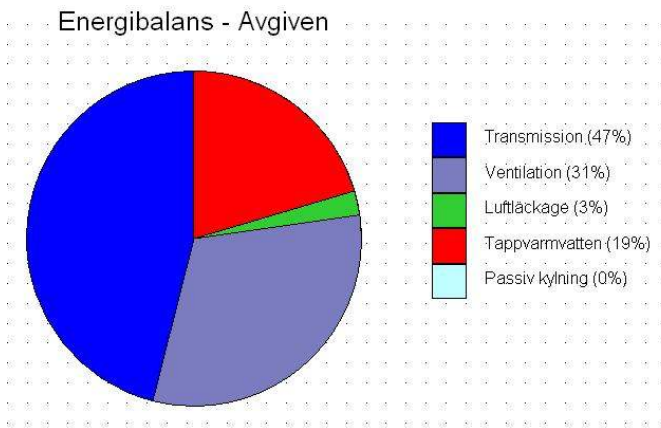


**Figur 9 - Energibalans-avgiven (konventionellt FVP extra isolering samt standard klimatskal)**

Intressant i dessa beräkningar se Figur 8 är hur behovet av kylning påverkas av minskade transmissionsförluster i klimatskalet. Att beakta i detta resonemang är att kylning av ett hus oftast kräver mer energi än att värma, därför är det inte alltid idealistiskt riktigt att stäva efter att få ett helt tätt hus, då detta skulle medföra ett för dyrt ventilations och kylbehov. Ett passivhus som beräknas på nedan är mycket tätare och medför mer kylbehov på sommaren därför väljer man oftast att stänga av FTX-systemet på sommaren och utnyttja naturlig kylning, dvs. öppna fönster och dörrar så man tillför ett självdrag i huset istället.

### 5.1.2. Konventionellt byggande med FTX-system

Analys av det konventionella alternativet med FTX resulterade i en energiförbrukning på 88 kWh/m<sup>2</sup> år. Om vi jämför detta värde med den tidigare analysen av alternativet med FVP så kan vi se att detta alternativ genererar i uppskattat 1540 kWh/år mer än alternativet med FVP. Detta har att göra med att eftersom huset inte är tätt resulterar detta i stora transmissions- och ventilationsförluster som Figur 10 visar, detta påverkar i sin tur FTX-systemet som inte är konstruerat för att användas i ett hus som inte är så tätt. I ett konventionellt hus ventileras luft in hela tiden via väggar, grund, tak, fönster och dörr karmar, detta påverkar FTX-systemet som får problem med att använda internvärmern i huset. Detta innebär att den vinning du gör på att återvinna innerluften sipprar till stor del ut ur huset genom de stora transmissionsförlusterna.



Figur 10 - Energibalans konventionellt med FTX

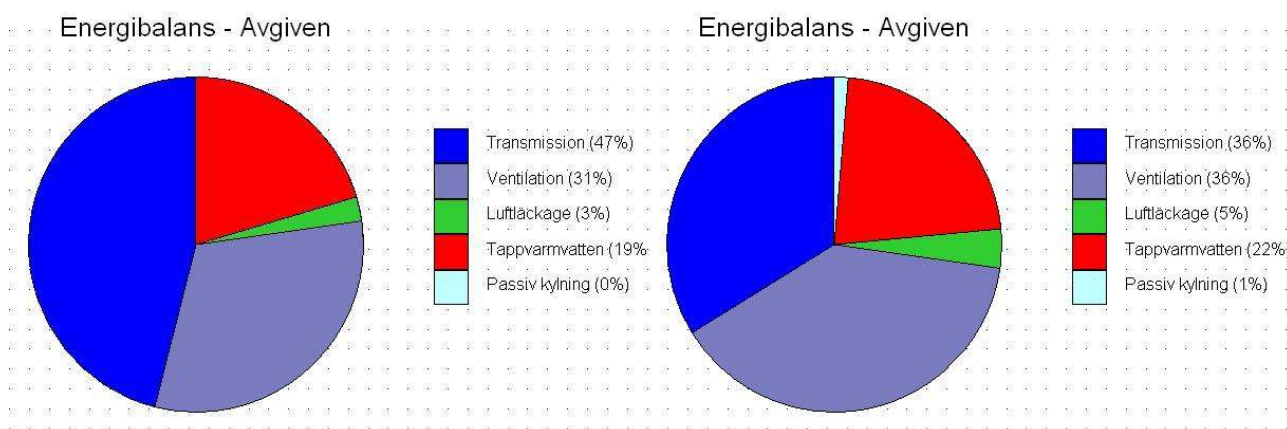
I och med vetenskapen om detta så funderade vi på om vi kunde få en bättre energiförbrukning om vi uppgraderar isoleringen som tidigare beskrivits i FVP alternativet. Med mer isolering i vägg, grund, tak och bättre U-värden på fönster resulterade detta i en total energiförbrukning på 75 kWh/m<sup>2</sup>år. Jämför vi detta värde med alternativet med FVP ser vi att energiförbrukningen per år är totalt bara 2 kWh mindre, eftersom kostnaden för tilläggsisoleringen och bättre U-värden på fönster är på totalt 30 000 kr så förstod vi snabbt att detta val inte är relativt i kostnadsjämförelsen, vi har därför valt att inte presentera detta alternativ i LCC-analysen senare i rapporten. För att istället fortfarande kunna referera till detta alternativ valde vi att koppla in alternativet på fjärrvärmenätet, som har ett billigare pris på energi än om vi skulle driva hela huset med hjälp av endast elenergi. Resultatet framgår under LCC-analys senare i rapporten.

### 5.1.3. Passivhuset i Misteröd

Vad gäller passivhuset i Misteröd så har vi tittat på 3 olika områden som vi anser ha störst påverkan och som på så sätt skiljer passivhuset från ett konventionellt hus vad gällande energiförbrukningen. Det första är klimatskalet som är mycket mer isolerat och tätare, väggen utgörs av den bärande stommen med isolering, sedan ett obrutet isoleringsskikt och sist ett installationskikt. Detta i kombination med mer isolering i tak och grund minskar de annars stora transmissionsförlusterna i klimatskalet med 10 kWh/m<sup>2</sup> år enligt våra beräkningar. En annan mycket viktig faktor i energiförbrukningen är fönster och dörrar som står för den största delen av transmissionsförlusterna genom klimatskalet. Genom att minska U-värdet i fönstren från 1,3 till 0,9-1,0 genererade det enligt våra beräkningar i VIP+ i en minskad total energiförbrukning på 5 kWh/m<sup>2</sup> år.

Ett annat område är sanitet och värme, det som skiljer ett passivhus från ett vanligt konventionellt boende är att passivhuset inte har något internt värmesystem. Passivhuset kräver inte någon elpanna för att driva det vattenburna radiatorsystemet vilket resulterar i en minskad energiförbrukning. Ett passivhus drivs med ett FTX-systemet som återvinner frånluften för att värma tilluften. I passivhuset i Misteröd har man använt sig av en så hög verkningsgrad som 85 %. Enligt Gunnar Lander installationsansvarig på Skanska måste ett passivhus FTX-system ha en verkningsgrad på minst 80-85 % för att det ska vara lönsamt att bygga.

För att se en jämförelse av uppdelningen av denna energiförbrukning gentemot det konventionella med FTX se Figur 11. Studerar vi Figuren kan vi se att transmissions och ventilationsförlusterna är mindre i passivhuset och i och med detta fungerar FTX-systemet bättre som på sätt genererar en bättre energiförbrukning.



Figur 11 - Energibalans-avgiven för konventionellt respektive passivhuset i Misteröd

Enligt våra beräkningar leder alla dessa förbättringar och uppgraderingar till en total energiförbrukning på huset med 69 kWh/m<sup>2</sup> år, detta är klart bättre än det konventionella alternativet med FTX som har en energiförbrukning på 88 kWh/m<sup>2</sup> år. Kravet för ett hus med direktverkande el som detta passivhus beräknas inom är 95 kWh/m<sup>2</sup> år i klimatzon norr. Jämför vi dem kostnadsmissigt så resulterar denna minskning av energikostnaden i en minskad total kostnad per år på 1915 kr om vi räknar med samma energipris på 0,72 kr/kWh som tidigare. Ser vi till detta är det ett klart godkänt resultat. Detta kunde ha blivit mycket mindre om man använt sig av alternativa energikällor, vilket beskrivits tidigare och analyseras senare i rapporten under eget passivhusalternativ.

Intressant när man tittar på passivhus är också att jämföra dem sinsemellan, för att kunna jämföra passivhuset i Misteröd med Lindås krävdes det först att vi bytte klimatzon i energiberäkningarna från Karlstad till Göteborg. Anledningen till att det skiljer sig i energiförbrukning beror dels på hur varmt det är i aktuell klimatzon och dels hur mycket solen skiner och värmer upp huset. Ändringen av klimatzon resulterade i en energiförbrukning på 62 kWh/m<sup>2</sup> år. Detta är helt klart ett bättre resultat än Lindås om vi ser till deras medelförbrukning på 68 kWh/m<sup>2</sup> år. Vi ska då ha i åtanke att Lindåshuset bara har en bostadsarea på 120 kvm och vårt aktuella passivhus i Misteröd har en bostadsarea på 140 kvm samt att husen i Misteröd inte utnyttjar solvärme. Analyserar vi djupare i detta kan vi se lite mer detaljerat varför Misterödshuset är bättre än Lindåshuset, ett sätt att se på det är att studera Tabell 1, där kan vi se att U-värdena för både väggar och golv är bättre i Misteröd. I Lindåsprojektet har man valt att använda sig av bättre U-värden på fönster och tak, men ser vi till det stora hela så har Misteröd bättre medelvärde än Lindås som Tabell 1 visar. Detta gör att eftersom ytorna för väggar och golv, är mycket större än ytan för fönster och tak ger detta ett mycket bättre totalt medelvärde för Misteröd och på så sätt genererar detta till bättre energiförbrukningen och därmed också lägre energikostnader som behandlas senare i rapportern.

Tabell 1- U-värden för Lindås respektive Misteröd

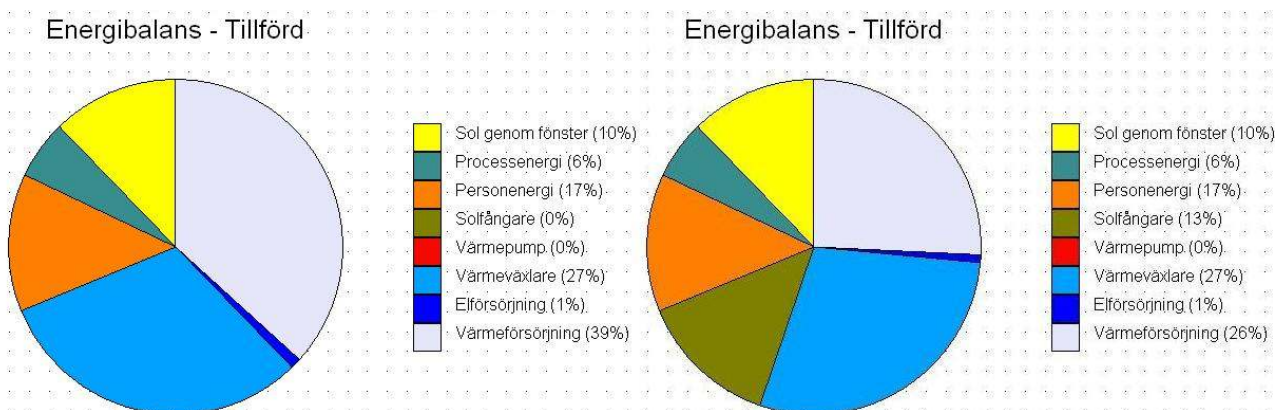
Lindås		Misteröd	
U-värde	(W/m <sup>2</sup> K)	U-värde	(W/m <sup>2</sup> K)
Fönster	0,85(treglas + 2 LE-skikt)	Fönster	0,9
Väggar	0,10	Väggar	0,095
Golv	0,11	Golv	0,077
Tak	0,08	Tak	0,08
<b>Klimatskalet U<sub>Medel</sub></b>	<b>0,16</b>	<b>Klimatskalet U<sub>Medel</sub></b>	<b>0,12</b>

### 5.1.4. Eget passivhusalternativ

I vårt eget passivhusalternativ har vi först och främst fokuserat på att analysera det befintliga passivhuset och se vad som kunnat göras bättre. Detta relaterat till extra kostnaden för arbete och material har lett oss fram till att vi kunnat avgöra vissa områden där förbättringar kunnats göra. Dessa områden är i rapporten indelat i detaljlösningar, där fokus framförallt låg på att minimera eller eliminera köldbryggor, samt undersökandet av alternativa energikällor.

