



# Skillnad mellan beräknad och verklig energianvändning - Energistyrning under byggprocessen

**Slutrapport december 2014**

Eva-Lotta Kurkinen  
Peter Filipsson  
Stefan Elfborg  
Svein Ruud

# Skillnad mellan beräknad och verklig energianvändning - Energistyrning under byggprocessen

**Slutrapport december 2014**

Eva-Lotta Kurkinen  
Peter Filipsson  
Stefan Elfborg  
Svein Ruud

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut  
Energiteknik  
SP Rapport 2014:78



# Abstract

## Difference between calculated and actual energy use - Energy Control during the construction process

It is found in several cases that the predicted energy consumption of commercial and residential buildings does not match the real ones. The reason for the difference may be many such as behavior, other use, deviating inside temperature or inaccurate climate data in application. In order to address the problem properly, it is important to know why the difference occurs or which of the possible reasons that generally have the greatest impact.

The project aims at finding a better understanding of the reasons that are crucial for the estimated energy consumption to be satisfied when the construction process is completed and the building is handed over to the owner. A comprehensive literature review of previous studies in Sweden and the Nordic countries is done together with a case study of 21 buildings where energy issues during the construction process is addressed in various ways such as if Svebys Energy Receipt has been applied or not. The study mainly includes apartment buildings but also a few single family houses have been studied.

As a complement, a parameter study was conducted with the energy program BV2 and TMFenergy. The study contains 4 multifamily buildings (2 tower blocks and two slab blocks) and 2 single family buildings. Three houses with ventilation systems F (extraction) and three with FTX (Extraction and supply air with heat exchanger).

The case study in this project shows slightly better results than from the earlier studies. Only half of the 21 studied buildings have higher energy use than calculated and the deviation is 3-28% higher. In cases where control points are used (e.g. air tightness measurement) during the construction process to ensure low energy consumption, the amount which exceed calculated values are 43%. It can be concluded that the ability to achieve a good result increases when there is a deliberate follow-up during the construction process. It must, however, be noted that the number of buildings that have been studied are so few that the statistical sample cannot be considered reliable.

The parameter study shows that some deviations here and there in the calculations can give very different results for a building's energy use, 10% is not surprising. The largest deviation occurs usually when the annual mean temperature is wrong a few degrees or if the indoor temperature differs from its design. The largest deviations were obtained for the slab blocks because they have the largest envelope area in this study.

Key words: Energy monitoring, low energy buildings, energy calculations, case study, parametric study

**SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut**  
SP Technical Research Institute of Sweden

SP Rapport 2014:78  
ISBN 978-91-88001-25-2  
ISSN 0284-5172  
Borås 2014

# Innehållsförteckning

<b>Abstract</b>	<b>3</b>
<b>Innehållsförteckning</b>	<b>4</b>
<b>Förord</b>	<b>5</b>
<b>Sammanfattning</b>	<b>6</b>
<b>1 Inledning</b>	<b>7</b>
1.1 Bakgrund	7
1.2 Syfte	7
1.3 Metod	7
<b>2 Litteraturstudie</b>	<b>9</b>
<b>3 Fallstudie</b>	<b>15</b>
3.1 Olika typer av tillgängliga metoder för uppföljning	15
3.1.1 Sveby Energiverifikat	15
3.1.2 ByggaE	15
3.1.3 Certifieringssystem	16
3.1.3.1 Miljöbyggnad	16
3.1.3.2 P-märkt inommiljö och energianvändning	16
3.2 Studerade byggnader	17
3.2.1 Insamling av data	17
3.2.2 Sammanställning	18
3.3 Analys och slutsatser från fallstudien	19
3.3.1 Vanligaste åtgärderna	20
3.3.2 Byggherrarnas och projektledarnas egna förklaringar	20
3.3.3 Energistyrningens betydelse	21
<b>4 Parameterstudie</b>	<b>22</b>
4.1 Flerbostadshus och småhus	22
4.1.1 Resultat	23
4.1.1.1 Utomhustemperatur	23
4.1.1.2 Inomhustemperatur	24
4.1.1.3 Byggnadernas termiska massa	25
4.1.1.4 Luftläckage	26
4.1.1.5 Obalans i ventilationsflöde för flerbostadshus	27
4.1.1.6 Värmeförluster i ventilationskanaler för flerbostadshus	28
4.1.1.7 Avfrostningens prestanda för flerbostadshus	29
4.1.1.8 Köldbryggor	29
4.1.1.9 Internlaster	30
4.2 Sammanfattning	31
<b>5 Slutsatser</b>	<b>33</b>
5.1 Storheter att ta höjd för under byggprocessen	33
<b>6 Referenser</b>	<b>34</b>
<b>7 Bilagor</b>	<b>36</b>
7.1 Bilaga A - Indata till parameterstudien för flerbostadshus, grundfallet	36
7.2 Bilaga B - Indata till parameterstudien för småhus, grundfallet	37

## Förord

Arbetet och projektet har bedrivits under perioden 1 augusti till 31 december 2014 och har finansierats av LÅGAN. Projektet har genomförts av ett samarbete mellan SP, CIT, PEAB, Borås Kommun och NCC. Referensgrupp har varit följande företag och personer:

FoU-Väst:

Rolf Jonsson, Wästbygg  
Sune Almqvist, Borås Maskinhjälp AB  
Johan Alte, Veidekke  
Lars-Göran Dahlqvist, Besab AB  
Kristina Gabrielii, Peab Sverige AB  
Erik Lavehall, JM  
Per-Arne Pennings, AF Bygg  
Helena Burstrand Knutsson, Skanska  
Mats Karlsson, Färdig Betong Göteborg AB  
Kristian Lundberg, F O Peterson & Söner Byggnads AB  
Nicklas Sparw, NCC  
Andreas Brendinger, Sveriges Byggindustrier  
Pär Åhman, Sveriges Byggindustrier

Representant från SVEBY:

Per Levin, Projektengagemang

*Borås 30 dec 2014*



**LÅGAN-programmet** (program för byggnader med mycket LÅG energiANvändning) är ett nationellt program som drivs av Sveriges Byggindustrier med ekonomiskt stöd av Energimyndigheten. LÅGAN syftar till att stimulera energieffektiv ny- och ombyggnad, synliggöra marknaden för byggnader med låg energianvändning och bidra till ett brett utbud av aktörer som erbjuder produkter eller tjänster för lågenergihus och trygga beställare av sådana produkter och tjänster.

[www.laganbygg.se](http://www.laganbygg.se)

## Sammanfattning

Det konstateras i flera fall att den projekterade energianvändningen för lokaler och bostäder inte stämmer med den verkliga. Anledningen till skillnaden kan vara många som t.ex. beteende, annan användning, avvikande innetemperatur eller oexakt klimatdata vid projekteringen. Erfarenheter från entreprenörer visar att hela byggprocessen har betydelse för utfallet så som uppdatering av beräkningar, att projekteringen genomförs i linje med beräkningarna, arbetsutförande samt överlämnande och i drift tagande.

För att kunna angripa problemet på rätt sätt är det viktigt att känna till varför skillnaden uppkommer eller vilken av de tänkbara anledningarna som i regel har störst effekt. Sveby har därför tagit fram riktlinjer både över hur man ska projektera den förväntade energianvändningen samt hur den verkliga ska följs upp och hur eventuella avvikelser kan förklaras (Svebys brukarindata, Mätföreskrifter, Energiprestandaanalys och Verifieringsmall). Trots detta är avvikelserna ofta stora och kan medföra problem både för entreprenören och för beställaren. Beror detta på att de hjälpmedel som tagits fram inte tillämpas?

Projektet går ut på att finna ökad kunskap om vilka faktorer som är avgörande för att den beräknade energianvändningen ska uppfyllas då byggprocessen är avslutad och byggnaden överlämnad till förvaltaren. En omfattande litteraturstudie över tidigare undersökningar i Sverige och Norden är genomförd tillsammans med en fallstudie över 21 bostäder där energifrågorna under byggprocessen behandlats på olika sätt t.ex. om Svebys Energiverifikat har tillämpats eller inte. Studien omfattar i huvudsak flerbostadshus men även ett fåtal småhus har studerats.

Som komplement till litteraturstudien och fallstudien har även en parameterstudie genomförts med programmet BV2 och TMF-programmet. Parameterstudien har omfattats av 4 flerbostadshus (2 punkthus och 2 lamellhus) och 2 småhus med ventilationssystemen F (frånluft) och FTX (Från och tilluft med värmeväxlare).

