

Investeringskalkyl baserad på ett flerbostadshus energiprestanda

Sara Andersson
Johanna Nordström

Avdelningen för Byggnadsekonomi
Institutionen för Bygghälsa
Avdelningen för Energi och Byggnadsdesign
Institutionen för Byggnadsdesign och Arkitektur
Lunds Tekniska Högskola
Lunds Universitet
Rapport TVBP--05/5307 och EBD-R--05/9

© Sara Andersson och Johanna Nordström

Rapport TVBP--05/5307 och EBD-R--05/9
Investeringskalkyl baserad på ett flerbostadshus energiprestanda

Institutionen för Bygghälsa, avdelningen för Byggnadsekonomi och
Institutionen för Byggnad och Arkitektur, avdelningen för Energi och Byggnads-
Design,
Lunds Tekniska Högskola, Lund

ISRN LUTVDG/TVBP--05/5307--SE
ISBN 91-85147-12-5
ISSN 1651-8128

KFS i Lund AB
Lund 2005-06-07
Printed in Sweden

SAMMANFATTNING

Titel	Investeringskalkyl baserad på ett flerbostadshus energiprestanda.
Författare	Sara Andersson, civilingenjörsutbildningen i väg- och vattenbyggnad, Lunds Tekniska Högskola. Johanna Nordström, civilingenjörsutbildningen i ekosystemteknik, Lunds Tekniska Högskola.
Handledare	Niclas Andersson, avdelningen för Byggnadsekonomi, Lunds Tekniska Högskola. Helena Bülow-Hübe, avdelningen för Energi och ByggnadsDesign, Lunds Tekniska Högskola. Carl Jonsson, Skanska Teknik i Malmö. Anders Almgren, Skanska Teknik i Malmö.
Examinator	Maria Wall, avdelningen för Energi och ByggnadsDesign, Lunds Tekniska Högskola.
Rapport	Examensarbete vid avdelningen för Byggnadsekonomi (Sara) och avdelningen för Energi och ByggnadsDesign (Johanna) vid Lunds Tekniska Högskola. Utfört i samarbete med Skanska Teknik under våren 2005.
Mål	Målet med denna studie är att ta fram ett arbetssätt där investeringskalkylen tar hänsyn till en byggnads energibehov.
Metod	Studien utgår från ett specifikt flerbostadshus. Husets betydande energiaspekter identifieras, och en förbättring av dessa simuleras i energi-beräkningsprogrammet VIP+. Energianvändningen ger upphov till en driftskostnad som sätts in i investeringskalkylen, och de olika simulerade fallen jämförs ifråga om ekonomisk lönsamhet.
Slutsats	I studien har en rad förändringar av ursprungshuset simulerats. Beroende på vilken parameter fokus ligger på framträder olika alternativ som det mest fördelaktiga. Eftersom denna studie vill visa ekonomisk lönsamhet är årsvinsten det avgörande. Således är individuell mätning av varmvattenförbrukning och energianvändning för uppvärmning den förändring av ursprungshuset som rekommenderas. Även byte av fönster till nya med U-värde på såväl 1,0 som 0,8 W/m ² K ger en positiv förändring av årsvinsten jämfört med ursprungshuset.
Nyckelord	Energianvändning, energieffektivisering, flerbostadshus, energisimulering, VIP+, årsvinst, investeringskalkyl.

SUMMARY

- Title** Investment Cost Estimate Based on the Energy Efficiency of an Apartment Block.
- Authors** Sara Andersson, Civil Engineering, Lund Institute of Technology.
Johanna Nordström, Environmental Engineering, Lund Institute of Technology.
- Supervisors** Niclas Andersson, Division of Construction Management, Lund Institute of Technology.
Helena Bülow-Hübe, Division of Energy and Building Design, Lund Institute of Technology.
Carl Jonsson, Skanska Teknik in Malmö.
Anders Almgren, Skanska Teknik in Malmö.
- Examiner** Maria Wall, Division of Energy and Building Design, Lund Institute of Technology.
- Report** Master of Science Thesis at the Division of Construction Management (Sara) and Division of Energy and Building Design (Johanna) at Lund Institute of Technology in collaboration with Skanska Teknik. Written during the spring of 2005.
- Aim** The aim of this study is to find a method to incorporate the energy demand of a building in the investment cost estimate.
- Method** The study is based on an actual apartment block. The significant energy aspects are identified, and changed to more energy efficient options. These are then simulated using the energy calculation program VIP+. The calculated energy need is used in the investment cost estimate, and the simulated alternatives are compared in regards to their economical profitability.
- Conclusion** Depending on the focus, different alternatives are the most advantageous. Since this study aims to show which alternative is the most economically profitable, the annual profit is the parameter of most importance. This means that individual measuring of heating and hot water use is the recommended change of the original house. A change of the windows to new ones with a U-value of 1,0 as well as 0,8 W/m²K also results in a positive change of the annual profit compared to the original house.
- Key words** Energy use, energy efficiency, apartment block, energy simulation, VIP+, annual profit, investment cost estimate.

FÖRORD

Detta exjobb gjordes våren 2005 på avdelningen för Byggnadsekonomi och avdelningen för Energi och ByggnadsDesign vid Lunds Tekniska Högskola i samarbete med Skanska Teknik i Malmö. Detta har lett till att vi har haft (minst) fyra handledare: *Niclas Andersson* på avdelningen för Byggnadsekonomi, *Helena Bülow-Hübe* på avdelningen för Energi och ByggnadsDesign samt *Carl Jonsson* och *Anders Almgren* på Skanska Teknik i Malmö. Vi vill tacka er alla fyra för ert engagemang och intresse samt den tid ni alla avsatt för att diskutera vårt arbete. Genom era olika kompetens- och intresseområden har ni kompletterat varandra och sett till att ingen aspekt av vårt exjobb glömts bort.

Vi vill också tacka:

Bertil Jönsson och *Lennart Andersson* för ert enorma tålamod vid våra aldrig sinande frågor. *Mikael Fritzon* och *Rikard Espling* för ert engagemang i vårt exjobb och nyfikenhet på våra resultat. *Mathias Cederberg*, *Shadi Pourazar*, *Åsa Lindell*, *Asmir Emrovic*, *Rasmus Eklund* och *Andreas Lööv* för trevliga luncher. Alla anställda på Skanska Teknik i Malmö, speciellt *Lise-Lott Andersson*, för att ni fått oss att känna oss välkomna och alltid haft tid att svara på våra frågor. De anställda på plan 2, 4 och 6 på Skanska för att vi fått sitta hos er och skriva när vi inte fått plats på Teknik. De anställda på avdelningen för Energi och ByggnadsDesign för trevliga fikastunder, arbetsplats och innebandymatcher. *Catarina Warfvinge*, *Joakim Jonsson* och *Hans Eek* för att ni tog er tid att diskutera energieffektiva bostäder och kalkyler med oss.

Vi har arbetat med detta exjobb tillsammans, men Sara har skrivit kapitel 5, 6.4, 7.4 och 7.5 och Johanna kapitel 2.1, 4.3 - 4.5, 6.2, 6.3 och 7.1 - 7.3.

Det är med sol i sinnet vi nu lämnar in detta arbete för tryckning och tar ut vår examen.

Malmö, 2005-06-07

Sara och Johanna

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1. TERMINOLOGI.....	1
1.1 ENERGI.....	1
1.2 EKONOMI	2
2. INLEDNING	5
2.1 BAKGRUND	5
2.2 PROBLEMFÖRMULERING.....	9
2.3 SYFTE.....	9
2.4 MÅL	9
2.5 FÖRVÄNTAT RESULTAT	10
2.6 AVGRÄNSNINGAR.....	10
2.7 MÅLGRUPP	11
2.8 KÄLLHÄNVISNINGAR	11
3. METOD	13
3.1 ENERGI.....	13
3.2 EKONOMI	14
3.3 DISKUSSION OCH KRITIK AV VALD METOD	14
4. TEORI - ENERGI.....	17
4.1 KLIMATSKAL.....	17
4.2 ENERGIBALANS I ETT BOSTADSHUS	20
4.2.1 Transmissionsförluster	21
4.2.2 Ventilationsförluster.....	22
4.2.3 Avloppsförluster	23
4.2.4 Tillskottsvärme	23
4.3 HUS UTAN VÄRMESYSTEM.....	26
4.4 ENERGIBERÄKNINGSPROGRAM.....	28
4.4.1 Enorm.....	29
4.4.2 VIP+	29
4.4.3 DEROB-LTH.....	29
4.5 VAL AV ENERGIBERÄKNINGSPROGRAM.....	30
5. TEORI - EKONOMI	31
5.1 INVESTERINGSKALKYLER	31
5.1.1 Pay off-metod.....	33
5.1.2 Livscykelvinst	33
5.1.3 Livscykelkostnad	34
5.1.4 Kalkylresultat	34
5.2 VAL AV INVESTERINGSKALKYL.....	35

6. HUSET	37
6.1 URSPRUNGSHUSET	37
6.1.1 Klimatskal	38
6.1.2 Installationer	40
6.1.3 U-värden	41
6.2 VARIATIONER AV URSPRUNGSHUSET.....	42
6.2.1 Simulerade variationer i VIP+	42
6.2.2 Simulerade variationer i DEROB-LTH	44
6.3 ANTAGANDEN I ENERGISIMULERINGEN	45
6.3.1 Antaganden i VIP+	46
6.3.2 Känslighetsanalys av simuleringsmodellen	48
6.3.3 Antaganden i DEROB-LTH	49
6.4 ANTAGANDEN I INVESTERINGSKALKYLEN	50
6.4.1 Konstanta faktorer.....	50
6.4.2 Varierande faktorer	53
6.4.3 Känslighetsanalys av investeringskalkylen.....	55
7. RESULTAT OCH ANALYS	57
7.1 SIMULERING AV ENERGIANVÄNDNING I VIP+	57
7.2 KÄNSLIGHETSANALYS I VIP+	63
7.3 SIMULERING AV INOMHUSKLIMAT I DEROB-LTH	69
7.4 INVESTERINGSKALKYL.....	70
7.5 KÄNSLIGHETSANALYS I INVESTERINGSKALKYLEN	73
8. SLUTSATS	77
9. DISKUSSION.....	79
10. FORTSATT ARBETE.....	81
11. REFERENSER.....	83
11.1 TRYCKTA KÄLLOR.....	83
11.2 ELEKTRONISKA KÄLLOR.....	85
11.3 MUNTliga KÄLLOR.....	87
11.4 FÖRETAGSINTERNA KÄLLOR	88
12. BILAGA - RESULTAT FRÅN VIP+.....	89

1. TERMINOLOGI

I detta kapitel förklaras vissa för studien centrala begrepp. Dessa återkommer sedan i den löpande texten. För att öka översiktligheten delas kapitlet upp i energirelaterade och ekonomiska termer. Denna uppdelning återkommer senare i texten.

1.1 Energi

BBR	Boverkets Byggregler, BBR, (BFS 1993:57) är en samling föreskrifter och allmänna råd angående bl.a. energihushållning och värmeisolering. BBR reglerar energibehovet i byggnader genom att förespråka effektiv värmeanvändning och effektiv elanvändning samt begränsning av värmeförluster. ¹ Ett nybyggt bostadshus bör vara byggt så att det inte använder mer än ca 110 kWh per kvadratmeter och år (exklusive hushållsel) enligt de nu gällande reglerna för hushållning med energi ² .
BOA	Boarea, dvs. arean av de utrymmen av bruksarean som bebos. Förråd och gemensamma utrymmen som t ex. tvätttrum räknas bort.
BRA	Bruksarea, dvs. arean av ett eller flera golvplan i nyttjandeenheten som begränsas av omslutande byggnadsdelars insidor.
BTA	Bruttoarea, dvs. arean av ett eller flera golvplan i nyttjandeenheten som begränsas av omslutande byggnadsdelars utsidor.
BYA	Byggnadsarea, dvs. den area som en byggnad upptar på marken. Alla ovanstående areor beräknas enligt standarden SS 02 10 53. ³
Energiprestanda	Ett mått på hur energieffektiv en byggnad är. Europaparlamentets direktiv om byggnaders energiprestanda definierar energiprestanda så här: ⁴ <i>Den faktiska eller beräknade energimängd som används för att uppfylla de behov som är knutna till normalt bruk av en byggnad.</i>

¹ Boverket. *Boverkets byggregler*.

² Regeringen. *Precisering av Riksdagens miljömål - Effektivare energianvändning*. Internet.

³ Hansson, Bengt och Olander, Stefan. *Begrepp vid bygg- och fastighetsutveckling*. Internet.

⁴ Statens Energimyndighet. *Energideklarering av byggnader*.

U-värde En byggnadsdels förmåga att isolera. U-värdet ger ett mått på hur mycket värme som transporteras genom byggnadsdelen per kvadratmeter vid en grads temperaturskillnad mellan inne och ute. Enheten är W/m^2K .

1.2 Ekonomi

Annuitet Ett belopp i kalkylperiodens början som delas upp i lika stora delar över en tidsperiod.

Brukstid Varaktigheten hos de verksamheter som är tänkta att pågå i en byggnad och dess utrymmen utan att andra åtgärder än planerat underhåll behövs.⁵

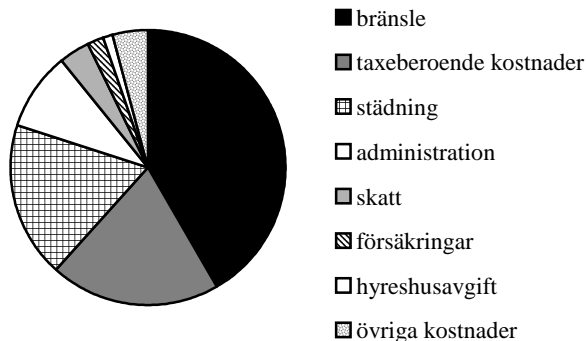
Cash flow En analys av ett företags framtida in- och utbetalningar för ett antal år. Ger en bild av företagets penningströmmar och hur stort betalningsöverskott eller betalningsunderskott verksamheten har.⁶

Driftskostnad Kostnad för varor och tjänster som krävs för att byggnaden ska kunna användas på avsett sätt, exempelvis kostnader för bränsle, vatten, administration, försäkringar, skatt mm. Även kostnader för allmän skötsel som t.ex. avfallshantering och trädgårdsskötsel hör hit.⁷ I figur 1 nedan framgår hur driftskostnaderna fördelar sig mellan olika typer av utgifter. Notera att bränslet utgör så mycket som 40 % av den totala driftskostnaden.

⁵ Bejrums, Håkan, m fl. *Det levande husets ekonomi*.

⁶ Olsson, Jan och Skärvad, Per-Hugo. *Företagsekonomi 99*.

⁷ Bejrums, Håkan, m fl. *Det levande husets ekonomi*.



Figur 1. Driftkostnad för en byggnad fördelad på kostnads-
slag.⁸

Driftnetto	Resultatet av betalningar som är kopplade direkt till en fastighets livscykel. Driftnettet består av hyresinbetalningar minus utbetalningar för drift och underhåll och används som ett jämförande mått för objekt både mellan och inom företag. ⁹
Grundinvestering	Alla kostnader som uppkommer för en byggnad från projektering tills byggnaden tas i bruk. Kallas även anskaffningskostnad.
Kalkylränta	Används som ett mått på en organisations avkastningskrav på investerade medel och är olika beroende på organisationen och vilken investering som ska göras. Kalkylräntan bestäms genom en analys och vägs samman av det reala avkastningskravet, inflationen, administration och ett riskpålägg. ¹⁰
Livslängd	Den tid som en byggnadskomponent bibehåller teknisk och ekonomisk funktion.
Nuvärde	Dagens värde av en framtida betalning. Nuvärdet beräknas med en diskonteringsfaktor som fås i en räntetabell.
Underhåll	Alla åtgärder som har till uppgift att vidmakthålla en fastighets funktion och tekniska standard. Underhållet kan delas in i periodiskt och löpande underhåll. Det periodiska underhållet kan tidsbestämmas, planeras och kostnadsberäknas eftersom det återkommer med relativt långa men förutsägbara tids-

⁸ Senning, Eva-Marie. *Kostnadssamband och kostnadsstyrning inom fastighetsförvaltning*.

⁹ Aldoson, Jan., *Fastighetsförvaltning 2002 - Fastighetsekonomi*.

¹⁰ Hansson, Bengt och Olander, Stefan. *Begrepp vid bygg- och fastighetsutveckling*. Internet.

intervall. Det löpande underhållet är svårare att förutsäga eftersom det inte följer ett bestämt tidsmönster. Hit räknas till exempel reparationer på grund av oförutsedda fel på spisar och hissar samt lagning av asfaltytor.¹¹

¹¹ Senning, Eva-Marie. *Kostnadssamband och kostnadsstyrning inom fastighetsförvaltning*.

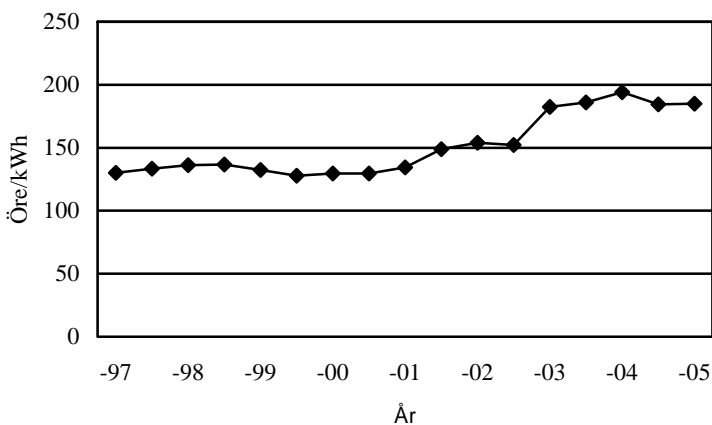
2. INLEDNING

I detta kapitel presenteras bakgrunden till studien. Detta görs för att ge läsaren en överskådlig bild av problematiken bakom studiens frågeställning. Dessutom presenteras arbetets syfte, mål, problemformulering och avgränsningar. Slutligen definieras tänkt målgrupp och referensmetodik.

2.1 Bakgrund

Den globala energianvändningen ökar på grund av att jordens befolkning växer och levnadsstandarden stiger i fattiga länder. Det är viktigt att denna konsumtion stabiliseras och inte fortsätter öka i redan industrialiserade länder, eftersom det inte finns möjlighet att framställa obegränsade mängder energi utan långtgående konsekvenser för miljön samt för människors hälsa och säkerhet.

Massmedia uppmärksammar de miljöproblem som vår höga konsumtionsnivå och energianvändning innebär, vilket leder till en större medvetenhet hos dagens konsumenter. Debatten är livlig om huruvida Sverige bör avveckla kärnkraften, och vad alternativet i så fall bör vara. Många svenska elkonsumenter är negativa till att vår energiförsörjning till viss del är beroende av våra grannländers export, och vill inte utöka andelen importerad el. Samtidigt är det svårt att se något självklart alternativ till kärnkraften. Få är beredda att låta bygga ut Sveriges sista älvar, de flesta är överens om att undvika kolkraft, och vind- och solenergi produceras i alldeles för liten skala för att vara realistiska alternativ. Detta i kombination med att energipriserna ökar (se prisutvecklingen för el i figur 2) gör att energieffektivisering blir en intressant lösning.

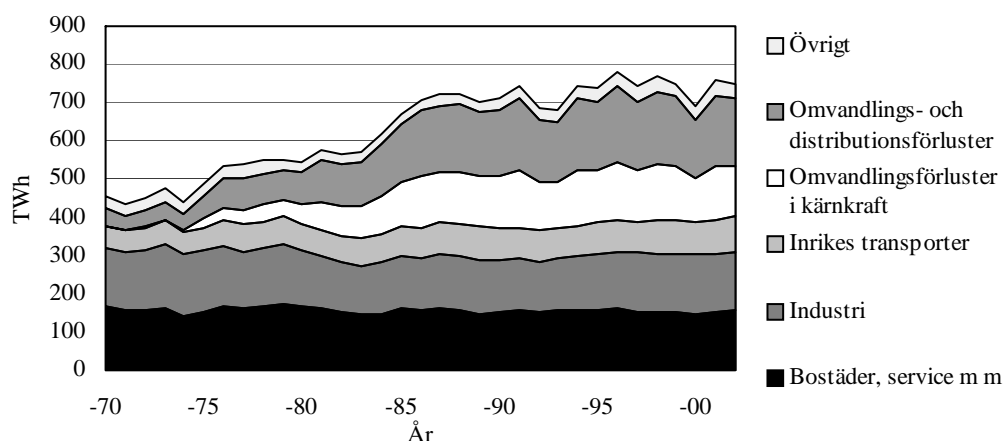


Figur 2. Elpris per kWh för typhushåll på 3 rum och kök på 70 m² och en årlig energikonsumtion på 1200 kWh. Priset inkluderar nätavgift, skatt, moms och elcertifikatavgift.¹² Prisutvecklingen ser liknande ut för alla typer av hushållskunder.

¹² Statistiska Centralbyrån. Priser på el för hushållskunder. Internet.

Politiskt anges att det är av yttersta vikt att samhället blir mer energieffektivt. Ett av regeringens uppställda energimål är att till år 2010 öka den förnybara energin med 10 TWh jämfört med 2002 års nivå¹³. Detta beror både på planerna att på sikt avveckla kärnkraften och att Sverige har som mål att minska koldioxidutsläppen och röra sig mot att bli ett hållbart samhälle som använder mindre av jordens resurser.

Om detta ska vara möjligt krävs politiska styrmedel och en ökad medvetenhet bland konsumenterna om konsekvenserna av vårt leverne. Till exempel marknadsförs många hushållsapparater som energisnåla alternativ till tidigare apparater (t ex vattenkokare jämfört med att värma vatten på spisen), men trots att hushållsapparaterna blir energisnålare går inte hushållselanvändningen ner. Detta beror på att svenska hem kontinuerligt införskaffar fler hushållsapparater. Mellan år 1970 och 2002 fördubblades användningen av hushållsel¹⁴. Något liknande sker med förbrukningen av energi för uppvärmning av bostäder. Antalet bostäder har ökat med 30 % mellan 1970 och 1999¹⁵, vilket har lett till att byggnadsytan ökat med ungefär 50 %¹⁶. Detta förklarar varför den totala energianvändningen inom bostadssektorn är konstant (se figur 3) trots att den minskar per bostad i nybyggda hus (se figur 4).



Figur 3. Sveriges totala energianvändning exklusive nettoexport 1970 - 2002.¹⁷ Bostadssektorns energianvändning har varit i princip konstant under hela perioden.

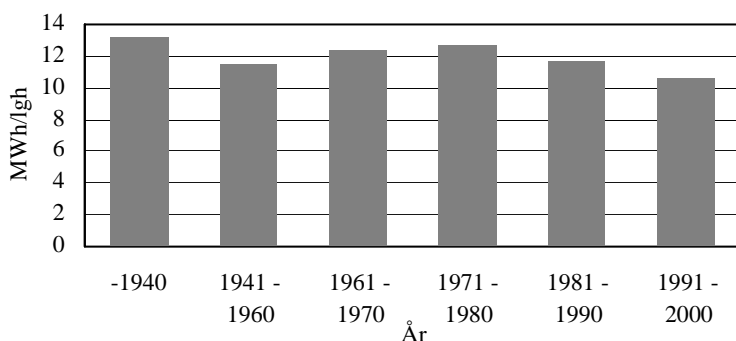
¹³ Statens Energimyndighet. *Energiläget 2003*.

¹⁴ Kungliga ingenjörsvetenskapsakademien, IVA. *Energianvändning i bebyggelsen*.

¹⁵ Ibid.

¹⁶ Regeringen. *Precisering av Riksdagens miljömål - Effektivare energianvändning*. Internet.

¹⁷ Statens Energimyndighet. *Energiläget i siffror2003*. Internet.



Figur 4. Genomsnittlig energianvändning per lägenhet år 2002 i flerbostadshus fördelat på färdigställandeår.¹⁸

En annan faktor som bidrar till att energianvändningen i bostadssektorn inte minskar är att antalet personer per hushåll sjunker. 1970 bestod medelhushållet av 2.6 personer. 1990 hade denna siffra sjunkit till 2.1 personer per hushåll.¹⁹ Antalet personer per hushåll har stor inverkan på den totala energianvändningen, eftersom varje hem har en stor grundanvändning av energi oberoende av antalet boende. Då energianvändningen i bostäder och lokaler motsvarar ca 35 % av den totala energianvändningen i Sverige²⁰ är det viktigt att fortsätta sträva efter energieffektivare lösningar för att på sikt minska bostadssektorns energianvändning.

När ett nybygge planeras görs en beräkning av bland annat byggkostnader och driftkostnader. Dessa beräkningar grundar sig på fakta om nybyggnationen, prisläge, erfarenhet från tidigare byggen osv. Beräkningarna är dock bara approximationer, och kan slå fel främst på grund av fyra anledningar:²¹

1. Fel och/eller förenklingar i beräkningsantagandena
2. Avvikelse under produktionen, felaktig installation eller driftsättning
3. Avvikelse på grund av bristande skötsel, drift och underhåll
4. Avvikelse i klimat, beteende och attityd hos brukaren

Byggherren är normalt ansvarig för de första två typerna av avvikelse, medan den driftansvarige ansvarar för nummer tre. Brukaren, i sin tur, är ansvarig för avvikelser som följd av sitt eget beteende.²²

Mycket tid och pengar satsas på att förbättra produktionsprocessen vid nybyggnation så att den kostar så lite som möjligt. Vad som ofta glöms bort är dock att driften står för en stor del av den totala kostnaden för ett hus. Driftkostnaden är normalt ca tio gånger

¹⁸ Statistiska Centralbyrån. *Energistatistik för flerbostadshus 2002*. Internet.

¹⁹ Kungliga ingenjörsvetenskapsakademien, IVA. *Energianvändning i bebyggelsen*.

²⁰ Boverket m fl. *Effektivare energi i bostäder*.

²¹ Carl Jonsson. OH-presentation. Skanska Teknik, september 2004.

²² Ibid.

högre än investeringskostnaden²³. Driften kan dessutom utgöra så mycket som 85 % av energianvändningen för ett hus hela livscykel^{24, 25}. Det är därför av yttersta vikt att större omsorg läggs på att bygga hus som är energieffektiva. Bostadsintressenter efterfrågar sällan den aktuella bostadens energiprestanda, vilket gör att inte tillräckligt stöd ges till (eller inte tillräckligt tryck utövas på) de som planerar och bygger att optimera energiprestandan. Att förändra människors attityd kan ta lång tid, och det är därför av intresse att påverka från alla håll. Om det genom noggrannare investeringskalkyler går att påvisa att energieffektiva hus lönar sig i längden blir det betydligt mer intressant att bygga sådana. Därmed får byggherren ett försäljningsargument (lägre driftskostnad), och opinionen kan på sikt förändras mot att kräva att energiprestandan vid nybyggnation ständigt ökar genom att förväntningarna höjs kontinuerligt.

Ett steg i riktning mot energieffektivare bostäder togs av Europaparlamentet 2002 då direktivet om byggnaders energiprestanda antogs. Direktivets syfte är att minska energianvändningen i den bebyggda miljön och i förlängningen minska utsläppen av växthusgaser. Direktivet fordrar att alla medlemsstater utformar en metodik för beräkning av byggnaders energiprestanda. Utifrån dessa beräkningar ska sedan minimikrav fastställas på nybyggnationer. Direktivet har ännu inte implementerats i svensk lagstiftning, och det är därför svårt att veta exakt vilka följderna kommer att bli. Statens energimyndighet har utrett hur detta direktiv kan tillämpas i Sverige, och lämnade sitt yttrande till regeringen i november 2004. Där fastslås att Boverkets regler, som gäller vid nybyggnation, redan innehåller ett underlag för energiberäkningar, men att vissa kompletteringar behövs.

I direktivet finns krav på att alla byggnader som byggs, hyrs ut eller säljs ska förses med en energideklaration. Syftet är att presumtiva köpare eller nyttjare ska kunna jämföra energiprestandan i olika hus. Standardiseringsorganet CEN arbetar för tillfället med att ta fram standarder för tillämpning av direktivet.²⁶ Dessa är i skrivandets stund ännu inte tillgängliga. Förhoppningsvis kommer dock direktivet leda till att det blir lättare att jämföra byggnaders energiprestanda. Därmed kan en köpare eller nyttjare av en bostad aktivt välja den med bäst energiprestanda, och på så sätt skapa en marknad för energieffektiva bostäder.

²³ Regeringen. *Precisering av Riksdagens miljömål - Effektivare energianvändning*. Internet.

²⁴ Adalberth, Karin. *Energy Use and Environmental Impact of New Residential Buildings*. Internet.

²⁵ Kungliga ingenjörsvetenskapsakademien, IVA. *Energianvändning i bebyggelsen*.