Omarbetningen av de befintliga detaljlösningarna och främst detaljlösningen där vägg möter grund genererade i minskning av energiförbrukningen på 4 kWh/m<sup>2</sup> år. Enligt Hans Eek så kan köldbryggorna i en byggnad utgöra ca 8 % av totala byggnadens energiförbrukning. Detta är förhållandevis lite om man jämför med inkopplandet av kompletterande energikällor, till exempel solvärme som följer i avsnittet nedan. Ser vi till kostnaden för förbättringen av detaljlösningen som utgjorde en kostnad av 8648 kr, med tanke på energiförbrukningen som vi uppskattade minska med 4 kWh/m<sup>2</sup> år, anser vi att detta är en klart godkänd åtgärd, som inte borde ha krävt mycket extra arbete. Paybacktiden för denna extra investering är om man räknar med samma elpris som tidigare på 0,72 kr/kWh beräknad till 21 år, detta är dock förutsatt att energipriset förhåller sig i samma pris varje år. Ökar priset vilket det beräknas göra enligt energimyndigheten så minskar paybacktiden.

Ser vi till alternativa energikällor, så har vi testat två olika alternativ, solvärme och solceller. I alternativet med solvärme har vi valt att använda oss av ett solpaket med plana solfångare från Effecta. I paketet ingår plana solpaneler på totalt 10 m<sup>2</sup>, en ackumulatortank på 750 liter och rören till installationen. Med förbättrade detaljlösningar och inkoppling av solvärme för värmning av varmvattnet i det befintliga passivhuset resulterade detta i en total energiförbrukning på 44 kWh/m<sup>2</sup> år, detta är en minskning av 21 kWh/m<sup>2</sup> år om vi ser till utan solvärme. Räknar vi på ett energipris på 0,72 kr/kWh så visar det sig att med solvärme inkopplat sparar vi 2117 kr/år i energikostnader. Figur 12 visar hur mycket solvärmens som är en naturlig kostnadsfri energikälla kan utgöra av energibalansen i den tillförda energin till passivhuset. Som vi ser så minskar behovet av värmeförsörjning med ca 13 %, gentemot det befintliga passivhuset, detta resulterar i sin tur i de lägre energikostnader som tidigare presenterats.



Figur 12 - Värmeförsörjning för Passivhus respektive Passivhus med solvärme

Om vi istället tittar på solcellsystem så har vi valt ett system från Ekosolenergi, detta system dimensionerat för vår anläggning är på 23 m<sup>2</sup> och seriekopplas i en slinga för att sedan integreras på taket. Rabatterat pris för en större byggfirma som Skanska ligger på 100 000 kr/hus. Detta solsystem är mycket fördelaktigt och är gjort för att producera energi som täcker elbehovet för FTX-systemet. Under sommaren blir det ett överskott på 66,6 % men för att den energin inte ska gå till spillror, köper Ekosolenergi tillbaka elen för 1 kr/kWh, den vinst du då gör under månaderna maj till juni använder du sedan till att köpa el under vintern, då solenergin inte kan tillgodose hela elbehovet. Man brukar räkna med att solceller med en 3 kW anläggning kan generera med 0,85 % verkningsgrad 2550 kWh/år.



Räknar vi på en energiförbrukning per månad ger detta 212,5 kWh/månad, överskottsenergin under sommarmånaderna blir då 708,33 kWh, detta på grund av mindre tända lampor, varmare klimat osv. Räknar man med att Ekosolenergi köper tillbaka den extra elen för 1 kr/kWh så får vi en inkomst på 708,33 kr att köpa el för under vintern. Ser vi då till investeringskostnad kontra energikostnader för solcellsanläggningen resulterar detta i en paybacktid på 43 år. Ser vi till LCC-analysen så anser vi att detta alternativ pga. för höga investeringskostnader har för lång paybacktid för att det ska vara lönsamt att investera i, vi har begränsat oss till en maximal paybacktid på 30 år och har därför valt att ej presentera solceller i den kommande LCC-analysen

## 5.2. Kostnadsberäkningar

Jämförelser i totalpriset av kalkylen har genomförts genom att omvandla passivhus K i projektet till ett vanligt konventionellt hus. Här har vi också valt att omarbetat passivhus K till ett eget passivhusalternativ där ändringar har gjorts i klimatskalet med andra detaljlösningar samt att vi valt att titta på alternativa energikällor som solenergi. Varianter av det konventionella alternativet har studerats, där val av olika ventilationssystem och energikällor och skillnader i klimatskal har varit utgångspunkterna. Värdena på totalpriset av de olika alternativen har sedan används i LCC-analysen för att få en bra och relevant jämförelse om hur de olika alternativen förhåller sig till varandra.

Vad gäller energisnåla byggnader som passivhus, är investeringskostnaden högre vilket tidigare projekt som Lindås redan bevisat. Sett ur ett mer långsiktigt perspektiv blir däremot driftkostnaderna lägre som i sin tur medför att denna prisskillnad betalar tillbaka sig självt inom en begränsad tid. Nedan kommer olika kostnadsberäkningar att presenteras och dessa kommer sedan att användas i LCC-analysen för att på så sätt kunna få fram paybacktiden för respektive val. Förutsättningar för LCC-analysen och för dessa olika kostnadsberäkningar är enligt vad Tabell 2 visar.

**Tabell 2 - Förutsättningar för kostnadsberäkningar och LCC-analysen**

<b>Förutsättningar</b>		
.1 LCC-period för investering	år	30
.2 Kalkylränta	%/år	7,00 %
.3 Årlig uppräknings av kostnader	%/år	2,00 %
.4 Antal kvadratmeter beräkningen gäller	m <sup>2</sup>	140
.5 Kapitalkostnad	%/år	4,50 %
.6 Eventuell amortering	%/år	1,00 %
.7 Eventuellt påslag (moms, BH-kostnader etc.)	%	0,00 %

### 5.2.1. Investeringskostnader

För att få en uppfattning om hur stora investeringskostnaderna är mellan att bygga ett vanligt konventionellt hus och ett passivhus har studier och ändringar gjorts i kostnadskalkylen av Misterödsprojektet med hjälp av SPIK-produktion.

För att underlätta beräkningarna i LCC-analysen kommer bara de investeringar som ändras i alternativen att tas upp, de som tillhör investeringskostnaderna är klimatskalet med fönster, sanitet och värme samt kyla och luft, detta ger oss ett mer exakt sätt att se på paybacktiden för de olika alternativen.

Om vi börjar titta på resultatet som Tabell 3 visar vad gällande investeringsposten klimatskalet så ser vi att alternativ 1 och 4 passivhuset har en extra investering på 55 385 kr om vi jämför med de konventionella alternativen 2 och 3. I denna kostnad ingår mer isolering samt bättre fönster. Vidare om vi ser till sanitet och värme om vi börjar med alternativ 1 så ingår här el och rördragningar, två varmvattenberedare på 12 000 samt arbetskostnad. Det som skiljer sig i alternativ 2 är att här har man även ett radiatorsystem på 67 000 kr installerat på samt en extra anslutningskostnad för fjärrvärmenätet på 30 000 kr. Alternativ 3 är likvärdig dock dras kostnaden för fjärrvärmeavgiften av.

Slutligen alternativ 4 är i sin tur likvärdig med alternativ 1, skillnaden är en extra investering för solvärmen på 32 925 kr inkluderat bidrag på 25 %. I detta pris kan vi även dra bort två varmvattenberedare på 12 000 kr vilket medför en total skillnad mellan alternativen på 20 925 kr. Om vi till sist tittar på investeringsposten kyla och luft så beskriver denna post för alternativ 1,2 och 4 kostnaden för två FTX-system på 77 600 kr samt kostnaden för två FVP-system i alt 3 på 60 000 kr. Enligt den totala investeringskostnaden, är det konventionella alternativet med FTX det dyraste. Förklaringen till detta är att den summa pengar man sparar in på ett sämre klimatskal är för liten för att kunna väga upp mot kostnaderna för att behålla FTX-systemet och installera ett radiatorsystem. Detta alternativ blir enligt oss ej lönsamt om man ska titta på investeringskostnaderna kopplat till lägre driftkostnader. Tanken är att ett konventionellt hus borde ha lägre investeringskostnader än passivhuset vilket i det här fallet visar motsatsen. Tittar vi istället till det konventionella alternativet med FVP så får vi en bättre jämförelse. Här ligger den totala kostnaden lägre än passivhuset vilket var resultatet vi ville få fram. Skillnaden är dock väldigt liten cirka 18 000 kr vilket kan tyckas försumbart om man ser till helheten. För investeringskostnader och dess beräkningar se Bilaga 3. Vad som bör tilläggas är att på den initiala investeringskostnaden har man lagt på ett vinst och risktillägg på 14 %, ett normalt värde som kan variera beroende på hur omfattande och hur stora riskerna är vid projektering och byggnation.

Tabell 3 - Investeringskostnader

		Alt 1	Alt 2	Alt 3	Alt 4
<b>Area</b>	kvm	140	140	140	140
<b>Investeringsposter</b>					
<i>Engångsposter</i>					
Klimatskal	kr	426 960	371 575	371 575	426 960
Sanitet värme (Anslutningsavgift fjärrvärme alt 2)	kr	53 020	138 020	108 020	73 945
Kyla Luft	kr	77 600	77 600	60 000	77 600
Investeringskostnad initialt	kr	557 580	587 195	539 595	578 505
Vinst och risk tillägg	14 %	14 %	14 %	14 %	14 %
Investering inkl påslag	kr	635 641	669 402	615 138	659 496
Investering inkl påslag	kr/kvm	4 540	4 781	4 394	4 711
<b>Investering subtraherat intäktsposter</b>	kr	635 641	669 402	615 138	659 496
<b>Prognos: kapitalkostnad och amortering</b>	kr/år	34 960	36 817	33 833	36 272
<b>Prognos: kapitalkostnad och amortering</b>	kr/mån	2 913	3 068	2 819	3 023
<b>Prognos: kapitalkostnad och amortering</b>	kr/m <sup>2</sup> ,år	249,72	262,98	241,66	259,09

Alt 1: Passivhus, Alt 2: Konventionellt FTX, Alt3: Konventionellt FVP, Alt 4: Eget passivhus med solvärme

### 5.2.2. Reinvestering och utbyte

Reinvestering och utbyte är större ombyggnader eller utbyten av till exempel ventilationsaggregat om vi ser till det här fallet. När vi tittar på de investeringar som görs för respektive husalternativ så måste hänsyn tas till underhållskostnader dvs. reinvestering och utbyte av enheter. Tittar vi på alternativ 1,2 och 3 som har ett FTX-system ser vi att de stora kostnaderna ligger i utbyte av fläkt och rotor efter 10 år. Att beakta med stor uppmärksamhet är den årliga kostnaden av filterutbyte som vi kommer till senare i drift och underhåll. För att kunna ha ett fungerande ventilations och värmesystem i huset krävs också att man som komplement till FTX-anläggningen måste värma varmvattnet, därför tillförs här två varmvattenberedare på sammanlagt 12 000 kr med en livslängd på 20 år. I alternativ 3 ingår kostnaden för varmvattenberedaren i FVP-systemet och tas därför inte med som en separat reinvestering. Ett annat val är också att använda sig av ett fjärrvärmesystem som vi valt i alternativ 2, vilket medför att reinvesteringen för elpannorna utgår då dessa inte behövs i detta system. Tabell 4 nedan visar en sammanställning av reinvestering och utbyte för de olika alternativen.

Tabell 4 - Reinvestering och utbyte

		Alt 1	Alt 2	Alt 3	Alt 4
<b>Area</b>	kvm	140	140	140	140
<b>Post 1</b>		Fläkt & Rotor	Fläkt & Rotor	Fläkt & Kompressor	Fläkt & Rotor
Intervall/Praktisk livslängd på installationen	år	10	10	10	10
Kostnad vid reinvestering	kr	5 900	5 900	24 000	5 900
Antal utbyten under LCC-period	ggr	3	3	2	3
Kapitalkostnad om post är reinvestering (annars 0)	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
Delkostnad (vid flera utbyten)	kr	5 900	5 900	24 000	5 900
Nuvärdet av första utbytet (årets kostnad)	kr	300	300	1 220	300
<b>Post 2</b>		Varmvatten-bredare		Värme-pump	
Intervall/Praktisk livslängd på installationen	år	20	0	20	0
Kostnad vid reinvestering	kr	12 000	0	48 822	0
Antal utbyten under LCC-period (reinvestering borträknad)	ggr	1	0	1	0
Kapitalkostnad om post är reinvestering (annars 0)	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %
Delkostnad (vid flera utbyten)	kr	12 000	0	48 822	0
Nuvärdet av första utbytet (årets kostnad)	kr	155	0	631	0
LCC-kostnad för period utan påslag	kr	19 024	12 822	64 987	12 822
Ev. påslag (ex. moms, BH-kostnader etc.)	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
LCC-kostnad för period	kr	19 024	12 822	64 987	12 822
<b>LCC-prognos: LCC reinvest &amp; utbyte</b>	kr/år	455	300	1 541	300
<b>LCC-prognos: LCC reinvest &amp; utbyte</b>	kr/mån	38	25	128	25
<b>LCC-prognos: LCC reinvest &amp; utbyte</b>	kr/m <sup>2</sup> ,år	3,25	2,14	11,01	2,14

Alt 1: Passivhus, Alt 2: Konventionellt FTX, Alt3: Konventionellt FVP, Alt 4: Eget passivhus med solvärme

Vidare om vi ser till alt 3 så kommer kostnaderna att skilja sig en aning. Här har vi ett helt annat ventilationssystem med andra komponenter och enheter. Detta val är det dyraste vilket vi ser efter 10 år då kompressorn och fläkten i systemet måste bytas med en totalkostnad på 24 000 kr jämförbart med 5900 kr för de andra alternativen, men då är inte filterutbytet på 700 kr per år medräknat, vilket blir 7000 kr på 10 år. Detta medför en total kostnad på 12 900 kr efter 10 år för FTX-systemen. Om vi jämför systemen totalt vad gällande kostnaden på en tioårsperiod så är FTX-systemet 11 100 kr billigare. Denna skillnad hade kunnat vara mycket större om det funnits fler tillverkare av filter till FTX-anläggningen som kunna pressa kostnaderna.