Fallstudien som är genomförd i det här projektet visar på något bättre resultat än från de tidigare studier utförda mellan 2001 till 2014, vilka visar att energianvändningen för bostäder ofta är 50% högre. Endast hälften av de 21 studerade byggnaderna har en högre energianvändning än projekterat och avvikelserna ligger från 3 - 28%. I de fall då man använt kontrollpunkter (tex täthetsmätning) under byggprocessen för att säkerställa en låg energianvändning är det 43% som överskridit projekterade värden för specifik energianvändning. Det kan konstateras att möjligheten att nå ett bra resultat ökar marginellt då man har en medveten uppföljning under byggprocessen. Det måste dock observeras att antalet byggnader som studerats är så få att det statistiska urvalet inte kan anses tillförlitligt.

Parameterstudien visar att några avvikelser här och där i beräkningarna kan ge väldigt olika resultat för en byggnads energiprestanda, 10% är rimligt. Störst avvikelse uppträder i regel då årsmedeltemperaturen är felaktig ett par grader eller om den verkliga innetemperaturen skiljer sig från den projekterade. För lamellhusen som har en lite större omslutande yta än punkthusen blir effekten större då felaktiga indata används för parametrar som är kopplade mot värmetransport genom klimatskärmen som tex. temperaturer.

# 1 Inledning

Projektets syfte är att finna ökad kunskap om vilka faktorer som är avgörande för att den beräknade energianvändningen ska uppfyllas då byggprocessen är avslutad och byggnaden överlämnad till förvaltaren. En fallstudie är genomförd för ett antal nyproducerade byggnader (inte äldre än 12 år) där energifrågorna under byggprocessen behandlats på olika sätt t.ex. om Svebys Energiverifikat har tillämpats eller inte. Studien omfattar både flerbostadshus och småhus med fokus på flerbostadshusen.

Nyhetsvärdet ligger i att påvisa om energistyrningen under byggprocessen är den avgörande faktorn för avvikelser eller om det finns andra faktorer som inte fångas upp av t.ex. Bygga E eller Sveby Energiverifikat.

En ökad kännedom om hur gapet mellan projekterad och verklig energianvändning kan minskas leder på sikt till en bättre byggprocess där det är möjligt att uppföra fler lågenergibygnader. Det kommer vara lättare för projektörer, konsulter och entreprenörer att ta fram handlingar över förväntad energianvändning vid projektering.

## 1.1 Bakgrund

Det konstateras i flera fall att den projekterade energianvändningen för lokaler och bostäder inte stämmer med den uppföljda. En sammanställningsrapport från LÅGAN (Filipsson, Heincke & Wahlström, 2013) visar att 60 % av uppföljda lågenergibostäder från Lågans databas stämmer med projekterad, 20 % ligger över och 20 % ligger under. Anledningen till skillnaden kan vara många som t.ex. beteende, annan användning, avvikande innetemperatur eller oexakt klimatdata vid projekteringen. Erfarenheter från PEAB visar att hela byggprocessen har betydelse för utfallet så som uppdatering av beräkningar, att projekteringen genomförs i linje med beräkningarna, arbetsutförande samt överlämnande och i drift tagande.

För att kunna angripa problemet på rätt sätt är det viktigt att känna till varför skillnaden uppkommer eller vilken av de tänkbara anledningarna som i regel har störst effekt. Sveby har därför tagit fram riktlinjer både över hur man ska projektera den förväntade energianvändningen samt hur den verkliga ska följs upp och hur eventuella avvikelser kan förklaras (Svebys brukarindata, Mätföreskrifter, Energiprestandaanalys och Verifieringsmall). Trots detta är avvikelserna ofta stora och kan medföra problem både för entreprenören och beställaren. Beror detta på att de hjälpmedel som finns inte tillämpas?

## 1.2 Syfte

Huvudsyftet är att påvisa om energistyrningen under byggprocessen är den avgörande faktorn för avvikelser mellan projekterad och uppmätt energianvändning eller om det finns andra faktorer som inte fångas upp av t.ex. Bygga E eller Sveby Energiverifikat.

Projektet kommer också studera om det är någon skillnad mellan flerbostadshus och småhus samt hur energistyrningen går till. Förslag till hur eventuella skillnader kan minskas kommer också lämnas.

## 1.3 Metod

Projektet har genomförts med följande moment:

1. Sammanställa information från tidigare studier.
2. Identifiera fastigheter och samla in data från de fall där det är möjligt att granska projekterad och uppmätt energianvändning samt där energiledingen skett på olika sätt t.ex. Sveby Energiverifikat. 20 byggnader har valts ut.

3. Analysera om det är någon skillnad mellan projekterad och uppmätt energianvändning för ovanstående fastigheter och härleda vad eventuella avvikelser kan bero på. Finns det en koppling till hur energiledningen skett under byggprocessen?
4. Parameterstudie över 4 flerbostadshus och 2 småhus för att teoretiskt kontrollera betydelsen av olika indata till energiprojekteringar. Programmen BV2 och TMFenergi har använts.
5. Sammanställa förslag på storheter att ta höjd för vid byggprocessen för att vid framtida byggnationer minska glappet mellan verklig och projekterad energianvändning.



## 2 Litteraturstudie

I detta avsnitt sammanfattas en rad tidigare genomförda studier som handlar om avvikelser mellan beräknat och uppmätt energibehov i byggnader, i huvudsak bostadsbyggnader i Sverige. Fokus ligger på orsaker till avvikelser och rekommendationer för att minimera dem.

I slutet av 80-talet publicerades rapporten ”Jämförelse av uppmätt och beräknad energiförbrukning i byggnader” (Hjalmarsson, 1988). Analysen omfattade 154 småhus och 176 flerbostadshus, och för varje byggnad beräknades energibehovet med fem olika beräkningsmetoder. Syftet var att undersöka om det fanns några systematiska fel i beräkningsmetoderna. Endast en av de undersökta beräkningsmetoderna var datorbaserad (Enorm) medan resten var mer schablonmässiga där resultatet endast baserades på byggnadens storlek, ålder, läge o.d. En slutsats var att samtliga metoder gav stora slumpmässiga fel i beräknat energibehov och att vid bestämning av energibehov i enskilda småhus rekommenderades den datorbaserade metoden. Metoden överskattade energibehovet med 0 – 7 % i småhus och underskattade energibehovet med cirka 16 % i flerbostadshus.

På 1990-talet började Stockholm stad ställa krav på specifik energianvändning för att en byggherre skulle få använda kommunal mark (Köhler, 2003). Under andra boendeåret krävdes att man skickade in en rapport till kommunen med data om ett års uppmätt energiförbrukning. När detta jämfördes med vad byggherrens beräkningar upptäcktes att de nybyggda fastigheterna ofta förbrukade upp till 50 % mer energi än beräknat. Enligt Stockholm Stad var en orsak till avvikelserna de väggar av glas som då blivit populära i nybyggda lägenheter. Även köldbryggor, inomhustemperatur och luftflöden sågs som en möjlig förklaring samt att det då ledande energiberäkningsprogrammet Enorm var gjort för villor och gav felaktiga resultat i flerbostadshus.

I ett examensarbete från 2005 studeras orsakerna till skillnaderna mellan beräknat och uppmätt energibehov i flerbostadshus (Stenberg, 2005). Studien omfattar fyra frånluftsventilerade fastigheter utan värmeåtervinning uppförda i Stockholmsområdet mellan 2002 och 2004. De uppmätta totala energibehoven är 3 – 50 % högre än de ursprungligen beräknade. Avvikelseorna förklaras med felaktiga antaganden om golvarea, vädring, köldbryggor, solinstrålning, inomhustemperatur, komfortvärme i badrum, uttorkning av byggfukt samt användning av tappvarmvatten och hushållsel. Man nämner även att dålig injustering och konstruktionsfel kan bidra till avvikelserna. Rekommendationer för att minska avvikelserna är att dokumentera bruksarean noggrannare (detta var innan begreppet Atemp fanns), använda erfarenhetsmässiga indata för el- och tappvarmvattenförbrukning (detta var innan Svebys indatarekommendationer fanns) och att ändra Boverkets byggregler till att fokusera på energianvändningen istället för klimatskalets värmeförluster (detta var innan BBR ställde krav på specifik energianvändning).