²⁶ Statens Energimyndighet. *Energideklarering av byggnader*.

2.2 Problemformulering

En högre produktionskostnad på grund av energieffektivare lösningar kan leda till en lägre driftskostnad, men detta syns inte i investeringskalkylen eftersom schablonmässiga värden baserade endast på hustyp och boyta används. Kalkylerna speglar alltså inte verkligheten, och den kalkylerade kostnaden kan bli såväl högre som lägre än vad de verkliga kostnaderna för huset blir. Detta gör att det attraktiva i att bo i ett hus med låg energianvändning inte framgår. Det saknas med andra ord incitament för att bygga energisnålt.

2.3 Syfte

Examensarbetet syftar till att studera hur en investeringsbedömning vid produktion av flerbostadshus kan förbättras med avseende på driftskostnader. Med en driftskostnad som baseras på energisimuleringar istället för schablonvärden är det möjligt att visa om energieffektiva byggkomponenter blir ett konkurrenskraftigt alternativ till dagens standardlösningar.

2.4 Mål

Målet med denna studie är att ta fram ett arbetssätt där investeringskalkylen tar hänsyn till en byggnads energibehov. Detta kan i sin tur underlätta beslut för och emot ett visst byggsätt/en viss byggdetalj. Årsvinstkalkylen, som spår framtida kostnader för huset och bygger på den beräknade driftskostnaden, kommer därmed att avspegla verkligheten bättre, och kostnaden under brukartiden kan bli lägre än vad den är idag. Därmed skulle byggföretag kunna uppmuntra husköparna att köpa hus med låg energianvändning. På längre sikt kan det leda till att efterfrågan på hus med låg energianvändning ökar.

Ett synsätt där hänsyn tas till husets totalekonomi kan leda till att det blir mer intressant att bygga energieffektiva hus trots en eventuellt högre investeringskostnad. Detta skulle i sin tur innebära att konkurrensen mellan energieffektiva komponenter ökar, produkterna blir bättre och priserna på dem sjunker. Förhoppningsvis kommer det därmed löna sig i framtiden att bygga ett hus med lägre energianvändning jämfört med det som idag räknas som ett hus med normal energianvändning.

2.5 Förväntat resultat

Denna studie förväntas resultera i en riktigare kostnadsbild vid investering i ett flerbostadshus. Med hjälp av simulerade värden på energianvändningen som stämmer bättre överens med verkligheten än de schablonkostnader som finns idag, förväntas driftskostnaden bli mer realistisk och kopplad till det aktuella objektet.

2.6 Avgränsningar

Arbetet utgår från en fallstudie av ett nybyggnadsprojekt som planeras uppföras under 2005. Huset är ett flerbostadshus med åtta våningar och 32 lägenheter. Ett faktiskt hus används för att kunna simulera verkliga värden istället för att generalisera. Innan en generell arbetsgång kan formuleras behöver metoden utprövas på faktiska exempel. Utifrån det kan sedan de mönster och samband som framträder appliceras på andra byggnader. Det ligger dock utanför tidsramen för denna studie att utarbeta en generell arbetsgång.

Ett hus består av många komponenter, som alla i varierande grad inverkar på energiprestandan på det färdigbyggda huset. Det är dock inte rimligt att simulera förändringar av varenda detalj, dels för att arbetet skulle bli överväldigande stort och svåröverskådligt, men främst för att de flesta beståndsdelarna påverkar energianvändningen så lite att de i sammanhanget är försumbara. Detta arbete fokuseras därför på de huvudsakliga energiförluskällorna. Vilka dessa är framgår av kapitlet 6.1.3. Husets geometri och allmänna utformning ändras inte heller. Detta innebär bland annat att studien inte omfattar köldbryggor i balkonginfästen eftersom det typhus som studeras har friliggande balkonger. Dessutom kommer inte fönstrens placering eller storlek förändras. En rad förenklingar och antaganden har gjorts i energisimuleringarna och årsvinstkalkylerna. Dessa beskrivs närmare i kapitel 6.3 och 6.4.

För att sänka byggnadens energibehov ökas bland annat isoleringstjockleken i ytterväggarna. Det innebär att husets väggar blir tjockare. Detta kan antingen ge upphov till en mindre uthyrningsbar yta, med lägre intäkter som följd, eller en större byggyta, med högre markkostnad som följd. I de kostnadskalkyler som gjorts tas ingen hänsyn till detta. Ingen hänsyn tas heller till att större ventilationsschakt behövs vid FTX-ventilation än vid frånluftsventilation.

En effekt av att studien grundar sig på ett specifikt hus är att tillgång finns till kalkyler, U-värdesberäkningar och ritningar. Dessa dokument upprättas inte under studiens gång, utan ändras bara enligt de förändringar som valts att studeras.

På grund av den sekretess som råder inom Skanska kan produktionskostnaden och byggedelarnas inköspriser inte redovisas. Kostnaderna i de olika fallen kommer istället att visas i förhållande till ett simulerat hus som ligger nära BBR:s krav på energianvändning.

Det har genomgående varit svårt att få fram rättvisande priser för olika byggkomponenter. Visserligen kan dessa ändras från fall till fall, men för att öka chansen att resultatet blir rättvisande är det ändå viktigt att ha möjligheten att arbeta med realistiska data. En större transparens i alla led hade underlättat och gjort resultatet mer tillförlitligt.

2.7 Målgrupp

Arbetets huvudsakliga målgrupp är projektutvecklare och projektörer av bostadshus. Andra tänkbara intresserade läsare är teknologer, forskare eller andra som har kunskap om och intresse av byggprocessen.

2.8 Källhänvisningar

För att tydliggöra förklaras här hur fotnoterna i denna text är ordnade. En fotnot som är placerad före punkt i en mening avser endast den aktuella meningen. Om en fotnot är placerad efter punkt hänvisar den till hela stycket ovanför fotnoten. Vid direktcitrat är fotnoten placerad innan citatet, och citatet är kursiverat och injusterat till en kortare radlängd än omslutande text. Fotnoten placeras även före ekvationer och information i punktform. Om en fotnot återfinns mitt i en mening avser den endast den definition eller siffra som står omedelbart före. En fotnot vars sista ord är *internet* syftar till en internetkälla. Övriga skriftliga referenser är tryckta källor. Endast författarens namn och verkets titel står nämnda i fotnoten. Övrig information står att finna i referenslistan i kapitel 12.

Investeringskalkyl baserad på ett flerbostadshus energiprestanda

3. METOD

I detta kapitel presenteras den metodik som studien är uppbyggd efter samt metodens svagheter och nackdelar. De olika momenten i förfaringsättet presenteras uppdelade i energi- och ekonomiaspekter. Kapitlet avser att fungera som en översikt över det arbete som presenteras i rapporten.

3.1 Energi

För att kunna använda realistiska data utgår studien från ett konkret hus. Det beskrivs närmare i kapitel 6. Detta hus studeras i detalj avseende klimatskärm, köldbryggor, fönster och installationer. En modell av huset byggs upp i ett energiberäkningsprogram, och dess energianvändning och totala U-värde beräknas. De byggdelar som är av intresse att byta ut identifieras genom en diskussion av deras relativa påverkan på energianvändningen. Dessa komponenter byts sedan ut mot motsvarande komponenter med bättre energiprestanda. Vissa byggkomponenter byts också till en sämre energiprestanda så att husets energibehov ligger nära BBR:s krav. Detta görs eftersom huset redan har en något bättre klimatskärm än vad normen kräver. Det kan alltså vara av intresse att se hur mycket de förändringar som redan utförts har påverkat energianvändningen. Ett energiberäkningsprogram används sedan för att simulera energianvändningen efter att olika förändringar gjorts. Förändringarna utförs var och en för sig och i kombination. Således framgår det vilka komponenter det lönar sig mest att byta ut, och till vilken grad det lönar sig att förbättra energiprestandan. Ett gemensamt ekonomiskt och energimässigt optimum söks.

För att kunna simulera energianvändningen i huset krävs att en rad parametrar fastställs. Många av dessa är svåra att finna ett precist värde på, speciellt innan huset är byggt och mätningar gjorts, och modellen bygger därför på en rad schablonsiffror. Bland annat är inomhustemperatur, klimatskalets täthet och varmvattenanvändningen uppskattade med hjälp av schabloner. För att undersöka resultatets pålitlighet utförs en känslighetsanalys av energisimuleringsmodellen. Schablonvärdena byts då ut ett i taget till ett högre respektive lägre värde än i modellen. På så sätt framgår hur känslig modellen är för avvikelser från schablonen i respektive parameterfall.

Slutligen utförs en temperaturstudie för att undersöka om ett energieffektivt klimatskal ger upphov till övertemperaturer.

3.2 Ekonomi

Den ekonomiska analysen i denna studie görs med hjälp av en Cash flow-analys och en LCP-kalkyl som resulterar i en årsvinst. Kalkylerna bygger på en rad faktorer och utgår från den befintliga produktionskostnadskalkylen och de drift- och underhållskostnader som kommer att finnas för referenshuset. Dessa varierar i de olika simulerade fallen beroende på val av byggdelar och byggnadens energibehov. Övriga faktorer som ingår i kalkylen, t.ex. hyra, fastighetsskatt och bidrag, är konstanta i samtliga simulerade fall. Årsvinsten används för att jämföra fallen och avgöra vilket som är mest lönsamt ur ekonomisk synvinkel. En utvärdering av de olika alternativens för- och nackdelar görs, och förslag läggs på hur långt det är ekonomiskt gynnsamt att gå avseende energiprestanda. Då studien utgår från ett verkligt hus gäller slutsatsen i huvudsak för just det huset, men metoden kan appliceras på liknande byggnader. Även här görs en känslighetsanalys. De parametrar som testas är de för vilka det angivna värdet är mest osäkert.

3.3 Diskussion och kritik av vald metod

En stor nackdel med att använda värden för ett specifikt hus är att applicerbarheten på byggobjekt i allmänhet kan ifrågasättas. Författarna anser dock att detta uppvägs av att resultaten blir så mycket mer exakta på grund av att använda siffror är verkliga och inte baserade på ett utjämnat medelvärde hos ett stort husbestånd. När resultatet appliceras på andra projekt är det viktigt att kritiskt jämföra det tilltänkta huset med det som studien utgår från och klargöra vilka aspekter som skiljer sig åt. Därefter borde resultatet åtminstone i viss mån kunna appliceras på det nya projektet.

Användandet av energiberäkningsprogram är ytterligare en osäkerhetsfaktor. Alla beräkningsprogram bygger åtminstone till viss del på schablonvärden och förenklingar. Effekten av detta kan vara svår att förutsäga, och alla resultat bör därför granskas kritiskt. Alternativet att bygga upp en stor mängd hus som är identiska förutom i energiprestanda och utföra provtryckningar, mätningar och tester är dock knappast praktiskt genomförbart. Så länge inte resultatet förväntas vara exakt utan uppfattas som en indikation om vilken storleksordning energianvändningen kommer ha är beräkningsprogram ett högst användbart och praktiskt verktyg. Även om inte energisimuleringen stämmer exakt överens med eventuella uppmätta värden när huset väl är byggt borde minskningen av energianvändningen som olika energiprestandaändringar medför vara relativt tillförlitlig. Detta då samma antaganden återkommer i alla energisimuleringar.

På grund av tidsbegränsningar har det varit nödvändigt att begränsa antalet simuleringar. Detta görs genom att analysera vilka förändringar som har störst påverkan på energianvändningen. Genom litteraturstudier samt genom att titta på de olika byggkomponenternas U-värde respektive area blir det tydligt vilka byggkomponenter som är av störst intresse att byta ut. Övriga byggkomponenter lämnas oförändrade. Vid en djupare analys skulle det vara intressant att titta på fler komponenter, för sig och i

kombination, och på så sätt kvantifiera de olika komponenternas inverkan på en byggnads energiprestanda.

Investeringskalkylen innehåller även den en del osäkerheter. Faktorer som inflation, energiprisutveckling, marknadsvärdesutveckling och låneränta är svåra att förutspå. De har alla en större eller mindre inverkan på hur stor årsvinsten blir för varje fall. För själva resultatet i denna studie spelar det dock inte så stor roll vilket värde parametrarna har, så länge de är konstanta i samtliga fall. Ett så rimligt värde som möjligt uppskattas för var och en av dem för att kunna jämföra och applicera resultaten i största möjliga mån på verkligheten.

Energiprisutvecklingen är den faktor som spelar störst roll i denna studie. Den antas med hjälp av statistik från de senaste nio åren, men det är naturligtvis svårt att veta hur prisutvecklingen kommer se ut i framtiden. Troligast är kanske ändå att priset kommer att fortsätta stiga.

Investeringskalkyl baserad på ett flerbostadshus energiprestanda

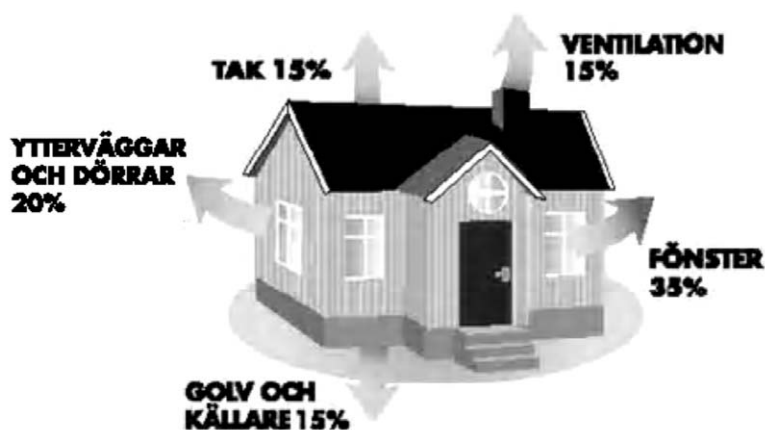
4. TEORI - ENERGI

I detta kapitel presenteras de teoretiska grunderna för denna studie avseende energi. Kapitlet inleds med en presentation av centrala byggkomponenter och byggnaders energibalans. Därefter förklaras vad som menas med hus utan värmesystem, och ett antal olika energiberäkningsprogram presenteras. Avsnittet avslutas med en motivering av valet av energiberäkningsprogram.

4.1 Klimatskal

Värmeöverföring sker genom konvektion, ledning och strålning. Vid tekniska beräkningar görs normalt ingen åtskillnad mellan dessa tre, utan de inbegrips alla i begreppet värmeledning.²⁷ Därför beskrivs inte de tre processerna närmare i denna studie. Värmetransporten beskrivs istället uppdelad per byggkomponent och förlustväg.

En mycket förenklad bild av hur stor andel av värmeläckaget i ett hus som sker genom respektive byggnadsdel återfinns i figur 5. Observera att siffrorna avser ett småhus med självdragsventilation. I ett hus med mekanisk ventilation utan värmeåtervinning blir förlusten genom ventilationen ungefär det dubbla beroende på luftomsättningen²⁸. Dessutom ändras naturligtvis förhållandena om huset ifråga är ett flervåningshus, eftersom proportionerna mellan ytor mot utomhustemperatur och uppvärmd area eller volym ändras.



Figur 5. Förenklad bild av hur stor andel av värmeläckaget i ett småhus som sker genom respektive byggnadsdel.²⁹

²⁷ Sandin, Kenneth. *Värme och fukt*.

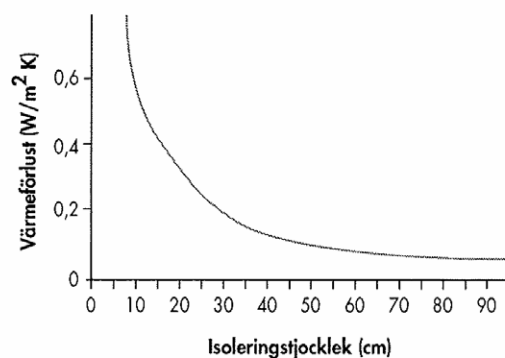
²⁸ Statens Energimyndighet. *Minska energikostnaderna i ditt hus*. Internet.

²⁹ Ibid.

Nedan presenteras följande i energisammanhang centrala byggkomponenter närmare:

- Isolering
- Köldbryggor
- Fönster

Isolering slits inte, kräver inget underhåll och livslängden är i stort sett obegränsad. Mängden isolering har stor betydelse för hur mycket värme en byggnad släpper ut. Av figur 6 framgår dock att det inte är ekonomiskt lönsamt att isolera hur mycket som helst, eftersom minskningen av värmeförlusten avtar ju tjockare isoleringen är. Statens Energimyndighet rekommenderar ett U-värde på $0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$ i ytterväggar, vilket motsvarar 300 mm isolering i den typvägg Energimyndigheten utgår från. I vindbjälklaget bör U-värdet vara $0,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ och det uppnås med 500 mm isolering. Med 140 mm isolering uppnår markplattan rekommendationen på $0,2 \text{ W/m}^2 \text{ K}$. I BBR regleras kraven för vilket U-värde ett hus totalt bör ha.³⁰



Figur 6. Sambandet mellan isoleringstjocklek och värmeförlust.³¹

Köldbryggor är byggdelar som har dålig isoleringsförmåga. De består exempelvis av träreglar som går genom en vägg, infästningen av balkonger, vinklar, hörn, burspråk och fönsterkarmar. Fönsterkarmar har dålig isoleringsförmåga eftersom trä isolerar fyra gånger sämre än mineralull. Även om köldbryggorna är en liten del av husets totala yta kan mycket värme ledas genom dem.³²

De största värmeförlusterna per ytenhet i en byggnad sker genom fönstren (se figur 5) vilket inte är konstigt med tanke på ett fönsters U-värde. Ett vanligt treglasfönster har ett U-värde på runt $2,0 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ ³³ och en standardvägg har vid nybyggnad ett U-värde på ca $0,2 \text{ W/m}^2 \text{ K}$. Med ett energieffektivt fönster kan värmeförlusten minskas avsevärt. Energieffektiva fönster består normalt av treglasfönster med någon typ av låg-emissionsskikt på två av rutorna samt en isolerande gas, ofta argon, mellan två av rutorna.³⁴ I figur 7 visas den stora skillnaden i värmegenomsläpplighet mellan olika typer av fönster.

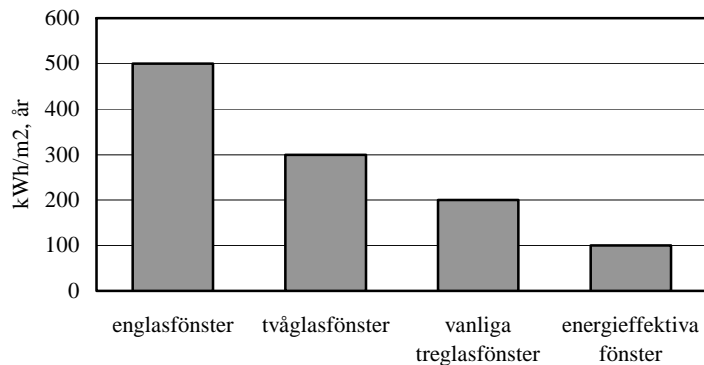
³⁰ Energirådgivningen. *Uppvärmning vid ny- och ombyggnad*. Internet.

³¹ Statens Energimyndighet. *Minska energikostnaderna i ditt hus*. Internet.

³² Ibid.

³³ Statens Energimyndighet. *Nya fönster - spar energi och pengar*.

³⁴ Statens Energimyndighet. *Fönster*. Internet.



Figur 7. Generaliserad bild av värmegenomsläppligheten genom olika typer av fönster.³⁵

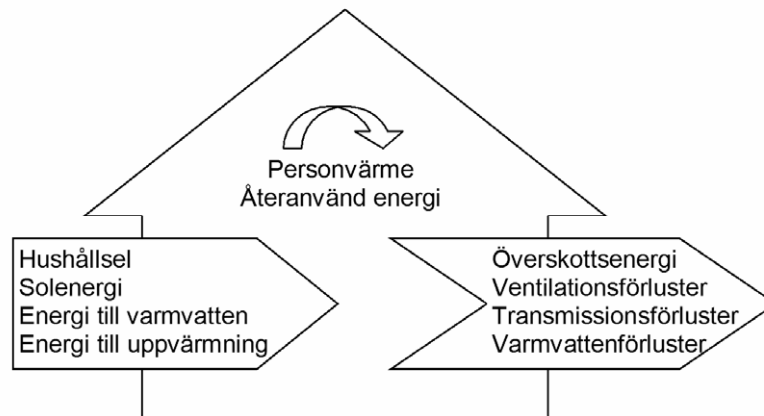
Ett problem som är associerat med energieffektiva fönster är uppkomsten av utvändigt kondens. Denna kan uppstå kalla och klara nätter då glaset blir kallare än omgivande utomhusluft. Kondensen gör att sikten ut försvåras, men fenomenet försvinner normalt när solen går upp och utomhustemperaturen ökar. Problemet kan undvikas genom att skärma av fönstret mot himlen med hjälp av balkonger, markiser, taksprång, etc. Även vind och låg relativ luftfuktighet minskar risken för uppkomst av utvändigt kondens.³⁶

³⁵ Statens Energimyndighet. *Nya fönster- spar energi och pengar.*

³⁶ Jonsson, Bertil. *Utvändig kondens.* Internet.

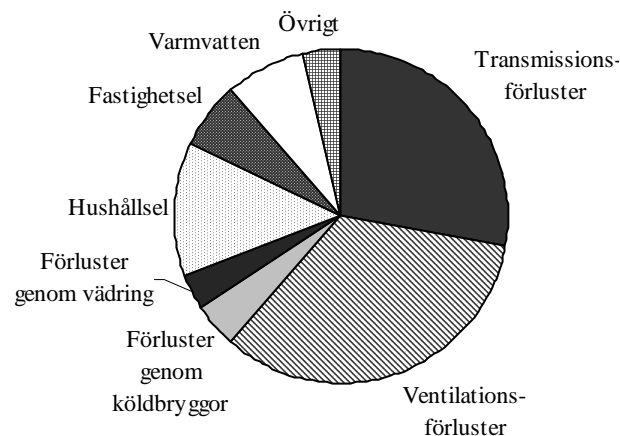
4.2 Energibalans i ett bostadshus

Genom en byggnads klimatskal flödar ständigt energi ut och in. I figur 8 visas schematiskt de huvudsakliga värmekällorna och förlustvägarna för ett bostadshus.



Figur 8. Energibalans för ett bostadshus.³⁷

I figur 9 visas en typisk fördelning av energianvändningen i svenska bostäder. Som kan ses i figuren står ventilations- och transmissionsförluster tillsammans för en stor del av energibalansen.



Figur 9. Exempel på fördelning av energibalansen i svenska bostäder.³⁸

³⁷ Hiller, Carolina. *Sustainable Energy Use in Houses*.

³⁸ Hagengran, Per och Stenberg, Karl. *Orsaker till differenser mellan beräknad och faktisk energianvändning i nyproducerade flerbostadshus*.

Genom att ställa upp en energibalans över flödet kan ett hus energibehov beräknas. Se ekvation 1³⁹.

$$Q_{\text{uppvärmen+varmvatten}} = Q_{\text{transm}} + Q_{\text{vent+läck}} + Q_{\text{avlopp}} - Q_{\text{tillskottsvärme}} - Q_{\text{återvinning}} \quad [\text{Wh}] \quad (1)$$

Ett uppvärmningssystem kompenserar för de energiförluster som sker då värme försvinner ut ur byggnaden genom transmission, ventilation, luftläckage och avlopp. Energi tillförs också ett hus för att värma varmvattnet och i form av elenergi till apparater som i sin tur alstrar värme. Ur den varma luft som lämnar byggnaden kan värme återvinnas och användas på nytt, antingen för uppvärmning av huset igen eller för att värma varmvattnet. Solinstrålning samt de boende bidrar också med värme.⁴⁰ Nedan förklaras de olika komponenterna i ekvation 1 närmare.

4.2.1 Transmissionsförluster

Transmissionsförluster beror på klimatskalets isoleringsförmåga och temperaturskillnaden mellan ute och inne. En stor andel fönster, slarvigt projekterade detaljlösningar eller dåligt utförda byggarbeten försämrar husets medel-U-värde. En stor omslutande area, i förhållande till uppvärmd area eller volym, och köldbryggor i t.ex. hörn och vid balkonger ökar också transmissionsförlusterna (se ekvation 2).⁴¹

$$Q_{\text{transm}} = \sum (U \cdot A) \cdot (T_i - T_u) \cdot t + Q_{\text{köldbryggor}} \quad [\text{Wh}] \quad (2)$$

Σ = summan av Q_{trans} för alla byggdelar

U = U-värde [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$]

A = omslutande area [m^2]

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

T_u = utomhustemperatur [$^{\circ}\text{C}$]

t = tid [h]

³⁹ Nilsson, Annika. *Energianvändning i nybyggda flerbostadshus på Bo01-området i Malmö.*

⁴⁰ Ibid.

⁴¹ Ibid.

4.2.2 Ventilationsförluster

Värmeförlusterna påverkas av hur mycket och ofta varm luft ventileras genom en byggnad. Genom otätheter i klimatskalet och skillnader i lufttrycket ute och inne läcker varm luft ut från byggnaden (se ekvation 3). Med t.ex. en värmeväxlare kan en del av värmen i frånluften återvinnas, vilket gör att ventilationsförlusterna reduceras.⁴²

$$Q_{\text{vent+läck}} = 0,33 \cdot n \cdot V(T_i - T_u) \cdot t - Q_{\text{återvinning}} \quad [\text{Wh}] \quad (3)$$

0,33 = för att värma upp 1 m³ luft 1°C går det åt 0,33 Wh

n = antalet volymomsättningar luft per timme

V = volym uppvärmd inomhusluft [m³]

Den enklaste typen av ventilation, som är vanligast i äldre hus, är självdragsventilation. Luft ventileras in och ut ur huset genom ventiler och otätheter p.g.a. skillnader mellan utomhus- och inomhustemperaturen. Därmed kan luftflödet variera stort och det påverkas dessutom av vinden. Mycket energi går förlorad genom det otäta klimatskalet och under sommaren kan luftomsättningen bli låg då skillnaden i temperatur mellan ute och inne är liten.⁴³

I nyare hus med tätare och mer välisolerade klimatskal krävs vanligtvis mekanisk ventilation för att uppnå tillräckligt luftombyte. En fläkt som suger ut den varma luften ur huset från kök och våtutrymmen är den enklaste modellen av mekanisk ventilation och kallas frånluftssystem (F). Ett undertryck uppstår i huset så att kall luft samtidigt sugas in genom friskluftsventiler och otätheter. De boende kan uppleva inneluften som kall på grund av det drag som kan uppstå intill friskluftsventilerna.⁴⁴

En annan typ av mekanisk ventilation är från- och tilluftssystem (FT). Varm luft sugas ut från kök och våtutrymmen och i övriga rum tillförs uteluft (dvs. tilluft). Nackdelen med detta system är att kalldrag kan upplevas där luften flödar ut och in ur huset. På platser där det krävs stor luftomväxling, i större lokaler som t.ex. skolor och sjukhus, värms uteluften till behaglig temperatur i ett värmeaggregat innan den trycks in i huset.⁴⁵

Ett mer avancerat system är från- och tilluftsventilation med värmeåtervinning (FTX). Det är i stort sett som ett FT-system, men värmen som sugas ut ur huset återvinns i en värmeväxlare och värmer upp tilluften. Det är viktigt att filter och fläktar underhålls regelbundet. Om frånluftsaggregatet sätts igen av damm finns det en risk för att ett övertryck uppstår i byggnaden, vilket kan leda till fuktskador i klimatskalet. Om

⁴² Nilsson, Annika. *Energianvändning i nybyggda flerbostadshus på Bo01-området i Malmö.*

⁴³ Statens Energimyndighet. *Minska energikostnaderna i ditt hus.* Internet.

⁴⁴ Warfinge, Catarina. *Installationsteknik AK för V.*

⁴⁵ Ibid.

systemet underhålls slipper dock de boende olägenheter med kall utomhusluft direkt i bostaden och energianvändningen kan halveras jämfört med F- och FT-system.^{46,47}

4.2.3 Avloppsförluster

När uppvärmt vatten spolats ut från byggnaden, bland annat från dusch, toalett och köksavlopp, förloras energi. Faktorer som styr förlusten är bland annat antalet boende och deras beteende.

4.2.4 Tillskottsvärme

Solenergin som kommer in i en byggnad påverkar energibalansen i hög grad. Det är främst fönstren som är den styrande faktorn. Deras typ, placering, storlek och andel av väggytan avgör hur stor solinstrålningen blir. Solenergin bidrar till att temperaturen höjs inomhus, vilket i sin tur leder till att transmissionsförlusterna ökar.