### 5.2.3. Löpande drift och underhåll

Löpande drift och underhåll är kostnader som är löpande, alltså kostnader som hela tiden återkommer varje år, månad eller vecka. För att FTX-systemet och FVP-system ska kunna fungera effektivt i ett hus måste det hela tiden göras filterbyten 1-2 gånger per år för FTX-systemet och vartannat år för FVP-systemet. Ser man till kostnaden som ligger på 350 kr per filterbyte för FTX och 65 kr för FVP så förstår man snabbt att detta inte är en hållbar extrakostnad för FTX-systemet när man pratar om låga driftkostnader kontra högre investeringskostnader. Hela poängen med passivhus idag är att investeringskostnaderna kortsiktigt är högre men att de långsiktigt ska löna sig i och med lägre driftkostnader. Efter diskussion med Ene Linden på Skanska, kom vi underfund med att problemet med detta höga pris på filter döljer sig i att Skanska i Misterödsprojektet ville ha så bra verkningsgrad på FTX-systemet som möjligt. Det enda företaget som tillverkar ett FTX-system med så hög verkningsgrad som 85 % är Temovex, vars återförsäljare av systemen är REC Indovent AB. Problemet är att REC Indovent är ensam återförsäljare vilket medför att de har monopol på priset på FTX-systemen och på priset på filter, detta innebär att de kan ta ut vilka priser de vill. Tabell 5 nedan visar en sammanfattning av löpande drift och underhållskostnader.

Tabell 5 - Löpande drift och underhållskostnader

		Alt 1	Alt 2	Alt 3	Alt 4
<b>Area</b>	kvm	140	140	140	140
<b>Drift- och underhållskostnad per år</b>					
<b>Årsposter</b>					
Filterbyte	kr/år	700	700	66	700
	=	700	700	66	700
D/U-kostnad för period (basvärde)	kr/år	700	700	66	700
Ev. påslag (ex. moms, BH-kostnader etc.)	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Kostnad inkl påslag	kr/år	700	700	66	700
LCC-kostnad för D/U för period	kr	10 761	10 761	1 015	10 761
<b>LCC-prognos: drift &amp; underhåll</b>	<b>kr/år</b>	<b>359</b>	<b>359</b>	<b>34</b>	<b>359</b>
<b>LCC-prognos: drift &amp; underhåll</b>	<b>kr/månad</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>3</b>	<b>30</b>
<b>LCC-prognos: drift &amp; underhåll</b>	<b>kr/m<sup>2</sup>,år</b>	<b>2,56</b>	<b>2,56</b>	<b>0,24</b>	<b>2,56</b>
<b>Kortprognos: D/U-månadskostnad år ett</b>	<b>kr/år</b>	<b>700</b>	<b>700</b>	<b>66</b>	<b>700</b>
<b>Kortprognos: D/U-månadskostnad år ett</b>	<b>kr/månad</b>	<b>58</b>	<b>58</b>	<b>6</b>	<b>58</b>
<b>Kortprognos: D/U-m<sup>2</sup>-kostnad år ett</b>	<b>kr/kvm, år</b>	<b>5,00</b>	<b>5,00</b>	<b>0,47</b>	<b>5,00</b>

Alt 1: Passivhus, Alt 2: Konventionellt FTX, Alt3: Konventionellt FVP, Alt 4: Eget passivhus med solvärme

#### 5.2.4. Energikostnader

Ser vi till energikostnaderna så är energiprisökningar mycket svåra att förutse speciellt om man beräknar på en längre tid. Generellt räknar vi idag med att energipriset ökar med 2 % mer än index som ligger på 2 % idag, vilket är värdet vi använt i LCC-analysen. Energikostnaderna är i den här undersökningen de kostnader som påverkar LCC-analysen mest, speciellt paybacktiden. Utöver de förutsättningar som nämnts ovan vad gällande räntor och påslag etc. kommer vi här i energikostnader räkna på följande priser för energin vad gällande fjärrvärme, varmvatten och elkraft enligt Tabell 6 nedan. Beräkningar till resultat för priset per kWh för fjärrvärmens kan ses i Bilaga 4. Energipriset för vatten och el är uppskattade snittpriser från Vattenfall.

Tabell 6 - Förutsättningar för energikostnader

<b>Fjärrvärme</b>		
Fjärrvärmepris, sommar	kr/kWh	0,5350
Fjärrvärmepris, vinter	kr/kWh	0,6350
Realprisökning per år, fjärrvärme	%/år	4 %
Nusummefaktor, fjärrvärme		19,6004
<b>Varmvatten</b>		
Pris, sommar	kr/kWh	0,5000
Pris, vinter	kr/kWh	0,6000
Realprisökning per år	%/år	4 %
Nusummefaktor		19,6004
<b>Elkraft</b>		
Elpris, sommar	kr/kWh	0,7200
Elpris, vinter	kr/kWh	0,7200
Realprisökning per år, el	%/år	4 %
Nusummefaktor, el		19,6004

Som Tabell 7 visar blev vårt passivhusalternativ det billigaste på 3950 kr/år vilket kan jämföras med alternativ 2 det dyraste på 6990 kr/år. Genom att välja alternativ 4 istället för alternativ 2 sparar du 3050 kr/år i energikostnader, genom att göra en större investering på ca 39 000 kr om vi jämför de bådas totala LCC-kostnader skulle detta innebära en paybacktid på omkring 13 år om vi använder snittpriset på 0,72 kr/kWh.

Tabell 7 - Energikostnader

		Alt 1	Alt 2	Alt 3	Alt 4
Area	kvm	140	140	140	140
<b>LCC-KOSTNADER, ENERGI</b>					
<b>Fjärrvärme</b>					
1.1 Användande per år, helår	kWh/år	0	7 215	0	0
1.2 Fördelning av energianvändande, sommar, %	50 %	0	3 608	0	0
1.3 Fördelning av energianvändande, vinter, %	50 %	0	3 608	0	0
Ev. påslag (ex. moms, BH-kostnader etc.)	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Energikostnad första året	kr/år	0	4 221	0	0
Energikostnad första året	kr/kvm, år	0,00	30,15	0,00	0,00
LCC-kostnad för period, fjärrvärme (osäker)	kr	0	82 729	0	0
LCC-prognos under period (osäker)	kr/år	0	2 758	0	0
Energianvändande	kWh/m <sup>2</sup> ,år	0	52	0	0
<b>Varmvatten</b>					
2.1 Användande per år, helår	kWh/år	5 035	5 035	3 259	2 073
2.2 Fördelning av energianvändande, sommar, %	50 %	2 518	2 518	1 630	1 037
2.3 Fördelning av energianvändande, vinter, %	50 %	2 518	2 518	1 630	1 037
Ev. påslag (ex. moms, BH-kostnader etc.)	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Energikostnad första året	kr/år	2 769	2 769	1 792	1 140
Energikostnad första året	kr/kvm, år	19,78	19,78	12,80	8,14
LCC-kostnad för period (osäker)	kr	54 279	54 279	35 133	22 347
LCC-prognos under period (osäker)	kr/år	1 809	1 809	1 171	745
Energianvändande	kWh/m <sup>2</sup> ,år	36	36	23	15
<b>Elkraft</b>					
3.1 Användande per år, helår	kWh/år	4 625	0	6 766	3 889
3.2 Fördelning av energianvändande, sommar, %	50 %	2 313	0	3 383	1 945
3.3 Fördelning av energianvändande, vinter, %	50 %	2 313	0	3 383	1 945
Ev. påslag (ex. moms, BH-kostnader etc.)	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Energikostnad första året	kr/år	3 330	0	4 872	2 800
Energikostnad första året	kr/kvm, år	23,79	0,00	34,80	20,00
LCC-kostnad för period, elkraft (osäker)	kr	65 269	0	95 484	54 883
LCC-prognos under period (osäker)	kr/år	2 176	0	3 183	1 829
Energianvändande	kWh/m <sup>2</sup> ,år	33	0	48	28
<b>Totalt energianvändande för alternativen</b>		<b>69</b>	<b>88</b>	<b>72</b>	<b>43</b>
<b>SAMMANSTÄLLD LCC-KOSTNAD ENERGI</b>		<b>Alt 1</b>	<b>Alt 2</b>	<b>Alt 3</b>	<b>Alt 4</b>
LCC-kostnad totalt under perioden (osäker)	kr	119 548	137 008	130 617	77 230
LCC-prognos: energi (osäker)	kr/år	3 985	4 567	4 354	2 574
LCC-prognos: energi (osäker)	kr/månad	332	381	363	215
LCC-prognos: energi (osäker)	kr/kvm, år	28,46	32,62	31,10	18,39
<b>Kortprognos: energikostnad år ett</b>	<b>kr/år</b>	<b>6 099</b>	<b>6 990</b>	<b>6 664</b>	<b>3 940</b>
<b>Kortprognos: energikostnad år ett</b>	<b>kr/månad</b>	<b>508</b>	<b>583</b>	<b>555</b>	<b>328</b>
<b>Kortprognos: energikostnad/kvm år ett</b>	<b>kr/kvm, år</b>	<b>43,57</b>	<b>49,93</b>	<b>47,60</b>	<b>28,14</b>

Alt 1: Passivhus, Alt 2: Konventionellt FTX, Alt3: Konventionellt FVP, Alt 4: Eget passivhus med solvärme

### 5.2.5. Hyresintäkter

Intressant sett ur uthyrningsperspektiv om vi ser till hyresintäkter, är att passivhuset med lägre energikostnader kan medföra en lägre hyra eller i varje fall vidarehålla samma hyra som ett konventionellt boende. Skulle vi se passivhuset som en bostadsrätt skulle däremot Uddevallahem kunna höja hyran eftersom hyresintäkten baseras på totala investeringskostnaden. I och med att kunden har lägre energikostnader bor han ändå billigare om man ser långsiktigt och med ser till efterfrågan och därmed ökningen av dagens energipriser. Samtidigt vid marknadsföringen av passivhuset kan motiveringen till kunden vara att det är mer miljövänligt att bo i ett passivhus. Att beakta är dock att Uddevallahem inte får ta ut alltför stor hyresintäkt då detta skulle påverka kunden som idag ofta ser kortsiktigt och inte långsiktigt, vid för hög hyra kompenseras inte den låga energiförbrukningen och istället tror kunden att han får betala mer för att bo i ett passivhus. I våra beräkningar har vi räknat med att i Misteröd ligger hyresintäkten för investeringen för passivhuset på 1916 kr/månad och lägenhet enligt Uddevallahem. I och med att vi har lägre energiförbrukning i vårt alternativ med solvärme så kan Uddevalla hem ta ut samma hyresintäkt på 1916 kr per månad och lägenhet, detta trots att investeringskostnaden är större för vårt alternativa passivhus med solvärme. Genom att hyresrättsföreningen bygger passivt så drar huset mindre energi, vilket gör att de kan sänka hyran och på så sätt bor kunden både miljövänligare och billigare. Detta ser vi som den optimala lösningen inför framtiden för passivhus. Ser vi till det här resonemanget innebär detta att med samma hyra för investeringen på 30 år för vårt passivhus med solvärme får vi en total hyresintäkt på 1 379 520 kr, om vi jämför den med totala LCC-kostnaden för en 30 års period som redovisas längre fram i rapporten så kan Uddevallahem tjäna ca 15 000 kr mer på att bygga med installerat solvärme i sitt passivhus. Detta påvisar bara mer på syftet med rapporten som var att visa att med en dyrare och mer genomtänkt investering i början vinner du ur ett långsiktigt perspektiv. Se Bilaga 5 för beräkning av hyresintäkter relaterat till totala LCC-kostnaden och investeringskostnaden.