I samband med bomässan Bo01 i Malmö 2001 invigdes en ny stadsdel med fokus på hållbarhet. Området heter Västra hamnen och ett krav för att få bygglov var att beräknat behov av energi för värme, varmvatten, fastighets- och hushållsel inte fick överskrida 105 kWh/m<sup>2</sup>år. Hans Bagge på Lunds tekniska högskola har utvärderat byggnaderna i Västra hamnen och konstaterat att den genomsnittliga energianvändningen blev 50 % högre än beräknat (Bagge, 2007). Den huvudsakliga orsaken till avvikelserna var beräkningsprogrammets (Enorm) oförmåga att hantera solinstrålning. Nämnvärt är att det skiljde en faktor 4 mellan olika byggnaders fjärrvärmebehov trots att de var anpassade till samma energikrav. Användningen av tappvarmvatten var i genomsnitt 24 % lägre än beräknat. De tre byggnader med högst totalt energibehov hade tre saker gemensamt. Det var de som hade mest andel fönsterarea i förhållande till golvarea, de hade alla golvvärme som primärt uppvärmningssystem och det var de tre som hade allra högst fjärrvärmebehov. Till skillnad från i många andra studier så bedömdes de brukarrelaterade faktorerna inte vara orsaken till avvikelserna i Bo01. Utöver energiberäkningsprogrammets oförmåga att korrekt beräkna solinstrålning konstaterades följande orsaker bidra till avvikelserna

- Lägre inomhustemperatur i beräkning än i verkligheten.
- Försummad inverkan av köldbryggor.

- Styr- och reglersystem antogs fungera optimalt.
- Fönsters U-värde var lägre i beräkning än i verkligheten.
- Lufttätheten var bättre i beräkning än i verkligheten.

Från och med 2006 ställer Boverkets byggregler krav på byggnaders energibehov. Dessa nya krav innebar ett stort behov av tillförlitliga energiberäkningar. Dels med anledning av detta skrevs avhandlingen ”Hantering av variationer i energiberäkningar för bostadshus”, (Lindell, 2005). Eftersom energiberäkningar alltid har en inneboende osäkerhet så presenteras här en metod att beräkna energibehovet som ett sannolikt intervall istället för ett exakt värde. Metodens nackdel är att man måste uppskatta osäkerheten i samtliga indata och detta är antagligen anledningen till att metoden inte fått något större genomslag. Ytterligare beskrivningar av metoden (direktmetoden) finns i en rad rapporter skrivna av Lars Jensen, LTH.

I (Karlsson, Rohdin, & Persson, 2007) beräknar man energibehovet i passivhusen i Lindås med tre olika energiberäkningsprogram (Derob-LTH, ESP-r och IDA ICE). Skillnaden i resultatet från de olika programmen var väldigt liten, ca 2 %, men det uppmätta energibehovet var i genomsnitt ca 50 % högre. Uppmätt energibehov var dessutom väldigt olika i olika lägenheter. Av detta drogs slutsatsen att behovet av mer avancerade modeller för hyresgästbeteende var mycket större än behovet av mer avancerade modeller av byggnadskomponenter.

I ett examensarbete från 2008 presenteras uppmätt energibehov i 54 enfamiljshus byggda mellan 2001 och 2006 i Östersunds kommun (Sundin, 2008). Arbete omfattar inga energiberäkningar men enkätsvar om inomhustemperatur, värmesystem, de boendes intresse för byggnadens energiförbrukning m.m. visar att korrelationen mellan inomhustemperatur och energibehov är betydligt svagare än vad energiberäkningar ger samt att hus med hög personbelastning (pers/m<sup>2</sup>) i hög grad har högre energibehov än hus med låg personbelastning. Detta kan tolkas som att det är mer tillförlitligt att ange indata för tappvarmvattenbehov per person istället för per kvadratmeter.

I en italiensk artikel från 2009 studeras hur 129 indata påverkar beräkningen av en byggnads energibehov (Corrado & Mechri, 2009). Man kommer fram till att det bara är ett fåtal som har stor betydelse och de fem som innebär störst osäkerhet är (i storleksordning).

- Inomhustemperatur
- Luftutbyte
- Antal personer
- Personernas metabolism
- Värmealstrande utrustning

Analysen gjordes för en byggnad i Turin med betydligt mildare klimat än Sverige. Klimatskalsparametrar får sannolikt större betydelse i svenskt klimat.

I (Harrysson, 2009) skrivs att en uppenbar orsak till avvikelser mellan beräknade och uppmätta värden är att befintliga beräkningsmetoder är framtagna och kalibrerade för byggnader med helt andra värmetekniska egenskaper än dagens nybyggen. Som exempel på orsaker nämns stora glasytor, värmetröga golvvärmesystem samt utförandebrister som dåligt utförd isolering, otätheter och bristfällig förvaltning. Som exempel på fenomen som måste beaktas för att undvika beräkningsfel nämns

- Ju tjockare isolering desto kortare blir uppvärmningssäsongen.
- Större fönsterytor ger mer övervärme och ökade vädrings- eller kylbehov.
- Energibesparing sommartid vid värmeåtervinning med ventilationsvärmeväxlare är liten eller försumbar.
- Köldbryggor försummas eller underskattas ofta.
- Styrning av frånluftsvärmepumpen och behov av tillsatsenergi.
- Transmissionsförluster genom golvet ökar vid golvvärme jämfört med om huset har radiatorsystem.
- Elvärme i badrum.
- Brukarbeteende, t.ex. fönstervädning kan ha stor inverkan.

(Harrysson, 2009) skriver även att på grund av att brukarbeteende, arbetsutförande och förvaltningskvaliteten är så avgörande så kan det skilja en faktor två i energibehov mellan två hus med exakt samma tekniska lösningar.

2004 togs beslut att bygga området Flagghuset i Västra hamnen i Malmö. Det är uppdelat på 17 fastigheter och 13 olika byggherrar. Området byggdes med tydlig inriktning mot hållbart byggande och energikravet var 120 kWh/m<sup>2</sup>BRA år (inkl. hushållsel). I (Kjellman, Hansson, & Nordquist, 2010) presenteras en energiuppföljning av Flagghuset. I genomsnitt var de uppmätta energibehoven drygt 30% högre än de beräknade, men avvikelsen varierade mellan 11 och 56 %. Orsaker till avvikelsen bedömdes vara

- Styrsystemen för värmen var inte anpassade efter det faktiska värmebehovet i byggnaderna.
- Byggnaderna uppfyllde inte de isolerings- och täthetsnivåer som antagits.
- Byggefukt torkade fortfarande ut under mätperioden.
- Ventilationsflöden var högre än beräknat.
- Återvinningen i ventilationsaggregat fungerade inte som projekterat.
- Varmvattenanvändningen var högre än beräknat.
- De boende hade varmare inomhus än antaget.
- Det utsatta vindläget påverkade mer än beräknat.
- De boende vädrade.
- Byggnader hade golvvärme.
- El till hiss och allmänbelysning togs inte med i beräkningen.
- Aktiv uppvärmning av garage togs inte med i beräkningen.
- All el antogs tillgodogöras byggnaderna som värme.
- Bristfällig normalårskorrigerering.
- I vissa fall saknades energistatistik och har beräknats med hjälp av övrig statistik.
- Installationers verkningsgrad och funktion kunde inte utvärderas.

2008 färdigställde AB Gavlegårdarna 12 flerbostadshus i området Gävle Strand Etapp 1. Under projekteringen beräknades energibehovet till 78 kWh/m<sup>2</sup>år. När byggnaderna var på plats gjordes uppdaterade beräkningar, men nu med högre U-värden och lägre verkningsgrad på FTX-systemet, och resultatet blev 92 kWh/m<sup>2</sup>år. Uppmätt energibehov blev 114 kWh/m<sup>2</sup>år. I (Andersson, 2011) fastställs att den främsta orsaken till avvikelsen var att man i beräkningen inte tagit hänsyn till frostbildning i FTX-systemet när det var som kallast ute samt värmeförluster i oisolerade ventilationsrör på kallvinden.

För att se hur resultaten av en energiberäkning beror på programvaran och användaren så genomförde Sveby 2010 en energiberäkningstävling (Levin & Snygg, 2011). 18 tävlingsbidrag lämnades in och trots att alla hade exakt samma beräkningsunderlag så var spridningen stor både i indata och resultat. Tävlingsbidragen beräknade energibehovet till 67 – 142 kWh/m<sup>2</sup>år (medelvärde 86 kWh/m<sup>2</sup>år) och uppmätt värde blev 125 kWh/m<sup>2</sup>år. När man justerade det uppmätta värdet med hänsyn till verkligt tappvarmvattenbehov, fastighetsel, prestanda på FTX-system, förluster i en utvändigt kulvert och mängden utvändigt el m.m. så justerades det uppmätta värdet till 80-85 kWh/m<sup>2</sup>år vilket innebär att medelvärdet av de beräknade värdena stämmer mycket bra. Man upptäckte även att beräkningarna ofta är mycket mer felaktiga än vad som syns i resultatet. T.ex. räknade en tävlande med dubbelt så högt U-värde som skulle varit troligt, men detta råkade kompenseras av att den angivna väggarean var hälften så stor som den borde. I slutrapporten dras följande slutsatser.