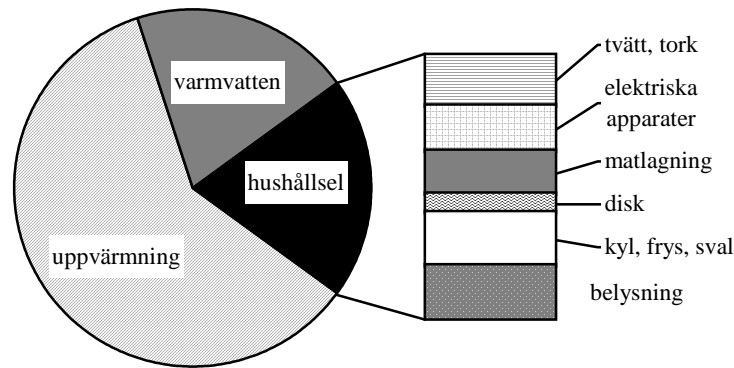
Brukaren av en bostad kan påverka energianvändningen genom en rad val. Dels kan de flesta påverka sin inomhustemperatur, antingen genom att reglera värmeförseln eller genom att vädra. De boende påverkar också energianvändningen genom sitt användande av elektriska apparater, belysningsgraden i hemmet, sina vattenförbrukningsvanor samt genom antalet människor som bor i bostaden.

Skillnaden mellan hur mycket energi olika hushåll använder är stor, och det är svårt att gissa hur de boende i en viss lägenhet kommer att bete sig. Därför är det vanligt med schablonsiffror på energianvändningen för hushållsel och varmvatten. Normalt sägs energianvändningen vara 5000 kWh per år för respektive hushållsel och varmvatten⁴⁸, men denna uppskattning lämpar sig bäst för villor och större hushåll. I figur 10 visas hur energianvändningen i ett normalhushåll fördelar sig mellan olika användningsområden. Ett verkligt hushåll kan dock skilja sig rejält från schablonen.

⁴⁶ Statens Energimyndighet. *Minska energikostnaderna i ditt hus*. Internet.

⁴⁷ Warfinge, Catarina. *Installationsteknik AK för V*.

⁴⁸ Kungliga ingenjörsvetenskapsakademien, IVA. *Energianvändning i bebyggelsen*.



Figur 10. Ett normalhushålls energianvändning fördelad på användningsområden.⁴⁹

I Sverige beräknas inomhustemperaturen normalt vara 20°C. Det har dock visat sig att många boende väljer att ha det varmare än så hemma om de har möjlighet att påverka inomhustemperaturen⁵⁰. Energianvändningen för uppvärmning av en bostad beräknas öka med ca 5 % för varje grads höjning av temperaturen^{51, 52}, vilket gör att detta val får högst synbar effekt på elräkningen.

En sammanställning av Lennart Berndtsson 2003 visar att individuell mätning av värme och varmvatten kan minska behovet av energi för uppvärmning med 10-20 % och varmvattenanvändningen med 15-30 %. Detta beror på att de boende blir mer medvetna om effekten av den valda inomhustemperaturen och vattenanvändningen. Många väljer att minska sin användning när den får direkt effekt på räkningen, men det finns också en del boende som väljer att ha en högre inomhustemperatur och betala för det.⁵³

Energianvändningen i en bostad är beroende av antalet boende av två anledningar. Dels gör människans ämnesomsättning att kroppen ständigt avger värme. Mängden värme som avges är beroende av den aktivitet som utförs. Exempelvis är värmeproduktionen 40 W/m² vid sömn, 50-60 W/m² vid sittande aktiviteter och upp till 110 W/m² vid rörligt hushållsarbete. Den egenvärme som ett antal personer i ett rum genererar kan alltså vara betydande, och kan påverka temperaturen i bostaden avsevärt. Vid normal rumstemperatur och ventilation kan värmetilskottet per person antas vara 100 W.

⁴⁹ Statens Energimyndighet. *Minska energikostnaderna i ditt hus*. Internet.

⁵⁰ Medelinomhustemperaturen har stigit 0,5°C mellan 1982 och 1992 och låg 1992 på 21°C. (Källa: Hiller, Carolina. *Sustainable Energy Use in Houses*.)

⁵¹ Statens Energimyndighet. *Värme i villan*. Internet.

⁵² Den angivna siffran är en uppskattning som baseras på antagandet att differensen mellan utomhus- och inomhustemperatur är 20°C. (Källa: Hiller, Carolina. *Sustainable Energy Use in Houses*.)

⁵³ Berndtsson, Lennart. *Individuell värmemätning i svenska flerbostadshus - en lägesrapport*. Internet.

Utöver detta beror även energianvändningen på antalet boende. Ju fler som bor i en bostad, desto mer mat lagas och mer disk och tvätt genereras. Dessutom ökar förbrukningen av vatten.⁵⁴ I Sverige använder varje individ ca 140 liter vatten per dag, varav hälften är varmvatten. Den exakta varmvattenanvändningen beror bland annat på de boendes vanor, utrustning, behov, antal och ålder.⁵⁵

Hushållselanvändningen beror till stor del av hur många hushållsapparater bostaden innehar, hur mycket de används samt hur många av dessa som står stand by när de inte används. Tabell 1 nedan ger exempel på hur stor årskostnaden blir per maskin vid en viss användningsfrekvens.

Tabell 1. Årskostnad för olika maskiner vid en given användning. Årskostnaden är beräknad för ett elpris på 75 öre/kWh.⁵⁶

MASKIN	EFFEKT	ANVÄNDNING	ÅRSKOSTNAD
Frysskåp äldre modell	200 W	Termostatstyrd	750 kr
Frysskåp ny modell	120 W	Termostatstyrd	290 kr
Kylskåp äldre modell	150 W	Termostatstyrd	420 kr
Kylskåp ny modell	100 W	Termostatstyrd	125 kr
Diskmaskin (kallvattenansluten)	2000 W	1 gång per dygn	550 kr
Spisplatta	1500 W	40 minuter per dygn	270 kr
Spisfläkt	200 W	1 timme per dygn	55 kr
Ugn	2500 W	2 timmar per vecka	155 kr
Mikrovågsugn	1500 W	7 minuter per dygn	48 kr
Kaffebryggare	800 W	1 timme per dygn	219 kr
Elvisp	150 W	15 minuter per vecka	1,50 kr
Brödrost	1000 W	5 minuter per dygn	23 kr
Strykjärn	1000 W	1 timme per vecka	39 kr
Dammsugare	1000 W	1 timme per vecka	39 kr
Hårtork	1000 W	1 timme per vecka	39 kr
Rakapparat	10 W	5 minuter per dygn	22 öre
Färg-TV	140 W	4 timmar per dygn	154 kr
Video	45 W	1 timme per dygn	12 kr
Radio	45 W	4 timmar per dygn	48 kr
Glödlampa	60 W	3 timmar per dygn	49 kr
Lågenergilampa	11 W	3 timmar per dygn	9 kr

Som kan ses i tabell 1 gör det stor skillnad om bostaden är utrustad med nya vitvaror eller gamla samt hur många elektriska apparater hushållet har. Beteendemönstret spelar också in: mer energi går till exempel åt till en kyl som är välfylld eller vars dörr öppnas ofta.

⁵⁴ Adamson, Bo m fl. *Sol energi form*.

⁵⁵ Hiller, Carolina. *Sustainable Energy Use in Houses*.

⁵⁶ Armatur & elservice. *Höga elräkningar - vad är det som drar ström?* Internet.

Då varje individ har ett eget beteendemönster är det svårt att uppskatta hur mycket hushållsel och varmvatten som kommer att gå åt i en viss bostad. Till en viss del kan dessa siffror uppskattas med hjälp av fakta om bostadens storlek och vilken apparatur som finns installerad, men det finns en stor osäkerhetsfaktor i dessa uppskattningar. Det kan skilja så mycket som en faktor 3 mellan en låg- och höganvändares energi-användning⁵⁷.

4.3 Hus utan värmesystem

Termen passivhus används för de hus som på senare år byggts så energieffektiva att inget traditionellt värmesystem behöver installeras. Däremot är det tillåtet att eftervärma tilluften till en behaglig inomhustemperatur.⁵⁸ Genom att ingen värmedistribution behövs försvinner en stor post i byggkostnaden. Detta kompenserar den högre byggkostnaden på grund av ökad isolering och högre krav på täthet.⁵⁹

Det projekt som fått störst uppmärksamhet i Sverige är radhusområdet i Lindås Park i Göteborg. Radhusen byggdes 2001, och är planerade så att solinstrålning, personvärme och värme från belysning och hushållsapparater ska täcka en stor del av uppvärmningsbehovet. Som i de flesta andra lågenergihus har detta åstadkommit med hjälp av extra isolering, energieffektiva fönster, ett extra tätt klimatskal och en genomtänkt placering av husen för att maximera solinstrålningen under de kallare månaderna. Husen har dessutom en värmeväxlare som återvinner ca 80 % av luftens värme innan den släpps ut.⁶⁰

En utvärdering av husen i Lindås visar att uppvärmningsbehovet är betydligt lägre än i vanliga småhus. I Lindås ligger det uppmätta totala behovet av köpt energi, som enbart är el, på 58-71 kWh/m² och år beroende på placering i radhuslängan⁶¹. Därtill kommer solenergi som erhålls från solfångarna på radhusens tak. Det totala energibehovet ligger på ca 78 kWh/m².⁶² Detta ska jämföras med ett normalt småhus behov på ca 152 kWh/m².⁶³ Trots att energibehovet är märkbart lägre i passivhus (se figur 11) är husen ändå långt från att vara oberoende av externa energikällor. Benämningen passivhus är därför något oegentlig, men syftar på att huset inte behöver ett traditionellt värmesystem.

⁵⁷ Wall, Maria. Personlig kommunikation.

⁵⁸ *Resurseffektiva byggnader*. Internet.

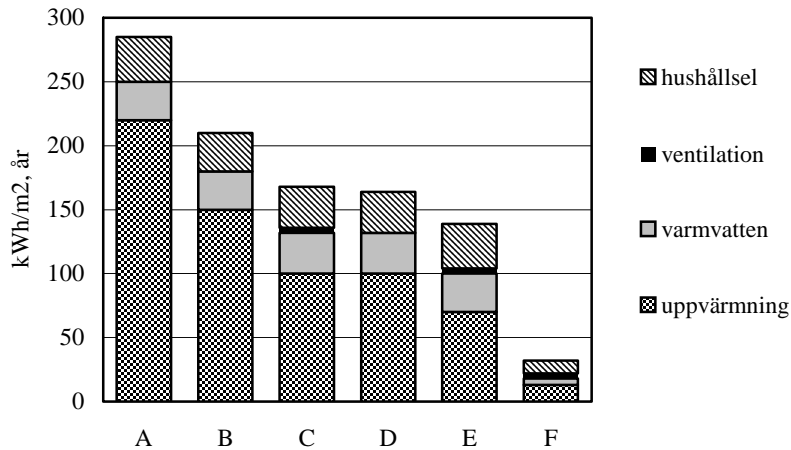
⁵⁹ Eek, Hans. IVL. Personlig kommunikation.

⁶⁰ Boström, Tobias m fl. *Tvärvetenskaplig analys av lågenergihusen i Lindås Park, Göteborg*.

⁶¹ Ibid.

⁶² Warfvinge, Catarina. *Jöns Ols i Lund - energisnålt och lönsamt flerfamiljshus med konventionell teknik*.

⁶³ Boström, Tobias m fl. *Tvärvetenskaplig analys av lågenergihusen i Lindås Park, Göteborg*.



Figur 11. Genomsnittlig total energianvändning enligt olika byggstandarder.⁶⁴

Teckenförklaring:

A: Nuvarande medel i Tyskland

B: Tysk byggstandard 1994

C: Svensk byggstandard SBN 1980

D: Tysk byggstandard 1995

E: Tyskt lågenergihus

F: Tyskt passivhus

Den byggherre som önskar bygga ett hus utan värmesystem kan för närvarande söka ekonomiskt stöd från Energimyndigheten. Detta stöd utdelas för merkostnader på grund av behov av expertstöd, kvalitetsstyrning, mätning och utvärdering av det färdigbyggda huset samt för informationsinsatser. Det är däremot inte möjligt att få bidrag för ökade byggkostnader på grund av tilläggsisolering, värmeåtervinning etc.⁶⁵

⁶⁴ Passivhaus Institut. *What is a passive house?* Internet.

⁶⁵ Resurseffektiva byggnader. Internet.

4.4 Energiberäkningsprogram

Det finns många olika beräkningsprogram för energianvändning ute på marknaden. Allt från enkla beräkningsprogram, som bara beräknar energibehovet, till väldigt komplexa, som klarar att beräkna energibehovet för delar av en byggnad och som dessutom kan beräkna effektbehov, inomhustemperatur och kylbehov. I Bengt Bergstens rapport *Energiberäkningsprogram för byggnader – en jämförelse utifrån funktions- och användaraspekter*⁶⁶ från 2001 listas de energiberäkningsprogram som finns tillgängliga på den nordiska marknaden. En kort sammanställning över dessa finns i tabell 2.

Tabell 2. Sammanställning över de simuleringsprogram som finns på den nordiska marknaden.⁶⁷

Program	Färdigställeår	Komplexitetsgrad	Land	Övrigt
Bsim	2000	Hög	Danmark	Kan importera byggritningar i CAD-format.
BV ²	1996	Låg	Sverige	En årsberäkning tar under 1 sekund.
EiB	1994	Mellan	Norge	
Energikiosken	Slutet av 90-talet	Låg	Norge	Programvaran är gratis.
Enorm	1988	Låg	Sverige	Utför jämförande beräkningar mot BBR 94.
Huset	1997	Låg	Sverige	Programvaran är gratis. Räknar på enfamiljshus.
IDA ICE	1998	Hög	Sverige	
Opera	1989	Mellan	Sverige	Används främst till LCC-beräkningar.
Villa energi	1996	Låg	Sverige	Räknar på enfamiljshus.
VIP+	1990	Mellan	Sverige	Utför jämförande beräkningar mot BBR 94.
Värmeenergi	2000	Låg	Sverige	

Utöver de program som beskrivs i tabell 2 finns också DEROB-LTH. Då jämförelsen gjordes höll dock en ny version av programmet på att utformas, vilket förklarar varför det inte finns med i listan.

Många av de program som listas ovan är olämpliga för denna studie. De mest komplexa programmen (Bsim och IDA ICE) väljs bort på grund av den tidsåtgång det innebär att rita upp tredimensionella strukturer. De program som utvecklats i Norge (EiB och Energikiosken) väljs bort på grund av att de används i liten utsträckning i Sverige. Villa

⁶⁶ Bergsten, Bengt. *Energiberäkningsprogram för byggnader – en jämförelse utifrån funktions- och användaraspekter*. Internet.

⁶⁷ Ibid.

energi och Huset väljs bort för att de bara går att använda för enfamiljshus, samt Opera eftersom dess huvudsyfte inte är energiberäkningar utan LCC-kalkyler. BV² och Värmeenergi väljs bort på grund av den förenklade beräkningsmetodiken. Kvar är Enorm, VIP+ och DEROB-LTH. Dessa program beskrivs närmare nedan.

4.4.1 Enorm

Enorm är Sveriges mest använda energiberäkningsprogram, och är väl validerat. En avgörande anledning till att Enorm utvecklades var att det behövdes ett verktyg för att jämföra en planerad byggnad med en referensbyggnad enligt dåvarande nybyggnadsregler. Referenshuset är utformat enligt BBR 94. Enorm är främst användbart vid energiberäkningar i befintliga bostadshus. En stor nackdel med programmet är att det använder ett beräkningssteg på ett dygn, vilket gör att resultatet bör granskas kritiskt om simuleringen endast görs över en kortare tidsperiod. Programmet kan redovisa energianvändningen per kategori (radiator, ventilationssystem etc.), per förlustsätt (transmission, infiltration etc.) samt per energislag (värmepanna, värmepump etc.).⁶⁸

4.4.2 VIP+

VIP+ är utvecklat av Skanska och precis som Enorm arbetar det mot ett referenshus enligt BBR 94. Programmet beräknar energianvändningen timvis och är gjort för att beräkna årsenergianvändningen. Det kan inte användas för att dimensionera värmesystem eftersom det inte går att beräkna effektbehovet olika tider på året eller dygnet. VIP+ är validerat i åtskilliga jämförande studier. Det arbetar på ett liknande sätt som Enorm på så sätt att det kan redovisa energianvändningen per förlustsätt och energislag. Vissa möjligheter ges till att bestämma vilka resultat som ska anges och utseendet på tabeller och diagram. Programmet har bara klimatdatafiler för två orter i Sverige, men kan kompletteras med fler.⁶⁹ En ny version av programmet utarbetas under 2005.⁷⁰

4.4.3 DEROB-LTH

DEROB-LTH är ett komplext beräkningsprogram som använder sig av tredimensionella modeller av byggnaden ifråga för att utföra energiberäkningarna. Programmet kan bland annat användas till att dimensionera värmesystem, solskydd och avskärmningar. Huskroppen kan delas in i flera volymer med olika temperatur- och ventilationskrav.⁷¹ Dessutom kan klimatstudier utföras där temperaturgradienter för volymen ritas upp vid en given tidpunkt. På så sätt blir det möjligt att kontrollera en konstruktions effekt på inomhusklimatet. En begränsning i programmet är att det inte finns förprogrammerade

⁶⁸ Bergsten, Bengt. *Energiberäkningsprogram för byggnader – en jämförelse utifrån funktions- och användaraspekter*. Internet.

⁶⁹ Ibid.

⁷⁰ Almgren, Anders. Skanska Teknik. Personlig kommunikation.

⁷¹ Bülow-Hübe, Helena. Föreläsningmaterial från kursen *Utformning av energieffektiva byggnader*.

val för olika typer av ventilationssystem. Ventilationstypen indikeras indirekt genom luftflöden, återvinningsgrad och lufttemperaturer, vilket ställer krav på att användaren besitter denna kunskap.

4.5 Val av energiberäkningsprogram

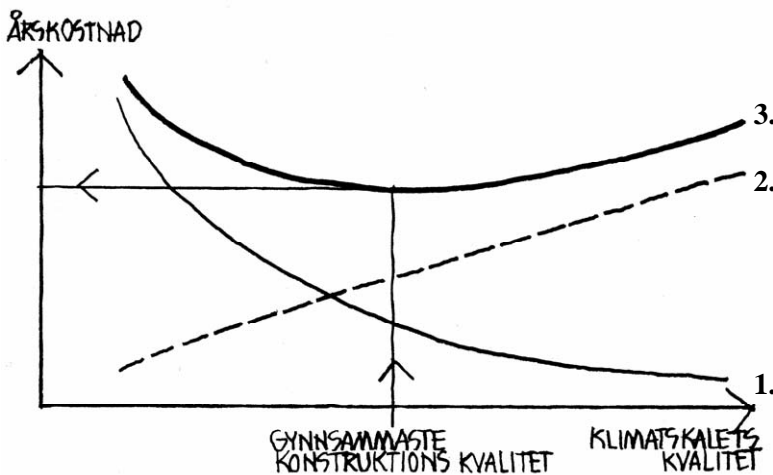
För denna studies genomförande behövs ett program som kan beräkna energi-användningen vid nybyggnation av bostadshus. Programmet ska klara av att beräkna det totala energibehovet för byggnaden, och det måste vara möjligt att byta ut specifika byggnadskomponenter. Såväl Enorm som VIP+ och DEROB-LTH klarar av dessa krav, men vissa skillnader finns mellan programmen. En av dessa är att VIP+ och DEROB-LTH beräknar energianvändningen timvis, medan Enorm räknar dygnsvis. Då de timvisa beräkningarna inte tar mer tid i anspråk är den högre noggrannhetsgraden att föredra. Dessutom tar Enorm längre tid att lära sig hantera, vilket talar emot att använda det. Valet står således mellan VIP+ och DEROB-LTH. Då beräkningar i DEROB-LTH är tidskrävande på grund av det omständliga sättet att rita upp byggnaden på väljs VIP+ i denna studie. DEROB-LTH används dock som ett komplement vid temperaturstudien, eftersom denna typ av beräkningar inte kan utföras i VIP+.

5. TEORI - EKONOMI

I detta kapitel presenteras de teoretiska grunderna för denna studie avseende ekonomi. Det innehåller en förklaring av befintliga investeringskalkyler samt en motivering till det val av investeringskalkyl som gjorts.

5.1 Investeringskalkyler

Vid en investering måste beslut tas som har stora ekonomiska konsekvenser med lång varaktighet. Det är då lämpligt att ta hjälp av en livscykeleconomisk bedömning i form av kalkyler eftersom de gör olika alternativ ekonomiskt jämförbara. Som kan ses i figur 12 lönar det sig till exempel inte att öka konstruktionskvaliteten hur mycket som helst. Den optimala konstruktionskvaliteten ur ekonomiskt perspektiv är normalt inte det energieffektivaste alternativet. De två hänsynstagandena måste vägas mot varandra så att balans uppnås mellan ekonomiska intressen och miljöintressen.



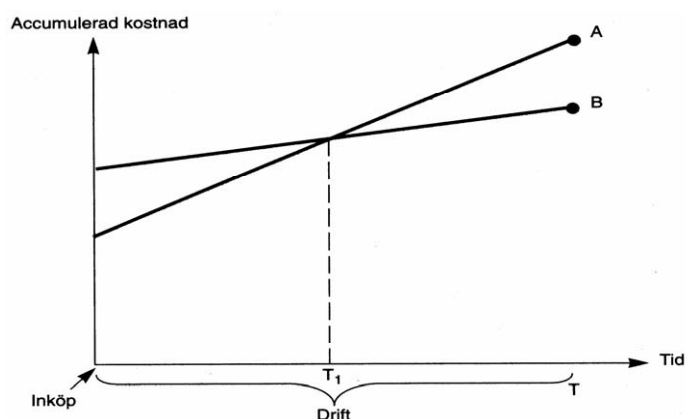
Figur 12. Samband mellan klimatskalets kvalitet och årskostnad.⁷² Kurva 3:s minimum motsvarar den fördelaktigaste konstruktionskvaliteten; en lägre kvalitet ger en onödigt hög energikostnad, och högre kvalitet ger en olönsamt hög investeringskostnad.

Teckenförklaring:

1. Energikostnad för att upprätthålla fastställd inomhustemperatur.
2. Investeringskostnad, årlig kostnad för kapitalet.
3. Summan av kostnaden för investeringen och energin.

⁷² Eriksson, Gunnar. *Berättelsen om ett energiekonomiskt småhus.*

Figur 13 åskådliggör hur det kan löna sig att investera i ett dyrare alternativ om dess driftskostnad är lägre. Alternativ A som har lägst investeringskostnad är billigast för företaget fram till och med tiden T_1 . Således bör alternativ A väljas om det ska användas kortare än tiden T_1 , och alternativ B om det ska användas längre.⁷³



Figur 13. Ackumulerad driftskostnad som funktion av tiden.⁷⁴

Det finns två huvudtyper av investeringskalkyler; lönsamhetsorienterade och kostnadsorienterade. Lite förenklat kan dessa beskrivas som att livscykelekonomi (LCE, Life Cycle Economics) handlar om att försöka bedöma vilka betalningsflöden som långsiktigt ger maximal lönsamhet (LCP, Life Cycle Profit) eller minimal kostnad (LCC, Life Cycle Cost). De bör beräknas med reala värden eftersom det är svårt att tolka långtidsjämförelser på grund av inflationens verkningar.⁷⁵ Nedan beskrivs först några viktiga investeringskalkylmetoder mer i detalj och därefter förklaras några olika alternativ att redovisa dessa på.

⁷³ Johansson, Karl-Edward. *Driftsäkerhet och underhåll*.

⁷⁴ Ibid.

⁷⁵ Bejrums, Håkan. *Livscykeleconomiska kalkyler för byggnader och fastigheter*.

5.1.1 Pay off-metod

Den enklaste investeringskalkylen är pay off-metoden, se ekvation 4. Med hjälp av denna erhålls ett resultat som anger hur lång tid det tar innan intäkterna är lika stora som det belopp som en gång investerades. Metoden används framför allt som en grov urskiljning mellan olika tilläggsinvesteringar i samband med investeringskalkyler.⁷⁶

$$\text{Pay off-tid} = \frac{G}{a} \quad (4)$$

G = Grundinvestering

a = årligt inbetalningsöverskott

5.1.2 Livscykelvinst

En livscykelvinstkalkyl⁷⁷, LCP-kalkyl, är lönsamhetsorienterad och söker den kombination av betalningsflöden som ger störst vinst. Den beräknas som differensen mellan å ena sidan nuvärdet av restvärdet och driftnettona och å andra sidan grundinvesteringen. Se ekvation 5.⁷⁸

$$V_0 = \sum_{t=0}^T \underbrace{(H_t - D_t - U_t) \cdot \frac{1}{(1+p)^t}}_{\text{Nuvärde av driftnetto}} + \underbrace{R_T \cdot \frac{1}{(1+p)^T}}_{\text{Nuvärde av restvärde}} - \underbrace{I_0}_{\text{Grundinvestering}} \quad (5)$$

V_0 = livscykelvinst (nuvärde)

t = tidsvariabel

T = ekonomisk livslängd

H_t = hyra

D_t = drift

U_t = underhåll

p = kalkylränta

R_t = restvärde vid kalkylperiodens slut

I_0 = grundinvestering

⁷⁶ Mattsson, Bo & Söderberg, Jan. *Årskostnader*.

⁷⁷ Även kallad LCP-kalkyl från engelskans Life Cycle Profit.

⁷⁸ Bejrums, Håkan. *Livscykeekonomiska kalkyler för byggnader och fastigheter*.

5.1.3 Livscykelkostnad

En livscykelkostnadskalkyl⁷⁹, LCC-kalkyl, är kostnadsorienterad och beräknas som summan av anskaffningskostnaden och nuvärdet av drift- och underhållskostnaderna under en kalkylperiod och kan ses som en delmängd av en LCP-kalkyl. Skillnaden är att hyresintäkter och restvärdet inte räknas med i denna kalkyl. Detta beror på att inget restvärde finns om kalkylperioden motsvarar den kostnadsoptimala livslängden. Livscykelkostnaden beräknas med ekvation 6.⁸⁰

$$C_0 = \underbrace{\sum_{t=0}^T (D_t + U_t) \cdot \frac{1}{(1+p)^t}}_{\text{Nuvärde drift+underhåll}} + \underbrace{I_0}_{\text{Grundinvestering}} \quad (6)$$

C_0 = livscykelkostnad (nuvärde)

T = kostnadsoptimal livslängd (eller kalkylperiod)

5.1.4 Kalkylresultat

Resultaten från ovanstående kalkyler kan redovisas på olika sätt beroende på vad som är intressant för investeraren. Nedan följer ett par alternativ att redovisa LCC- och LCP-kalkyler på.

Nuvärdesmetod

Med nuvärdesmetoden kan betalningar som utfaller vid olika tidpunkter jämföras. Resultatet blir en summa relaterad till nutid, uttryckt i dagens kostnadsläge. Se ekvation 5 och 6 ovan. Metoden används för att välja mellan olika alternativ. Ur ekonomisk synvinkel är det lägsta resultatet i en LCC-kalkyl bäst, och tvärtom i en LCP-kalkyl.⁸¹

Annuitetsmetod

Motsatsen till nuvärdesmetoden är annuitetsmetoden. Alla betalningar under en tidsperiod samlas ihop till en summa, dvs. nuvärdet. Därefter fördelas betalningarna med hjälp av kalkylräntan jämnt över tidsperioden. Ur metoden erhålls annuiteter, dvs. ett antal årligen lika stora belopp. Dessa belopp kallas årsvinst i en LCP-kalkyl och årskostnad i en LCC-kalkyl.⁸²

⁷⁹ Även kallad LCC-kalkyl från engelskans Life Cycle Cost.

⁸⁰ Bejrums, Håkan. *Livscykeleekonomiska kalkyler för byggnader och fastigheter*.

⁸¹ Mattsson, Bo & Söderberg, Jan. *Årskostnader*.

⁸² Ibid.

Internräntemetod

Tvärtemot nuvärdes- och annuitetsmetoden beräknas med internräntemetoden den ränta, internräntan, som gör att kostnader och intäkter är lika. Den resulterar alltså inte i en summa utan i en räntesats. Ett alternativ är lönsamt om internräntan är högre än kalkylräntan. Denna metod används vid tilläggsinvesteringar för att få lägre drifts- och underhållskostnader. Metoden är dock mer komplicerad än nuvärdes- eller annuitetsmetoden. Internräntemetoden är inte tillämpbar vid jämförelse mellan olika utförandealternativ och används sällan vid investeringskalkyler.⁸³

5.2 Val av investeringskalkyl

Då tanken med denna studie är att utreda vilken eller vilka energibesparande lösningar som lönar sig bäst ur ekonomisk synvinkel är det av intresse att ta med samtliga in- och utbetalningar i projektet. Eftersom projektet är stort, har en lång livslängd och investeringskostnaden är stor måste analysen göras över en längre tid. Därför lämpar det sig bra att i denna studie ta hjälp av en LCP-analys. LCP-analysen görs med hjälp av en Cash flow-analys. Resultatet blir den verkliga vinsten eller förlusten som fastighetsföretaget gör på investeringen över en tidsperiod. Nuvärdesmetoden används för att kunna jämföra alla intäkter och utgifter vid samma tidpunkt. Med hjälp av annuitetsmetoden fås investeringens årliga vinst eller förlust, och det är den summan som används för att jämföra de simulerade fallen. Det alternativ som har högst årsvinst är också det som har högst lönsamhet och således mest fördelaktigt för investeraren.