### 5.3. LCC-analys

Livscykelkostnad (LCC) vars syfte är att beräkna en investerings totalkostnad under dess livslängd. LCC-analysen är användbar när man inte känner till och/eller inte kan uppskatta framtida intäkter. I analysen räknas inte bara själva investeringskostnaden in för ett objekt, utan här tas alla kostnader inklusive driftkostnader med som är kopplat till objektet, detta resulterar i att du får en totalkostnad för investeringen under hela dess livslängd. Att studera LCC-analysen är intressant ur investeringssynpunkt då man inte bara ser till investeringskostnaden utan på sikt söker efter störst lönsamhet. Troligtvis kan man då på sikt se att det kan vara mer lönsamt med en större investeringskostnad som resulterar i lägre energikostnader och därmed lägre driftkostnader.

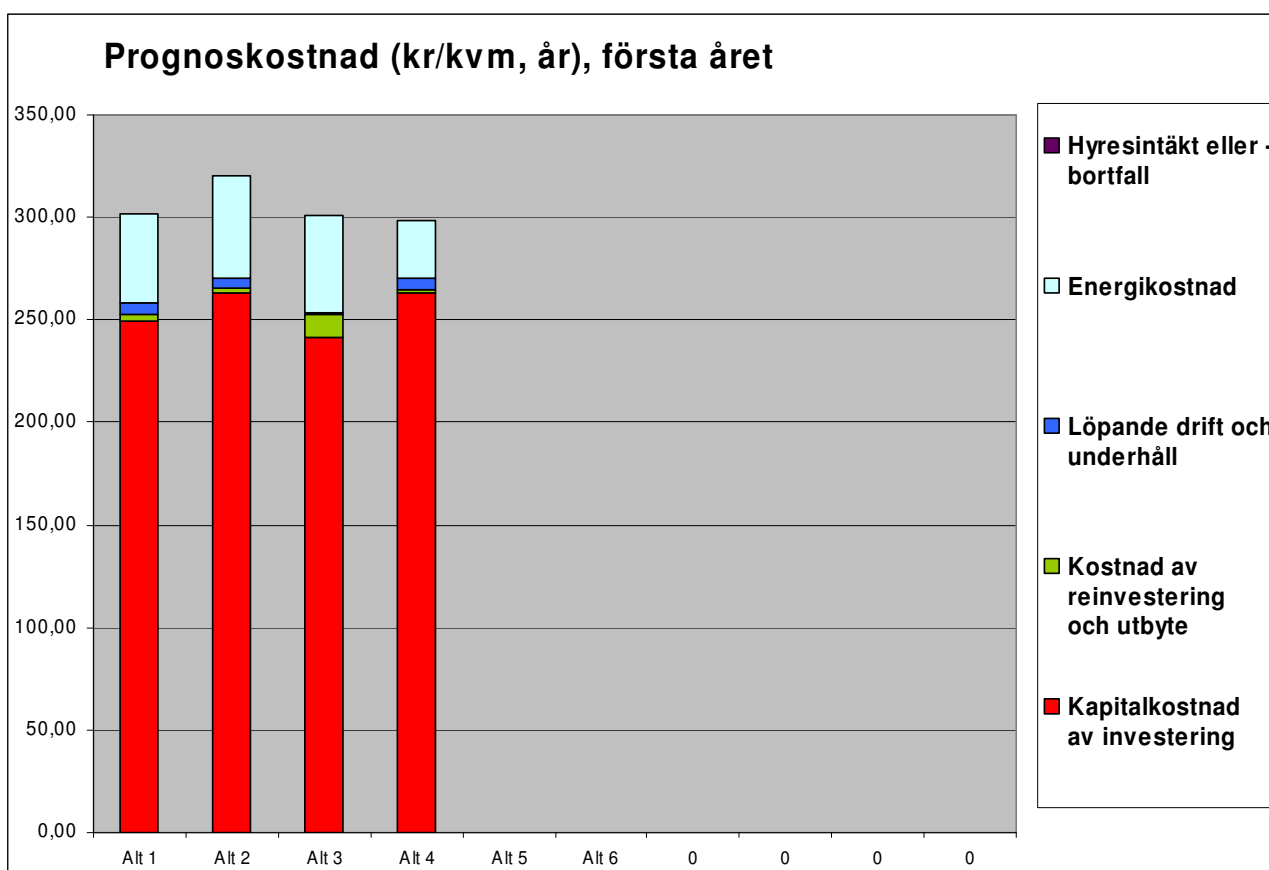
Huvudsyftet med vår LCC-analys är att visa med att en större investering i ett passivhus inte bara behöver medföra kostnader, utan att den även sett ur ett långsiktigt perspektiv kan medföra besparingar och på sikt bli mer lönsam än ett konventionellt boende. Kalkylen ska också visa vid vilken tidpunkt denna besparing eller återbetalning av den större investeringen inträffar, alltså hur lång paybacktiden är. För att investeringen ska vara lönsam utgår man från regeln att återbetalningstiden ska vara kortare än hälften av investeringens livslängd. Återbetalningstiden beräknas genom att titta på kostnaden för investeringen och därefter dela denna med den energibesparing som görs. (*Livscykeleekonomisk analys av byggnader och byggnadsdelar, 2003*) I vår LCC-analys har vi valt att avgränsa kalkylen till att endast undersöka alternativ som beräknas betala tillbaka sig själv inom 30 år. Den LCC-mall som används för detta projekt är framtagen av Staffan Bolminger ansvarig inom bygg/projekt/miljö på Älvstranden Utveckling AB. Efter ett seminarium på Chalmers Lindholmen med Staffan Bolminger blev denna mall uppmärksammas som ett bra verktyg för att få fram en tydlig LCC-analys. Anledningen till att Staffan Bolminger delar med sig av denna LCC-mall beror på att han vill att fler företag använder sig av LCC-tänkandet vars syfte är att kunna visa att med större investeringar kan du få lägre driftkostnader som i sin tur indirekt påverkar miljön och din egen ekonomi.

Kalkylen presenterar diagram på kostnader samt paybacktiden av de olika investeringsalternativen. Resultatet av bra genomförda LCC-kalkyler i projekteringen ger en bra grund för byggnadens drift och underhållskostnader i förvaltningsskedet samt att du lättare kan identifiera åtgärder.

### Prognoskostnad kr/m<sup>2</sup>.år, första året

Ser vi till resultaten av våra energiberäkningar i förhållande till investeringskostnader så kan vi se i figur 13 att första året är alternativ 2 dyrast i investeringskostnader, tätt följt av alternativ 4. Ser vi till totalkostnaden så visar det sig att passivhuset med solvärme är billigast år ett trots dess höga investeringskostnader, detta grundar sig på att, i och med att vi utnyttjat solen så får vi lägre energikostnader, se avsnitt 5.1 Energiberäkningar. Detta medför i sin tur att pga. dessa låga energikostnader så blir totalkostnaden år ett lägre än både passivhuset och de övriga alternativen.

Figur 13 - Prognoskostnad (kr/kvm,år), första året



Alt 1: Passivhus, Alt 2: Konventionellt FTX, Alt 3: Konventionellt FVP, Alt 4: Eget passivhus med solvärme

Ser vi till löpande drift och underhåll på alternativ 1,2 och 4 hade dessa som sagt kunnat var ännu bättre om priset på filterbyte minskade till en mer rimlig kostnad. Ser vi till alternativ 3 med FVP så har den en mycket rimligare filterkostnad på 65 kr per gång för byte av 2 filter.

### 5.3.1. Investering samt LCC-kostnad över vald period

Sett i ett 30 års perspektiv blir varje investering som resulterar i sänkning av energipriset än mer intressant både ur miljösynpunkt men också ur den ekonomiska aspekten. Målet med investeringen är att den ska försöka betala tillbaka sig själv inom en 30 år period. För att då kunna göra en paybackanalys har vi tittat på hur dyr respektive investering är sett på 30 år. I Tabell 6 ser vi att investeringskostnaden totalt är störst i alternativ 4, men i och med låga energikostnader så medförde det att alternativ 4 fick den lägsta totala kostnaden på 770 168 kr, jämför vi detta med alternativ 1 så är det en besparing på totalt 14806 kr sett ur ett 30 års perspektiv. Jämför vi alternativ 1 med ett konventionellt alternativ så får vi en bild av hur mycket utvecklingen har förändrats inom byggindustrin, totala skillnaden mellan alternativ 4 och 3 är enligt tabell 6, 53 993 kr mindre i investeringskostnad.

Tabell 6 - Totala LCC-kostnaden för respektive alt

Sammanfattning, LCC-total		Alt 1	Alt 2	Alt 3	Alt 4
Investeringskostnad - intäktsposter	kr	635 641	669 402	615 138	669 354
LCC-kostnad reinvestering och byte	kr	19 024	12 822	64 987	12 822
LCC-kostnad löpande drift och underhåll	kr	10 761	10 761	1 015	10 761
LCC-kostnad energi	kr	119 548	137 008	130 617	77 230
LCC-kostnad hyresintäkt/-bortfall	kr	0	0	0	0
<b>Summa LCC-kostnad</b>	<b>kr</b>	<b>784 974</b>	<b>829 993</b>	<b>811 757</b>	<b>770 168</b>

Alt 1: Passivhus, Alt 2: Konventionellt FTX, Alt3: Konventionellt FVP, Alt 4: Eget passivhus med solvärme

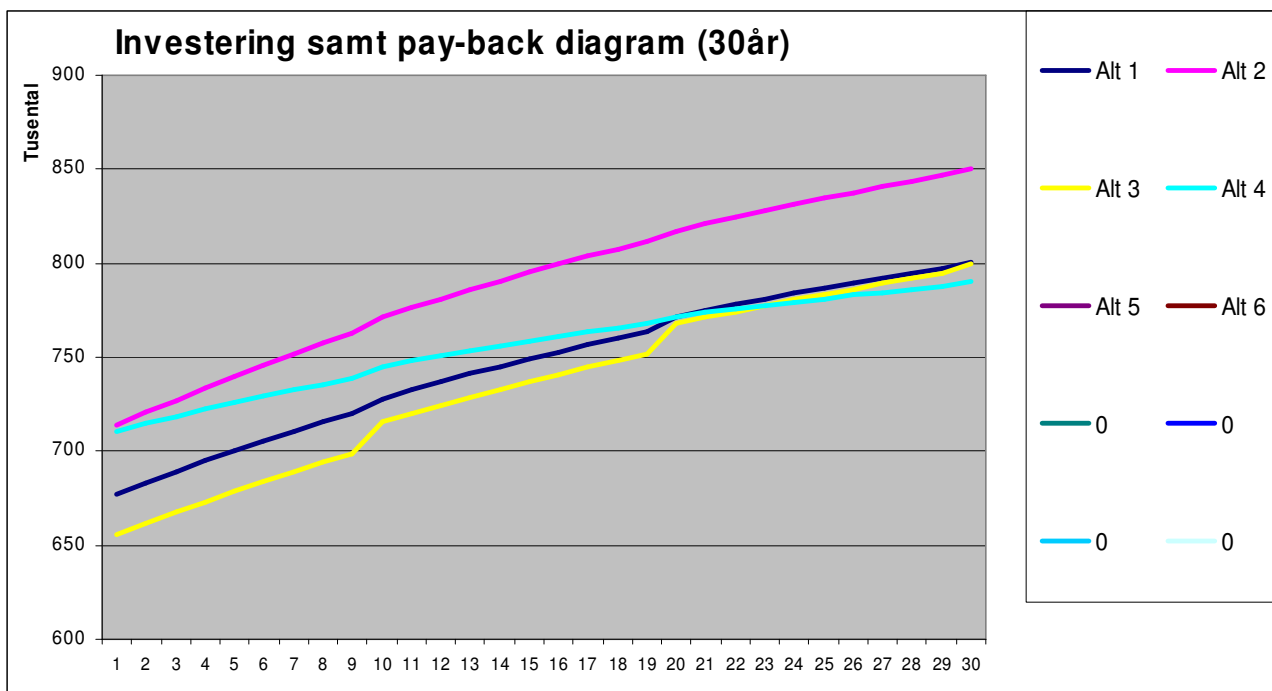
Viktigt att relatera till detta är också LCC-kostnaden i kr/kvm,år. För att det ska vara lönsamt att bygga passivt och framförallt ombyggnad från konventionellt till Passivhus måste hela tiden en dialog förekomma med kommunen om att få isolera utåt istället för inåt. Med det menar vi att i ett passivhus förekommer det mer isolering än i ett vanligt hus, i och med detta så minskar också den totala uthyrningsarean om du inte har tillstånd från kommunen att få isolera utåt. För att visa vad vi menar har vi utgått från att passivhuset har en total uthyrningsarea på 140 kvm, om vi inte fått isolera utåt så hade den minskade uthyrningsarean varit 10 kvm, detta är beroende av väggens tjocklek på 523 mm i passivhuset jämförbart med det konventionella som fortfarande har en vägg tjocklek på 320 mm. Räknar vi med en uthyrningskostnad/kvm på 91,3 kr så resulterar alternativet med mer isolering i ett hyresbortfall/månad på 913 kr. Detta innebär ett totalt hyresbortfall för passivhuset på 30 år på 328 680 kr. Räknar vi med detta i totala hyresintäkten för passivhuset på 30 år får vi en total hyresintäkt på investeringen 1 050 840 kr. Jämför vi detta med det konventionella alternativet med FVP på 30 som har en total hyresintäkt för investeringen på 1 334 880 kr. I passivhuset har vi tidigare beräknat en LCC-kostnad på 784 974 kr, detta innebär för passivhuset en vinst på 30 år på 265 866 kr, detta ska jämföras med alternativet med FVP som hade en vinst på 510 719 kr. Ser vi till detta så ser vi att det är mer lönsamt att bygga på konventionellt sätt om man inte får isolera utåt.