- Bättre kvalitetsrutiner behövs vid beräkningarna.
- Utbildningsnivån på användarna verkar i många fall inte vara tillräcklig.
- Redovisningen av energibalansposter och terminologi i programutskriften behöver likriktas.
- Svebys anvisningar behöver vara tydligare.
- Det är inte troligt att vi kan förvänta oss bättre beräkningsresultat än 10 % felmarginal.
- Mätningar bör kvalitetssäkras bättre och en tydlig verifieringsmetodik tillämpas .

I examensarbetet ”Osäkerhet i energisimuleringar av flerbostadshus” analyseras avvikelser mellan beräknat och uppmätt energibehov i fem flerbostadshus i Uppsala (Carlsson, 2012). Byggnadernas

uppmätta energibehov är 10 – 29 % högre än beräknat och detta beror på felaktiga antaganden om tappvarmvattenförbrukning, ventilationsflöde, läckage, hushållsel, köldbryggor, vädring och forceringsfläkt. Inomhustemperaturen har en oväntat liten bidragande faktor till osäkerheten i de analyserade byggnaderna. Man lyfter fram det faktum att inte bara beräkningarna har osäkerheter utan att det även finns osäkerheter förknippade med det uppmätta värdet.

Man fastslår att man kan öka träffsäkerheten i energiberäkningar genom att standardisera hantering av indata med hjälp av riktlinjer från Sveby samt nyttja fördelarna med datahantering via byggnadsinformationsmodellering, BIM. Man föreslår även en branschöverskridande databas där simulerad och uppmätt förbrukning registreras för att möjliggöra erfarenhetsåterkoppling.

I (Carlsson, 2012) testade man även den tidigare nämnda direktmetoden för en byggnad. Den ursprungliga energiberäkningen gav 72 kWh/m<sup>2</sup>år, med den minimala direktmetoden kunde man 90 % konfidens säga att energiförbrukningen skulle vara mellan 46 och 98 kWh/m<sup>2</sup>år. Verklig uppmätt energianvändning för byggnaden blev 89 kWh/m<sup>2</sup>år. Författaren poängterar att endast genom att entreprenören blir ersättningskyldig gentemot byggherren vid överskridelse av energikrav kan man skapa tydliga incitament för ökad noggrannhet i energiberäkningar.

2006 bestämde den danska kommunen Egedal att man skulle kräva att ett stort antal nya bostäder skulle ha ett energibehov lägre än hälften av vad de danska byggreglerna då föreskrev. Det uppmätta energibehovet visade senare att det fanns stora avvikelser mellan beräknat och uppmätt energibehov, och detta analyseras i en artikel i (Mørck, Thomsen, & Rose, 2012). 65 enfamiljshus utformades för ett uppvärmningsbehov under 15 kWh/m<sup>2</sup>år. I genomsnitt blev de uppmätta uppvärmningsbehoven över 70 % högre (26 kWh/m<sup>2</sup>år), men det skiljde mycket mellan de hus med lägst uppvärmningsbehov (5 kWh/m<sup>2</sup>år) och de med högst (55 kWh/m<sup>2</sup>år). Varför det skiljde så mycket mellan olika hus visade sig vara extremt svårt att analysera, men man drog slutsatsen att följande faktorer gjorde att uppmätt energibehov inte stämde med det beräknade.

- Värmepumparnas prestanda.
- Väderförhållanden.
- Kringliggande byggnader.
- Internvärme.
- För korta kollektorrör.
- För dåligt isolerade ventilationskanaler på kallvind.
- Uttorkning av byggfukt.
- Högre elbehov än väntat för fläktar och pumpar utanför uppvärmningssäsongen.
- Mer infiltration än beräknat.
- Reducerat luftflöde under kalla dagar gjorde att frånluftsvärmepumpar gick helt på eldrift för att producera tappvarmvatten.
- Felaktiga styrstrategier, värmeproduktion från värmepumpar prioriterades i vissa fall före värmeproduktion från solvärmeanläggningarna.
- Felaktig flödesreglering i shuntgrupperna.
- Inomhustemperaturerna var högre än antaget i beräkningarna.

I (Sandberg, 2012) analyseras avvikelser i byggprocessen för tre lågenergihus och ett referenshus. Energitillbehovet i de tre lågenergihusen är betydligt större än beräknat, men stämmer bra för referenshuset. Identifierade framgångsfaktorer var att man hade en energiansvarig, gjorde riskanalyser och hade genomarbetade uppföljningsrutiner för byggprocessen. Man fastslår att mätosäkerheten för årsvärmebehovet i ett passivhus uppgår till ca 30 % (inkl. ”osäkerheter i de beteenderelaterade delarna”). En betydande orsak till avvikelserna mellan beräknat och uppmätt energibehov sägs vara VVC-förluster. Men även värmeförlusterna från byggnaden i övrigt och från kulvertar kan tänkas vara större än beräknat. Man uppskattar också att uttorkning av betongstommen kan förklara 2-4 kWh/m<sup>2</sup>år av avvikelsen. Andra faktorer som förklarar avvikelserna är att man är osäker på hur stor del av hushållselen som blir nyttig spillvärme, osäkerheter i simuleringsmodellerna samt en rad beteendemässiga parametrar.

I (Wik, 2012) jämförs beräknad och uppmätt energibehov för lågenergibyggnader i Sverige och Danmark (Skåne och Själland). Till skillnad från i Sverige så finns i Danmark krav på vilket energiberäkningsprogram som skall användas för kontroll mot satta gränsvärden samt anvisningar för hur beräkningarna skall genomföras. Som tänkbara felkällor vid energiberäkningar i lågenergibyggnader nämns köldbryggor, vädring och förhöjd inomhustemperatur men man skriver också att lågenergibyggnader kan uppmuntra de boende att ha en väldigt låg inomhustemperatur vilket gör att man i beräkningen överskattar behovet. Mätningar av energibehovet i fyra enfamiljshus (lågenergibyggnader) visar i genomsnitt över 70 % högre värden än beräknat, men avvikelserna är väldigt olika i de olika husen (61 %, -10 %, 142 % och 97 %). Orsakerna till ovan nämnda avvikelser tros vara:

- Injusteringsproblem.
- För högt antagen verkningsgrad på värmeåtervinningen.
- Otäta kaminer.
- Att boende inte varit närvarande/inflyttade.
- Fastighetsel har inte beaktats i beräkningar.
- Felaktigt antagen inomhustemperatur.
- Golvvärme har valts som tillval.
- Problem att fördela mätvärden p.g.a. brist på undermätare.
- Felaktiga ventilationsflöden.
- Felkopplad solfångarutrustning.

2009 byggdes Kv. Portvakten Söder i Växjö. Det är med sina två huskroppar och 64 lägenheter Sveriges högsta passivhus med trästomme. På initiativ av Energikontor Sydost skrevs 2013 ett examensarbete om bl.a. uppföljning av energiprestanda i Portvakten Söder (Imsirovic & Alajbegovic, 2013). Redan 2010 gjordes en energiuppföljning som visade att uppmätt behov av total energi (värme, varmvatten, fastighets- och hushålls el) var 4 % lägre än projekterat. Energi för enbart uppvärmning var dock 140 % högre än projekterat och orsaken till de märkliga resultaten var att byggnaderna endast var halvt bebodda under mätperioden.

Resultatet av studien tre år senare i (Imsirovic & Alajbegovic, 2013) visade att energi för enbart uppvärmning var 60 % högre än beräknat men tack vare att hushålls-, fastighets- och varmvattenbehovet blev lägre än beräknat så var uppmätt behov av total energi 10 % lägre än beräknat. En orsak till avvikelse som inte tagits upp tidigare i litteraturstudien var felaktigt antagen prestanda hos avloppsvärmeväxlare.

I en norsk studie, (Svensson & Fredriksen, 2013), utvärderas ett passivhusområde med 18 byggnader i närheten av Stavanger. Resultatet visar att trots att husen är likadana, står i samma riktning och utsätts av samma klimat så har vissa hus dubbelt så högt energibehov som andra. I genomsnitt har husen 50 % högre energibehov än beräknat. Inomhustemperaturen tros vara den dominerande orsaken till avvikelsen men baserat på skillnader mellan hus med tonårsbarn och hus med ett äldre par dras slutsatsen att varmvatten och elektriska apparater också kan förklara delar av avvikelserna.