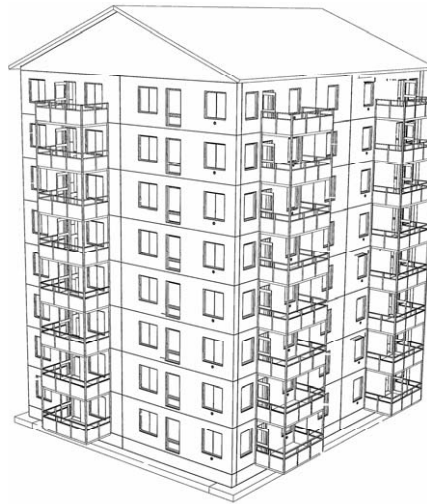
⁸³ Ibid.

6. HUSET

I detta kapitel presenteras det hus som denna studie utgår ifrån. Detta görs för att läsaren ska veta vilka parametrar som gäller ursprungligen i studien och tydligare förstå varför dessa sedan ändras. Kapitlet avslutas med en presentation av de förändringar av husets klimatskal som kommer simuleras och utvärderas ekonomiskt.

6.1 Ursprungshuset

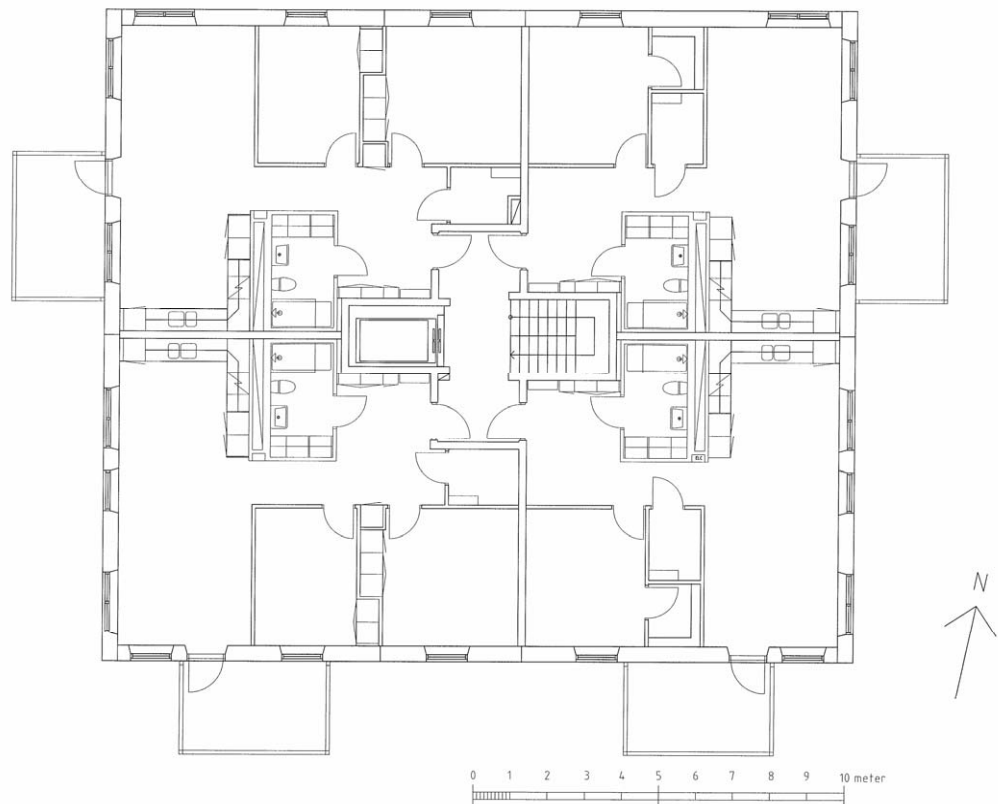
Huset som denna studie bygger på planeras byggas av Skanska under 2005. Det är åtta våningar högt och av typisk punkthuskaraktär med lägenheter om 2 och 3 rum på 65 respektive 77 m². Den totala bruksarean (BRA) är 2476 m², boarean (BOA) 2249 m² och bruttoarean (BTA) 2893 m². En skiss av huset kan ses i figur 14 och en planlösning i figur 15. I varje lägenhet finns tvättmaskin och torktumlare, vilket innebär att ingen gemensam tvättstuga behöver installeras i huset. Förråden är placerade i respektive lägenhet. Detta gör att varje hyresgäst i princip bara betalar för den egna energianvändningen, och att förrådsytan ingår i den uthyrningsbara ytan. Gemensamma utrymmen är entré, hiss, trapphus, städtrum samt ett rum för uterullstolar och barnvagnar. Alla dessa utrymmen är uppvärmda.⁸⁴



Figur 14. Skiss av huset.⁸⁵

⁸⁴ Skanska Sverige AB. *Produktionsresultat och byggdelsbeskrivning.*

⁸⁵ Jönsson, Bertil. Skanska Teknik. Personlig kommunikation.



Figur 15. Husets planlösning. Varje våningsplan består av två tvåor och två treor. Undantaget är entréplanet, som består av tre tvåor och en trea.⁸⁶

6.1.1 Klimatskal

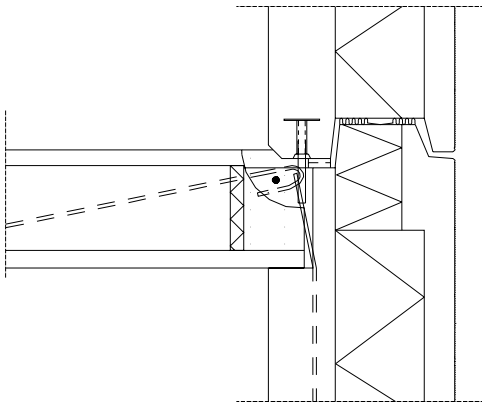
Stommen byggs av prefabricerade betongelement. Ytterväggarna är bärande sandwich-element som inifrån och ut är uppbyggda av 150 mm betong, 200 mm cellplast samt 70 mm betong. Trapphusets väggar är bärande. Både de och de stabiliserande väggarna inom och mellan lägenheterna är av prefabricerade betongelement. Bjälklagen mellan våningarna och på vinden är 265 mm tjocka HDF-bjälklag. Väggar mellan lägenhet och trapphus är 200 mm tjocka betongväggar. Hisschaktets väggar består av prefabricerade betongelement. Även balkongerna byggs av prefabricerade betongplattor och är fristående från husstommen. I varje balkonghörn vilar plattorna på stålpelare som förankras till stommen våningsvis med bultar in i fasaden. På så vis blir köldbryggorna mindre än vid användande av balkonginfästningar med utkravning av bjälklaget.⁸⁷

⁸⁶ Jönsson, Bertil. Skanska Teknik. Personlig kommunikation.

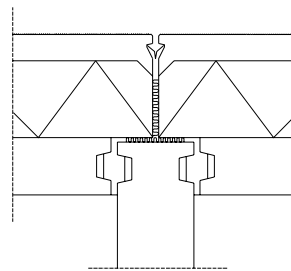
⁸⁷ Skanska Sverige AB. *Produktionsresultat och byggdelsbeskrivning*.

Innerväggarna är vanliga träregelväggar med 70 mm regler och 13 mm gips på varje sida. Alla installationer dras innanför klimatskärmen för att minska andelen otätheter. Varje lägenhet har bara en elinstallation i ytterväggen, avsedd för balkongbelysning.⁸⁸ Genom att undvika elinstallationer i ytterväggarna minskar risken för köldbryggor.

Ytterväggselementen ställs på bjälklagen med dubbar från bjälklagen upp i väggelementen, se figur 16. Mellan ytterväggselement i vertikalled tätas med mineralull för att minimera köldbryggan. Fasadelementen sätts tätt intill varandra i horisontalled, och mellan dem drevas med mineralull och en gummilist. Här finns ingen risk för att köldbryggor uppstår, se figur 17. I väggelementen finns det däremot köldbryggor genom de stegar som är införlivade i isoleringen för att hålla isär betongelementen och bära upp ytterskiktet av fasaden.⁸⁹



Figur 16. Vertikalsektion. Infästning mellan fasadelement och bjälklag.⁹⁰



Figur 17. Horisontalsektion. Infästning mellan två fasadelement och innervägg.⁹¹

Fönstren är utåtgående glidhängda treglas varav ett är försett med ett lågemissionsskikt. Den innersta luftspalten är fylld med argon. Detta ger ett U-värde för hela fönstret på $1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$.⁹² Fönstren monteras i ytterväggselementen redan på fabriken. Runt fönstren finns en köldbrygga som beror på att isoleringen är tunnare vid anslutningen mellan fönster och vägg eftersom fönstret måste kunna fästas i väggen, se figur 18.

Huset är grundlagt på en platta på mark av platsgjuten betong. Vattentät betong används i hissgröpar, kabel- och kulvertgravar.⁹³ Under markplattan ligger 100 mm cellplast. Infästningen mellan ytterväggar och platta på mark kan ses i figur 19. Ett fogband i

⁸⁸ Skanska Sverige AB. *Produktionsresultat och byggdelsbeskrivning*.

⁸⁹ Ibid.

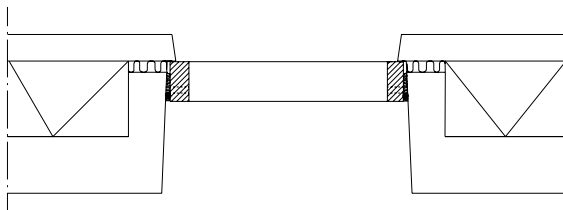
⁹⁰ Jönsson, Bertil. Skanska Teknik. Personlig kommunikation.

⁹¹ Ibid.

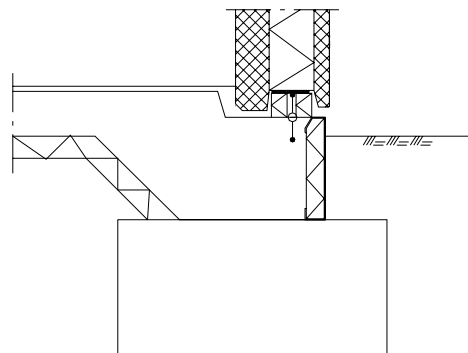
⁹² Elitfönster. *Våra produkter*. Internet.

⁹³ Skanska Sverige AB. *Produktionsresultat och byggdelsbeskrivning*.

gummi skyddar från att vatten tränger in i konstruktionen. Cellplastkuber isolerar fogen mellan yttervägg och markplatta. På så sätt blir köldbryggan så liten som möjligt.⁹⁴



Figur 18. Horisontalsektion av fönsterinfästning.⁹⁵



Figur 19. Vertikalsektion av infästningen mellan yttervägg och platta på mark.⁹⁶

Taket är ett sadeltak av prefabricerade takstolar i trä som är uppstolpade på vindsbjälklaget. Taket täcks med slätplåt och har 22° lutning. Vinden är ouppvärmad, vilket gör att det är vindsbjälklaget snarare än yttertaket som är del av klimatskalet. Vindsbjälklaget består av en 150 mm betongplatta med 450 mm lösull som isolering. På vinden finns isolerade utrymmen för hiss, trapphus och fläktrum.⁹⁷

6.1.2 Installationer

Huset ventileras i ursprungsfallet genom frånluftsventilation. Tilluftsventiler är installerade under fönstren, bakom radiatorerna. En värmepump tar tillvara värmen i frånluften och överför den till radiatorkretsen.⁹⁸ Därmed går mindre energi till spillo än om frånluften släpps ut direkt.

Uppvärmningen av lägenheterna sker med vattenburen värme genom radiatorer placerade under fönstren. När det blir kallt och värmen från frånluftventilationens värmepump inte räcker till för att bibehålla en behaglig inomhustemperatur kopplas fjärrvärme automatiskt till.⁹⁹

⁹⁴ Jönsson, Bertil. Skanska Teknik. Personlig kommunikation.

⁹⁵ Ibid.

⁹⁶ Ibid.

⁹⁷ Ibid.

⁹⁸ Andersson, Lennart. Skanska Teknik. Personlig kommunikation.

⁹⁹ Ibid.

6.1.3 U-värden

Huset förväntas bli mer energieffektivt än vad byggnormen kräver. Detta beror på den förväntade höga tätheten på grund av få installationer i klimatskalet och väl genomtänkta sammanfogningar mellan sandwichelementen samt att väggarna är extra isolerade. Skanskas mål är att husets totala energianvändning ska vara 105 kWh/m².¹⁰⁰ vilket kan jämföras med BBR:s krav som innebär att energi-användningen i nybyggda hus inte ska behöva överstiga ca 110 kWh/m² (exklusive hushållsel)¹⁰¹.

Husets beräknade U-värden redovisas i tabell 3 nedan. Köldbryggorna vid balkonginfästningarna försummas eftersom balkongerna är friliggande och köldbryggan därför är negligerbar. Även köldbryggorna vid infästningen av bjälklag och sammanfogning av väggelement bortses från eftersom de är väldigt små. Den köldbrygga som uppstår på grund av stegarna i sandwichväggarna inkluderas i väggens totala U-värde. Köldbryggan runt fönstren anges som en väggyta med högre U-värde än resterande vägg. På så sätt kan köldbryggan lättare jämföras med övriga byggdelar ifråga om relativ inverkan på klimatskalets täthet.

Tabell 3. Översikt över olika byggkomponenters area, U-värde och deras relativa inverkan på klimatskalets värmeisolering.¹⁰²

Byggdel	A (m ²)	U (W/m ² K)	Specifik förlust AU (W/K)	Relativ inverkan (%)
Grund	326	0,12	39	4,3
Vindsbjälklag	283	0,091	26	2,9
Yttervägg	913	0,22	201	22,0
Fönster (inklusive balkongdörrar och entrédörr)	427	1,3	555	60,9
Köldbrygga infästning fönster	108	0,84	91	10,0
Summa	2057	-	912	100

Som kan ses i tabell 3 är värmeförlusten genom mark och vindsbjälklag försumbar jämfört med den värmeförlust som orsakas av fönster, köldbryggor och väggar. Detta beror till stor del på husets geometri; i och med att det är ett åttavåningshus blir väggarean betydligt större än grund- och takarean. I denna studie förbättras energiprestandan genom att fokusera på de mest betydande värmeförlustkällorna. Detta innebär att simuleringar inte kommer att göras av markplatta eller vindskonstruktion med bättre U-värde.

¹⁰⁰ Fritzson, Mikael. Skanska Teknik. Personlig kommunikation.

¹⁰¹ Regeringen. *Precisering av Riksdagens miljömål - Effektivare energianvändning*. Internet.

¹⁰² Jönsson, Bertil. Skanska Teknik. Personlig kommunikation.

6.2 Variationer av ursprungshuset

6.2.1 Simulerade variationer i VIP+

I föregående kapitel konstaterades att det är ytterväggar, fönster och köldbryggor som står för de huvudsakliga transmissionsförlusterna. Utöver dessa byggkomponenter har även ventilationssystemet stor inverkan på energianvändningen i en byggnad. Detta gör att de komponenter som fokuseras på är isolering, ytterväggsmaterial, fönsterlösningar och ventilationssystem. Dessa förändringar simuleras var för sig och i kombination. I tabell 4 nedan finns en översikt över de förändringar som studeras. Namnen på simuleringarna återkommer sedan i kapitlet 7.

Tabell 4. Översikt över planerade simuleringar.

	Simuleringsfall	Betong	Isolering (mm)	Fönster (U-värde)	Ventilationstyp*	Individuell mätning
1	Nära BBR:s krav	Vanlig	150	1,7	FVP	Nej
2	Ursprungshus	Vanlig	200	1,3	FVP	Nej
3	Isolering	Vanlig	300	1,3	FVP	Nej
4	Fönster 1,0	Vanlig	200	1,0	FVP	Nej
5	Fönster 0,8	Vanlig	200	0,8	FVP	Nej
6	Isolering + fönster 1,0	Vanlig	300	1,0	FVP	Nej
7	Isolering + fönster 0,8	Vanlig	300	0,8	FVP	Nej
8	Lättballast	Lättballast	200	1,3	FVP	Nej
9	Lättballast + isolering	Lättballast	300	1,3	FVP	Nej
10	Lättballast + fönster 1,0	Lättballast	200	1,0	FVP	Nej
11	Lättballast + fönster 0,8	Lättballast	200	0,8	FVP	Nej
12	Lättballast + isolering + fönster 1,0	Lättballast	300	1,0	FVP	Nej
13	Lättballast + isolering + fönster 0,8	Lättballast	300	0,8	FVP	Nej
14	Individuell mätning	Vanlig	200	1,3	FVP	Ja
15	FTX	Vanlig	200	1,3	FTX	Nej
16	Ingen värmepump	Vanlig	200	1,3	F	Nej

*Förkortningarna för ventilationssystem står för frånluftsventilation med värmepump (FVP), från- och tilluftsventilation med värmeåtervinning (FTX) samt frånluftsventilation (F).

Som redan nämnts består ursprungshusets ytterväggar av 200 mm isolering. Husets energianvändning simuleras med 300 mm isolering. Den större mängden isolering gör att fler stegar behövs för att hålla upp ytterskiktet av betong. Detta gör att effekten av den ökade isoleringstjockleken förtas något. Dessutom simuleras huset vid 150 mm isolering. Detta görs för att se hur mycket energiprestandan ökat på grund av den redan genomförda förbättringen.

Huset har fönster med U-värde $1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$. På samma sätt som med isoleringen i ytterväggarna byts fönstren mot varianter med såväl högre som lägre energiprestanda. De varianter som prövas är fönster med U-värde 0,8, 1,0 samt $1,7 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Ytterväggarna består ursprungligen av sandwichelement av betong och cellplast. Betongen ytterst i sandwichelementen byts ut mot lättballastbetong, som har ett lägre värmegenomgångstal men är lika hållbart som vanlig betong. Materialet är en form av betong, men ballasten består av cellplast istället för grus. Effekten blir både att väggarna isolerar bättre och att köldbryggorna vid infästningen av fönstren minskar. Dessutom är lättballastbetong lättare än konventionell betong, vilket gör att antalet stegar mellan inner- och ytterskiktet i väggarna kan minskas. Stegarna används inte bara för att hålla uppe det yttersta skiktet, utan även till att säkerställa avståndet mellan de två skikten. Därför uppskattas stegminskningen vid byte till lättballastbetong till 25 %.¹⁰³

Den frånluftsventilation som är planerad att installeras byts mot ett centralt aggregat för till- och frånluftsventilation med roterande värmeväxlare, FTX. Den utvunna värmen i värmeväxlaren används till att värma upp tilluften, vilket gör att radiatorernas storlek kan minskas och husets behov av fjärrvärme minskar. Värmepumpen kan plockas bort eftersom den och värmeväxlaren har samma funktion, dvs. att återanvända den värme som finns i den uppvärmda frånluften. De förändringar som därmed görs av simuleringsmodellen kan ses i tabell 5.

Tabell 5. Översikt över de förändringar som görs av simuleringsmodellen när frånluftsventilationen byts mot en till- och frånluftsventilation med värmeväxlare.

Parameter	Ursprungligt värde	Nytt värde
Tilluft	0 oms/h	0,457 oms/h ¹⁰⁴
Tillluftsfläkt	-	554 Pa tryckhöjning, 70 % verkningsgrad, lägsta tilluftstemperatur $12,6^\circ\text{C}$ ¹⁰⁵
Frånluftsfläkt	300 Pa tryckhöjning, 70 % verkningsgrad ¹⁰⁶	534 Pa tryckhöjning, 70 % verkningsgrad ¹⁰⁷
Värmeväxlare ventilation	-	70 % verkningsgrad ¹⁰⁸
Värmepump	20 kW kondensoreffekt, värmefaktor 3, uppvärmning rum ¹⁰⁹	-

¹⁰³ Jonsson, Carl. Skanska Teknik. Personlig kommunikation.

¹⁰⁴ Andersson, Lennart. Skanska Teknik. Personlig kommunikation.

¹⁰⁵ Jönsson, Ulf. IV Produkt AB. Personlig kommunikation.

¹⁰⁶ Andersson, Lennart. Skanska Teknik. Personlig kommunikation.

¹⁰⁷ Jönsson, Ulf. IV Produkt AB. Personlig kommunikation.

¹⁰⁸ Ibid.

¹⁰⁹ Andersson, Lennart. Skanska Teknik. Personlig kommunikation.

I kapitel 4.2.4 diskuteras hur individuell mätning av energianvändningen i en bostad ger upphov till en energibesparing för uppvärmning med 10-20 % och varmvattenanvändningen med 15-30 %. Därför studeras även en variant av huset med individuell mätning av energianvändningen. I detta fall minskar varmvattenschablonen med 15 % för att simulera att den minskar med motsvarande andel. För att simulera att energianvändningen för uppvärmning minskar har 10 % dragits av från uppvärmningsbehovet efter energisimuleringen i VIP+. 10 % har valts eftersom huset är nytt och den största besparingspotentialen finns i gamla hus eftersom de ofta har dåligt injusterade värmesystem.¹¹⁰ Förändringen av simuleringsmodellen kan ses i tabell 6. I VIP+ anges tappvarmvattenanvändningen dels per lägenhet, och dels per kvadratmeter. Det beror på att programmet räknar med att varje lägenhet har en viss grundanvändning för disk, tvätt osv, och dels en andel som beror på bostadens storlek och därmed det förväntade antalet boende.

Tabell 6. Översikt av de förändringar som görs av simuleringsmodellen när individuell mätning av varmvatten och uppvärmning installeras.

Parameter	Ursprungligt värde	Nytt värde
Uppvärmning	x	0,9·x
Tappvarmvatten	205 W/lägenhet, 2.05 W/m ² *	174 W/lägenhet, 1,74 W/m ²

*Skanska uppskattning/schablonvärde.

Slutligen simuleras en försämring av husets energiprestanda i vilken värmepumpen plockas bort. Uppvärmningen är då helt beroende av fjärrvärme, och den uppvärmda frånluften släpps ut utan att någon energi utvinns ur den. Precis som med alternativen med mindre isolering och högre U-värden på fönstren görs denna simulering för att se vilken förbättring av energiprestandan som redan uppnåtts i och med beslutet att installera värmepump.

6.2.2 Simulerade variationer i DEROB-LTH

Eftersom ett hus med låga transmissionsförluster kan uppvisa övertemperaturer vid varmt klimat har en komfortstudie av huset gjorts. Studien har utförts i DEROB-LTH. Komfortstudien har bara gjorts på huset i sitt ursprungsutförande och i sitt mest energibesparande klimatskal, dvs fall 2 och 13 enligt beteckningarna i tabell 4.

¹¹⁰ Berndtsson, Lennart. *Individuell värmemätning i svenska flerbostadshus - en lägesrapport*. Internet.

6.3 Antaganden i energisimuleringen

När energianvändningen i en byggnad ska beräknas måste hänsyn tas till en rad faktorer. Osäkerheten i dessa antaganden är i vissa fall betydande. I tabell 7 redovisas de faktorer som normalt är förknippade med de största feluppskattningarna.

Tabell 7. Vanlig differens mellan uppmätt och beräknad energianvändning.¹¹¹

Parameter	Kommentar	Påverkan
Uppvärmad yta	Felaktig areaberäkning	okänd
Inomhustemperatur	Undervärderad	4 - 6 kWh/°Cm ² år
Köldbryggor	Försummade i beräkningar	7 - 9 kWh/m ² år
Vädning	Felaktiga luftflödesantaganden	~ 6 kWh/m ² år
Solinstrålning	Övervärderad	10 - 12 kWh/m ² år

Som kan ses i tabellen kan felen vara betydande, och i allra högsta grad påverka det resultat som fås fram i energiberäkningarna. Det är därför viktigt att poängtera att energiberäkningar är just uppskattningar. Resultatet bör ses som en indikation om i vilket område energianvändningen kommer ligga snarare än som ett bevis för att en viss exakt energianvändning kommer att kunna hållas.

¹¹¹ Hagengran, Per och Stenberg, Karl. *Orsaker till differanser mellan beräknad och faktisk energianvändning i nyproducerade flerbostadshus.*

6.3.1 Antaganden i VIP+

För att möjliggöra energisimuleringarna behöver en rad parametrar fastställas eller uppskattas. I tabell 8 kan ursprungsvärdena i simuleringsprogrammet VIP+ ses. För detaljer om hur klimatskalet är uppbyggt hänvisas till bilagan i kapitel 12.

Tabell 8. Översikt över de ursprungsvärden som har använts i simuleringsprogrammet VIP+.

Parameter	Värde
Ort	Karlstad*
Byggnadens läge	Något skyddat*
Söderfasadens vinkel mot söder	-12° ¹¹²
Verksamhetstyp	Bostad
Antal lägenheter	32 ¹¹³
Skalfaktor ventilation	6190 m ³ ¹¹⁴
Uppvärmd bruksarea (BRA)	2476 m ² ¹¹⁵
Solabsorption	0,7 för yttre byggelement, 0 för inre*
Läckflöde	3 m ³ /m ² h*
Flödesexponent	0,65*
Glasandel fönster	68 % ¹¹⁶
Skuggfaktorer fönster	F1 77 %, F2 60 %* ¹¹⁷
Tilluft	0 oms/h ¹¹⁸
Frånluft	0,457 oms/h ¹¹⁹
Processenergi	3.0 W/m ² * ¹²⁰
Personenergi	1.5 W/m ² * ¹²⁰
Högsta rumstemperatur	26°C*
Lägsta rumstemperatur	20°C* ¹²⁰
Driftfall	Samma driftfall dygnet runt, året runt *
Tillluftsfläkt	-

* Skanskas uppskattning/schablonvärde.

¹¹² Jönsson, Bertil. Skanska Teknik. Personlig kommunikation. Söderfasaden är vriden 12° åt öster.

¹¹³ Ibid.

¹¹⁴ Skanska Sverige AB. *Produktionsresultat och byggdelsbeskrivning*.

¹¹⁵ Ibid.

¹¹⁶ Elitfönster. *Våra produkter*. Internet.

¹¹⁷ F1 definieras i VIP+ som andelen solstrålning som ett fönster släpper igenom i jämförelse med ett tvåglasfönster. F2 definieras som andelen solvärme som ett fönster släpper igenom i förhållande till den totala instrålningen. (källa: Häggbom, Sune. *Hjälpfunktionen i simuleringsprogrammet VIP+*.) De två parametrarna kan i VIP+ anta värden mellan 0 och 112 %. (källa: Structural Design Software. *VIP+*.)

¹¹⁸ Tilluften anges som 0 oms/h eftersom ventilationen är ett frånluftssystem. Införseln av friskluft sker genom oreglerade tilluftsventiler och genom otätheter i klimatskalet.

¹¹⁹ Andersson, Lennart. Skanska Teknik. Personlig kommunikation.

¹²⁰ 20°C har valts för att underlätta jämförelse med andra energisimuleringar.

Fortsättning tabell 8. Översikt över de ursprungsvärden som har använts i simuleringssprogrammet VIP+.

Parameter	Värde
Frånluftsfläkt	300 Pa tryckhöjning, 70 % verkningsgrad ¹²¹
Värmeväxlare ventilation	-
Tappvarmvatten	205 W/lägenhet, 2.05 W/m ² *
Ledningsförluster i rör	10 kWh/m ² * ¹²²
Fastighetsel	5 kWh/m ² * ¹²³

* Skanskas uppskattning/schablonvärde.

I energisimuleringsprogrammet VIP+ modelleras huset som en volym. Detta innebär att hela huset räknas som enda luftcell. Massan hos innerväggar, bjälklag, hisschakt och trappor är dock medtagna i beräkningarna. Förenklingen att räkna hela huset som en cell görs eftersom hela innervolumen, inklusive trapphus, är uppvärmd. Eftersom studien avser att ta fram en metod för att påvisa om en viss klimatskalsförbättring är ekonomiskt lönsam och värmetrögheten kan tas med i beräkningen är det inte viktigt att dela upp energianvändningen på varje lägenhet eller våningsplan, vilket gör att förenklingen är rimlig.

Schablonvärden används för byggkomponenternas läckflöde (dvs klimatskalets täthet), flödesexponent och solabsorption. Då huset ännu inte är byggt är det omöjligt att ange exakta värden på dessa parametrar, och det blir därför nödvändigt att göra antaganden. I simuleringarna antas att huset uppvisar normala täthets- och solabsorptionsvärden. Om mätningar görs i huset när det står färdigt kan värdena dock komma att avvika en del från schablonuppskattningarna.