### 5.3.2. Investering samt payback diagram (30år)

Hela huvudsyftet med rapporten var att påvisa att med passivhus tänker man inte kortsiktigt utan långsiktigt. Målet var att visa att med bättre projektering i början vilket innebär bättre detaljlösningar och lite mer nytänkande vinner projektet på totalt. Ser vi till resultatet för investeringen har vi redan tidigare visat med diagram och figurer att alternativ 4 sett över hela livslängden är billigare än både alternativ 1 och 3. Intressant att se för kunden är också att veta när investeringen i projektet blir lönsamt. Som vi tidigare nämnt brukar man säga att för att en investering ska vara lönsam så ska denna betala tillbaka sig under minst halva sin livslängd. Ett hus livslängd beräknas till 100 år så om vi tittar i figur 14 ser vi att alt 1 har en paybacktid gentemot alt 3 på ca 29 år, detta innebär att efter 29 år blir investeringen lönsam. Totalt är alltså investeringen lönsam ca 71 år om vi räknar på en livslängd på huset på 100 år.

Figur 14 - Investering samt payback diagram (30år)



Alt 1: Passivhus, Alt 2: Konventionellt FTX, Alt3: Konventionellt FVP, Alt 4: Eget passivhus med solvärme

Ser vi till alternativ 4 med bättre detaljlösningar och inkopplat solvärme som alternativ energikälla så har vi också en paybacktid på alternativ 1 på ca 20 år och alternativ 3 med FVP på 23 år enligt figur 14, ser vi då på en total kostnad så kan vi med ögat urskilja att vårt alternativ pga. billigare energikostnader kommer spara mycket pengar gentemot alternativ 1 sett över hela husets totala livslängd.

## 6. Avslutning

Rapportens resultat visar att det är lönsamt att välja ett passivhus gentemot ett konventionellt hus detta med hänsynstagande till energi och ekonomi. Passivhuset har en något större investeringskostnad men huset blir ändå lönsammare än de konventionella alternativen efter en rimlig paybacktid på ca 20 år på grund av lägre driftkostnader. Ser vi till alternativa energikällor som solvärme vilket vi valde i vårt egna passivhusalternativ visar resultatet att det är lönsamt att installera solvärme. Paybacktiden för detta alternativ blev 20 år, vilket är klart godkänt om vi ser till solvärmens livslängd på 30-50 år. Inkopplandet av solceller för elproduktion visade sig dock inte lika lönsam då detta krävde en paybacktid på 43 år, detta är inte ett godkänt resultat då solcellens livslängd är beräknad till ca 30-50 år och för att en investering ska vara lönsam ska dess paybacktid vara mindre än halva dess livslängd. Problemet är att du inte kan söka något bidrag för detta alternativ, men bidrag är på gång enligt samtal med Ekosol Energi AB. Om bidrag skulle införas med 25 % som för solvärme skulle solceller helt klart bli mer intressant och lönsammare. Kan vi också till exempel som i Österrike sälja vår överblivna el till elnätet skulle detta alternativ bli än mer intressant och lönsammare.

I rapporten har vi valt som vi tidigare nämnt att fokusera på att få en paybaktid på investeringarna på max 30 år. Intressant värt att nämna är också alternativet med frånluftsvärmepump som överraskades oss mycket pga. dess mycket höga verkningsgrad och egenskaper att använda frånluften till att värma tilluften. Mycket intressant lösning att använda i konventionella hus där man vill få ner energibehovet. Den konventionella lösning med FTX var dock inte lika intressant då den visade sig vara dyrare än passivhuset pga. att vi var tvungna att tillgodose värmebehovet genom att använda oss av radiatorsystem. Detta gjorde att i LCC-analysen blev detta värde ganska ointressant då en paybacktid inte var aktuell. Totalt sett har ändå passivhuset imponerat då det visade sig för oss vara bättre än Lindås. Passivhuset kunde ha varit bättre om focus hade legat på detaljlösningar och minimering av köldbryggorna samt inkopplande av solvärme vilket rapportens resultat har visat.

### 6.1. Slutsats

Väsentligt när man bygger passivhus är att tänka på att eliminera köldbryggor i så stor utsträckning som möjligt. Anledning till detta är att huset är väldigt tätt från början och detta medför att varje liten köldbrygga kan göra stor skillnad. Om vi ser till den ekonomiska aspekten så kan detta vara en kostnadsfråga, att eliminera köldbryggor kostar mycket pengar, därför måste man relatera den energibesparing man gör på att minska ner på köldbryggorna till hur stor investeringskostnad blir. Viktigt är också att ta hänsyn och använda sig av alternativa energikällor, målsättning med varje passivhus bör ju vara att minimera energianvändandet och på sätt minimera LCC-kostnaden, dock måste man relatera detta till den investeringskostnad som krävs. Ett rimligt antagande måste göras och en paybacktid måste i varje projekt beräknas för att se om investeringen är lönsam långsiktigt. Slutsatsen är alltså som vårt syfte med rapporten ville påvisa, att med ett passivhustänkande tänker man inte kortsiktigt utan långsiktigt, vilket innebär att ett passivhus pga. dess extra isolering och förbättrade detaljlösningar behöver inte vara billigast att bygga, men långsiktigt sett så ska dess LCC-kostnad var mindre än ett vanligt konventionellt hus.

### 6.2. Diskussion

Ser vi till lönsamheten hos passivhus så är det i framtiden viktigt att man vid passivhusbyggnation får lov att isolera utåt, detta gäller framförallt vid ombyggnation av konventionella hus till passivhus. Om man inte får det skulle det i så fall generera i ett så stort hyresbortfall att det ej skulle vara en lönsam investering. Vid projektering av ett passivhus bör man därför se över detaljplanen för området och ansöka hos byggnadsnämnden om att få isolera utåt istället för inåt. Motiveringen bör vara att passivhus i och med dess låga energiförbrukning är mer miljövänligt boende och kommunen borde stödja byggnationer av detta slag i större omfattning för att verka för ett mer hållbart samhälle ur energisynpunkt i framtiden.

Tidigt i rapporten diskuterade vi om hur man kunde använda passivhus i marknadsföringen. I dagens situation är miljö och framförallt ekonomi en stor fråga för individen och för samhället som

helhet. Med dagens stigande energipriser kan detta vara en stor fråga inför kommande projekt i passivhusanda. Att bygga energisnålt gynnar inte bara ägaren utan det gynnar även miljön i den utsträckningen att byggnaden drar mindre energi och på så sätt påverkar miljön genom mindre koldioxidutsläpp. Ser vi till ekonomin kan även en så stor ägare som Uddevalla hem tjäna in mycket pengar på att bygga passivt i och med att de kan ta ut större hyresintäkter.

Om vi ser ur säljsynpunkt så kan det vara intressant att se det ur 2 synvinklar, ett där beställaren tjänar mindre pengar men där hyran är billigare och därmed huset mer lättsålt till kunden eller två, där beställaren går med mer vinst men där huset är mer svårsålt pga högre hyra. I första alternativet blir summan kr/kvm,år intressant, där relaterar vi summan och lägger på ett pålägg på till exempel 10 %, detta relaterar till en hyra som blir billigare ju lägre totalkostnaden är. Denna ide blir då enklare att sälja då hyran för kunden blir billigare och hyresvärden tjänar istället pengar på att energikostnaderna är billigare. Andra alternativet så räknar hyresvärden ut hyra baserat på totala kostnaden/kvm, år, därefter läggs ett bestämt pålägg på respektive alternativ, detta resulterar i att hyresvärden gör mer vinst eftersom hyran är dyrare och också mer vinst på grund av lägre energikostnader. Hyresgästen däremot blir mindre motiverad och iden är mer svårsåld, kanske mer lämpad ur säljsynpunkt till att byggas i ett tätbebyggt område, där motivationen kan vara som tidigare att huset är mer miljövänligt och mer hållbart i framtiden.

Intressant för framtida forskning är om man ser på att ha en gemensam solvärmeanläggning och/eller solcellsanläggning för hela området, den överblivna energin på sommaren kan då säljas till fjärrvärmenätet och på så sätt distribueras ut till andra runt om i till exempel Uddevalla. På detta sätt skulle hyresvärden tjäna både pengar och spara på miljön i och med att de skulle vara helt självförsörjande, summan för den extra energi som produceras och säljs på sommaren skulle användas till att köpa energi under vintern då solvärme och solel inte kan användas för att tillgodose hela anläggningen.

Erfarenheter från tidigare passivhusprojekt måste beaktas och tas till vara med stor noggrannhet för att kunna utveckla tekniken till det bättre och för att undvika att göra eventuella fel två gånger. Inställningen att projektering och byggande hela tiden kan göras bättre är viktiga faktorer för att uppnå ett bra energieffektivt passivhus med god kvalitet i framtiden. Som nämnts tidigare i rapporten har passivhus krav och börvärden som måste uppfyllas för att huset ska bli godkända och få kallas för passivhus. Faktorer som måste beaktas för att lyckas uppnå dessa krav är framförallt noggrannhet i byggnationen. Med noggrannhet menas här att man använder rätt produktionsanpassade konstruktionslösningar, vilka framställts med en god dialog mellan projektering och entreprenör. En annan viktig faktor är utbildning och handledning av alla i projektet. Alla måste ligga på samma nivå vad gällande kvalitet och noggrannhet i både projektering och byggnation.

## 7. Passivhus i framtiden

I och med att intresset och kraven för bättre miljö ökar samt att energipriserna på marknaden stiger mer och mer medför detta att utvecklingen mot att bygga mer energisnålt blir allt populärare och en viktig fråga för byggföretagen för att kunna vara med och konkurrera på marknaden samt en viktig aspekt för den enskilde husägarens ekonomi.

För att passivhusen ska kunna etablera sig på marknaden som det bästa alternativet för energisnålt byggande måste marknadsföringen bli bättre för att intresset och vetenskapen om dess möjligheter ska kunna nå fram till fler byggföretagen och dess husköpare. Passivhusmarknaden är fortfarande liten, år 2008 räknar man att det har uppförts omkring 700 stycken passivhus i Sverige. (*Passivhus aktiverar Byggsverige, 2007*). Men passivhusen ökar och det märks då fler och fler projekt byggs och kommer att byggas inom en snar framtid. Ser vi till den statliga nivån så bör man skattsubventionera miljövänligare alternativ som passivhus. Det ska vara mer lönsamt att bygga miljövänligt, detta ska man uppmuntra genom att minska på skatterna och införa bidrag till miljövänligare alternativ. För att fler ska välja att köpa och bygga ett passivhus kan en annan lösning vara att införa lägre räntor vid bolån, detta har man redan gjort i Tyskland vilket är väldigt positivt. Detta kan även vara en bra konkurrens fördel ur kundsynpunkt för bankerna.

Om vi analyserar namnet passivhus och dess innebörd så står namnet för ett hus som i framtiden bör vara passivt i den mening att huset är helt oberoende av elnätet vilket betyder att huset måste klara av sin energianvändning på egen hand. För att lyckas uppnå detta mål som så måste vi titta på alternativa energikällor som exempelvis solenergi.

Om vi ser till framtidens byggande så bör målet vara att passivhus inte ska vara dyrare att bygga än ett vanligt konventionellt hus. Detta har vi sett när vi jämfört passivhus K i Misteröd att det inte varit speciellt mycket dyrare än ett konventionellt hus. Detta är positivt så länge kvaliteten upprätthålls och den låga energiförbrukningen för huset inte påverkas negativt.

Ser vi till aspekterna kring en LCC-analys så är denna ett utmärkt verktyg för till exempel Uddevalla hem då de ska marknadsföra sina passivhus. Genom att visa att med en större investering får du lägre driftkostnader som i sin tur resulterar i en rimlig paybacktid kommer valet av passivhus vara ett smart val som svarar mot en bättre ekonomi för användaren.

För att få ett energieffektivt hus finns det många åtgärder och lösningar som kan användas eller forskas vidare på i framtiden. Ser vi till energiförlusterna så delas dessa in i tre stycken stora huvudområden, avloppsförluster av varmvatten, transmissionsförluster genom klimatskalet samt ventilationsförluster genom uppvärmning av innerluften.