I (Berggren, Kempe, & Togerö, 2014) presenteras en uppföljning av nollenergihuset Väla Gård. Man visar en god överensstämmelse mellan beräknade och uppmätta värden (beräknat 10 kWh/m<sup>2</sup>år, uppmätt 11 kWh/m<sup>2</sup>år). Det är en kontorsbyggnad men de identifierade framgångsfaktorerna är relevanta även för bostäder.

- Man prioriterade energi- och miljöfrågor tidigt i processen.
- Man skapade engagemang i produktionen.
- Man gjorde en noggrann driftoptimering och uppföljning.

I examensarbetet ”Energiprestanda för lågenergihus”, (Johansson, 2014), undersöks hur bra energieffektiva hus klarar de projekterade energivärdena. Undersökningen omfattar 6 projekt med bostadshus utförda av PEAB i Division Väst. Avvikelserna mellan beräknad och uppmätt energiprestanda varierar mellan 0 och 250 % och tänkbara anledningar är:

- Köldbryggor mot garage i källarplan.

- Uttorkning av fukt i betongkonstruktioner.
- Tappvarmvattenbehov.
- Inomhustemperatur.
- Vädring.
- Felaktiga antaganden om värmepumpars prestanda.

Man varnar även för att okritiskt använda schablonvärden vid projekteringen.

I (Filipsson & Dalenbäck, 2014) försöker man identifiera orsaker till avvikelser mellan beräknat och uppmätt energibehov samt föreslå åtgärder för att minska dem. Studien utgår från en förskola, ett äldreboende och två boenden med särskilt stöd. Uppmätt energiprestanda är 22 – 135 % högre än projekterat och tänkbara orsaker är

- Beräkningar görs i ett tidigt skede av byggprocessen och uppdateras inte när ändringar görs.
- Klimatfilen i beräkningen representerar inte det verkliga normalårsklimatet.
- Man använder okritiskt schabloner som inte är anpassade för lågenergihus.
- Felaktiga antaganden om köldbryggor, VVC-förluster, värmeåtervinningens prestanda, inomhustemperatur, täthet, vädring och luftflöden.

Man nämner även problem med missförstånd vid användning av energiberäkningsprogram och att lågenergihus ofta ställer höga krav på idrifttagande och injustering.

## 3 Fallstudie

Fallstudien är genomförd för 9 olika typer av lågenergibostäder (8 flerbostadshus och 1 småhus) och 10 stycken flerbostadshus som är uppförda enligt BBR-krav. Definitionen för lågenergibostad är tagen från LÅGAN, vilket betyder 50% < BBR16-krav. Fallstudien är genomförd för att svara på följande frågor:

1. Vad är beräknad energianvändning?
2. Vilken är uppmätt energianvändning?
3. Har någon speciell energistyrning tillämpats under byggprocessen?

Syftet är att se vilken betydelse styrningen under byggprocessen har på utfallet av verklig energianvändning.

### 3.1 Olika typer av tillgängliga metoder för uppföljning av energikrav under byggprocessen

#### 3.1.1 Sveby Energiverifikat

I slutet av 2000-talet tog utvecklingsprogrammet Sveby (Standardisera och verifiera energiprestanda i nya byggnader) fram riktlinjer över hur energikrav under byggprocessen kan följas upp och säkerställas. Riktlinjerna finns dokumenterade i Sveby Energiverifikat – uppföljning av energikrav under byggprocessen. Dokumentet går att ladda ned från programmets hemsida [www.sveby.se](http://www.sveby.se). Riktlinjerna avser att vara ett stöd till alla inblandade parter samt att uppföljningen blir ett naturligt inslag i processen. Dessa generella riktlinjer gäller oavsett entreprenadform och utgår från att byggherren ger det övergripande ansvaret för energiuppföljningen till projektledningen. Projektledningen fördelar därefter ansvar för de aktiviteter som ska ingå i uppföljningen. Riktlinjerna består av följande:

- Checklista
- Energiverifikat
- Energiberäkningar och sammanställning av energitekniska funktionskrav
- Verifikationsplan
- Effekt och prestandaprov vid olika driftfall

Byggprocessens olika steg samt vem som ansvarar för vad beskrivs på ett tydligt och enkelt sätt. Svebys Energiverifikat hänvisar till Svebys övriga standarder: Mätföreskrifter, Brukarindata, Energiprestandaanalys och Verifieringsmall. Det finns också en avtalsmall med vitesklausul för beställning av en byggnad med en viss avtalad energiprestanda.

#### 3.1.2 ByggaE

På samma sätt som Sveby Energiverifikat är ByggaE en metod som är framtagen för att kvalitetssäkra energifrågorna i byggprocessen. ByggaE togs fram under 2013 av en arbetsgrupp på SP med finansiering från SBUF, LÅGAN, VGR och egna medel.

ByggaE – *Metod för kvalitetssäkring av energieffektiva byggnader* är ett system för att arbeta med energifrågorna under hela byggprocessen. Det innebär kvalitetssäkrad kravformulering, projektering och produktion. Metoden bygger på att arbetet löpande dokumenteras, kommuniceras, kontrolleras och verifieras i respektive process. Metoden är uppbyggd kring en mappstruktur kallad *Energidokumentation* där samtliga rutindokument och checklistor finns samlade. ByggaE är tänkt att kunna tillämpas i den omfattning som önskas, dvs det är fullt möjligt att bara tillämpa vissa delar av metoden.

ByggaE metoden är inte ett komplett kvalitetssäkringssystem som är färdigt att tillämpa i det enskilda byggprojektet utan tanken är att ByggaE skall vara ett hjälpmedel för att upprätta kvalitetstyrande rutiner och kontroller i det enskilda byggprojektet. Med hjälp av metoden utarbetas en kontrollplan i byggprojektet som anpassas till de inblandade företagen och deras egna kvalitetssäkringssystem.

Inga fastställda funktionskrav föreslås, men för att vägleda byggherrar ges förslag på områden där byggherren bör ställa krav för att uppnå varaktigt låg energianvändning, fuktsäkerhet och god inomhusmiljö. Hänvisningar till bygg- och branschregler finns.

I metoden finns checklistor och mallar för olika protokoll m.m. Dessa utgör metodens verktyg och omfattar kvalitetspåverkande moment av olika karaktär så som t.ex. kontrollmoment, verifieringar, redovisnings- och dokumentationskrav. Det finns också moment som omfattar krav på aktiviteter som rör kommunikation, informationsspridning och kompetens. Metoden omfattar även rutiner för att hantera avvikelser (incitament och påföljd).

ByggaE kan ses som en vidareutveckling och komplement till Svebys Energiverifikat. ByggaE har tagit fram en mappstruktur som underlättar det praktiska arbetet med en verifiering enligt Svebys mer övergripande dokument. ByggaE har också tagit fram förslag på checklistor på en mer detaljerad nivå. ByggaE fokuserar mer på processen och kritiska moment än energiberäkningar och på själva verifieringen. I detta avseende kan därför Svebys metodik för beräkningsindata och övriga dokument ses som ett komplement till ByggaE.

### **3.1.3 Certifieringssystem**

#### **3.1.3.1 Miljöbyggnad**

Det vanligaste miljömärkningssystemet i Sverige är Miljöbyggnad. Systemet är baserat på svenska bygg- och myndighetsregler samt svensk byggpraxis. Med Miljöbyggnad fås ett kvitto på viktiga kvaliteter hos en byggnad vad gäller energi, inomhusmiljö och material. Miljöbyggnad används för nyproducerade och befintliga byggnader oavsett storlek. En byggnad kan uppnå betyget Brons, Silver eller Guld.

Miljöbyggnad ställer inga krav på hur energiuppföljningen går till under själva byggprocessen. Krav ställs däremot på hur energiprojekteringen genomförs samt att alla indata och antaganden är dokumenterade. Uppföljning krävs sedan under en 12 månadsperiod inom 24 månader efter byggnadens färdigställande. Genom att certifiera en bostad enligt Miljöbyggnad kan man därför säga att man får med sig början (kravformulering och projektering) och slutet (uppföljning under förvaltningstiden) i byggprocessen vad det gäller energi och miljöfrågor.

Att använda Miljöbyggnad är ett bra hjälpmedel för byggherren att ställa krav på energianvändning och inomhusmiljö, vilket är den viktigaste förutsättningen för att lågenergibygnader ska kunna uppföras.