Processenergi, personenergi och varmvattenanvändning är i programmet satta till schabloner. Dessa kan naturligtvis variera från det satta värdet beroende på hur brukarna beter sig, men förutsatt att de i alla fall är konstanta i alla simuleringfallen spelar detta mindre roll. Vid simuleringen av individuell mätning minskas schablonvärdena för varmvattenanvändning med 15 % och uppvärmningsbehovet med 10 %. Simuleringen bygger alltså helt på styrning av schabloner, vilket naturligtvis gör att resultatet är mycket förutsägbart.

Simuleringsverktyget VIP+ utgår från att processenergi och personenergi delvis omsätts till användbar värme. Denna energi kan tas tillvara i verkliga hus också, men antagandet kan leda till att huset verkar energieffektivare än det egentligen är. Om tillskottsvärmen kommer i en stöt, till exempel vid matlagning, är sannolikheten stor att de boende vädrar, vilket sänker temperaturen igen. Å andra sidan har posterna för ledningsförluster i rör och fastighetsel lagts till efter energisimuleringarna. Detta innebär att den värme de genererar inte antas komma huset tillgodo över huvud taget. Förhoppningsvis

¹²¹ Andersson, Lennart. Skanska Teknik. Personlig kommunikation.

¹²² Ledningsförluster i rör läggs till efter energisimuleringen eftersom denna post inte finns med i VIP:s beräkning.

¹²³ Fastighetselen har precis som ledningsförluster i rör lagts till efter energisimuleringarna.

tar dessa två förenklingar ut varandra, så att den totala mängden värme som kan tillgodoräknas enligt modellen ändå är rimlig.

6.3.2 Känslighetsanalys av simuleringsmodellen

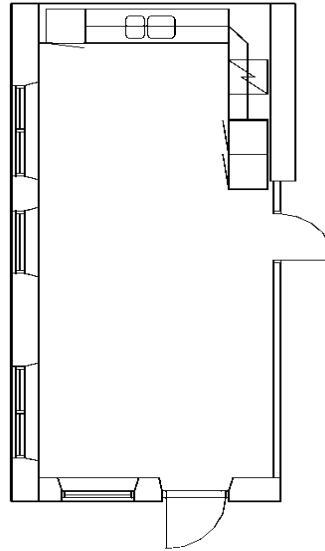
För att studera resultatens stabilitet utförs en känslighetsanalys. Ett schablonvärde i taget byts ut i ursprungsmodellen av huset. Därmed erhålls en bild av hur känslig modellen är för feluppskattningar av respektive värde. De värden som varierar i känslighetsanalysen finns presenterade i tabell 9. Alla parametrar ändras till ett högre och ett lägre värde än ursprungsvärdet. Undantaget är lägsta rumstemperatur, som bara ändras uppåt. Detta görs då det är troligare att inomhustemperaturen är över 20°C än under. Dessutom testas bara ett annat driftfall än det ursprungliga.

Tabell 9. Översikt över de värden som varierar vid känslighetsanalysen i VIP+.

Parameter	Nytt lägre värde	Ursprungligt värde	Nytt högre värde
Ort	Sturup	Karlstad	Luleå
Frånluft	0,3 oms/h	0,46 oms/h	0,6 oms/h
Processenergi	1.5 W/m ²	3.0 W/m ²	4.5 W/m ²
Personenergi	1 W/m ²	1.5 W/m ²	2 W/m ²
Lägsta rums-temperatur	21°C	20°C	22°C
Driftfall	Olika driftfall på dagtid och nattetid samt på helgdagar	Samma driftfall dygnet runt, året runt	-
Värmepump	Värmefaktor 2	Värmefaktor 3	Värmefaktor 4
Tappvarmvatten	155 W/lägenhet, 1.55 W/m ²	205 W/lägenhet, 2.05 W/m ²	245 W/lägenhet, 2.45 W/m ²

6.3.3 Antaganden i DEROB-LTH

För att kontrollera att ett energieffektivare klimatskal inte ger upphov till övertemperaturer på sommaren ritas ett rum upp i DEROB-LTH. Ett vardagsrum och kök mot sydväst har valts för denna del av studien (se figur 20), eftersom risken för övertemperaturer är störst där. Hade ett helt våningsplan valts hade solinstrålningens påverkan i söder och väster jämnats ut av den skuggade norrsidan. Rummet ritas upp i DEROB-LTH, och simuleras över ett år. Inomhustemperaturen studeras för att se om en förändring av klimatskalet ger upphov till övertemperaturer. Rummet är angivet som en fristående enhet. Dörren till resten av lägenheten är stängd, och de byggelement som vetter mot det övriga huset (golv, tak, samt norr- och östervägg) är uppbyggda av ett tjockt skikt superisolerande material för att de varken ska läcka värme eller bidra till rummets värmetröghet.



Figur 20. Rummet som valts för komfortstudie i DEROB-LTH.

Precis som vid energisimuleringarna i VIP+ görs en rad antaganden för att kunna rita upp rummet i DEROB-LTH. Dessa listas i tabell 10.

Tabell 10. Översikt över de värden som har använts i simuleringsprogrammet DEROB-LTH.

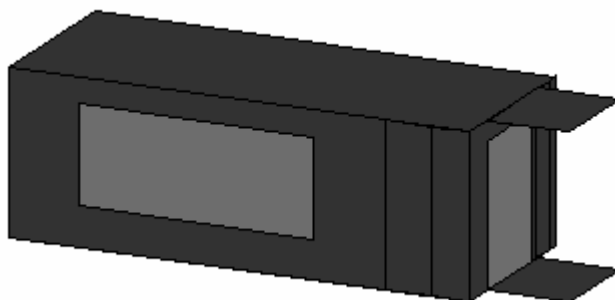
Parameter	Värde
Ort	Karlstad
Söderfasadens vinkel mot söder	12° ¹²⁴
Infiltration	0,55 oms/h ¹²⁵
Lägsta rumstemperatur	20°C
Driftfall	Samma driftfall dygnet runt, året runt
Internlast	85 W ¹²⁶

¹²⁴ Till skillnad från i VIP+ anges motsols vridning av huskroppen positivt.

¹²⁵ I DEROB-LTH anges ventilation och luftläckage tillsammans. Eftersom huset har en ventilation som omsätter 0,457 luftvolym per timme och det är rimligt att anta ett luftläckage på cirka 0,1 omsättningar per timme blir den totala infiltrationen ungefär 0,55.

¹²⁶ I programmet buntas alla internlaster som påverkar energibehovet för uppvärmning samman. Siffran inkluderar således personvärme och hushållsel.

I figur 21 kan rummet som simuleras ses. De två utskjutande partierna ovanför och under fönstret symboliserar balkongerna på våningsplanet samt våningsplanet ovanför. Det viktiga är att få med den solavskärmning som balkongen innebär, inte att formen är rätt. För enkelhets skull slås all fönsteryta i respektive väderstreck samman till en enda, vilket förklarar varför de två fasaderna bara har ett fönster var. Väggen är uppdelad i tre partier, varav det största, som innefattar fönstret, är den vanliga sandwichväggen. De två mindre partierna närmast hörnet är köldbrygga runt fönster respektive fönsterkarm. Det spelar ingen roll för simuleringsresultatet var dessa väggpartier med sämre U-värde sätts, så länge deras procentuella andel av väggen är korrekt.



Figur 21. Utformning av rummet som simuleras i DEROB-LTH.

6.4 Antaganden i investeringskalkylen

Precis som i energisimuleringarna måste en rad faktorer fastställas eller uppskattas för att det ska vara möjligt att göra en investeringskalkyl. Nedan redogörs för samtliga ingående faktorer i kalkylen. De är uppdelade i konstanta och variabla faktorer.

6.4.1 Konstanta faktorer

De faktorer i kalkylen som är konstanta i samtliga simulerade fall påverkar inte jämförelsen mellan de olika simuleringsfallen men är viktiga att ha med eftersom resultatet därmed blir mer likt verkligheten. Några faktorer är knutna direkt till ursprungshuset och andra är schablonvärden. I tabell 11 och 12 visas samtliga konstanta faktorer i kalkylen som är knutna till projektet.

Tabell 11. Värden på faktorer som är konstanta i samtliga fall.

Parameter	Värde
Investeringsbidrag	1 900 000 kronor*
Investeringsstimulans	1 500 000 kronor*
Subventionsränta	3,44 % ¹²⁷
Belåningsgrad	80 % *
Lånetid	50 år **
Låneränta	4 % **
Amortering	0 kronor**
Kalkylränta	4,5 % **
Konsumentprisindex (KPI)	År 1-5: 1 %, År 6-10: 1,5 %, År 11-40: 2 % **
Förväntad värdetillväxt	3 % **
Fastighetsskatt	År 1-5: 0 %, År 6-10: 0,25 %, År 11-20: 0,5 % ¹²⁸
Taxeringsvärde	23 250 000 ¹²⁹
Hyra	1150 kr/m ² år *
Moms	25 % ¹³⁰
Kostnad fjärrvärme	59,5 öre/kWh ¹³¹
Kostnad fastighetsel	118 öre/kWh ¹³²
Vattenavgift	10,78 kr/m ³ ¹³³
Studerad period	30 år **

* Skanskas värde

** Författarnas antagna/valda värde

Driftskostnader som inte påverkas av energianvändningen och alla underhållskostnader utom de som hör till ventilationen är schablonvärden hämtade från REPAB. Dessa kan ses i tabell 12. Angiven grad beror på vilken typ av fastighet som avses. En hög grad betyder att parametern antas vara stor i det hus som används i den här studien. ¹³⁴

¹²⁷ Boverket. Internet. Röntan är från 2005-03-29.

¹²⁸ Skatteverket. *Fastighetsskatt Inkomståret 2004 och framåt*. Internet

¹²⁹ Skatteverket. *Beräkna taxeringsvärde - hyreshus 2004 - 2006*. Internet.

¹³⁰ Skatteverket. Internet.

¹³¹ Avgiftsgruppen. *Fastigheten Nils Holgerssons underbara resa genom Sverige*. Internet.

¹³² REPAB. *Årskostnader Bostäder 2005*.

¹³³ Härneteg, Ulla. Örebros Tekniska Förvaltning. Personlig kommunikation. Eftersom lägenheterna är relativt små antas att 100 m³ vatten förbrukas per lägenhet och år.

¹³⁴ REPAB. *Årskostnader Bostäder 2005*.

Tabell 12. Schablonvärden för drift och underhåll som är konstanta i samtliga fall.¹³⁵

Parameter	Värde	Grad
Underhåll - Mark	4 kr/m ² BOA	LÅG
Underhåll - Byggnad, ute	21 kr/m ² BOA	LÅG
Underhåll - Byggnad, inne	64 kr/m ² BOA	NORMAL
Underhåll - F-system	35 kr/m ² BOA	-
Underhåll - FTX-system	55 kr/m ² BOA	-
Drift - Administration	19 kr/m ² BOA	LÅG
Drift - Försäkring	5,75 kr/m ² BOA	LÅG
Drift - Mark, tillsyn och skötsel	3,50 kr/m ² BOA	LÅG
Drift - Byggnad, tillsyn och skötsel	13 kr/m ² BOA	NORMAL
Drift - Installationer, tillsyn och skötsel	7 kr/m ² BOA	NORMAL
Drift - Reparationer	12 kr/m ² BOA	LÅG
Drift - Sophämtning	11,10 kr/m ² BOA	NORMAL
Drift - Städning	78 kr/m ² städyta	NORMAL

För bostäder som byggs i tillväxtområden med bostadsbrist kan investeringsbidrag och investeringsstimulans sökas hos Länsstyrelsen. Bidraget ges upp till 70 kvadratmeter lägenhetsyta. Det beräknas som 15 % av bidragsunderlaget för räntebidrag men kan högst bli 90 000 kronor per lägenhet. Efter att projektet färdigställs betalas bidraget ut som en engångssumma till den som då är antecknad som fastighetsägare. För att få investeringsstimulans måste projektet vara av den typen att rimliga boendekostnader kan garanteras. Stimulansen är högst 1500 kronor per kvadratmeter BRA och 90 000 kronor per lägenhet.^{136, 137}

Byggnaden antas vara finansierad med 80 % lånat kapital (främmande kapital, FK) och 20 % eget kapital (EK). Lånet sätts som ett rakt lån på 50 år och amorteras inte. Det är brukligt att fastighetsföretag gör så idag.¹³⁸

Kalkylräntan är fastighetsföretagets krav på förräntning och är specifik för varje projekt. Den antas i denna studie vara 4,5 %, dvs. något högre än låneräntan.

Det troliga konsumentprisindex, KPI, som följer inflationsutvecklingen, är svårt att förutsäga men har i denna studie antagits vara 1 % de första fem åren. De följande fem åren tros det kunna vara 1,5 % och därefter är det satt konstant till 2 %. I april 2005 var KPI 0,7 %¹³⁹.

¹³⁵ REPAB. Årskostnader Bostäder 2005.

¹³⁶ Boverket. Information om investeringsbidrag för byggande av hyresbostäder. Internet.

¹³⁷ Boverket. Information om investeringsstimulans till mindre hyresbostäder och studentbostäder. Internet.

¹³⁸ Hansson, Bengt. Avdelningen för Byggnadsekonomi, Lunds Tekniska Högskola. Personlig kommunikation.

¹³⁹ Riksbanken. Inflation/KPI. Internet.

För nybyggda hyreshus betalas ingen skatt på bostadsdelen de första fem åren. Under de följande fem åren betalas halv skatt, dvs. 0,25 % av taxeringsvärdet. Först år 11 betalas full skatt, dvs. 0,5 % av taxeringsvärdet.¹⁴⁰ Fastighetens taxeringsvärde beräknas i denna studie med en förenklad metod på skatteverkets hemsida¹⁴¹ och räknas upp med en förväntad värdetillväxt på 3 % för varje år.

Skanska har för detta projekt antagit en hyra på 1150 kronor per kvadratmeter och år.¹⁴² Hyresutvecklingen antas följa inflationen. I kalkylen beaktas även en viss grad av vakans. Det första året antas 15 % av den uthyrningsbara ytan vara ledig. Från och med år 3 förväntas huset endast ha 2 % vakansgrad.¹⁴³ Vakanserna beror på glapp mellan in- och utflyttningar i lägenheterna.

Årsvinstkalkylen i denna studie görs över en 30-årsperiod. Byggnadens livslängd är längre men denna tid räcker med avseende på denna studies syfte. Fastighetsskatten har hunnit få full verkan och de löpande underhållskostnaderna för byte av installationer har ännu inte infunnit sig.

Vid nybyggnad av hyres- eller bostadsrättshus kan räntebidrag sökas hos Länsstyrelsen. Det är ett årligt bidrag som beräknas med utgång från bidragsunderlaget, som är ett schablonbelopp som varierar med storleken på lägenheten. Det spelar ingen roll vad det kostar att bygga huset eller hur stora lånen är. Bidraget ges upp till 120 kvadratmeter. Räntebidraget beräknas som 30 % av bidragsunderlaget multiplicerat med subventionsräntan. Boverket fastställer subventionsräntan som i stort sett följer utvecklingen för räntan på lån för bostäder. I slutet på mars 2005 var räntan 3,44 %.¹⁴⁴ Detta bidrag har inte tagits med i årsvinstkalkylen eftersom det är osäkert om räntebidrag kommer att betalas ut i framtiden.¹⁴⁵

6.4.2 Varierande faktorer

De faktorer som varierar mellan de olika simuleringsfallen är produktionskostnad, driftskostnad med avseende på energibehovet och underhållskostnad för ventilation. Produktionskostnaden varierar helt enkelt eftersom det kostar olika mycket att bygga och att köpa in material till de olika fallen. På grund av sekretessen som råder på Skanska kan produktionskostnaden inte redovisas i denna rapport. Förenklingar och antaganden görs i de fall det inte varit möjligt att få fram kostnader enligt nedan.

Fönsterpriserna för ursprungshuset är kända men för de fönster som har andra U-värden uppskattas priset. Skanska har gjort en förstudie¹⁴⁶ av huset. I studien anges priser på

¹⁴⁰ Skatteverket. *Fastighetsskatt inkomståret 2004 och framåt*. Internet.

¹⁴¹ Skatteverket. *Beräkna taxeringsvärde hyreshus 2004 -2006*. Internet.

¹⁴² Jonsson, Carl. Skanska Teknik. Personlig kommunikation.

¹⁴³ Jonsson, Joakim. Prolog. Personlig kommunikation.

¹⁴⁴ Boverket. *Information om räntebidrag till nybyggnad av hyres- och bostadsrättshus*. Internet.

¹⁴⁵ Svensson, Yvonne. Boverket. Personlig kommunikation.

¹⁴⁶ Skanska. *Kalkylsammanställning*. Intern rapport.

fönster med olika U-värden. Dessa uppgifter används för att göra en prisuppskattning för fönstren i studien.

Skanska har tagit fram en budgeterad kostnad för installationer och styrsystem men hur mycket av den som frånluftsventilationen står för framgår inte av kalkylen. Därför används ett schablonvärde för både F-system och FTX-system som är framtaget tillsammans med Skanskas kalkylavdelning.

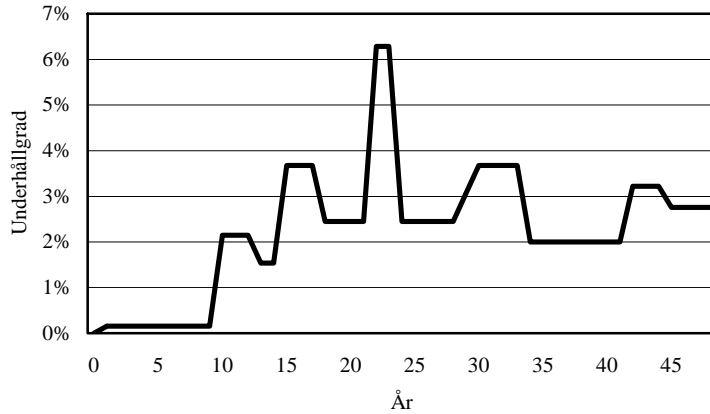
Kostnaden för ytterväggselementen är även den inbakad i en klumpsumma från leverantören. Efter samråd med Skanska tas en rimlig kostnad för dessa fram. Med en 100 mm tjockare isolering uppskattar leverantören att priset blir 10 % högre. Priset för 50 mm tunnare isolering är inte mycket lägre men kan antas vara 2 % billigare.

Investeringskostnaden består av kostnader för mark, lagfart, moms, produktion och byggherrekostnader. Kostnaden minskar med investeringsbidrag och investeringsstimulans.

Driftskostnaden för energianvändningen bygger på energisimuleringarna som görs i denna studie. De olika fallen har olika stort energibehov och därmed blir även kostnaderna olika stora.

Underhållskostnaden varierar över tiden. När ett hus är nybyggt är underhållskostnaden låg eftersom all utrustning är ny. Med tiden slits huset och det kräver mer och mer underhåll. Efter ett visst antal år behöver ventilationssystem, värmesystem, fönster, vitvaror etc. bytas ut. Denna typ av underhåll är inte medräknad i denna studie eftersom studerad tid är 30 år och de flesta byten av installationer sker efter denna tid. En illustration av behovet av underhåll kan ses i figur 22. Underhållsgraden visar hur stor underhållskostnaden är ett visst år i förhållande till hur stor den är totalt under livstiden. Den förväntade totala underhållskostnaden under en byggnads livstid är hämtad från REPAB¹⁴⁷, dvs. siffran är ett schablonvärde.

¹⁴⁷ REPAB. *Årskostnader Bostäder 2005*.



Figur 22. Exempel på underhållsgrad för en byggnad under en 50-årsperiod.¹⁴⁸

6.4.3 Känslighetsanalys av investeringskalkylen

I likhet med energisimuleringarna görs en känslighetsanalys av de faktorer i kalkylen som är konstanta i samtliga simulerade fall men som är uppskattade. Deras värde har inverkan på resultatet i investeringskalkylen men gör ingen skillnad mellan resultaten i de olika fallen. Analysen görs för ursprungshuset och testar hur känslig kalkylen är för förändringar av kalkylränta, låneränta, hyra, energipris, förväntad värdetillväxt och inflation, faktorer som alla är svåra att förutspå. I tabell 13 visas de variationer som görs på faktorerna.

Tabell 13. Översikt av de variationer som prövas på konstanta faktorer i årsvinstkalkylen.

Parameter	Nytt lägre värde	Ursprungligt värde	Nytt högre värde
Kalkylränta	3,5 %	4,5 %	5,5 %
Låneränta	3 %	4 %	5 %
Hyra	1050 kr/m ² ,år	1150 kr/m ² ,år	1250 kr/m ² ,år
Energiprisökning	3 %	4 %	5 %
Förväntad värdetillväxt	2 %	3 %	4 %
Inflation	Inflationen hålls konstant till 1 %	Inflationen är 1 % år 1 - 5, 1,5 % år 6 - 10 och därefter konstant 2 %	Inflationen är 1% år 1 - 5, 2 % år 6 - 10 och därefter konstant 3 %

¹⁴⁸ Mozaffari, Mani och Möller, Peter. *Analys av underhållskostnaden för flerbostadshus - en fallstudie.*

7. RESULTAT OCH ANALYS

I detta kapitel presenteras och analyseras de resultat som studien leder fram till. Först presenteras energisimuleringarna i VIP+. Därefter visas känslighetsanalysen i VIP+ och komfortstudien i DEROB-LTH. Slutligen presenteras investeringskalkylerna och deras känslighetsanalys.

7.1 Simulering av energianvändning i VIP+

De förändringar av husets ursprungliga utformning som presenteras i kapitel 6.2 simuleras i energiberäkningsprogrammet VIP+. Det intressanta för denna studie är främst minskningen av energibehovet när energiprestandan höjs. Energibesparingen i respektive fall samt deras medel-U-värde visas i tabell 14. Den procentuella besparingen anges i förhållande till fall 1, som ligger nära BBR:s krav. Detta för att tydliggöra hur mycket bättre än BBR:s krav respektive fall är. Den totala energibesparingen är mindre än energibesparingen för uppvärmning eftersom den väger in all energianvändning. Här ingår ledningsförluster i rör, fastighetsel, hushållsel, varmvatten, värmepumpsdrift, fläktdrift och uppvärmning. För fall 15 och 16 är besparingen negativ eftersom förändringen innebär en ökning av energibehovet.

Ett mer detaljerat resultat från VIP+ kan ses i bilagan i kapitel 12. Där visas den utskrift som fås från VIP+ efter en genomförd energisimulering. Den utskrift som finns i bilagan gäller ursprungshuset.

Tabell 14. Medel-U-värde och procentuell besparing vid de olika simuleringsfallen.

	Simuleringsfall	U_m (W/m ² K)	Besparing uppvärmning (%)	Besparing totalt (%)
1	Nära BBR:s krav	0,37	0,0	0,0
2	Ursprungshus	0,28	34,6	6,3
3	Isolering	0,27	37,5	6,9
4	Fönster 1,0	0,22	51,6	9,5
5	Fönster 0,8	0,19	62,0	11,6
6	Isolering + fönster 1,0	0,21	54,5	10,1
7	Isolering + fönster 0,8	0,18	64,6	12,1
8	Lättballast	0,26	42,4	7,8
9	Lättballast + isolering	0,25	45,5	8,4
10	Lättballast + fönster 1,0	0,20	58,9	11,0
11	Lättballast + fönster 0,8	0,17	68,5	13,0
12	Lättballast + isolering + fönster 1,0	0,19	61,5	11,5
13	Lättballast + isolering + fönster 0,8	0,16	70,8	13,4
14	Individuell mätning	0,28	41,1	12,8
15	FTX	0,28	-65,5	-2,5
16	Ingen värmepump	0,28	-153,9	-14,1

Som kan ses i tabell 14 varierar medel-U-värdet för huset kraftigt mellan de olika simuleringsfallen. Medel-U-värdet avspeglar den förändring av energiprestandan som respektive simuleringsfall ger upphov till. Ursprungshuset har ett medel-U-värde på 0,28 W/m²K. Huset får som lägst ett medel-U-värde på 0,16 W/m²K, vilket uppnås i fall 13. Som högst har huset ett medel-U-värde på 0,37 W/m²K. Detta U-värde erhålls i fall 1.

Effekten av de olika förbättringarna är inte additiva; om betong, isolering och fönster byts ut på samma gång blir inte effekten summan av de tre var och en för sig. Detta är viktigt att komma ihåg då energiprestandaförbättringar planeras, eftersom det annars är lätt att förvänta sig större energibesparingar än vad som är rimligt.

Som kan ses i tabell 14 har de val som redan gjorts på ursprungshuset (fall 2) förbättrat energiprestandan för uppvärmning med ungefär 35 % jämfört med BBR:s krav. Det hus som i denna studie använts som ursprungsfall är alltså redan betydligt energieffektivare än vad normen kräver. Detta gör att energibesparingspotentialen är betydligt mindre än om studien hade utgått från ett hus som precis klarar BBR:s krav.

50 % ökad isolering jämfört med ursprungshuset ger endast en liten minskning av energibehovet (fall 3). Ett byte av fönstren ger betydligt större utslag. Det är också stor skillnad på energibesparingen om fönstren har U-värde 1,0 eller 0,8 W/m²K. Resultatet för fall 4 och 5 illustrerar hur viktigt det är att alltid installera bästa tillgängliga fönster, eftersom de ger så stort utslag på energibehovet.

Fall 6 och 7 är en kombination av bättre fönster och ökad isoleringsgrad. Eftersom fönstrens energiprestanda påverkar energianvändningen så mycket blir energibesparingen större då endast fönstren förbättras till U-värde $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ än då fönstren byts till U-värde $1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ och huset tilläggsisolerar.

I fall 8 har husets yttersta betongskikt bytts ut mot lättballastbetong. Tabell 14 visar att detta ger ett relativt litet utslag på energianvändningen. I kombination med andra förbättringar av klimatskalet blir besparingen dock betydligt större. Lättballastbetong i kombination med ökad isolering (fall 9) ger en besparing för uppvärmning på nästan 46 %. Förbättringen blir dock speciellt stor då lättballastbetong kombineras med att fönstren byts ut mot nya med bättre energiprestanda (fall 10 och 11).

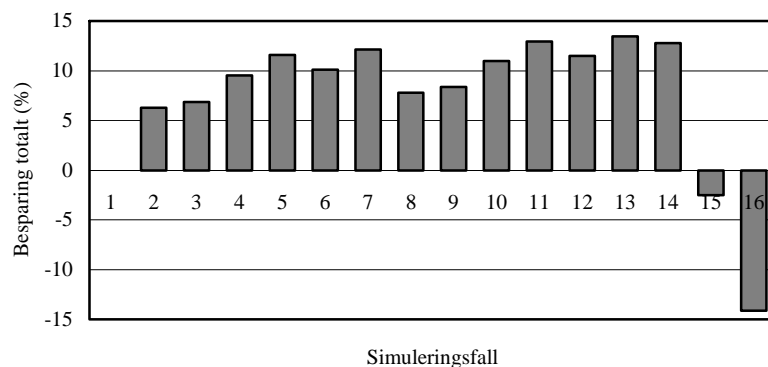
Störst besparing av energibehovet för uppvärmning uppnås genom en kombination av alla ovanstående förändringar. I fall 12 har huset extra isolering, lättballastbetong och fönster med U-värde $1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$. I fall 13 har fönstren uppgraderats ännu ett steg till U-värde $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$. Detta är det fall som ger störst energibesparing när bara uppvärmningen beaktas.

I fall 14 har individuell mätning av varmvattenanvändning och uppvärmning införts. 10 % av energianvändningen för uppvärmning har tagits bort, vilket ger en energibesparing på ungefär 40 % jämfört med fall 1.

Som kan ses i tabell 14 ökar energianvändningen för uppvärmning avsevärt när värmepumpen tas bort och ersätts med FTX-ventilation (fall 15). Detta beror på att värmepumpen har en bättre verkningsgrad än värmeväxlaren. Eftersom installation av FTX-ventilation inte minskar energianvändningen har installation av en sådan inte kombinerats med andra förändringar av energiprestandan.

Den största ökningen står fall 16 för. Här är värmepumpen borttagen utan att den ersätts med en värmeväxlare. Det blir tydligt hur mycket energi som en installation av en värmepump kan spara.

I figur 22 visas energibesparingen när hänsyn tas till husets totala energibehov. Detta resultat kan också ses i tabell 14.



Figur 22. Total procentuell energibesparing.