För vidare studier kan det vara intressant att titta på avloppsförluster av varmvatten. Det finns en teknik som tar till vara på dessa förluster genom att man använder dubbla rör i avloppsröret och detta ligger i ett större rör som värmer upp det inkommande vattnet. För att denna teknik ska vara effektiv och lönsam lämpar sig denna teknik främst till bostadslägenheter där flödet av varmvattnet är mer kontinuerligt och inte till småhus där flödet är väldigt oregelbundet.

En annan intressant teknik är kulvertprincipen där man tar in luft genom marken och utnyttjar temperaturskillnaden i marken för att värma tilluften innan man tar in luften i ventilationssystemet. För att tekniken ska fungera bra måste kulverten med rör vara runt 40 m lång och rören måste vara av en speciell storlek. Detta påverkar lufthastigheten i röret som inte får vara för snabb, detta för att luften ska kunna få tid till att utnyttja temperaturskillnaden i marken och värmas upp. Frågan är hur lönsamma dessa tekniker är om vi ser till hur stor energibesparingen blir. Om man ser till passivhustillverkning som helhet så kan dessa två tekniker vara två bra lösningar till att åstadkomma ett energieffektivt hus i framtiden.

## 8. Referenser

### 8.1. Litteratur

Kjellsson, E (2004), Solvärme i bostäder med analys av kombinationen solfångare och bergvärmepump, Lunds tekniska högskola.

Auderlind, G (2004), Isolerguiden 04, Chalmers tekniska högskola.

Aagaard, C och Johansson, C, (2006), Energieffektiva småhus – en studie av ett fristående enfamiljshus, Examensarbete inom civilingenjörsprogrammet Väg och vattenbyggnad.

Knutsson, P och Svensson, N, (2006), Alta energikällor för varmvattenproduktion i fastigheten Galjonen, Examensarbete inom högskoleprogrammet Byggingenjör.

### 8.2. Elektroniska källor

Byggindustrin artikel: Passivhus aktiverar Byggsverige  
[www.byggindustrin.com/viewarticle.asp?ArticleId=7353](http://www.byggindustrin.com/viewarticle.asp?ArticleId=7353) (16 April 2007)

Passivhusen blir fler  
[www.sundolitt.se/download.asp?object\\_id=FCE43F89D89742E8B6A7521528A6F06A.pdf](http://www.sundolitt.se/download.asp?object_id=FCE43F89D89742E8B6A7521528A6F06A.pdf) (16 April 2007)

Strusoft Structural Design Software (2000-2005)  
[http://vip.strusoft.com/index.php?option=com\\_content&task=view&id=15&lang=sv](http://vip.strusoft.com/index.php?option=com_content&task=view&id=15&lang=sv) (27 April 2007)

Solceller I byggnader-nya möjligheter  
[www.regionblekinge.se/includes/dokument.asp?ID=Solceller%20i%20byggnader.pdf](http://www.regionblekinge.se/includes/dokument.asp?ID=Solceller%20i%20byggnader.pdf) (27 April 2007)

Lindås och framtidens passivhus  
[www.vgregion.se/upload/Miljö/Energi/Svein%20Ruud.pdf](http://www.vgregion.se/upload/Miljö/Energi/Svein%20Ruud.pdf) (27 April 2007)

Byggindustrin artikel: passivhus kan drabbas av flaskhalsar  
[www.byggindustrin.com/viewarticle.asp?ArticleId=7372](http://www.byggindustrin.com/viewarticle.asp?ArticleId=7372) (29 April 2007)

Marknadsöversikt för passivhus och lågenergihus i Sverige 2006, Hus utan värmesystem, Lindås och framtidens passivhus  
[www.vgregion.se/vgrtemplates/BildRightPage\\_42135.aspx](http://www.vgregion.se/vgrtemplates/BildRightPage_42135.aspx) (29 April 2007)

Marknadens intresse för resurseffektiva byggnader  
[www.onet.energi.org/publikationer/dokument/seminarier/20050512/kopare.pdf](http://www.onet.energi.org/publikationer/dokument/seminarier/20050512/kopare.pdf) (29 April 2007)

Ekonomifakta  
[www.ekonomifakta.se/sv/Fakta/Energi/Energibalans/Energianvandning\\_i\\_bebyggelsesektorn/](http://www.ekonomifakta.se/sv/Fakta/Energi/Energibalans/Energianvandning_i_bebyggelsesektorn/) ( 3 Maj 2007)

NIBE  
[www.nibe.se](http://www.nibe.se) ( 3 Maj 2007)

Vattenfall  
[www.vattenfall.se](http://www.vattenfall.se) ( 15 Maj 2007)

Effecta  
[www.effecta.se](http://www.effecta.se) ( 16 Maj 2007)

Energimyndigheten  
[www.energimyndigheten.se](http://www.energimyndigheten.se) ( 20 Maj 2007)

Boverket  
[www.boverket.se](http://www.boverket.se) ( 2 Juni 2007)

Statistiska centralbyrån  
[www.scb.se](http://www.scb.se) ( 5 Juni 2007)

Legoelektronik  
[www.legoelektronik.se](http://www.legoelektronik.se) ( 10 Juni 2007)

### **8.3. Muntliga källor**

Lander, G, Skanska Hus, Handledare och källa inom installationsaspekter

Westerdal, B, Chalmers, Konsultation och handledning inom ekonomi

Bolminger, S, Bygg/Projekt/Miljö, Älvstranden utveckling AB, Seminarium 24 april 2007 på Chalmers Lindholmen

Eek, H, Seminarium 25 april 2007 på Chalmers Lindholmen

Nadler, L, Skanska, Studiebesök Misteröd passivhus bygge

Davidsson, L, Skanska, konsultation och vägledning SPIK-produktion

Olofsson, K, Skanska, konsultation angående byggtekniska frågor

Linden, E, Skanska Teknik, konsultation angående byggtekniska frågor

Sundqvist, H, Skanska teknik Malmö, Konsultation och vägledning i VIP+

Persson, M, Chalmers, konsultation och vägledning angående detaljlösningar

## **Bilagor**

Bilaga 1 - Definitioner och krav på passivhusprojekt

Bilaga 2 - Beräkning av köldbryggor

Bilaga 3 - Investeringsposter

Bilaga 4 - Fjärrvärme

Bilaga 5 - Hyresintäkter

# Bilaga 1 - Definition och krav på passivhusprojekt

## Definition och krav för passivhusprojekt

### Förslag till nordiska kriterier för passivhus

Följande krav är att betrakta som utkast och är i möjligaste mån anpassade till det Tyska Passivhusinstitutets krav och som används i övriga Europa. Vilken definition eller programvara som ska användas för att verifiera effektkravet är ännu inte fastställt.

#### Skallkrav bostadsbyggnader

Energikrav: Max 10 Watt/m<sup>2</sup> (DVUT)

- Area: uppvärmd area över 10 grader
- Avser värmeeffekt exkl varmvatten vid dimensionerande utetemperatur (DVUT) enligt PHPP (eller SS-EN 15927-5 skillnaden ska undersökas) vid en innetemperatur på 20 grader och en fri värme från apparater och personer på 4 Watt/m<sup>2</sup> under uppvärmningssäsongen
- Avser genomsnitt hela byggnaden

För småhus utgör skallkravet < 12 Watt/m<sup>2</sup> med ett börkrav på 10 Watt/m<sup>2</sup>

Klimatskalets luftläckning: < 0,6 oms/h vid +/- 50 Pa.

För flerbostadshus ska kravet klaras för varje bostadsenhet (tätt mellan lägenheter).

Ljudkrav: Ljudklass B i sovrum från ventilationssystemet.

#### Verifiering

Kraven verifieras på projekteringsdata utifrån anvisad beräkningsmetodik och med godkända täthetsprovningar.

För demonstrationsprojekt tillkommer verifiering med mätinsatser.

Energianvändning för värme: Med angivet krav förväntas energianvändningen för uppvärmning på årsbasis ligga inom intervallet 5 – 25 kWh/m<sup>2</sup> beroende på bostadens läge och orientering.

#### Kommentarer

Förslaget till schablon för värme från apparater och personer på 4 Watt/m<sup>2</sup> är inte lika med förväntad spillvärme utan endast ett kriteriegrundande värde.

Klimatskalets luftläckningen definieras enligt passivhusinstitutets krav som omsättningar per timme. Vid dimensioneringen är det alltid möjligt att välja bättre täthet.

Energikravet som föreslagits gäller effektbehovet för uppvärmning vid dimensionerande vinter utetemperatur (DVUT). Den genomsnittliga årsenergianvändningen för passivhus i Tyskland ligger på nivån 15 kWh/m<sup>2</sup>.

Kraven utgör en minimerad kravspecifikation. Det innebär att alla andra funktionskrav och överväganden som en byggherre bör göra vad avser materialval, emissioner, hygien,



ljusförhållanden etc förutses ske som under normala förhållanden och i de flesta fall finns minimikrav angivna i byggreglerna. Kompletterande krav som ska gälla för demonstrationsstöd via Passivhuscentrum ges i rutan nedan.

### **Kompletterande krav på demonstrationsprojekt**

#### **Förslag på kompletterande krav på demo-projekt i passivhusutförande**

##### Energi

Byggnadens kompletterande energibehov för värme och varmvatten ska ske med antingen: Fjärrvärme, solenergi (50% av varmvattenbehovet), bioenergi eller värmepumpsdrift (för värmning efter FTX-aggregat och/eller varmvatten).

##### Klimatskal och fuktskydd

Klimatskalets luftläckning:  $< 0,3 \text{ l/s,m}^2$

Fönster och dörrar, max 0,9 i U-värde som genomsnitt för hela huset, 0,80 som börvärde för standardfönster.

Fönstrens täthet: Lägst klass 4 (SS-EN 12207)

##### Ventilation

Temperaturverkningsgrad  $>85\%$  (värmeåtervinning ur frånluft) vid DVUT

Avfrostningsautomatik även för låga utetemperaturer anpassat för täta byggnader.

Automatisk reglering av värmeåtervinningsnivån där styrning av extern värmare kan anslutas.

Generellt rekommenderas också att börkrav ställs (ej tvingande) enligt rekommendationerna nedan. En del av dessa ingår redan som krav för demonstrationsprojekten.

#### **Rekommendationer (börkrav)**

##### Klimatskal och fuktskydd

Klimatskalets luftläckning:  $< 0,2 \text{ l/s,m}^2$

Fönster och dörrar, max 0,85 i U-värde som genomsnitt för hela huset, 0,8 som börvärde för standardfönster.

Fönstrens täthet: Lägst klass 4 (SS-EN 12207)

Dagsljusfaktor. Minst 1% för bostäder<sup>1</sup>

Tillämpning av Stockholms Stads Fuktskyddsbeskrivning, med kompletterande vägledning från Fuktsäkerhet i Byggprocessen (<http://www.fuktinfo.lth.se/>)

##### Ventilation

Temperaturverkningsgrad  $>85\%$  (värmeåtervinning ur frånluft) vid DVUT

Avfrostningsautomatik även för låga utetemperaturer anpassat för täta byggnader.

Automatisk reglering av värmeåtervinningsnivån där styrning av extern värmare kan anslutas.

SFP: 2,0 W/l/s i enfamiljshus (bör kollas)

Luftutbyteseffektivitet minst 45%

Metoder för verifiering av krav beskrivs i ett separat dokument, där också en bruttolista på kompletterande krav ges.

<sup>1</sup> Enligt Hans Allan Löfberg "Räkna med dagsljus". Meyer förlag.

## Bilaga 2 - Beräkning av köldbryggor

### Beräkningar

Energiberäkningarna är gjorda med hjälp av Isolerguiden 04. I energiberäkningarna har vi använt oss av väggtypen Skanska standardväggar för stående lockpanel/ träregelstomme se figur x.

Energiberäkningarna är gjorda på ett hus med FTX-system och följer nya energikravet i BBR-07

### Yttervägghörn i träregelvägg. Bärande regler på insidan.

**Konstruktion:** Korslagda regler c45 bärande regler innerst. Det yttre skiktet med tjockleken  $d_2$  kan också vara heltäckande mineralull utan regler.