#### **3.1.3.2 P-märkt inomhusmiljö och energianvändning**

P-märkt inomhusmiljö och energianvändning är SPs eget kvalitetsmärke. Märkningen kan ske för skolor, daghem, kontor, butiker och flerbostadshus både befintliga och nyproducerade. Reglerna bygger på en inledande bedömning av byggnadens status, tekniska system, enkäter, mätningar samt ledningssystem för förvaltning och upprätthållande av P-märkning för inomhusmiljö och effektivt energianvändande. Kvalitetsmärket täcker därmed inte in byggprocessen utan fokuserar på förvaltningen för att säkerställa att en låg energianvändning och god inomhusmiljö upprätthålls över tiden.



## 3.2 Studerade byggnader

Byggnaderna är valda för att representera alla tre klimatzonerna enligt BBR16. Det har dock varit mycket svårt att hitta byggnader i klimatzon II som definieras som lågenergibygnader vilket har resulterat i att merparten av husen finns i klimatzon III. För klimatzon I har flerbostadshus men mätuppföljning efter en tvåårsperiod helt saknats.



Figur 1. Klimatzonernas indelning enligt BBR.

Merparten av lågenergibygnaderna är hämtade ur LÅGANS register eller Boverkets energideklarationsdatabas. Samtliga är äldre än två år för att mätdata ska finnas tillgänglig. Övriga bygganden är erhållna genom kommunala register över beviljade bygglov, telefonsamtal och kontakter. En förutsättning för att vi skulle få tillgång till data har varit att byggnaderna ska kodas så det inte går att koppla till någon specifik byggherre eller företag. Därför har samtliga byggnader tilldelats en bokstavsbezeichnung.

### 3.2.1 Insamling av data

Kunskapen över hur energistyrningen under byggprocessen har gått till har fått genom intervju med ansvarig byggherre, energisamordnare eller projektledare. Följande frågor har ställts:

1. Hur har energiledningen gått till under byggprocessen?
2. Har beräkningarna justerats under pågående byggprocess?
3. Har Sveby energiverifikat, ByggaE eller något energiklassningssystem tillämpats?

Vid flera tillfällen har den person vi fått tag på inte kunnat svara på samtliga frågor. Framförallt har den första frågan varit för oprecis vilket lett till en diskussion istället med förklaring till deras eget kvalitetssystem. Många av lågenergibygnaderna som ingår i studien har tidigare varit föremål för andra utredningar eller forskningsprojekt vilket gjort att det redan finns mycket information tillgänglig. Där tillräcklig information funnits har ingen intervju genomförts och byggnader som saknar tillräcklig information har strukits.

### 3.2.2 Sammanställning

I tabellerna 1 och 2 är samtliga byggnader från fallstudien sammanställda.

**Tabell 1 Lågenergibygnader**

Byggår	Klimat-zon	Specifik energianvändning		Skillnad mellan beräknad och uppmätt energi-användning	Byggnads-typ	Energistyrning under byggprocessen
		Beräknad (kWh/m <sup>2</sup> år)	Uppmätt* (kWh/m <sup>2</sup> år)			
2012	II	58	42	-28%	Flerbostads hus	Inga medvetna åtgärder förutom noggrann injustering och täthetsmätning
2007	II	50	52	4%	Flerbostads hus	Tydliga mål och täthetsmätning
2010	III	50	50	0%	Flerbostads hus	Inget medvetet utöver täthetsmätning
2006	III	40	38	5%	Flerbostads hus	Passivhuskoncept, forskningsprojekt, utbildning och täthetsmätning
2009	III	45	41	-9%	Flerbostads hus	Kvalitetsstyrning genom eget upprättat program inom forskningsprojekt
2010	III	52	60	15%	Flerbostads hus	Medvetna mål och detaljerade beräkningar
2008	III	60	72	20%	Flerbostads hus	Passivhus, utbildning, täthetsmätning
2009	III	55	58	5%	Flerbostads hus	Kvalitetsstyrning genom eget upprättat program inom forskningsprojekt
2012	III	60	56	-7%	Småhus	Uppföljande beräkningar och egenkontroller under byggprocessen. (inget gällande VVC)
2009	III	50	43	-14%	Flerbostads hus	Eget kvalitetsystem under uppbyggnad, kommer tillämpa Sveby energiverifikat i framtida byggnader
2013	III	74	49**	-34%	Flerbostads hus	Tydliga mål och täthetsmätning, Huset är byggt under tält för minskad byggfukt

\*Uppmätt värde är klimatkorrigerat.

\*\* Ej klimatkorrigerat värde

Av lågenergibygnaderna är det 6 av 11 (55%) som visar på uppmätt energianvändning som ligger med en avvikelse från projekterat värde på mindre än 10%. Två byggnader (18%) har en specifik energianvändning som är 15 till 20% högre än projekterat och tre av byggnaderna (27%) har en specifik energianvändning som är 14 till 34 % lägre än projekterat. Av de studerade byggnaderna finns

inget samband mellan aktiv medvetenhet av energifrågor under byggprocessen och utfallet vid uppmätt energianvändning. I de tre fall där energianvändningen är betydligt mindre än projekterat uppger byggherren eller entreprenören att inga ”särskilda” åtgärder är vidtagna som skiljer sig från andra byggprojekt som de varit delaktiga i.

Ingen av de studerade byggnaderna är miljömärkt eller har P-märkt innemiljö .

**Tabell 2 Byggnader uppförda enligt BBRs krav**

Byggår	Klimat-zon	Specifik energianvändning		Skillnad mellan beräknad och uppmätt energianvändning	Byggnads-typ	Energistyrning under byggprocessen
		Beräknad (kWh/m <sup>2</sup> år)	energi-användning			
2003	III	110	141	28%	Flerbostads hus	Inget speciellt system
2002	III	110	90	-19%	Flerbostads hus	Inget speciellt system
2002	III	110	135	23%	Flerbostads hus	Inget speciellt system
2007	III	110	133	21%	Flerbostads hus	Inget speciellt system
2008	III	110	138	25%	Flerbostads hus	Inget speciellt system
2006	III	110	119	8%	Flerbostads hus	Inget speciellt system
2007	III	110	110	0%	Flerbostads hus	Inget speciellt system
2008	III	110	89	-19%	Flerbostads hus	Inget speciellt system
2009	III	110	86	-22%	Flerbostads hus	Eget kvalitetsystem under uppbyggnad, kommer tillämpa Sveby energiverifikat i framtida byggnader
2008	III	110	113	3%	Flerbostads hus	Inget speciellt system

Av byggnaderna som är uppförda enligt BBRs krav är det 3 av 10 (30%) som visar på uppmätt energianvändning som ligger med en avvikelse från projekterat värde på mindre än 10%. Fyra byggnader (40%) har en specifik energianvändning som är 21 till 28% högre än projekterat och tre av byggnaderna (30%) har en specifik energianvändning som är 19 till 22 % lägre än projekterat. Ingen medveten energistyrning under byggprocessen har skett. Kontaktade personer har i flertalet av byggnaderna som avvikit med för högt värde från projekterat, förklarat detta med en större varmvattenförbrukning är vad som antagits i beräkningen samt att använda värden för verkningsgrad på ventilationssystem och pumpar inte stämt.

### 3.3 Analys och slutsatser från fallstudien

Eftersom samtliga av byggnaderna är uppförda före 2012 har det inte varit möjligt att tillämpa kvalitetsstyrningsmetoden ByggaE. Denna togs fram först 2013. Även Svebys Energiverifikat har i flera fall varit för nytt. Flera av de tillfrågade personerna har känt till Svebys energiverifikat även om det

inte tillämpats medan ByggaE i stort sett varit okänt. I de fallen där det varit möjligt att ta del av projekteringsunderlaget har indata från Sveby använts.

### **3.3.1 Vanligaste åtgärderna för att säkerställa att projekterad energianvändning uppnås**

För samtliga av de uppförda lågenergibyggnaderna har en eller flera täthetsmätningar genomförts. I de fall flera mätningar genomförts har den första skett i ett tidigt skede i syfte att identifiera läckage som går att åtgärda.

De vanligaste åtgärderna i ordningsföljd har varit:

1. Täthetsmätning
2. Väldefinierade och tydliga mål
3. Utbildning av arbetskraften
4. Egenkontroller och uppföljning

Dessa kan jämföras mot informationspunkterna som nämns i Sveby Energiverifikat:

1. Energimål och energitekniska funktionskrav
2. Övergripande systembeskrivning
3. Reviderade energiberäkningar med uppdaterad sammanställning av energitekniska funktionskrav och andra indata
4. Energirelaterade kostnads- och lönsamhetskalkyler
5. Resultat från provningar och kontroller
6. Besiktningresultat för energiuppföljning
7. Verifikationsplan
8. Erfarenhetsåterföring

Det kan konstateras att Sveby Energiverifikat erbjuder mer detaljerade riktlinjer än vad som nämns av tillfrågade personer i den här studien.