Teckenförklaring:

- | | |
|----------------------------|---|
| 1. Nära BBR:s krav | 9. Lättballastbetong + isolering |
| 2. Ursprungshus | 10. Lättballastbetong + fönster 1,0 |
| 3. Isolering | 11. Lättballastbetong + fönster 0,8 |
| 4. Fönster 1,0 | 12. Lättballastbetong + isolering + fönster 1,0 |
| 5. Fönster 0,8 | 13. Lättballastbetong + isolering + fönster 0,8 |
| 6. Isolering + fönster 1,0 | 14. Individuell mätning |
| 7. Isolering + fönster 0,8 | 15. FTX |
| 8. Lättballastbetong | 16. Utan värmepump |

Besparingen blir mindre när husets totala energianvändning vägs in än när hänsyn bara tas till energianvändningen för uppvärmning. Dock gäller även här att fall 13 är det alternativ som ger störst energibesparing.

Genom att jämföra fall 15 och 16 framgår det att det skulle löna sig att installera FTX-ventilation om huset inte haft en värmepump. Detta eftersom ökningen av energianvändningen är betydligt mindre i fall 15 där värmepumpen ersätts av FTX-ventilation än i fall 16 där värmepumpen helt enkelt är bortplockad.

I tabell 15 kan resultatet av energisimuleringarna ses uppdelat på respektive användningsområde. Ledningförluster i rör och fastighetsel är schablonvärden som är tillagda efter energisimuleringarna. Varmvatten- och hushållselanvändning är också schablonvärden, men ingår i energiberäkningarna i VIP+.

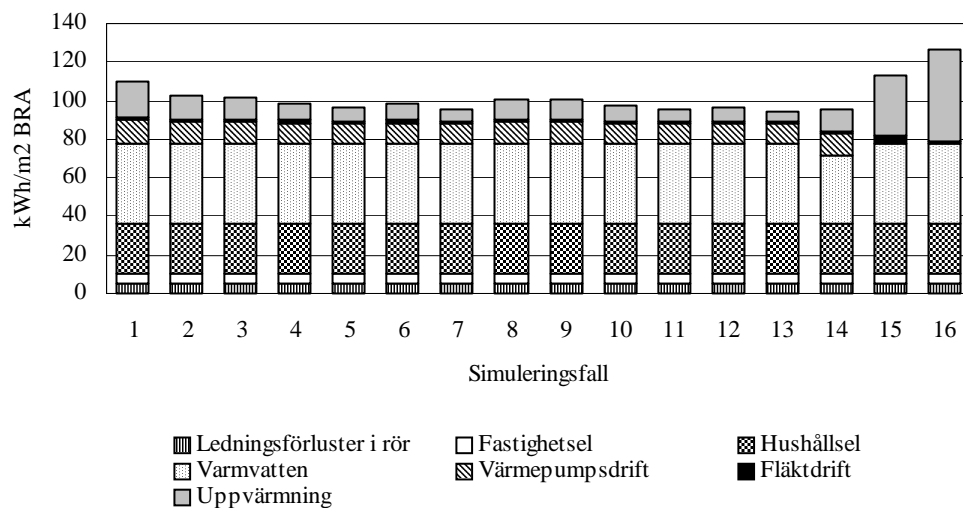
Tabell 15. *Energianvändning uppdelad på respektive användningsområde. Enheten i tabellen är genomgående kWh/m²BRA.*

	Simuleringsfall	Uppvärmning	Varmvatten	Hushållsel	Fläkt-drift	Värme-pumps-drift	Lednings-förluster i rör	Fastig-hetsel	Totalt
1	Nära BBR:s krav	18,7	41,2	26,3	1,2	12,5	10,0	5,0	114,8
2	Ursprungshus	12,2	41,2	26,3	1,2	11,7	10,0	5,0	107,6
3	Isolering	11,7	41,2	26,3	1,2	11,6	10,0	5,0	107,0
4	Fönster 1,0	9,0	41,2	26,3	1,2	11,2	10,0	5,0	103,9
5	Fönster 0,8	7,1	41,2	26,3	1,2	10,8	10,0	5,0	101,5
6	Isolering + fönster 1,0	8,5	41,2	26,3	1,2	11,1	10,0	5,0	103,2
7	Isolering + fönster 0,8	6,6	41,2	26,3	1,2	10,7	10,0	5,0	100,9
8	Lättballast	10,7	41,2	26,3	1,2	11,5	10,0	5,0	105,9
9	Lättballast + isolering	10,2	41,2	26,3	1,2	11,4	10,0	5,0	105,2
10	Lättballast + fönster 1,0	7,7	41,2	26,3	1,2	10,9	10,0	5,0	102,2
11	Lättballast + fönster 0,8	5,9	41,2	26,3	1,2	10,4	10,0	5,0	100,0
12	Lättballast + isolering + fönster 1,0	7,2	41,2	26,3	1,2	10,8	10,0	5,0	101,6
13	Lättballast + isolering + fönster 0,8	5,4	41,2	26,3	1,2	10,3	10,0	5,0	99,4
14	Individuell mätning	11,0	34,9	26,3	1,2	11,7	10,0	5,0	100,1
15	FTX	30,9	41,2	26,3	4,3	0,0	10,0	5,0	117,7
16	Ingen värmepump	47,4	41,2	26,3	1,2	0	10,0	5,0	131,1

Skanskas målsättning är att huset ska använda högst 105 kWh/m².¹⁴⁹ I tabell 15 kan ses att den i VIP+ beräknade energianvändningen för huset i sitt ursprungsuppförande blir 108 kWh/m², vilket är mycket nära det uppsatta målet.

I figur 23 visas energianvändningen i respektive simuleringsfall uppdelad på olika användningsområden.

¹⁴⁹ Fritzon, Mikael. Skanska Teknik. Personlig kommunikation.



Figur 23. Total energianvändning vid respektive simuleringsfall.

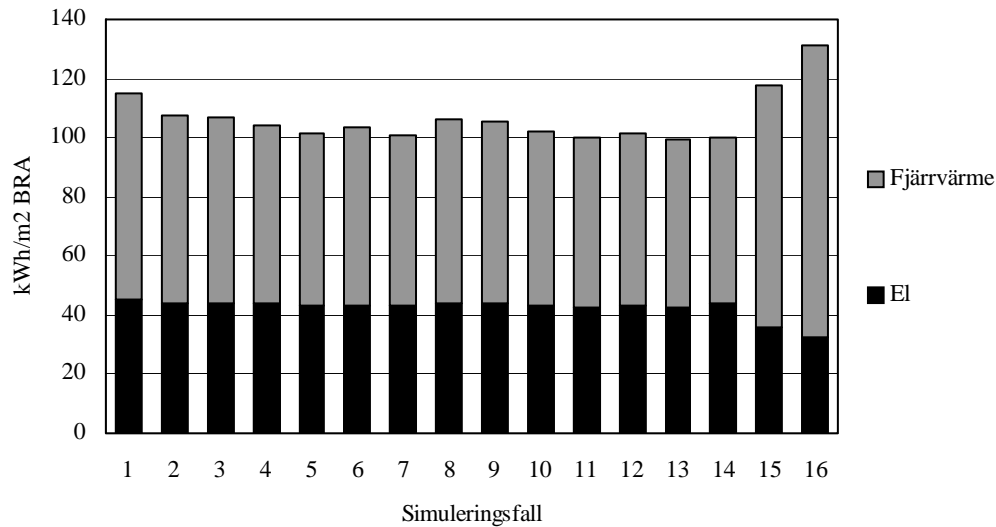
Teckenförklaring:

- | | |
|----------------------------|---|
| 1. Nära BBR:s krav | 9. Lättballastbetong + isolering |
| 2. Ursprungshus | 10. Lättballastbetong + fönster 1,0 |
| 3. Isolering | 11. Lättballastbetong + fönster 0,8 |
| 4. Fönster 1,0 | 12. Lättballastbetong + isolering + fönster 1,0 |
| 5. Fönster 0,8 | 13. Lättballastbetong + isolering + fönster 0,8 |
| 6. Isolering + fönster 1,0 | 14. Individuell mätning |
| 7. Isolering + fönster 0,8 | 15. FTX |
| 8. Lättballastbetong | 16. Utan värmepump |

I figur 23 kan ses att en FTX-ventilation har högre energianvändning för fläktdrift än en frånluftsventilation, vilket beror på att två fläktar (till- och frånluft) drivs istället för en. Den ökade energianvändningen för fläktdrift kompenseras dock av ett mindre uppvärmningsbehov, åtminstone jämfört med fall 16 där ingen återanvändning av värmen i frånluften alls finns installerad.

Minskningen av energianvändning i figur 23 kan uppfattas som liten i de olika alternativen. Det är dock viktigt att komma ihåg att energianvändningen är angiven i kWh/m². Eftersom den totala bruttoarean för huset är 2476 m² är den totala energibesparingen betydligt mer ansevärd.

I figur 24 visas fördelningen mellan el och fjärrvärme i de olika simuleringsfallen. I elposten har hushållsel, fläktdrift, värmepumpsdrift och fastighetsel räknats in. I fjärrvärmen ingår uppvärmning, varmvatten och ledningsförluster i rör.



Figur 24. Fördelning mellan el och fjärrvärme i de olika simuleringsfallen. För teckenförklaring se figur 23.

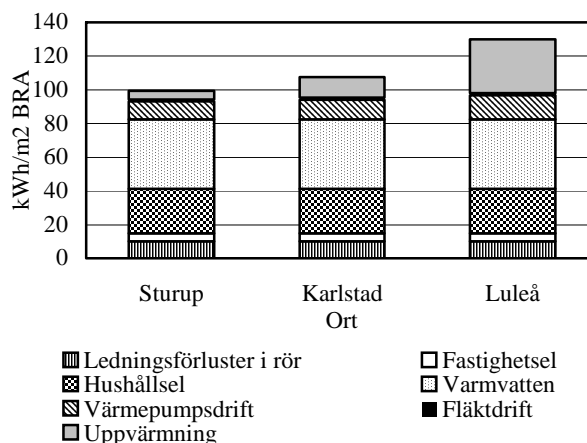
Som kan ses i figur 24 används mer el i de fall som inkluderar värmepump (dvs alla utom fall 15 och 16), dvs elberoendet är större när huset har en installerad värmepump. Utan värmepump används mer fjärrvärme men mindre el eftersom uppvärmningen utan värmepump endast består av fjärrvärme. Detta får till följd att om politiska styrmedel riktas mot att minska elanvändningen för uppvärmning eller elpriserna ökar markant kan detta minska vinsten som installationen av en värmepump i dagsläget innebär. Huvudmålet borde dock alltid vara att sträva efter att minska den totala energianvändningen. Därmed borde det fall som innebär lägst total energianvändning väljas oavsett vilken typ av energislag som används.

7.2 Känslighetsanalys i VIP+

För att kontrollera rimligheten i simuleringsresultaten och deras känslighet för felantaganden genomförs en känslighetsanalys för de parametrar som antagits i modellen. Känslighetsanalysen utförs på ursprungshuset, det vill säga fall 2. Resultatet presenteras för varje parameter var för sig och diskuteras kontinuerligt.

Ort

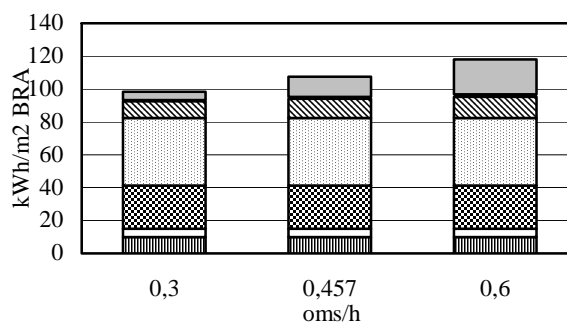
I figur 25 syns resultatet då den geografiska orten för huset ändras. Den sydligaste och nordligaste klimatfilen i VIP+ väljs för att visa hur mycket energibehovet skiljer sig i Sverige. Som kan ses i figuren blir uppvärmningsbehovet betydligt större i Luleå än i Sturup. Dessutom ökar elbehovet för värmepumpen, vilket inte framgår speciellt tydligt i figuren. Figuren visar att ett hus som klarar BBR:s krav på en ort inte nödvändigtvis klarar det på en annan, mer nordligt belägen ort. För att få trovärdiga resultat är det viktigt att ange en plats i energisimuleringarna som ligger så nära den riktiga som möjligt.



Figur 25. Variation av geografisk ort från Sturup i söder till Luleå i norr. I energisimuleringarna är orten satt till Karlstad.

Frånluft

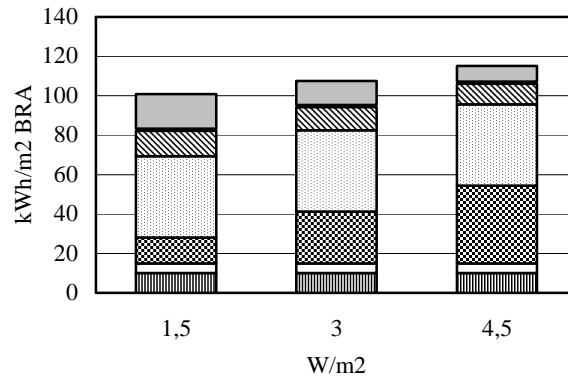
I figur 26 visas resultatet då omsättningen på frånluften varierar. Denna parameter visar sig ha stort inflytande på uppvärmningsbehovet. Värdet 0,457 luftomsättningar per timme är beräknat från badrummens och kökens dimensionerade luftuttag, och är alltså beroende av att dessa installeras och dimensioneras enligt planerna. När köksfläkten forceras vid matlagning eller brukaren vädrar ändras luftomsättningen. Figur 26 visar att en avvikelse från den beräknade luftomsättningen har stor inverkan på energianvändningen.



Figur 26. Variation av luftomsättningen via frånluftsfläkten från 0,3 till 0,6 omsättningar per timme. I energisimuleringarna är frånluftsflödet satt till 0,457 omsättningar per timme. För teckenförklaring se figur 25.

Processenergi

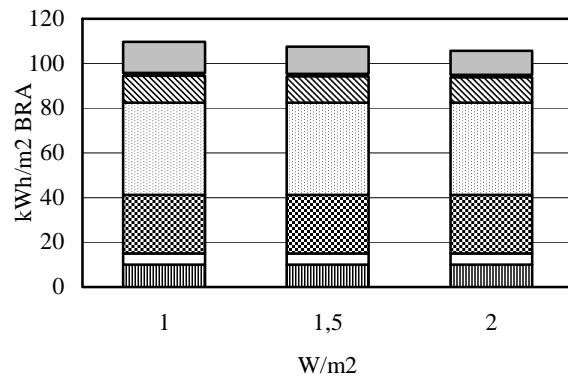
Figur 27 visar hur hushållselanvändningens (processenergins) storlek påverkar den totala energianvändningen. I figuren syns att processenergin beräknas komma huset tillgodo i form av uppvärmning, eftersom energi-användningen för uppvärmning minskar då hushållselanvändningen ökar. Den totala energi-användningen ökar dock samtidigt, vilket indikerar att VIP+ inte antar att all hushållsel kommer huset tillgodo som värme.



Figur 27. Variation av processenergin från 1.5 till 4.5 W/m². I energisimuleringarna är processenergin satt till 3 W/m². För teckenförklaring se figur 25.

Personenergi

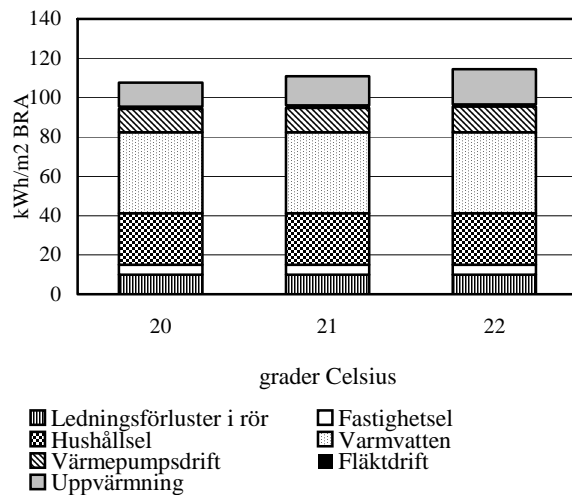
I figur 28 visas resultatet från en förändring av mängden personenergi. Här kan ses att VIP+ räknar in personenergi som gratisvärme, eftersom uppvärmningsbehovet minskar då personenergin ökar. Det kan vara svårt att uppskatta mängden personvärme, eftersom det är omöjligt att veta hur många som kommer bo i en lägenhet, hur mycket de vistas i hemmet, hur ofta de är bortresta, hur ofta de har besök osv.



Figur 28. Variation av personenergin från 1 till 2 W/m². I energisimuleringarna är personenergin satt till 1.5 W/m². För teckenförklaring se figur 25.

Lägsta rumstemperatur

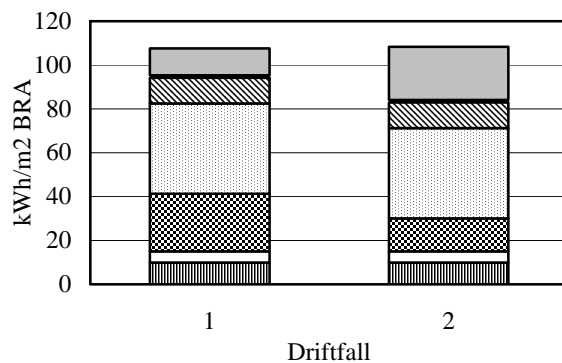
Figur 30 visar hur den lägsta tillåtna temperaturen påverkar energianvändningen. Energi-användningen för uppvärmning ökar då den lägsta temperaturen ökar, vilket är logiskt då luften ska värmas fler grader. Detta är viktigt att tänka på då energi-användningen beräknas, eftersom det är vanligt att inomhus-temperaturen är högre än 20°C i svenska hem¹⁵⁰.



Figur 30. Variation av lägsta tillåtna temperatur från 20 till 22°C. I energisimuleringarna är den lägsta temperaturen satt till 20°C.

Driftfall

I figur 31 presenteras resultatet av en förändring av driftfallet för huset. Förändringen presenteras i tabell 16. Som kan ses i figuren ökar energianvändningen för uppvärmning i driftfall 2. Detta beror på att personenergin och processenergin är lägre än i driftfall 1, vilket gör att mer köpt energi behövs för att hålla temperaturen. Eftersom det är omöjligt att veta när brukarna är hemma, använder energi och påverkar energi-användningen på andra sätt är det rimligt att anta en så enkel driftfallsmodell som möjligt.



Figur 31. Variation av driftfall enligt tabell 16. I energisimuleringarna används driftfall 1. För teckenförklaring se figur 30.

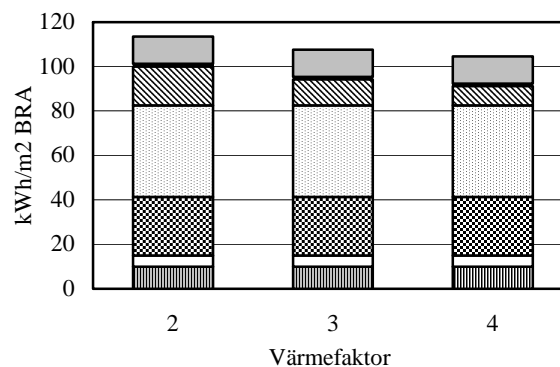
¹⁵⁰ Hiller, Carolina. *Sustainable Energy Use in Houses*.

Tabell 16. Översikt över förändring av driftfall.

Tidsintervall	Driftfall 1	Driftfall 2
Vardag (mån - fre, 8 - 18)	Processenergi 3 W/m ² , personenergi 1.5 W/m ² , lägsta temperatur 20°C	Processenergi 1.5 W/m ² , personenergi 0,5 W/m ² , lägsta temperatur 20°C
Helgdag (lör - sön, 8 - 20)	Samma som vardag	Processenergi 3 W/m ² , person- energi 1.5 W/m ² , lägsta tempera- tur 20°C
Natt (mån - fre, 18 - 8, lör - sön 20 - 8)	Samma som vardag	Processenergi 1.5 W/m ² , personenergi 1.5 W/m ² , lägsta temperatur 18°C

Värmepump

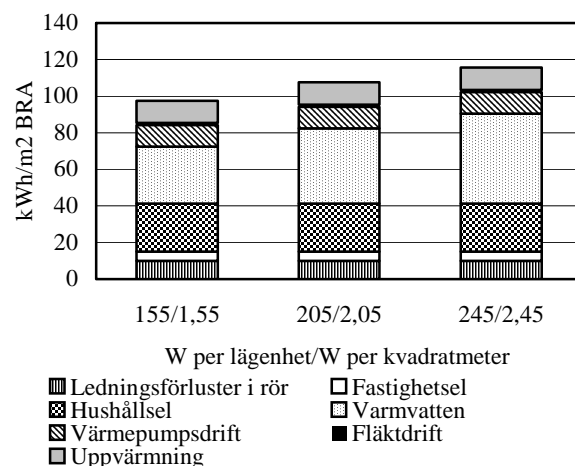
I figur 32 visas resultatet av en förändring av värmepumpens värmefaktor. Denna anger hur mycket energi som kan utvinnas ur frånluftsventilationen. Ju lägre värmefaktor, desto mer energi behöver tillföras för att uppnå önskad inomhustemperatur. Detta kan ses i figuren, där energianvändningen för värmepumpsdrift minskar med ökande värmefaktor. Värmefaktorn beror på prestandan på den installerade värmepumpen och dess skötsel och underhåll, och beror alltså inte på brukarna i samma grad som många av de andra parametrarna som ingår i den här känslighetsanalysen. Trots att det kan vara svårt att uppskatta värmefaktorn vid kontinuerlig drift borde ändå värdet vara mer tillförlitligt än ansatta värden för personenergi, hushållsel osv eftersom det är oberoende av brukarnas beteende.



Figur 32. Variation av värmepumpens värmefaktor från 2 till 4. I energisimuleringarna är värmefaktorn satt till 3. För teckenförklaring se figur 30.

Tappvarmvatten

Figur 33 visar hur tappvarmvattenanvändningen påverkar den totala energi-användningen. I VIP+ anges tappvarmvattenanvändningen dels per lägenhet, och dels per kvadratmeter, vilket förklarar de dubbla beteckningarna under respektive stapel. I figuren kan ses att tappvarmvattenanvändningen inte förväntas tillgodogöras som värme i huset. Detta är ett rimligt antagande, eftersom eventuella övertemperaturer på grund av dusch och bad förmodligen vädras eller ventileras bort. Det är dock svårt att ansätta ett rimligt värde på denna schablon, eftersom varmvattenanvändningen varierar kraftigt mellan olika brukare.

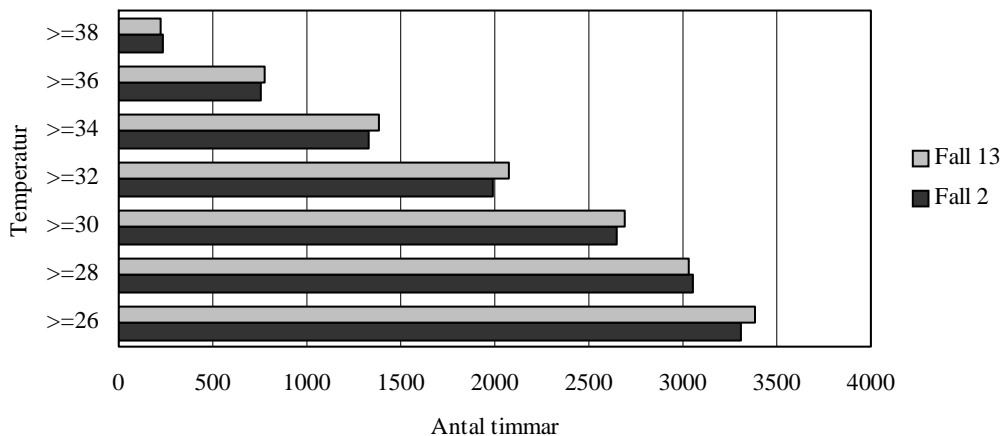


Figur 33. Variation av tappvarmvattenanvändningen från 155 W/lägenhet samt 1.55 W/m² till 245 W/lägenhet samt 2.45 W/m². I energisimuleringarna är tappvarmvattenanvändningen satt till 205 W/lägenhet samt 2.05 W/m².

Sammanfattningsvis kan sägas att värden för luftomsättning, processenergi, personenergi, lägsta temperatur, varmvattenanvändning och värmepumpens värmefaktor måste bestämmas med stor omsorg, eftersom resultatet beror på hur stora dessa värden antas vara. Även vald geografisk ort och driftfall påverkar resultatet. Den geografiska orten kan av naturliga skäl bestämmas med stor säkerhet. Även värmepumpens värmefaktor borde vara relativt tillförlitlig. Övriga värden beror dock till stor del på brukarens beteende, vilket gör dem svåra att uppskatta. Risker för att resultatet i VIP+ avviker från verkliga uppmätta värden är därför stor. Detta bör hållas i minnet när resultaten används så att de inte tas för bokstavligt.

7.3 Simulering av inomhusklimat i DEROB-LTH

Resultatet från simuleringarna i DEROB-LTH kan ses i figur 34 i form av ett varaktighetsdiagram. Figuren visar hur många timmar per år som respektive utförande av huset ger upphov till temperaturer över en viss grad. Den temperatur som visas i figuren är rummets operativa temperatur, dvs en temperatur som är viktad mellan de omslutande ytornas och luftens temperatur.

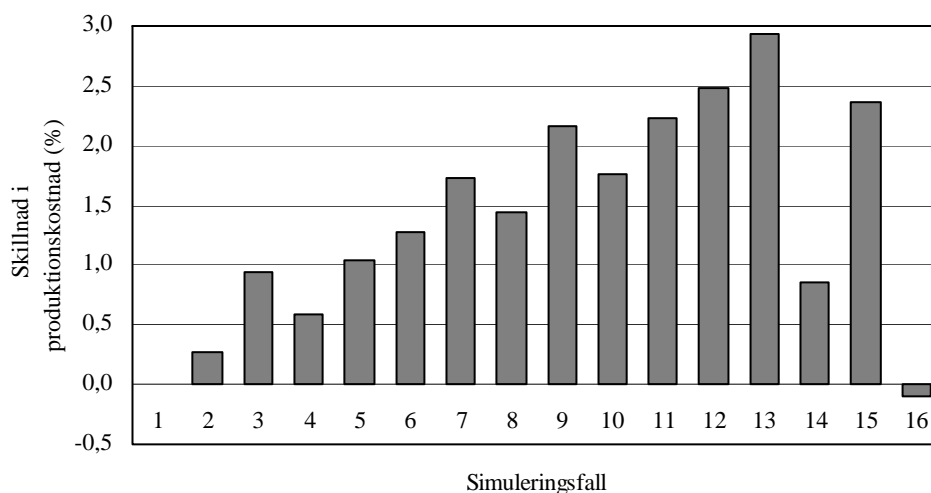


Figur 34. Varaktighetsdiagram för huset i sitt ursprungsförande (fall 2) och sitt mest energieffektiva klimatskal (fall 13).

Som kan ses i figur 34 är skillnaden mellan de två utförandena av husets klimatskal liten vad gäller inomhustemperaturen. Den energieffektivare varianten (fall 13) har något fler timmar med övertemperaturer, men skillnaden är marginell. Detta innebär att ökad isoleringstjocklek, energieffektivare fönster och lättballastbetong istället för konventionell betong i det här fallet inte ökar risken för övertemperaturer. Däremot kan konstateras att rummet redan i sitt ursprungsförande utsätts för markanta övertemperaturer. I simuleringen har dock ingen hänsyn tagits till att de boende med största sannolikhet vädrar vid höga temperaturer, vilket minskar antalet timmar med övertemperatur. För att undvika eller minska dessa ytterligare kan det vara lämpligt att installera utvändiga solskydd, persienner eller någon annan typ av solavskärmning.

7.4 Investeringskalkyl

De fall som simuleras i kapitel 7.1 analyseras i en årsvinstkalkyl. Produktionskostnaden (se figur 35) och driftskostnaden (figur 36) är de ingående faktorer i kalkylen som varierar mellan fallen. Figur 35 visar den procentuella skillnaden i produktionskostnad för samtliga fall i förhållande till fall 1, ett hus som är byggt för att klara BBR:s krav.