### Beteckningar:

Köldbryggans linjära värmegenomgångskoefficient  $\Psi$

Isolertjocklek stomme  $d_1$

Isolertjocklek utvändigt  $d_2$

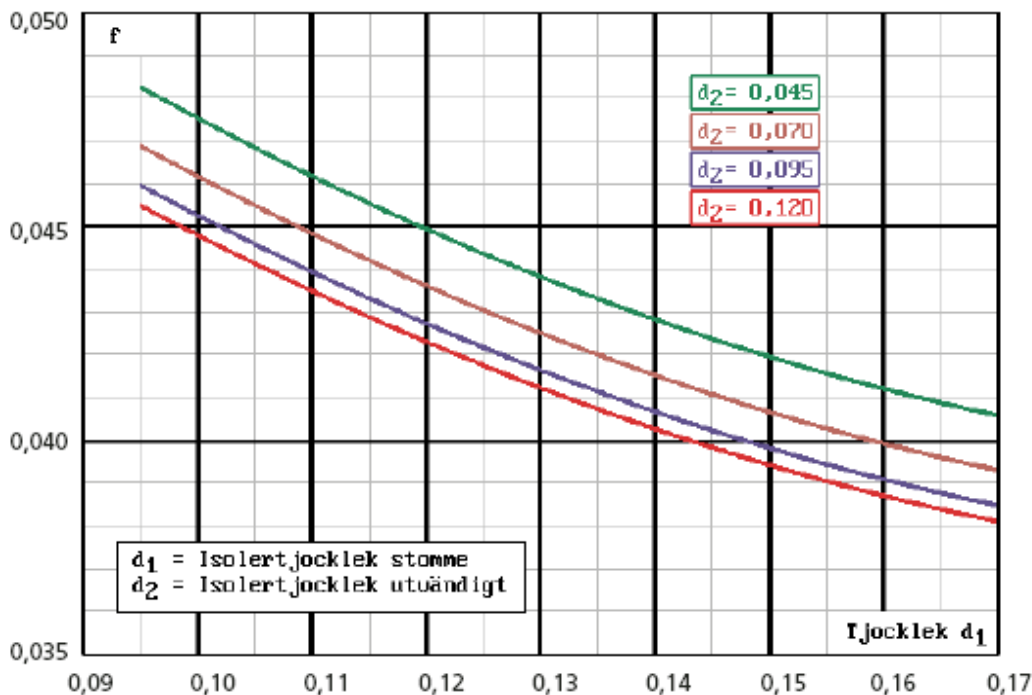
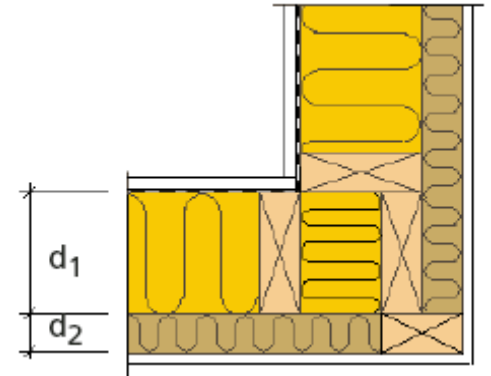
Värmeledningskoefficient  $\chi$

### Gör så här:

Bestäm  $f$  ur diagrammet med hjälp av isolertjocklekarna. Beräkna  $\psi$ -värdet ur sambandet

$$\Psi = f + 0,38 (\chi - 0,037)$$

I alla normala fall ligger  $\psi$ -värdet inom intervallet 0,035 – 0,050



### Konventionellt hus

$$d_1 = 0,17$$

$$d_2 = 0,05$$

$f \approx 0,0405$  ur diagram

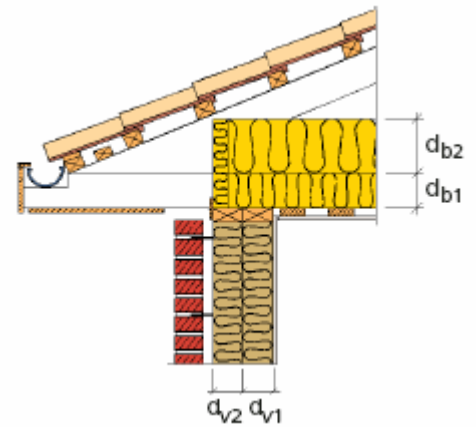
$$\Psi = 0,0405 + 0,38 (0,037 - 0,037) = 0,0405$$

Kommentar:  $\Psi$  -värdet håller sig inom intervallet.

## Takbjälklag/yttervägg

### Konstruktion:

Väggen består av korslagda 45 mm träreglar c 600 med tjockleken  $d_{v1}$  och  $d_{v2}$ . Bjälklaget är uppbyggt av 45 mm takstolar c 1200 med höjden  $d_{b1}$  samt heltäckande mineralull med tjockleken  $d_{b2}$ . Gipsskivor och 22 mm glespanel används på insidan.



### Beteckningar:

Isolertjocklekar i vägg och bjälklag  $d_{v1}$ ,  $d_{v2}$  och  $d_{b1}$ ,  $d_{b2}$

Värmekonduktivitet mineralull  $\lambda$

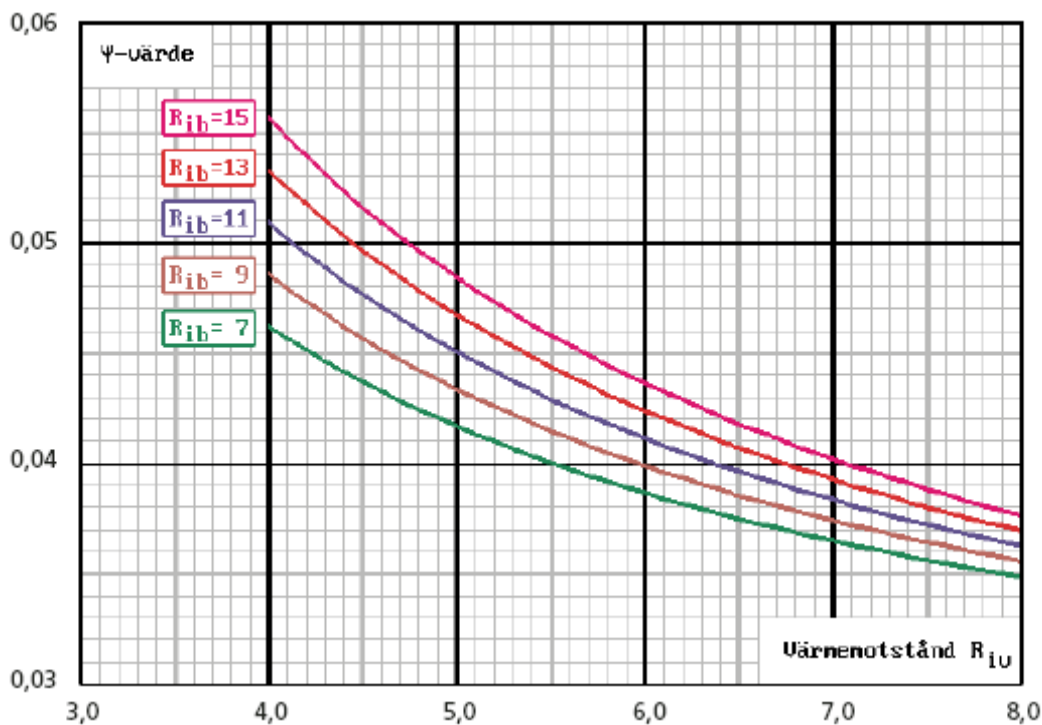
Värmemotståndet för mineralull i väggen  $R_{iv} = (d_{v1} + d_{v2}) / \lambda$

Värmemotståndet för mineralull i taket  $R_{ib} = (d_{b1} + d_{b2}) / \lambda$

### Gör så här:

I diagrammet anges  $\psi$  som funktion av  $R_{iv}$  och  $R_{ib}$ . Beräkna dessa värmemotstånd och läs av  $\psi$ -värdet i diagram.

I alla normala fall ligger  $\psi$ -värdet inom intervallet 0,035 – 0,055



### Konventionellt hus

$$R_{iv} = (d_{v1} + d_{v2}) / \lambda = (0,17 + 0,05) / 0,037 = 5,95$$

$$R_{ib} = (d_{b1} + d_{b2}) / \lambda = 0,4 / 0,037 = 10,8$$

$$\Psi = 0,04$$

Kommentar:  $\Psi$ -värdet håller sig inom intervallet

## Grund

### Kantbalk vid platta på mark

#### Konstruktion

Betongplatta på mark ihopgjuten med en rektangulär kantbalk och isolerad enligt figur.

#### Beteckningar:

$\lambda$ -värde för mark  $\lambda_{\text{mark}}$

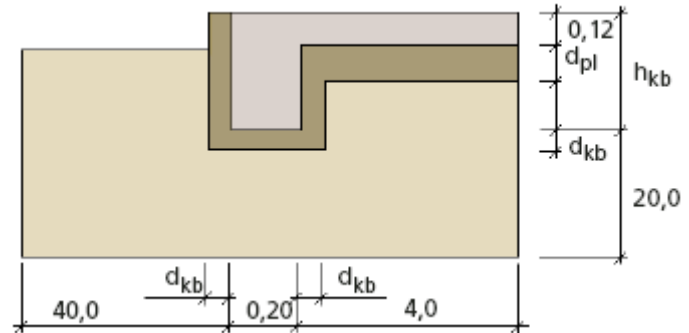
$\lambda$ -värde för kantbalksisolering  $\lambda_{\text{kb}}$

$\lambda$ -värde för plattans isolering  $\lambda_{\text{pl}}$

Kantbalkens höjd  $h_{\text{kb}}$

Värmemotstånd för kantbalksisolering  $R_{\text{kb}} = d_{\text{kb}} / \lambda_{\text{kb}}$

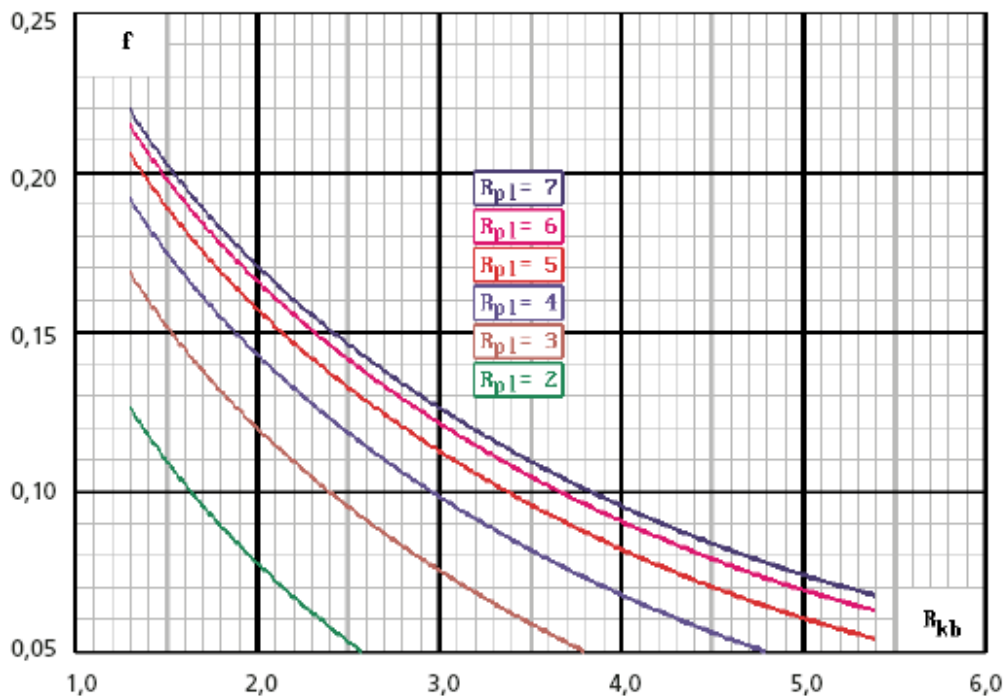
Värmemotstånd för plattans isolering  $R_{\text{pl}} = d_{\text{pl}} / \lambda_{\text{pl}}$



#### Gör så här:

Beräkna parametrarna  $R_{\text{kb}}$  och  $R_{\text{pl}}$  och läs av  $f$  i diagrammet. Beräkna sedan  $\psi$  ur sambandet

$$\psi = f + 0,0244 \lambda_{\text{mark}} h_{\text{kb}}$$



I alla normala fall ligger  $\psi$ -värdet inom intervallet 0,070 – 0,260

För att få fram det extra värmeflödet multipliceras  $\psi$  med plattans perimeter.

#### Konventionellt hus

$$d_{\text{kb}} = 0,1$$

$$\chi_{\text{pl}} = 0,037$$

$$d_{\text{pl}} = 0,2$$

$$\chi_{\text{kb}} = 0,037$$

$$h_{\text{kb}} = 0,2$$

$$R_{\text{kb}} = 0,1/0,037 = 2,7$$

$$R_{\text{pl}} = 0,2/0,037 = 5,4$$

Hänsyn tagen till  $R_{\text{kb}}$  och  $R_{\text{pl}}$  utläses  $f$  ur diagram till 0,125

$$\psi = 0,125 + 0,0244 (2,3 * 0,2) = 0,136$$

Kommentar:  $\psi$ -värdet förhåller sig inom intervallet

## Fönster

### Konstruktioner:

Konstruktionerna är hämtade från Trätek:s skrift "Projektering av fönster".

Måttsättningen redovisas inte i detalj, men figurerna är skalriktiga. Karmens djup är alltid 100 mm.  $\psi$ -värdet skall multipliceras med fönstrets omkrets för att få värmeflödet. Om man inkluderar  $\psi$ -värdet i formeln för  $F_s$ , så ska inte infästningsreglar eller betongklackar runt fönstret tas med när väggens U-värde beräknas.