I en av lågenergibyggnaderna har samtliga av de fyra vanligast kontrollåtgärder vidtagits ändå har man uppmätt en högre energianvändning än projekterat. Förklaringen i detta fallet tros vara lägre verkningsgrad på värmeväxlare och kallare inkommande vatten än projekterat. Även brukarbeteende i form av vädring nämns som en trolig orsak. Hade Sveby energiverifikat tillämpats är det möjligt att avvikelserna upptäckts tidigare, tex. under punkten 2 Övergripande systembeskrivningar, driftstrategi med börvärden för driftsoptimering.

För byggnaderna som är uppförda enligt BBRs krav finns inga speciella åtgärder genomförda enbart för att säkerställa ett lågt energibehov. Kvalitetsrutinerna är baserade på ett generellt byggande enligt svenska byggregler.

### **3.3.2 Byggherrarnas och projektledarnas egna förklaringar till för hög energianvändning**

Den vanligaste förklaringen till en högre energianvändning än beräknat, i de fall då byggherren eller projektledaren haft en synpunkt, är:

1. Större förluster på VVC-kretsen än beräknat. Kommentar: Ligger kretsen invändigt i stommen borde denna värme komma huset tillgodo med en minskad uppvärmning till följd under uppvärmningssäsongen alternativt generera övertemperaturer. Sommartid finns ingen nytta.
2. Otillräcklig prestanda hos tekniken vilket innebär t.ex. sämre verkningsgrad på värmeväxlare och pumpar.
3. Oförutsett brukarbeteende i form av vädring m.m.

Faktorer som högre innetemperatur eller brister i arbetsutförandet med stora köldbryggor som följd nämns inte alls. Detta kan tolkas som om att flerbostadshus har bra kontroll över styrningen av innetemperatur och att vid uppförande av lågenergihus ligger för närvarande ett större fokus på installationerna än klimatskalet.

### **3.3.3 Energistyrningens betydelse för att projekterad energianvändning inte ska överskridas vid drift**

Från fallstudien kan det konstateras att två av sju byggnader (29 %) som haft en medveten energistyrning under byggprocessen har överskridit projekterad energianvändning med mer än 10% medan 4 av 13 byggnader (30 %) har gjort det då styrning saknats. Det kan konstateras att möjligheten att nå ett bra resultat endast ökas marginellt då man har en medveten uppföljning under byggprocessen.

De måste dock observeras att antalet byggnader som studerats är så få att det statistiska urvalet inte kan anses tillförlitligt. Många av byggnaderna är dessutom uppförda av samma byggherre.

## 4 Parameterstudie

Parameterstudien är genomförd för att teoretiskt kontrollera betydelsen av olika indata till energiprojekteringar. Studien omfattar fyra olika typer av flerbostadshus och två småhus.

Följande parametrar har valts för att undersöka påverkan på byggnadernas energiprestanda:

- Utomhustemperatur (årsmedel)
- Inomhustemperatur (lägsta tillåtna)
- Byggnadens termiska tyngd
- Ofrivilligt luftläckage
- Värmeåtervinningens prestanda (endast FTX-husen)
  - Obalanserat flöde
  - Värmeförluster i till- och/eller frånluftskanaler
  - Avfrostning
- Köldbryggor
- Internvärme

### 4.1 Flerbostadshus och småhus

Följande fyra flerbostadshus har undersökts:

- Punkthus med FTX-ventilation
- Punkthus med frånluftsventilation
- Lamellhus med FTX-ventilation
- Lamellhus med frånluftsventilation

Den viktiga skillnaden mellan lamellhusen och punkthusen är deras formfaktor ( $A_{om}/A_{temp}$ ). Formfaktorn för lamellhuset är 1,4 och för punkthuset 0,9. De frånluftsventilerade byggnaderna är bättre värmeisolerade än de med FTX-ventilation för att inte få ett orimligt högt energibehov. Den genomsnittliga värmeövergångskoefficienten är ca 20 % lägre i de frånfrånluftsventilerade husen. Byggnadernas beräknade energibehov presenteras i Tabell 3 och samtliga bakomliggande indata redovisas i bilaga A. Beräkningarna är gjorda i energiberäkningsprogrammet BV2.

**Tabell 3 Flerbostadshusens beräknade energibehov**

		Punkt-FTX	Punkt-F	Lamell-FTX	Lamell-F
Fastighetsel	kWh/m <sup>2</sup> år	12,7	9,6	12,7	9,6
Uppvärmning	kWh/m <sup>2</sup> år	58,0	91,5	74,4	104,8
Energiprestanda	kWh/m <sup>2</sup> år	<b>70,7</b>	<b>101,1</b>	<b>87,1</b>	<b>114,4</b>

Två olika småhus har undersökts.

- Lågenergi hus med bergvärmepump (BVP) FTX-ventilation
- Lågenergihus med frånluftsvärmepump (FVP) och F-ventilation

Båda av samma storlek, U-värden och formfaktor.

Småhusens beräknade energibehov presenteras i Tabell 4 och samtliga bakomliggande indata redovisas i bilaga B som är utskrift från beräkningsprogrammet. Beräkningarna är gjorda i energiberäkningsprogrammet TMFenergi.

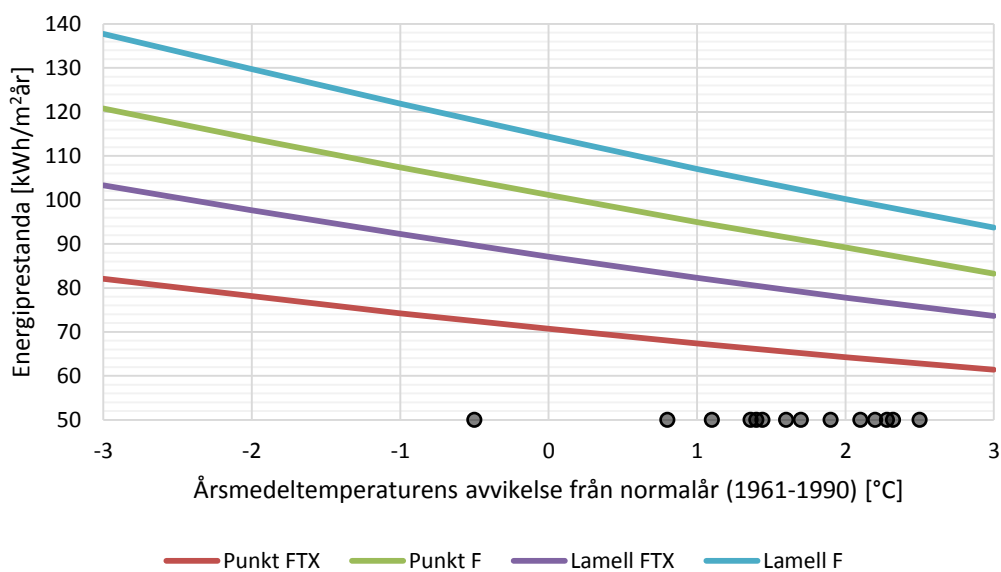
**Tabell 4 Småhusens beräknade energibehov**

		Villa-FTX	Villa-F
Fastighetsel	kWh/m <sup>2</sup> år	5,9	4,7
Uppvärmning	kWh/m <sup>2</sup> år	19,4	27,2
<b>Energiprestanda (Specifik energi)</b>	<b>kWh/m<sup>2</sup>år</b>	<b>25.3</b>	<b>31.9</b>