Figur 35. Procentuell skillnad i produktionskostnad mellan de olika simuleringsfallen.
Teckenförklaring:

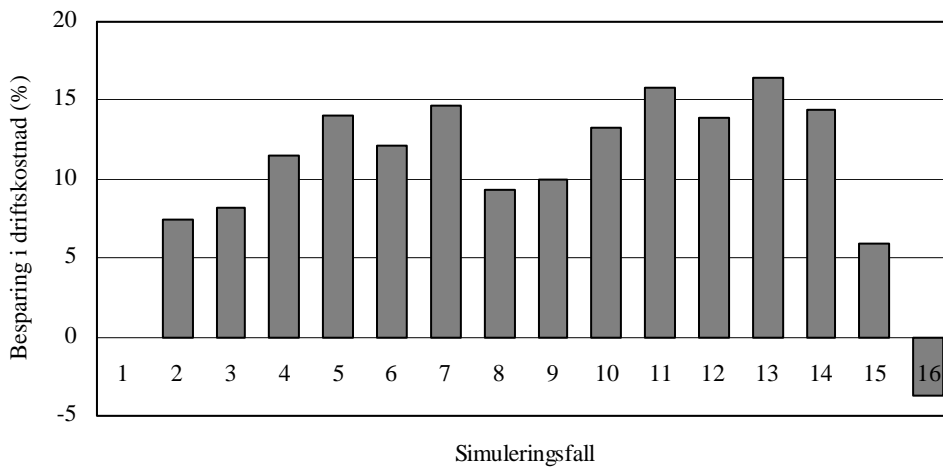
- | | |
|----------------------------|---|
| 1. Nära BBR:s krav | 9. Lättballastbetong + isolering |
| 2. Ursprungshus | 10. Lättballastbetong + fönster 1,0 |
| 3. Isolering | 11. Lättballastbetong + fönster 0,8 |
| 4. Fönster 1,0 | 12. Lättballastbetong + isolering + fönster 1,0 |
| 5. Fönster 0,8 | 13. Lättballastbetong + isolering + fönster 0,8 |
| 6. Isolering + fönster 1,0 | 14. Individuell mätning |
| 7. Isolering + fönster 0,8 | 15. FTX |
| 8. Lättballastbetong | 16. Utan värmepump |

Som ses i figur 35 blir produktionskostnaden högre för alla energibesparande lösningar än om huset byggs endast med avseende att klara BBR:s krav (fall 1). Fall 16 är det billigaste alternativet att producera men innebär ingen energibesparande åtgärd. Fall 2, som representerar huset i sitt ursprungsförhållande, är något dyrare än fall 1. Tydligt är att ökad isolering ger en kraftigt ökad produktionskostnad, se fall 3. Fönster med bättre U-värde (fall 4 och 5) ger även de en högre produktionskostnad. Till skillnad från energibesparingen är produktionskostnaden additiv, så att kostnaden är densamma för ökad isolering oavsett om förbättringen utförs ensam eller i kombination med något annat.

I jämförelse med att öka isoleringsgraden, vilket ger upphov till ungefär lika stor energibesparing, är lättballastbetong (fall 8) dyrt att använda. Fall 14, som hör till den mest energibesparande åtgärden i denna studie, har en låg investeringskostnad, vilket

beror på att det fallet endast innebär installation av dosor för individuell mätning och ingen förändring av klimatskalet. Installation av FTX-ventilation (fall 15) kostar mycket, trots att installationen innebär att värmepumpen och friskluftsventilerna kan plockas bort samt att radiatorernas storlek kan minskas.

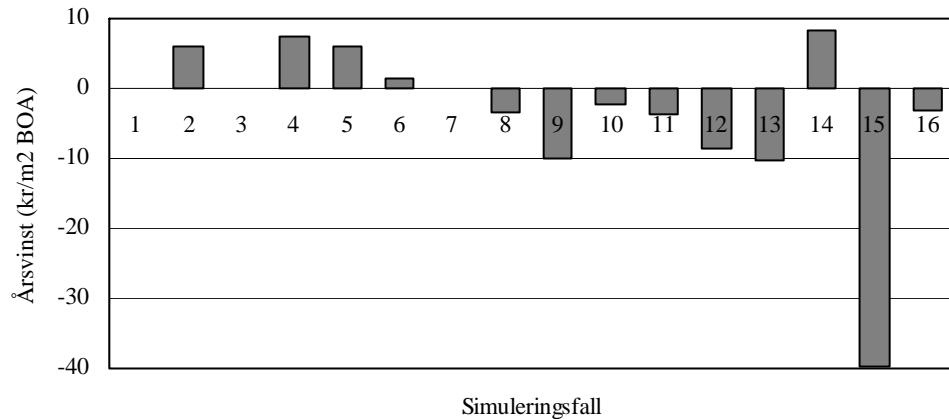
De olika förbättringarna kostar inte bara mer att producera, utan ger också upphov till en besparing ifråga om driftskostnad. Besparingen i respektive simuleringsfall kan ses i figur 36.



Figur 36. Procentuell besparing i driftskostnad för de olika simuleringsfallen. För teckenförklaring se figur 35.

Notera likheten mellan figur 36 och figur 22 i kapitel 7.1. Driftskostnaderna är precis som energibesparingarna inte additiva, vilket beror på att driftskostnaden är baserad på energianvändningen. Som referensnivå används fall 1, det hus som ligger nära BBR:s krav. Fall 2, ursprungshuset, ger upphov till en stor besparing jämfört med fall 1. Driftskostnaden blir inte mycket lägre med ökad isolering (fall 3). Fönster med bättre U-värde (fall 4 och 5) ger däremot en större besparing. Med bättre fönster och ökad isolering i kombination minskar driftskostnaden ännu mer (fall 6 och 7). Lättballastbetongen (fall 8) sänker driftskostnaden. Precis som isoleringen ger den bättre effekt i kombination med andra energibesparande lösningar. Fall 13 har lägst driftskostnad och fall 16 har högst. Endast fall 16 har högre driftskostnad än fall 1, vilket förklarar varför den stapeln är negativ i figuren.

Resultaten från de två ovanstående figurerna läggs slutligen in i årsvinstkalkylen, som kan ses i figur 37. Även här utgår jämförelsen från fall 1.



Figur 37. Årsvinst för respektive simulerat fall.

Teckenförklaring:

- | | |
|----------------------------|---|
| 1. Nära BBR:s krav | 9. Lättballastbetong + isolering |
| 2. Ursprungshuset | 10. Lättballastbetong + fönster 1,0 |
| 3. Isolering | 11. Lättballastbetong + fönster 0,8 |
| 4. Fönster 1,0 | 12. Lättballastbetong + isolering + fönster 1,0 |
| 5. Fönster 0,8 | 13. Lättballastbetong + isolering + fönster 0,8 |
| 6. Isolering + fönster 1,0 | 14. Individuell mätning |
| 7. Isolering + fönster 0,8 | 15. FTX |
| 8. Lättballastbetong | 16. Utan värmepump |

Som kan ses i figur 37 har fall 2, dvs ursprungshuset, redan en högre årsvinst än fall 1. Fall 3 ger inte mycket större årsvinst än fall 1 och betydligt lägre än fall 2. Anledningen till att årsvinsten är så liten är att produktionskostnaden blir så mycket högre för isolering jämfört med hur mycket lägre driftskostnaden blir. De fall som är märkbart bättre än ursprungshuset är endast fall 4 och 14. Fall 4 är lönsamt eftersom det innebär en relativt stor energibesparing att installera fönster med U-värde 1,0 W/m²K samtidigt som produktionskostnaden ökar relativt lite. Anledningen till att fall 14 har så stor årsvinst är att produktionskostnaden är låg eftersom husets klimatskal inte förändras och besparingen i driftskostnad är stor. Fall 5 ger endast marginellt högre årsvinst än fall 2, vilket beror på att fönstren med U-värde 0,8 W/m²K är dyra. Därmed räcker inte energibesparingen som installationen innebär till för att täcka den ökade kostnaden.

Fall 6, som är en kombination av ökad isoleringsgrad och bättre fönster, har en något högre årsvinst än fall 1. Årsvinsten blir lika stor i fall 7 som i fall 1. Samtliga alternativ som byggs med lättballastbetong (fall 8 till 13) har en negativ årsvinst. Det beror på att produktionskostnaden är så hög i jämförelse med den besparing som görs i driftskostnad. I det alternativ där ett FTX-system installeras (fall 15) blir årsvinsten väldigt låg. Att värmepumpen och friskluftsventilerna tas bort och att mindre radiatorer installeras kompenserar inte för de höga investerings- och underhållskostnaderna. I fall 16, där värmepumpen tas bort från ursprungshuset, blir årsvinsten negativ jämfört med

fall 1. Det beror på det ökade behovet av energi. Energibesparingen som en installation av en värmepump medför kompenserar alltså för dess installations- och driftskostnad.

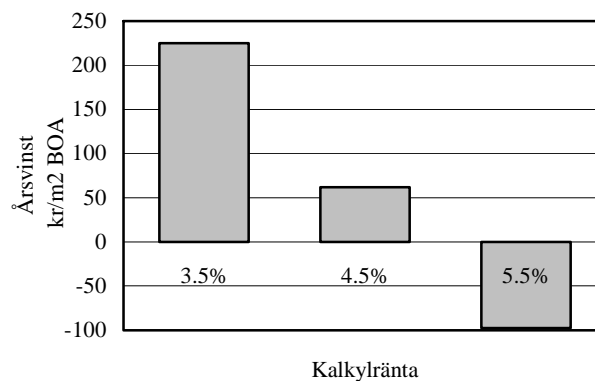
Att öka isoleringstjockleken i ett flerbostadshus är en stor investering som till en viss grad också ger besparing i energianvändning. I denna studie, där ursprungshuset redan har relativt mycket isolering, blir energibesparingen inte så stor vid ytterligare isolering, och därmed är det inte heller ett lönsamt alternativ. Fönster med bättre isolerande förmåga kan tyckas vara en dyr investering, men eftersom energibesparingen blir stor är det i det långa loppet en lönsam affär. Kombinationer av energibesparande lösningar ger i och för sig stora besparingar i drift men är också dyra att investera i. Det är därför viktigt att göra en noggrann analys av fastighetens förväntade energiprestanda och samtliga intäkter och utgifter för att kunna fatta ett så bra beslut som möjligt. I de fall som studeras i detta arbete är produktionskostnaden för installation av flera energibesparande lösningar i kombination för stor i jämförelse med besparingen i driftskostnad.

7.5 Känslighetsanalys i investeringskalkylen

För att kontrollera rimligheten i kalkylresultaten och deras känslighet för felantaganden görs en känslighetsanalys för de faktorer som antas i kalkylen. Precis som vid energisimuleringarna har känslighetsanalysen utförts på ursprungshuset, dvs. fall 2. Resultatet presenteras för varje parameter för sig och diskuteras kontinuerligt. Till skillnad från simuleringarna är de ekonomiska faktorerna inflation, låneränta och förväntad värdetillväxt beroende av varandra, vilket gör att om en av dem ändras kommer de andra troligtvis följa efter. Detta avspeglas dock inte i känslighetsanalysen nedan.

Kalkylränta

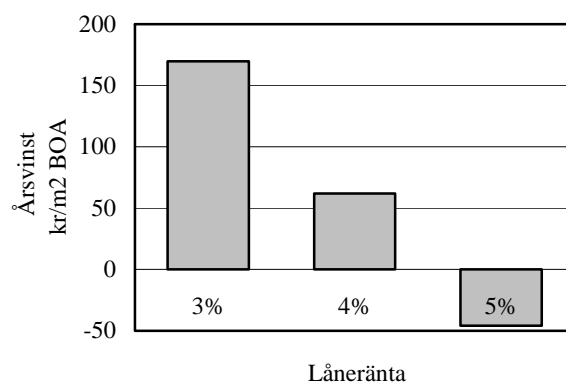
I figur 38 kan ses att kalkylräntan spelar stor roll för värdet på årsvinsten. Det är viktigt att göra en noggrann bedömning av dess värde eftersom det kan vara avgörande för om en investering är lönsam eller inte. I denna studie sätts kalkylräntan till 4,5 %, dvs lite högre än låneräntan som är 4 %.



Figur 38. Variation av kalkylräntan från 3,5 % till 5,5 %. I kalkylen är kalkylräntan 4,5 %.

Låneränta

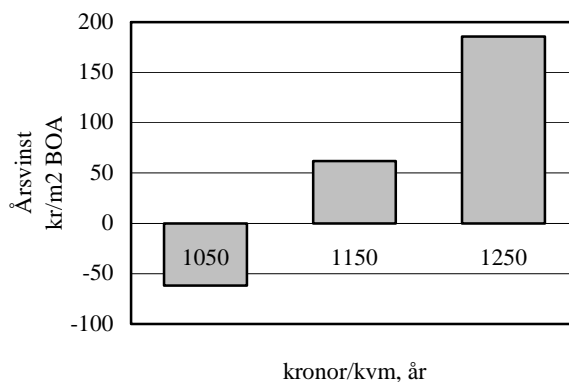
Figur 39 åskådliggör hur årsvinsten varierar i takt med att låneräntan ändras. Storleken på låneräntan har stor inverkan på årsvinsten. En hög låneränta gör att företagets vinst minskar i och med att driftnettot blir lägre.



Figur 39. Variation av låneräntan från 3 % till 5 %. I kalkylen är låneräntan 4 %.

Hyra

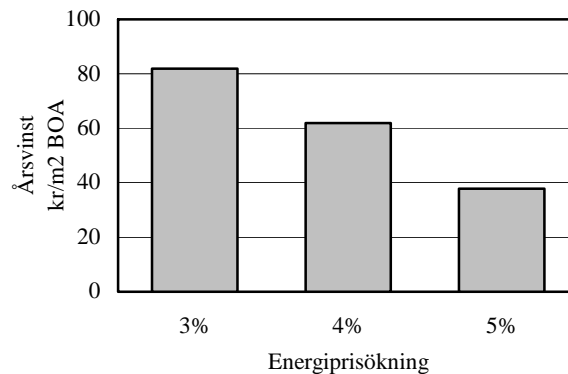
Figur 40 visar hur årsvinsten ändras vid en annan hyressättning. Den nivå som antas i denna studie är rimlig för detta objekt med tanke på läge, lägenhetsstorlek etc. Det kan dock tänkas att fastighetsföretaget väljer att sätta en annan hyra beroende på företagets lönsamhetskrav. Om ett företag får stor vinst kan antingen hyresnivån sänkas, investeringar göras som kommer hyresgästerna tillgodo eller vinstmarginalen ökas. Hyresnivån beror till stor del på byggnadens läge och vilken hyra som råder för övriga hyresfastigheter i området, dvs. bruksvärdessystemet.



Figur 40. Variation av hyresnivån från 1050 kr/m², år till 1250 kr/m²,år. I kalkylen är hyran 1150 kr/mån.

Energiprisökning

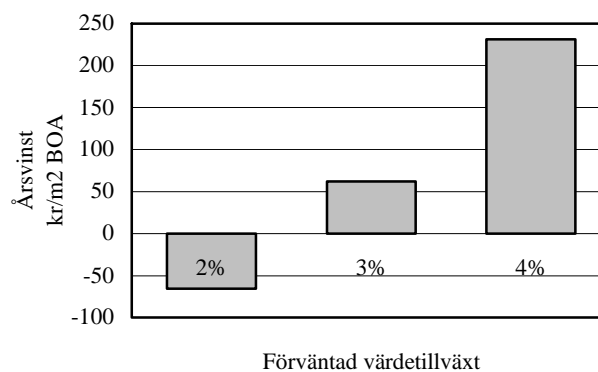
Figur 41 visar hur energiprisutvecklingen påverkar årsvinsten. Den framtida prisutvecklingen är svår att förutsäga eftersom den är beroende av så många faktorer. Dessa är bland annat framtida energipolitiska beslut, oljepriser, eventuell avveckling av kärnkraften mm. Då energipriset är svårt att förutsäga är det klokt att sträva efter att minimera energibehovet, eftersom sårbarheten för energiprishöjningar därmed minskas. Som kan ses i figuren påverkar energipriset driftskostnaden, och därmed årsvinsten, mycket. Ju mer energi huset använder, desto känsligare blir det för en energiprisökning eftersom driften därmed står för en större del av den totala kostnaden. I jämförelse mellan två olika energieffektiva hus blir skillnaden tydligare vid en högre energiprisutveckling.



Figur 41. Variation av energiprisökningen från 3 % till 5 %. I kalkylen är utvecklingen 4 %.

Förväntad värdetillväxt

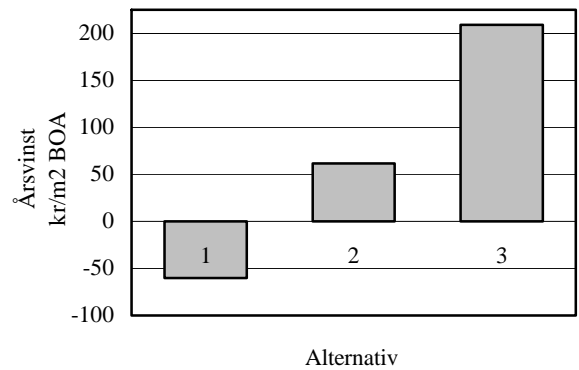
I figur 42 kan ses hur årsvinsten varierar beroende på vilken värdetillväxt fastigheten har. Om prisutvecklingen på bostadsmarknaden stannar av blir tillväxten hos företagets eget kapital inte så stor. Detta får direkt inverkan på årsvinsten. Som läget ser ut på bostadsmarknaden idag råder dock inget tvivel om att byggnadens värde kommer öka. En ökning av låneräntan kan dock leda till att värdetillväxten minskar.



Figur 42. Variation av förväntad värdetillväxt från 2 % till 4 %. I kalkylen är den förväntade värdetillväxten 3 %.

Inflation

Hur stor inverkan inflationen har på årsvinsten visas i figur 43. När denna rapport skrivs har Sverige en låg inflation. Inflationen är dock en osäkerhetsfaktor vid investeringsbedömningar, eftersom det är omöjligt att förutsäga hur stor den kommer vara om några år.



Figur 43. Variation av inflationen enligt följande:

1: Inflationen är konstant 1 %.

2: Inflationen är 1 % de första fem åren, 1,5 % de nästa fem åren och därefter konstant 2 %.

3: Inflationen är 1% de första fem åren, 2 % de nästa fem åren och därefter konstant 3 %.

I kalkylen används alternativ 2.

8. SLUTSATS

I detta kapitel dras slutsatser från de resultat som presenterats och analyserats i föregående kapitel.

Denna studie visar att det genom att ta bort schablonvärdena för driftskostnad i investeringskalkylen blir möjligt att visa att energieffektiva komponenter är ekonomiskt konkurrenskraftiga. Metoden som prövats är alltså användbar för detta ändamål och kan sammanfattas enligt följande:

- Identifiera betydande energiaspekter
- Bestäm vilka förändringar av huset som ska prövas
- Utför energisimuleringar för förändringarna var för sig och i kombination
- Räkna om energibehovet till driftskostnad
- Beräkna ny produktionskostnad
- Sätt in driftskostnad och produktionskostnad i årsvinstkalkyl
- Gör en investeringsbedömning

I studien har en rad förändringar av ursprungshuset simulerats. Beroende på vilken parameter fokus ligger på framträder olika alternativ som det mest fördelaktiga. Om huvudsaken är maximal energibesparing är en kombination av lättballastbetongfasad, extra isolering och fönster med U-värde $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ bäst. Lägst produktionskostnad erhålls då värmepumpen plockas bort från ursprungshuset. Om driftskostnaden ska vara så låg som möjligt är individuell mätning av varmvatten och uppvärmning att rekommendera. Så är också fallet om en hög årsvinst är det viktigaste. För att kunna dra en slutsats om vilket alternativ som är fördelaktigast är det med andra ord viktigt att först besluta vilken parameter som har störst betydelse.

Eftersom denna studie vill visa ekonomisk lönsamhet är årsvinsten det avgörande. Således är individuell mätning den förändring av ursprungshuset som rekommenderas. Även byte av fönster till nya med U-värde på såväl $1,0$ som $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ ger en positiv förändring av årsvinsten jämfört med referenshuset såväl som ursprungshuset. Det är dock viktigt att poängtera att rekommendationen gäller det hus och de förutsättningar som utgåtts från i den här studien. Andra energibesparande åtgärder, som inte testats, kan mycket väl visa sig vara lönsammare. Detta gäller även andra husutformningar, klimatskalsval etc.

9. DISKUSSION

I detta kapitel förs en vidare diskussion om de resultat som studien gett upphov till.

För det hus som används som utgångspunkt i denna studie lönar det sig inte att installera FTX-ventilation. Detta beror på att verkningsgraden på den tänkta värmepumpens värmefaktor är så mycket lägre än den befintliga värmepumpens värmefaktor. Installation av FTX-ventilation ger dock upphov till vissa mervärden som är svåra att räkna om i pengar. När klimatskalet förbättras behöver mindre värme tillföras genom radiatorerna. Detta innebär att den tilluft som kommer in uppvärmd bakom radiatorerna inte blir lika uppvärmd. De boende kan uppleva drag kring fönstren, vilket kan leda till att de höjer inomhustemperaturen eller undviker att vistas nära fönstren, vilket i praktiken minskar den använda boytan. Med FTX-ventilation förvärms tilluften, vilket gör att draget försvinner. Denna komforthöjning är svår att mäta i pengar, men bör ändå tas i åtanke då ventilationssystem väljs, åtminstone om den ekonomiska skillnaden mellan alternativen är marginell.

För att energieffektiva hus ska börja byggas i större omfattning krävs att marknaden börjar intressera sig mer för energieffektivitet och kräver att utvecklingen av energieffektiva alternativ tar fart. Ett steg i rätt riktning är att påvisa att energieffektiva lösningar lönar sig ekonomiskt. Vartefter nya produkter kommer ut på marknaden och priserna på befintliga produkter går ner, kommer förhållandena ändras så att fler energieffektiva alternativ lönar sig. Denna utveckling kommer gå fortare ju snabbare energipriserna går upp, eftersom driftskostnaden då står för en större del av husets totala livscykelkostnad.

Vid investeringar är det viktigt att inte bara titta på varans pris. De kostnader som uppkommer under produktens livstid, dvs. drifts- och underhållskostnader, är minst lika viktiga. En vara eller ett material som har ett lågt pris kan vara dyr i drift. Som visats i denna studie är det viktigt att titta på helheten för att kunna fatta ett riktigt beslut vid investering. Produktionskostnaden måste vägas mot drifts- och underhållskostnaden över en längre tid. Bedömningen är svår att göra eftersom det är så många ekonomiska faktorer som är okända och oförutsägbara, men om inte en analys av den totala livscykelkostnaden görs kommer valet av material att bero mer på varans pris än på vad den totala kostnaden blir, vilket inte är ekonomiskt försvarbart.

Ett genomgående problem när det gäller energieffektiva hus är att vinsten till stor del är samhällsekonomisk. Behållningen tillfaller alla kollektivt genom att ett mindre energibehov ger upphov till renare luft, minskat oljeberoende, mindre behov att exploatera naturen för energiutvinning etc. För att byggherrar, bostadsköpare och marknad ska ta sitt ansvar och påskynda utvecklingen mot ett hållbart samhälle krävs att alla parter inser att det även finns en för dem mer specifik förtjänst med energieffektivt byggande. Dessa fördelar är bland annat att byggherren kan skaffa sig marknadsfördelar genom att profilera sig som ett miljövänligt företag. Fastighetsägaren kan minska sina

Investeringskalkyl baserad på ett flerbostadshus energiprestanda

omkostnader genom att kostnaden för drift och underhåll minskar för ett hus som är genomtänkt och noga uppfört. De boende kan minska sina löpande kostnader genom att energikostnaden blir mindre och dessutom minska sin sårbarhet för energiprisökningar. Eftersom alla led kan vinna på att energieffektiva hus byggs, borde inga hinder stå i vägen för att marknaden nu tar fart och framtidens bostäder blir betydligt energisnålare än dagens hus.

10. FORTSATT ARBETE

I detta kapitel föreslås möjliga fortsättningar på och utvecklingar av den studie som utförts. Kapitlet är tänkt att fungera som en idébank för dem som eventuellt är intresserade av att fortsätta med denna typ av arbete.

Eftersom denna studie utgått från ett faktiskt byggprojekt har många parametrar varit låsta redan från början. Det har till exempel inte varit möjligt att titta på andra typer av ytterväggar, annan husform eller annan andel fönster. Detta har gjort att resultaten har begränsad applicerbarhet på andra byggprojekt. För att få ett generellare resultat hade det varit intressant att utföra en liknande studie på ett hus som inte har lika många parametrar låsta. Därmed skulle simuleringar och kalkyler kunna göras för alla upptänkliga förändringar av huset för att se vilket inflytande de har på dess energibehov. Därefter kan det fastslås vilka parametrar som har störst inverkan på husets energianvändning, och dessa kan studeras närmare. I denna studie har till exempel inga försök gjorts att få huset att bli så energieffektivt att det fungerar som ett passivhus. Om husets klimatskal utformas så att inget konventionellt uppvärmningssystem behövs försvinner dock en stor byggkostnad. Effekten av en sådan, mer omfattande förändring av husets uppförande hade varit intressant att studera närmare.

Som har visats i känslighetsanalyserna av energisimuleringar och kalkyler är resultatet beroende av en rad antaganden. Resultatet är även av den anledningen inte direkt applicerbart på ett annat hus, eftersom formfaktorer, uppförande, prislägen och så vidare varierar för varje fall och över tiden. Tanken med denna studie var att utarbeta en metod för att få fram verkligare siffror på energianvändningen för att på så sätt kunna få bort en schablon ur framtida beräkningar. För att resultatet ska kunna appliceras fritt på vilket byggobjekt som helst krävs dock att arbetssättet generaliseras mer. Det hade varit lämpligt att utarbeta en mall för såväl energisimuleringar som investeringskalkyler, i vilka rimliga grundantaganden är gjorda. I mallen skulle det sedan vara lätt att gå in och ändra de faktorer som är specifika och annorlunda för det aktuella projektet. På så sätt skulle den intresserade snabbt kunna få en indikation om en eventuell förändring av en byggdetalj skulle ge utdelning vid olika ränta, avkastningskrav eller dylikt.

I denna studie har fokus legat på minskning av uppvärmningsbehovet. Metoden kan dock appliceras på såväl hushållsel, varmvatten, fastighetsel osv. Därmed skulle det totala energibehovet för en byggnad kunna minimeras på ekonomiskt fördelaktigast sätt.

Som uppföljning till denna studie borde mätningar göras i huset när det är byggt och de boende har flyttat in. Det hade varit intressant att dels mäta antagna fysiska värden, såsom husets täthet, ventilationens luftomsättning, värmepumpens värmefaktor etc, såväl som inomhustemperatur och de boendes energi- och varmvattenanvändning. Därmed skulle de resultat som här presenterats kunna jämföras med faktiska värden. Detta hade kunnat leda till att framtida antaganden blir mer verklighetstroga, och

Investeringskalkyl baserad på ett flerbostadshus energiprestanda

därmed skulle denna typ av studier kunna få mer tyngd i beslutsprocessen så att energieffektivitet blir en självklar aspekt att ta hänsyn till när nybyggen planeras och projekteras.

11. REFERENSER

11.1 Tryckta källor

Adamson, Bo, Hidemark, Bengt m.fl. *Sol, energi, form. Utformning av lågenergihus*. Byggforskningsrådet. Spångbergs tryckerier AB, Stockholm 1986.

Aldoson, Jan.. *Fastighetsförvaltning - Fastighetsekonomi*. Kurspärm. Avdelningen för Byggnadsekonomi. Lunds Tekniska Högskola 2002.

Anger, Ylva och Ohlsson, Håkan. *Sänkta boendekostnader genom energieffektivisering. Balans mellan livscykel- och investeringskostnader i nyproducerade flerbostadshus*. Examensarbete, avdelningen för installationsteknik, Lunds Tekniska Högskola 2004. Rapport TVIT-5002.

Bejrums, Håkan, Hanson, Rune och Johnson, Bertil G. *Det levande husets ekonomi. Livscykeleconomiska perspektiv på drift och förnyelse*. Byggeforskningsrådet, Stockholm 1996. ISBN 91-540-5737-X.

Bejrums, Håkan. *Livscykeleconomiska kalkyler för byggnader och fastigheter*. Institutionen för Fastighetsekonomi, Sektionen Lantmäteri, Tekniska Högskolan i Stockholm i samarbete med Byggeforskningsrådet. ISSN 0347-1357.

Boström, Tobias, Glad, Viktoria, Isaksson, Charlotta, Karlsson, Fredrik, Persson, Mari-Louise och Werner, Anna. *Tvårvetenskaplig analys av lågenergihusen i Lindås Park, Göteborg*. Arbetsnotat Nr 25, februari 2003. ISSN 1403-8307.

Boverket. *Boverkets byggregler, BBR*. Upplaga 4:1. September 2002. Elanders Gotab, Vällingby. ISBN: 91-7147-718-7.

Boverket, Statens Energimyndighet och Naturvårdsverket. *Effektivare energi i bostäder. En antologi om framtidens styrmedel*. Multitryck i Eskilstuna AB 2002. EB: 3:2002.

Bülow-Hübe, Helena. Föreläsningmaterial från kursen *Utformning av energieffektiva byggnader*. Avdelningen för Energi och Byggnadsdesign, Lunds Tekniska Högskola 2004.

Eriksson, Gunnar. *Berättelsen om ett energiekonomiskt småhus. Ett systemtänkande baserat på enkla lösningar*. Statens råd för byggeforskning, 1991. ISBN 91-540-5365-X.