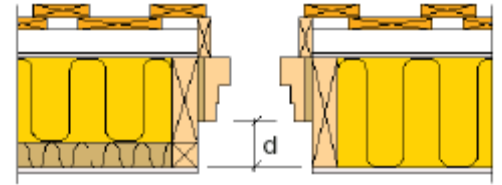
### Träregelvägg med träfasad.

$$\psi = 0,02565 + 0,09392 d + 0,00005802/d$$

I normala fall ligger  $\psi$ -värdet inom intervallet 0,030 – 0,040

### Konventionellt hus

$$\psi = 0,02565 + 0,09392 * 0,133 + 0,00005802/0,133 = 0,0386$$



## Bilaga 3 - Investeringsposter

### Passivhuset

Extra kostnaden för investeringen beräknas till

- |                     |                  |
|---------------------|------------------|
| • Klimatskal        | 426 960 kr       |
| • Sanitet och värme | 53 020 kr        |
| • Kyla, luft        | <u>77 600 kr</u> |

**Totalt** **557 580 kr**

---

### Konventionellt med FVP

*I en frånluftspanna inkluderas två elpannor för varmvattnet därför dras denna kostnad på 12000 kr av på priset på sanitet och värme. Därefter tillför radiatorer till ett värde av 67000 inkluderat rördragning och arbete på kostnaden.*

Kostnaden för investering beräknas till

- |                     |                  |
|---------------------|------------------|
| • Klimatskal        | 371 575 kr       |
| • Sanitet och värme | 108 020 kr       |
| • Kyla, luft        | <u>60 000 kr</u> |

**Totalt:** **539 595 kr**

---

### Konventionellt med FTX och fjärrvärme

*För att detta alternativ fortfarande ska vara jämförbart i energikostnader har vi valt ansluta huset till Uddevallas fjärrvärmenät. I Sanitet och värme har vi valt använda oss av radiatorer och de två elpannor från Nibe på 20 000 kr styck tas bort då de ej behövs i fjärrvärmesystemet.*

Kostnaden för investering beräknas till

- |                                |                  |
|--------------------------------|------------------|
| • Klimatskal                   | 371 575 kr       |
| • Sanitet och värme            | 108 020 kr       |
| • Kyla, luft                   | 77 600 kr        |
| • Anslutningsavgift Fjärrvärme | <u>30 000 kr</u> |

**Totalt:** **587 195 kr**

---

## **Eget passivhusalternativ**

Extra kostnaden för investeringen beräknas till

- |                     |                  |
|---------------------|------------------|
| • Klimatskal        | 435 608 kr       |
| • Sanitet och värme | 73 945 kr        |
| • Kyla, luft        | <u>77 600 kr</u> |

<b>Totalt</b>	<b>587 153 kr</b>
---------------	-------------------

---

## Bilaga 4 - Fjärrvärme

### Fjärrvärmesatser 2007 (Mindre kunder)

Dessa satser är avsedda för 1- eller 2-familjshus samt för de kunder som har effektuttag på högst 25 kW.  
**Samtliga avgifter är exklusive moms.**

Gäller fr.o.m. 2007-01-01 för anläggningar **anslutna före 2002-12-31.**

TAXA	Fast avgift kr/år	Effektavgift kr/kW, år **	Förhöjd effektavgift kr/kW, år *	Energiavgift nov-mar kr/MWh	Energiavgift apr-okt kr/MWh
1	995	645	155	255	245

\*) Om anslutningsavgift ej har erlagts vid anslutningstillfället ökas effektavgiften med detta belopp multiplicerat med den beräknade effekten. Detta tillägg gäller i 20 år. Beloppet kan justeras i framtiden.

Gäller fr.o.m. 2007-01-01 för anläggningar **anslutna efter 2003-01-01.**

TAXA	Fast avgift kr/år	Effektavgift kr/kW, år **	Förhöjd fast avgift kr/kW *	Anslutningsavgift kr*	Energiavgift nov-mar kr/MWh	Energiavgift apr-okt kr/MWh
1	995	645	2.937	30.000	255	245

\*) Om anslutningsavgift ej har erlagts vid anslutningstillfället ökas fasta avgiften med detta belopp multiplicerat med den beräknade effekten. Detta tillägg gäller i 20 år. Beloppet kan justeras i framtiden. Taxa 1 faktureras 4 ggr/år.

\*\*\*) Effekten P bestäms med schablonmetod på följande sätt:

$$P = (W_1 + W_2) / 2 * (1.000 / K) \text{ (kW)}$$

W1+W2=Kundens normalårskorrigerade energiförbrukning i MWh de två närmaste åren före förbrukningsåret.

K=Kundens kategorikal som är 2.400 för bostäder och 1.600 för övriga. I speciella fall kan andra kategorikal förekomma.

I anslutningsavgiften ingår indragning av servisledning till tänkt fjärrvärmecentral. Erforderligt värmeväxelpaket ingår också.

### Figur X - visar Uddevallaenergi priser

Energipriset är uppdelat i 2 delar, ett pris för sommar och ett för vinter. För att beräkna ett pris på energin för sommar respektive vinter har vi räknat enligt anvisning från Uddevallaenergi räknat med att 35 % av totala energi behovet finns under sommar halvåret, vilket i sin tur innebär att resterande 65 % återfinns under vinterhalvåret. Uddevallaenergis priser är uppdelade i 3 delar fast avgift, effektavgift och energiavgift se figur X. För att beräkna energi priset för sommar respektive vinter måste först totala energi priset sammanställas enligt följande;

Totala energiförbrukningen till uppvärmning 13,547 MWh

$$P = \frac{W_1 + W_2}{2} \times \frac{1000}{K} = \frac{13,547 + 13,547}{2} \times \frac{1000}{2400} = 5,625 \text{ kW}$$

$$5,625 \times 645 = 3628,125 \text{ kr}$$

#### Energi priset för Sommar

$$245 \times 35\% \times 13,5 = 1161,656 \text{ kr}$$

$$\frac{(1161,656 + 3628,125 + 995) \times 1,25}{13547} = 0,534 \text{ kr}$$

#### Energi priset för Vinter

$$5,625 \times 645 = 3628,125 \text{ kr}$$

$$255 \times 65\% \times 13,5 = 2245,415 \text{ kr}$$

$$\frac{(2245,415 + 3628,125 + 995) \times 1,25}{13547} = 0,634 \text{ kr}$$



## Bilaga 5 – Hyresintäkter

### Hyresintäkter relaterat till den totala investeringskostnaden

För att kunna ge ett anbud har totalkostnaden för respektive alternativ multipliceras med vint och risktillägg på tillsammans 14 %.

Enligt <http://www.uddevallahem.se/page/166/storlekarochhyror.htm> anges att hyran för vårt referenshus är 6388 kr/mån. För att beräkna hyran relaterat till den totala investeringskostnaden blir vi tvungna att dela den totala investeringskostnaden med den totala byggkostnaden för respektive alternativ för att få fram en procentsats som vi sedan använder för att multiplicera med respektive alternativs totala hyresintäkt.

---

### Passivhus K

$$\text{Totala\_byggkostnaden} = 1\,858\,976 \times 1,14 = 2\,119\,233$$

$$\text{Investeringskostnad / byggkostnad} = \frac{635641}{2119233} = 0,2999$$

$$\text{Hyresintäkt per månad} = 0,2999 \times 6388 = 1916 \Rightarrow \text{Hyresintäkten per månad}$$

$$1916 \times 2 = 3832 \text{ kr}$$

$$\text{Totala hyresintäkten per år blir då } 3832 \times 12 = 45984 \text{ kr}$$

$$\frac{1916}{635641} = 0,003014$$

$$\text{Hyresintäkt per kvadratmeter bostadsyta} = 45984/140 = 329 \text{ kr/m}^2, \text{år}$$

---

### FTX Konventionellt

$$1\,888\,592 \times 1,14 = 2152995$$

$$0,003014 \times 2152995 = 6489$$

$$\frac{669402}{2152995} = 0,3109$$

$$\text{Hyresintäkt per månad} = 0,3109 \times 6489 = 2017 \Rightarrow \text{Hyresintäkten per månad}$$

$$2017 \times 2 = 4035 \text{ kr}$$

$$\text{Totala hyresintäkten per år blir då } 4035 \times 12 = 48418 \text{ kr}$$

$$\text{Hyresintäkt per kvadratmeter bostadsyta} = 48418/140 = 346 \text{ kr/m}^2, \text{år}$$

---

### **FVP Konventionellt**

$$1\,840\,992 \times 1,14 = 2\,098\,731$$

$$0,003014 \times 2\,098\,731 = 6326$$

$$\frac{615138}{2098731} = 0,2931$$

Hysesintäkt per månad =  $0,2931 \times 6326 = 1854 \Rightarrow$  Hysesintäkten per månad

$$1854 \times 2 = 3708 \text{ kr}$$

Totala hysesintäkten per år blir då  $3708 \times 12 = 44500 \text{ kr}$

Hysesintäkt per kvadratmeter bostadsyta =  $44500/140 = \mathbf{318 \text{ kr/m}^2, \text{år billigast!!}$

---

### **Eget passivhusalternativ**

$$1\,888\,549 \times 1,14 = 2\,152\,946$$

$$0,003014 \times 2\,152\,946 = 6489$$

$$\frac{669354}{2152946} = 0,3109$$

Hysesintäkt per månad =  $0,3109 \times 6489 = 2017 \Rightarrow$  Hysesintäkten per månad

$$2017 \times 2 = 4035 \text{ kr}$$

Totala hysesintäkten per år blir då  $4035 \times 12 = 48419 \text{ kr}$

Hysesintäkt per kvadratmeter bostadsyta =  $48419/140 = \mathbf{346 \text{ kr/m}^2, \text{år dyrast!!}$

---

## Hyresintäkter relaterat till den totala LCC-kostnaden

*Om vi däremot relaterar hyran till den totala LCC-kostnaden inklusive investeringskostnaden ser vi att passivhusalternativen blir billigast i hyra vilket inte är kontigt då dessa totalt sätt har en lägre LCC-kostnad. För att beräkna hyran relaterat till den totala LCC-kostnaden blir vi tvungna att dela den totala LCC-kostnaden med den totala byggkostnaden för respektive alternativ för att få fram en procentsats som vi sedan använder för att multiplicera med respektive alternativs totala hyresintäkt.*

---

### Passivhus K

$$\text{Totala\_byggkostnaden} = 1\,858\,976 \times 1,14 = 2\,119\,233$$

$$\text{LCC - kostnad / byggkostnad} = \frac{784974}{2119233} = 0,3704$$

$$\text{Hyresintäkt per månad} = 0,3704 \times 6388 = 2366 \Rightarrow \text{Hyresintäkten per år } 2366 \times 12 = 28392 \text{ kr}$$

$$\text{Totala hyresintäkten per år blir då } 28392 \times 12 = 340704 \text{ kr}$$

$$\frac{2366}{784974} = 0,003014$$

$$\text{Hyresintäkt per kvadratmeter bostadsyta} = 28392 / 140 = 202,8 \text{ kr/m}^2$$

---

### FTX Konventionellt

$$1\,888\,592 \times 1,14 = 2\,152\,995$$

$$0,003014 \times 2\,152\,995 = 6489$$

$$\frac{829993}{2152995} = 0,3855$$

$$\text{Hyresintäkt per månad} = 0,3855 \times 6489 = 2502 \Rightarrow \text{Hyresintäkten per år } 2502 \times 12 = 30024 \text{ kr}$$

$$\text{Totala hyresintäkten per år blir då } 30024 \times 12 = 360288 \text{ kr}$$

$$\text{Hyresintäkt per kvadratmeter bostadsyta} = 360288 / 140 = 2573,4 \text{ kr/m}^2 \text{ dyrast totalt sätt!!}$$

---

### **FVP Konventionellt**

$$1\,840\,992 \times 1,14 = 2\,098\,731$$

$$0,003014 \times 2\,098\,731 = 6326$$

$$\frac{824161}{2098731} = 0,3927$$

Hysesintäkt per månad =  $0,3927 \times 6326 = 2484 \Rightarrow$  Hysesintäkten per år  $2484 \times 2 = 4968$  kr

Totala hysesintäkten per år blir då  $4968 \times 12 = 59621$  kr

Hysesintäkt per kvadratmeter bostadsyta =  $59621/140 = 426$  kr/m<sup>2</sup>

---

### **Eget passivhusalternativ**

$$1\,888\,549 \times 1,14 = 2\,152\,946$$

$$0,003014 \times 2\,152\,946 = 6489$$

$$\frac{770168}{2152946} = 0,3577$$

Hysesintäkt per månad =  $0,3577 \times 6489 = 2321 \Rightarrow$  Hysesintäkten per år  $2321 \times 2 = 4642$  kr

Totala hysesintäkten per år blir då  $4642 \times 12 = 55707$  kr

Hysesintäkt per kvadratmeter bostadsyta =  $55707/140 = 398$  kr/m<sup>2</sup> **billigast totalt sätt!!**

---