Hagengran, Per och Stenberg, Karl. *Orsaker till differanser mellan beräknad och faktisk energianvändning i nyproducerade flerbostadshus*. Examensarbete i byggnadsteknik, No. 349. KTH 2005.

Hiller, Carolina. *Sustainable Energy Use in Houses. Will the Energy Use Increase with Time? Study of Literature and Computer Estimations*. Avdelningen för byggnadsfysik, Lunds Tekniska Högskola. Rapport TVBH-3041, Lund 2003. ISBN 91-88722-26-0.

Häggbom, Sune. Hjälpfunktionen i simuleringsprogrammet VIP+.

Johansson, Karl-Edward. *Driftsäkerhet och underhåll*. Studentlitteratur, Lund 1997. Andra upplagan. ISBN 91-44-39111-0.

Kungliga ingenjörsvetenskapsakademien, IVA. *Energianvändning i bebyggelsen. En faktarapport inom IVA-projektet energiframsyn Sverige i Europa*. Multitryck, Eskilstuna, 2004.

Magnusson, Mia och Nilsson, Markus. *Fönstermanualen - ett beslutsunderlag vid fönsterinvestering*. Examensarbete, Avdelningen för byggnadsekonomi, Lunds Tekniska Högskola. KFS i Lund AB, Lund 2004.

Mattsson, Bo och Söderberg, Jan. *Årskostnader. Att kalkylera ett byggprojekts årliga förvaltningskostnader*. Graphic Systems AB, Göteborg 1984.

Mozaffari, Mani och Möller, Peter. *Analys av underhållskostnaden för flerbostadshus - en fallstudie*. Examensarbete, avdelningen för Byggnadsekonomi, Lunds Tekniska Högskola. 2005.

Nilsson, Annika. *Energianvändning i nybyggda flerbostadshus på Bo01-området i Malmö*. Avdelningen för byggnadsfysik, Lunds Tekniska Högskola 2003. Rapport TVBH-3045.

Olsson, Jan och Skärvad, Per-Hugo. *Företagsekonomi 99. Faktabok*. Liber Ekonomi. Daleke Grafiska AB, Malmö 2000. ISBN 91-47-04392-X.

REPAB. *Årskostnader Bostäder 2005. Nyckeltal för kostnader och förbrukningar*. Grafikerna Livréna i Kungälv AB. ISSN 1404-6377.

Sandin, Kenneth. *Värme och fukt*. Kompendium i byggnadsfysik. Lund 1996.

Senning, Eva-Marie. *Kostnadssamband och kostnadsstyrning inom fastighetsförvaltning*. Minab/Gotab, Stockholm 1985. ISBN 91-7146-455-7.

Statens Energimyndighet. *Energideklarering av byggnader. För effektivare energi-användning. Betänkande av Utredningen om byggnaders energiprestanda*. Stockholm, 2004. SOU 2004:109.

Statens Energimyndighet. *Energiläget 2003*. Multitryck, Eskilstuna AB, Eskilstuna 2003. ET 20:2003.

Statens Energimyndighet. *Minska energikostnaderna i ditt hus*. Alfa Print, Sundbyberg 2001. ET 19:2001.

Statens Energimyndighet. *Nya fönster - spar energi och pengar*. EO Print, Stockholm 2004. ET 6:2004.

Structural Design Software. *VIP+*. Manual till *VIP+*. Malmö, 2003.

Warfvinge, Catarina. *Installationsteknik AK för V*. Lunds Tekniska Högskola. Lund 1998.

Warfvinge, Catarina. *Jöns Ols i Lund - energisnålt och lönsamt flerfamiljshus med konventionell teknik*. Konsultuppdrag Pnr 12809-1 Statens Energimyndighet. Lund, 2005.

11.2 Elektroniska källor

Adalberth, Karin. *Energy Use and Environmental Impact of New Residential Buildings*. http://theses.lub.lu.se/postgrad/search.tkl?field_query1=pubid&query1=tec_343&recordformat=display Hämtad 2005-01-31.

Armatyr & elservice. *Höga elräkningar - vad är det som drar ström?* <http://www.aeservice.nu/elspar/happforb.htm> Hämtad 2005-02-08.

Avgiftsgruppen. *Fastigheten Nils Holgerssons underbara resa genom Sverige. En avgiftsstudie för år 2004*. <http://www.nilsholgersson.nu/> Hämtad 2005-03-18.

Bergsten, Bengt. *Energiberäkningsprogram för byggnader – en jämförelse utifrån funktions- och användaraspekter*. http://www.effektiv.org/pdf_filer/Rapport%202001-03.pdf Hämtad 2005-01-26.

Berndtsson, Lennart. *Individuell värmemätning i svenska flerbostadshus - en lägesrapport*. [http://www.stem.se/WEB%5CSTEMFe01.nsf/V_Media00/AA58D5654EF79416C1256E0500434CDD/\\$file/Slutrapport.pdf](http://www.stem.se/WEB%5CSTEMFe01.nsf/V_Media00/AA58D5654EF79416C1256E0500434CDD/$file/Slutrapport.pdf) Hämtad 2005-03-16.

Boverket. <http://www.boverket.se> Hämtad 2005-04-12.

Boverket. *Information om investeringsbidrag för byggande av hyresbostäder*. <http://www.boverket.se/novo/filelib/arkiv08/1154.pdf> Hämtad 2005-04-11.

Boverket. *Information om investeringsstimulans till mindre hyresbostäder och studentbostäder*. <http://www.boverket.se/novo/filelib/arkiv08/1155.pdf> Hämtad 2005-04-12.

Investeringskalkyl baserad på ett flerbostadshus energiprestanda

Boverket. *Information om räntebidrag till nybyggnad av hyres- och bostadsrättshus.* <http://www.boverket.se/novo/filelib/arkiv08/1125.pdf> Hämtad 2005-04-11.

Elitfönster. *Våra produkter.* http://www.elitfonster.se/ark_produkter.html Hämtad 2005-03-11.

Energirådgivningen. *Uppvärmning vid ny- och ombyggnad.* http://www.energiradgivningen.se/faktablad/Faktablad_Uppv%E4rmn_vid_nybyggn_d ec04.pdf Hämtad 2005-03-02.

Hansson, Bengt och Olander, Stefan. *Begrepp vid bygg- och fastighetsutveckling.* <http://www.bekon.lth.se/swedish/education/Litterature/Begrepp> Hämtad 2005-02-09.

Jonsson, Bertil. *Utvändig kondens.* Föredrag vid temadagen Fönster i fokus 13 november 2002. http://www.sp.se/energy/sv/teknikomraden/Fonster-dorrrar/kondens_fonster.htm Hämtad 2005-03-09.

Passivhaus Institut. *What is a passive house?* <http://www.passiv.de/> Hämtad 2005-02-21.

Regeringen. *Precisering av Riksdagens miljömål - Effektivare energianvändning. Utveckling av Effektivare energianvändning. Förslag till marknadsbaserade åtgärder. Ds 2001:60.* <http://www.regeringen.se/content/1/c4/18/37/6df546c5.pdf> Hämtad 2005-02-07.

Resurseffektiva byggnader. Kunskap och information om "hus utanvärmesystem" och andra resurseffektiva bostäder. http://www.husutanvarmesystem.se/intelligens/kund/sida.asp?site_id=1&sida=2 Hämtad 2005-02-01.

Riksbanken. *Inflation/KPI.* <http://www.riksbanken.se> Hämtad 2005-04-12.

Skatteverket. <http://www.skatteverket.se> Hämtad 2005-05-02.

Skatteverket. *Beräkna taxeringsvärde - hyreshus 2004 - 2006.* <http://www.skatteverket.se> Hämtad 2005-04-21.

Skatteverket. *Fastighetsskatt inkomståret 2004 och framåt.* Broschyr SKV 296. <http://www.skatteverket.se> Hämtad 2005-04-11.

Statens Energimyndighet. *Energiläget i siffror 2003.* Tabellbilaga Excel. <http://www.stem.se/web/biblshop.nsf/frameset.main?ReadForm&Doc=> Hämtad 2005-01-31.

Statens Energimyndighet. *Fönster*.

http://www.stem.se/WEB/STEMEx01Swe.nsf/F_PreGen01?ReadForm&MenuSelect=C5EE5CA9CFDB36F1C1256DAD00246A88&WT=Energikonsument.Energi%20i%20huset.Fönster Hämtad 2005-02-28.

Statens Energimyndighet. *Minska energikostnaderna i ditt hus*.

[http://www.stem.se/web/biblshop.nsf/FilAtkomst/Energinotan.pdf/\\$FILE/Energinotan.pdf](http://www.stem.se/web/biblshop.nsf/FilAtkomst/Energinotan.pdf/$FILE/Energinotan.pdf) Hämtad 2005-02-03.

Statens Energimyndighet. *Värme i villan*.

[http://www.stem.se/web/biblshop.nsf/FilAtkomst/ET172002.pdf/\\$FILE/ET172002.pdf?OpenElement](http://www.stem.se/web/biblshop.nsf/FilAtkomst/ET172002.pdf/$FILE/ET172002.pdf?OpenElement) Hämtad 2005-02-03.

Statistiska Centralbyrån. *Energistatistik för flerbostadshus 2002*. EN16 SM 0303.

http://www.scb.se/templates/Publikation____62244.asp Hämtad 2005-02-08.

Statistiska Centralbyrån. *Priser på el för hushållskunder*.

http://www.scb.se/templates/tableOrChart____53602.asp Hämtad 2005-01-31.

11.3 Muntliga källor

Almgren, Anders. Skanska Teknik. Personlig kommunikation våren 2005.

Andersson, Lennart. Skanska Teknik. Personlig kommunikation våren 2005.

Eek, Hans. IVL. Personlig kommunikation 2005-02-17.

Fritzon, Mikael. Skanska Teknik. Personlig kommunikation 2005-04-01.

Hansson, Bengt. Avdelningen för Byggnadsekonomi, Lunds Tekniska Högskola. Personlig kommunikation 2005-04-06.

Härneteg, Ulla. Örebro Tekniska Förvaltning. Personlig kommunikation 2005-03-30.

Jonsson, Carl. Skanska Teknik. Personlig kommunikation våren 2005.

Jonsson, Joakim. Prolog. Personlig kommunikation våren 2005.

Jönsson, Bertil. Skanska Teknik. Personlig kommunikation våren 2005.

Jönsson, Ulf. IV Produkt AB. Personlig kommunikation 2005-03-18.

Kacanikliev, Ljubco. Skanska Sverige AB. Personlig kommunikation 2005-04-20.

Svensson, Yvonne. Boverket. Personlig kommunikation 2005-04-06.

Wall, Maria. Avdelningen för Energi och ByggnadsDesign, Lunds Tekniska Högskola. Personlig kommunikation 2005-06-02.

11.4 Företagsinterna källor

Jonsson, Carl. OH-presentation. Skanska Teknik, september 2004.

Skanska. *Kalkylsammanställning*. Intern rapport.

Skanska Sverige AB. *Produktionsresultat och byggdelsbeskrivning. Bostadsbyggare No 1*. Utkast 2004-06-29.

12. BILAGA - RESULTAT FRÅN VIP+

Nedan presenteras den utskrift av resultat som en simulering i VIP+ ger upphov till. De presenterade siffrorna gäller för ursprungshuset.

Skanska Teknik AB

Sida1(5)

Huset

2. Ursprungshuset

Signatur: Johanna

VIP+ Ver 2.0.4

Strusoft

Datum: 2005-03-29

KOMMENTARER

INDATA

Allmänt

Beräkningsdatum: 2005-04-28 Tid: 13:45:29
 Beräkningsperiod - Dag: 1 - 365
 Klimatdata: KARLSTAD_77
 Byggnadens läge: NÄGOT SKYDDAT
 Markreflektion: 0.20
 Vindreduktion: 0.65
 Horisontvinkel mot markplan: 30 °
 "Söderfasadens" vinkel mot söder: -12 °
 Verksamhetstyp: Bostad
 Antal lägenheter: 32
 Skalfaktor ventilation: 6190 m³
 Uppvärmd bruksarea enl SS021052: 2476 m²

Aktuellt Hus

Byggdeltstyper - Katalog:

Byggdeltstyp	Material	Skikt- tjocklek	Värme- lednings- tal	Densitet	Värme- kapacitet	U-värde	Delta- U-värde
		m	W/m ² °C	kg/m ³	J/kg°C	W/m ² °C	W/m ² °C
vägg	BETONG	0.070	1.700	2300	800	0.180	0.036
	CELLPLAST38	0.200	0.038	25	1400		
	BETONG	0.150	1.700	2300	800		
platta inre	MARK3,6	1.000	0.278	1800	800	0.153	0.000
	CELLPLAST38	0.100	0.038	25	1400		
	BETONG	0.200	1.700	2300	800		
köldbrygga fönst	BETONG	0.070	1.700	2300	800	0.841	0.000
	CELLPLAST38	0.030	0.038	25	1400		
	BETONG	0.320	1.700	2300	800		
vindsbjälklag	LÖSULL2	0.450	0.042	50	750	0.091	0.000
	BETONG	0.150	1.700	2300	800		
vindstak	TRÄ-14	0.028	0.140	500	2300	0.249	0.000
	träregeltak	0.170	0.047	50	840		
	GIPS	0.013	0.250	900	1100		
platta mellan	MARK4,6	1.000	0.217	1800	800	0.133	0.000
	CELLPLAST38	0.100	0.038	25	1400		
	BETONG	0.200	1.700	2300	800		
platta yttre	MARK1,2	1.000	0.833	1800	800	0.243	0.000
	CELLPLAST38	0.100	0.038	25	1400		
	BETONG	0.200	1.700	2300	800		
vindsvägg	GIPS	0.013	0.250	900	1100	0.329	0.000
	träregelvägg	0.145	0.052	50	840		
	GIPS	0.013	0.250	900	1100		
bjälklag	BETONG	0.265	1.700	2300	800	3.069	0.000
entreväggar	GIPS	0.013	0.250	900	1100	0.268	0.000
	GIPS	0.013	0.250	900	1100		
	träregelinner	0.070	0.044	50	840		
	LUFT-30MM	0.039	0.200	1	1200		
	träregelinner	0.070	0.044	50	840		
	GIPS	0.013	0.250	900	1100		
	plåt	0.001	20.000	7800	460		
GIPS	0.013	0.250	900	1100			
Ighskiljande vä	BETONG	0.200	1.700	2300	800	3.476	0.000

Investeringskalkyl baserad på ett flerbostadshus energiprestanda

Skanska Teknik AB

Sida2(5)

Huset

VIP+ Ver 2.0.4

2. Ursprungshuset

Strusoft

Signatur: Johanna

Datum: 2005-03-29

Byggdeltyp	Material	Skikt- tjocklek m	Värme- lednings- tal W/m°C	Densitet kg/m³	Värme- kapacitet J/kg°C	U-värde W/m²°C	Delta- U-värde W/m²°C
innerväggar	GIPS	0.013	0.250	900	1100	0.538	0.000
	träregelinner	0.070	0.044	50	840		
	GIPS	0.013	0.250	900	1100		
trappor	BETONG	0.200	1.700	2300	800	3.476	0.000

Byggnadsdelar - Väggar, bjälklag

Benämning	Byggdeltyp	Orientering	Area m²	Sol- absorb- tion	Form- faktor vind	---Nivåer---		Luftläckage q50 50Pa m³/m²h	Mot- temp °C
						Lägsta m	Högsta m		
vägg norr	vägg	NORR	265.5	0.70	-0.6	0.0	2.5	3.00	0.65
vägg söder	vägg	SÖDER	232.9	0.70	-0.6	0.0	2.5	3.00	0.65
vägg öster	vägg	ÖSTER	226.1	0.70	-0.5	0.0	2.5	3.00	0.65
vägg väster	vägg	VÄSTER	234.9	0.70	0.7	0.0	2.5	3.00	0.65
köldbrygga norr	köldbrygga fön	NORR	19.4	0.70	-0.6	0.6	1.6	3.00	0.65
köldbrygga söde	köldbrygga fön	SÖDER	26.0	0.70	-0.6	0.6	1.6	3.00	0.65
köldbrygga väst	köldbrygga fön	VÄSTER	25.6	0.70	0.7	0.6	1.6	3.00	0.65
köldbrygga öste	köldbrygga fön	ÖSTER	27.4	0.70	-0.5	0.6	1.6	3.00	0.65
platta inre	platta inre	JORD	222.0	0.70	0.0	0.0	0.0	3.00	0.65
platta mellan	platta mellan	JORD	36.0	0.70	0.0	0.0	0.0	3.00	0.65
platta yttre	platta yttre	JORD	68.0	0.70	0.0	0.0	0.0	3.00	0.65
vindsbjälklag	vindsbjälklag	TAK	283.0	0.70	0.0	2.5	2.5	3.00	0.65
vindstak	vindstak	TAK	43.0	0.70	0.0	4.5	4.5	3.00	0.65
vindsvägg	vindsvägg	TAK	85.0	0.70	0.0	2.5	4.5	3.00	0.65
bjälklag	bjälklag	INNER	4438.0						
entrevägg	entreväggar	INNER	78.0						
Ighskiljande	Ighskiljande vä	INNER	1865.0						
innerväggar	innerväggar	INNER	3512.0						
trappor	trappor	INNER	67.2						

Byggnadsdelar - Fönster dörrar ventiler

Benämning	Byggdeltyp	Orien- tering	Area m²	Glas- andel %	Skuggfaktor F1 %	F2 %	U-värde W/m²°C	Form- faktor vind	-Nivåer-		Luftläckage q50 50Pa m³/m²h	Expo- nent
									Lägst m	Högst m		
fönster norr	Fönster elit	NORR	76.7	68	77	60	1.30	-0.6	0.6	1.6	3.00	0.65
fönster söder	Fönster elit	SÖDER	102.9	68	77	60	1.30	-0.6	0.6	1.6	3.00	0.65
fönster väster	Fönster elit	VÄSTER	101.4	68	77	60	1.30	0.7	0.6	1.6	3.00	0.65
fönster öster	Fönster elit	ÖSTER	108.3	68	77	60	1.30	-0.5	0.6	1.6	3.00	0.65
ventil norr	ventil	NORR	40.0	0	0	0	0.00	-0.6	0.0	0.1	65.00	0.50
ventil söder	ventil	SÖDER	24.0	0	0	0	0.00	-0.6	0.0	0.1	65.00	0.50
ventil väster	ventil	VÄSTER	8.0	0	0	0	0.00	0.7	0.0	0.1	65.00	0.50
ventil öster	ventil	ÖSTER	24.0	0	0	0	0.00	-0.5	0.0	0.0	65.00	0.50

Driftdata

Driftfalls- benämning	Vecko- dagar	Dag- nummer	Tid	Tilluft oms/h	Frånluft oms/h	Process- energi W/m²	Person- värme W/m²	Maxtemp °C	Mintemp °C
Ursprungshuset	MÅND-SÖND	1-365	0-24	0.00	0.46	3.00	1.50	26.00	20.00

Skanska Teknik AB

Sida3(5)

Huset

VIP+ Ver 2.0.4

2. Ursprungshuset

Strusoft

Signatur: Johanna

Datum: 2005-03-29

Installationer:

	Tryckhöjning Pa	Verkningsgrad %	
Tilluftsfläkt	1	100.00	
Frånluftsfläkt	300	70.00	
Värmepump Kondensoreffekt	20000	W	
Värmepump Värmefaktor	3.00		
Värmepumpsenergi till uppvärmning av rum			
Värmeväxlare Energiverkningsgrad	0	%	
Krav på energisparåtgärder enligt BBR kap 9:3			
Lägsta tilluftstemperatur	10.00		

Energiförbrukning för tappvarmvatten

Energiförbrukning per lägenhetsarea 2.05 W/m²

Energiförbrukning per lägenhet 205.0 W/gh

Värmeåtervinning från spillvatten till tappvarmvatten

Verkningsgrad 0.00 %

Referenshus

Byggdeltyp - Katalog

Byggdeltyp	Material	Skikt- tjocklek m	Värme- lednings- tal W/m ² C	Densitet kg/m ³	Värme- kapacitet J/kg°C	U-värde W/m ² C	Delta- U-värde W/m ² C
Referens	Yttre skikt	0.001	10.000	900	100000	0.248	0.0
	Mellanskikt	0.154	0.040	0	100		
	Inre skikt	0.001	10.000	900	100000		

Byggnadsdelar - Väggar, bjälklag

Benämning	Byggdeltyp	Orientering	Area m ²	Sol- absorb- tion	Form- faktor vind	---Nivåer---		Luftläckage q50 50Pa expo- nent m ³ /m ² h	Mot- temp °C
						Lägsta m	Högsta m		
vägg norr	Referens	NORR	265.5	0.70	-0.6	0.0	2.5	2.88	0.65
vägg söder	Referens	SÖDER	232.9	0.70	-0.6	0.0	2.5	2.88	0.65
vägg öster	Referens	ÖSTER	226.1	0.70	-0.5	0.0	2.5	2.88	0.65
vägg väster	Referens	VÄSTER	234.9	0.70	0.7	0.0	2.5	2.88	0.65
köldbrygga norr	Referens	NORR	19.4	0.70	-0.6	0.6	1.6	2.88	0.65
köldbrygga söder	Referens	SÖDER	26.0	0.70	-0.6	0.6	1.6	2.88	0.65
köldbrygga väst	Referens	VÄSTER	25.6	0.70	0.7	0.6	1.6	2.88	0.65
köldbrygga öster	Referens	ÖSTER	27.4	0.70	-0.5	0.6	1.6	2.88	0.65
platta inre	Referens	JORD	222.0	0.70	-0.5	0.0	0.0	2.88	0.65
platta mellan	Referens	JORD	36.0	0.70	-0.5	0.0	0.0	2.88	0.65
platta yttre	Referens	JORD	68.0	0.70	-0.5	0.0	0.0	2.88	0.65
vindsbjälklag	Referens	TAK	283.0	0.70	0.0	2.5	2.5	2.88	0.65
vindstak	Referens	TAK	43.0	0.70	0.0	4.5	4.5	2.88	0.65
vindsvägg	Referens	TAK	85.0	0.70	0.0	2.5	4.5	2.88	0.65
bjälklag	Referens	INNER	4438.0						
entrevägg	Referens	INNER	78.0						
Ighskiljande	Referens	INNER	1865.0						
innerväggar	Referens	INNER	3512.0						
trappor	Referens	INNER	67.2						

Skanska Teknik AB

Sida4(5)

Huset

VIP+ Ver 2.0.4

2. Ursprungshuset

Strusoft

Signatur: Johanna

Datum: 2005-03-29

Byggnadsdelar - Fönster dörrar ventiler:

Benämning	Byggdeltyp	Orientering	Area m ²	Glasandel %	Skuggfaktor		U-värde W/m ² C	Formfaktor vind	-Nivåer-		Luftläckage	
					F1 %	F2 %			Lägst m	Högst m	q50 50Pa m ³ /m ² h	Exponent
fönster norr	Fönster elit	NORR	76.7	68	77	60	1.30	-0.6	0.6	1.6	2.88	0.65
fönster söder	Fönster elit	SÖDER	102.9	68	77	60	1.30	-0.6	0.6	1.6	2.88	0.65
fönster väster	Fönster elit	VÄSTER	101.4	68	77	60	1.30	0.7	0.6	1.6	2.88	0.65
fönster öster	Fönster elit	ÖSTER	108.3	68	77	60	1.30	-0.5	0.6	1.6	2.88	0.65
ventil norr	ventil	NORR	40.0	0	0	0	0.00	-0.6	0.0	0.1	0.00	0.50
ventil söder	ventil	SÖDER	24.0	0	0	0	0.00	-0.6	0.0	0.1	0.00	0.50
ventil väster	ventil	VÄSTER	8.0	0	0	0	0.00	0.7	0.0	0.1	0.00	0.50
ventil öster	ventil	ÖSTER	24.0	0	0	0	0.00	-0.5	0.0	0.0	0.00	0.50

Driftdata

Driftfallsbenämning	Veckodagar	Dagnummer	Tid	Tilluft oms/h	Frånluft oms/h	Processenergi W/m ²	Personvärme W/m ²	Maxtemp °C	Mintemp °C
	MÅND-SÖND	1-365	0-24	0.46	0.46	5.73	1.00	26.00	20.00

Installationer:

	Tryckhöjning Pa	Verkningsgrad %
Tilluftsläkt	1	0.00
Frånluftsläkt	300	0.00
Värmepump Kondensoreffekt	0	W
Värmepump Värmefaktor	0.00	
Värmeväxlare Energiverkningsgrad	50	%
Krav på energisparåtgärder enligt BBR kap 9:3		
Lägsta tilluftstemperatur	10.00	

Energiförbrukning för tappvarmvatten
 Energiförbrukning per lägenhetsarea 2.05 W/m²
 Energiförbrukning per lägenhet 205.0 W/gh
 Värmeåtervinning från spillvatten till tappvarmvatten
 Verkningsgrad: 0.00 %

RESULTAT

Aktuellt Hus

Period	Avgiven energi kWh				Kylning	Tillförd energi kWh		Process Person	Uppvärmning
	Transmission	Luftläckning	Ventilation	Varmvatten		Solenergi	Återvinning		
Månad 1	15717	120	16210	8657	0	251	9918	8290	22031
Månad 2	15575	122	16044	7819	0	558	8960	7487	22630
Månad 3	13114	42	13822	8657	0	1307	9596	8290	16508
Månad 4	10969	111	12202	8378	0	4860	6351	8022	12696
Månad 5	6903	10	8994	8657	576	9745	116	8290	8966
Månad 6	5162	24	7206	8378	4951	9501	0	8022	8620
Månad 7	5484	8	7433	8657	4433	8979	0	8290	8906
Månad 8	5750	1	7413	8657	3480	7563	0	8290	8908
Månad 9	7002	40	7978	8378	0	3591	624	8022	8933
Månad 10	7974	14	8414	8657	0	495	4876	8290	11351
Månad 11	11515	77	11960	8378	0	266	7840	8022	15723
Månad 12	14030	122	14473	8657	0	151	9805	8290	19015

Skanska Teknik AB

Sida5(5)

Huset

2. Ursprungshuset

Signatur: Johanna

VIP+ Ver 2.0.4

Strusoft

Datum: 2005-03-29

Referenshus

Period	Avgiven energi kWh					Tillförd energi kWh			
	Trans- mission	Luft- läckning	Venti- lation	Varm- vatten	Kyl- ning	Sol- energi	Åter- vinning	Process Person	Upp- värmning
Månad 1	15787	2257	15959	8657	0	251	7980	8290	25983
Månad 2	15614	2136	15818	7819	0	558	7909	7487	25497
Månad 3	13182	1585	13572	8657	0	1307	6786	8290	20658
Månad 4	11240	1814	12042	8378	0	4860	5635	8022	15124
Månad 5	7521	1116	8965	8657	1864	9745	1261	8290	8866
Månad 6	4979	873	6461	8378	5180	9501	168	8022	8378
Månad 7	5295	848	6669	8657	4476	8979	82	8290	8657
Månad 8	5544	675	6644	8657	3318	7563	115	8290	8657
Månad 9	6601	1015	7184	8378	0	3591	1900	8022	9443
Månad 10	8017	1055	8164	8657	0	495	4042	8290	13034
Månad 11	11568	1836	11717	8378	0	266	5859	8022	19295
Månad 12	14075	2134	14223	8657	0	151	7111	8290	23517

Nyckeltal

	Referenshus	Aktuellt hus	
Inre värmekapacitet	25.01	181.93	Wh/m ² C
Yttre värmekapacitet	24.56	45.80	Wh/m ² C
Medeltemperatur	20.00	20.00	°C
Medelvärde ventilation	0.46	0.46	oms/h
Processenergi medel	3.00	3.00	W/m ²
Personenergi medel	1.50	1.50	W/m ²
U-värde medel	0.30	0.28	W/m ² C
U-värde max tillåtet		0.40	W/m ² C
Omslutningsarea		2184.16	m ²
Summa U-värde * Area	664.76	614.75	W/C
Luftläckage vid 50 Pa		12792.48	m ³ /h

Jämförelse energibalans Referenshus - Aktuellt hus

	Referenshus	Aktuellt hus
Avgiven energi kWh		
Transmission omslutningsytor	119423	119194
Luftläckage	17344	692
Ventilation	127419	132149
Tappvarmvatten	101924	101924
Kylning	14838	13440
Tillförd energi kWh		
Solenergi	47267	47267
Energåtervinning	48848	58085
Personenergi	32535	32535
Processenergi	65069	65069
UPPVÄRMNING	187107	164287
Uppvärmning per golvarea kWh/m ²	76	66
Elförbrukning som ingår i UPPVÄRMNING		
Ei till värmepump	0	29042
Ei till tilluftsfläktar	0	0
Ei till frånluftsfläktar	0	2948