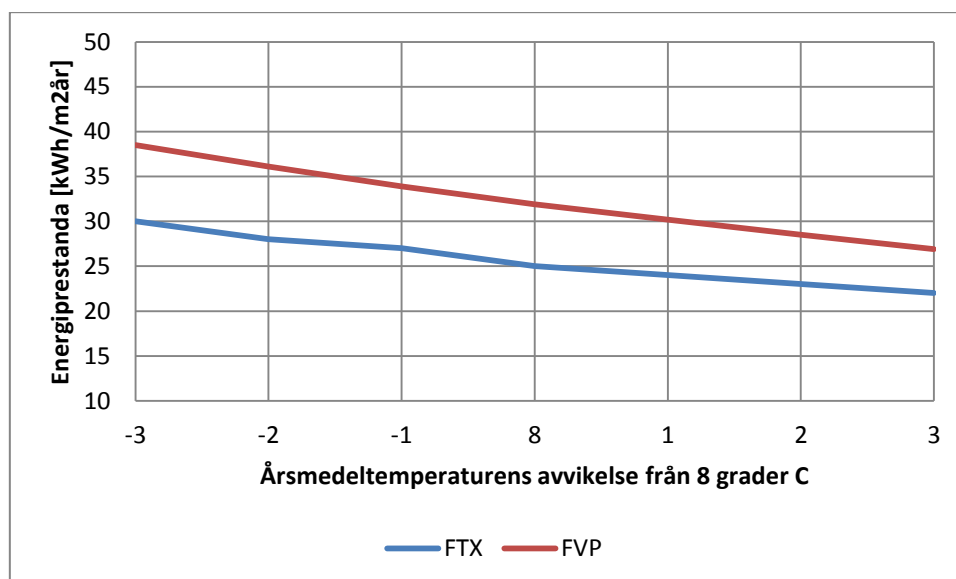
## 4.1.1 Resultat

### 4.1.1.1 Utomhustemperatur

Figur 2 och 3 visar hur utomhustemperaturen påverkar byggnadernas energibehov för flerbostadshus och småhus. I figur 2 visas också att årsmedeltemperaturen i Göteborg under 2000-talet, med ett undantag (2010), varit högre än under normalåret.



**Figur 2** Byggnadernas energiprestanda som funktion av utomhusmedeltemperaturen. Svarta punkter längs x-axeln visar årsmedeltemperaturer under 2000-talet.

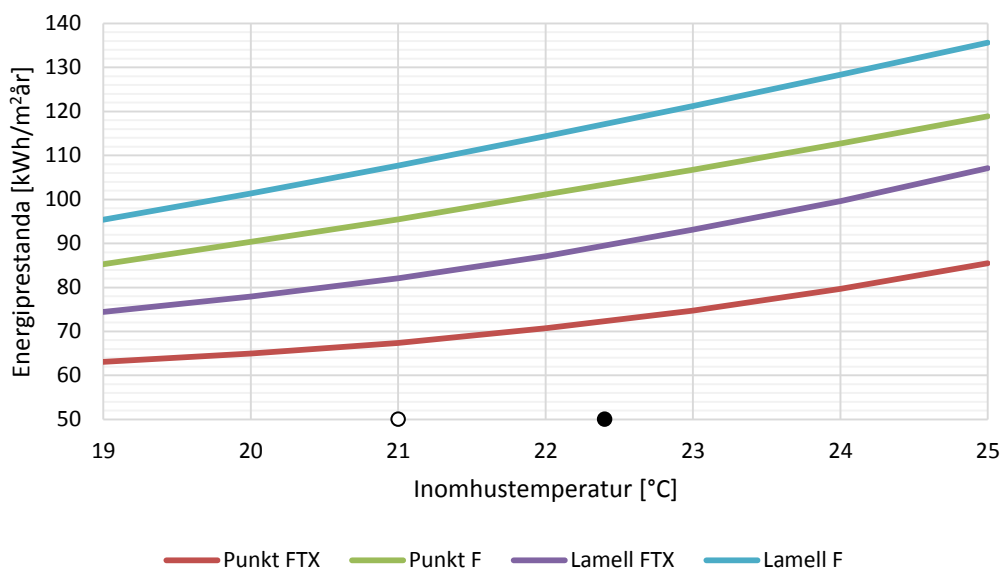


**Figur 3** Byggnadens energiprestanda som funktion av utomhustemperaturen utgående från årsmedel för Varberg

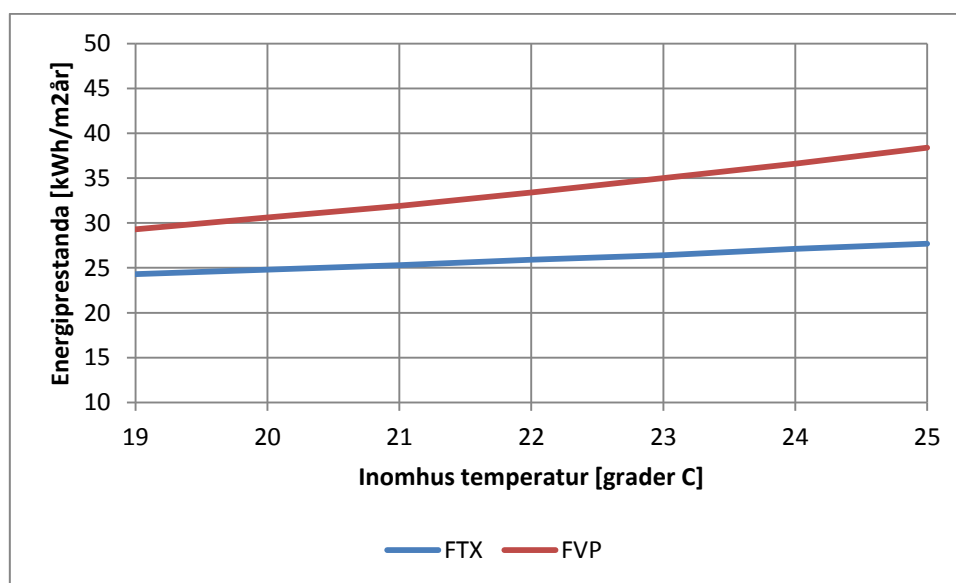
Genom att studera figurerna ovan kan det konstateras att en avvikelse i årsmedeltemperatur på 3 grader ger en energiprestanda som kan vara mellan 10-20 % för hög eller för låg. Störst skillnad blir det för småhusen och lamellhuset med F-ventilation. Tre graders avvikelse ger där en skillnad på 18-22% i energiprestanda. Minst skillnad är det för punkthuset med FTX där är avvikelsen mellan 11-17% för motsvarande 3 grader.

#### 4.1.1.2 Inomhustemperatur

I figur 4 och 5 visas hur energiprestandan beror på inomhustemperaturen. I figur 4 visas också vilket värde SVEBY rekommenderar att man använder vid energiberäkningar samt vad Boverket i genomsnitt mätte upp i projektet BETSI.



Figur 4 Byggnadernas energiprestanda som funktion av lägsta tillåtna inomhustemperatur. Vit punkt på x-axeln motsvarar SVEBYs indatarekommendation. Svart punkt motsvarar genomsnittet för flerbostadshus i Boverkets projekt BETSI.



Figur 5 Byggnadens energiprestanda som funktion av medeltemperatur inomhus.

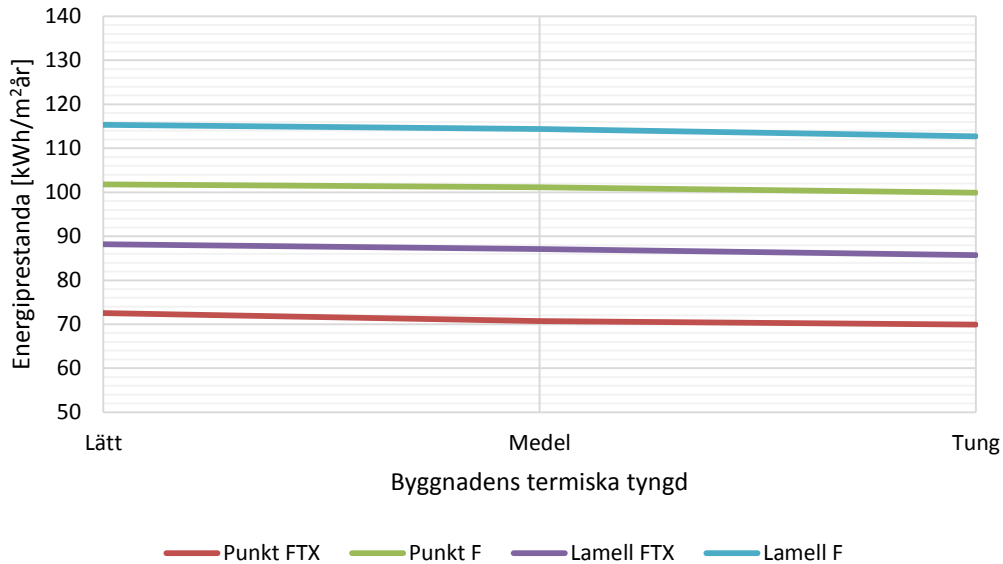
Att gå från en innetemperatur på 19 grader till 25 medför en ökad energianvändning med upp till 44%. Störst ökning är det för lamellhuset med FTX-ventilation (44%) och minst ökning för småhuset med



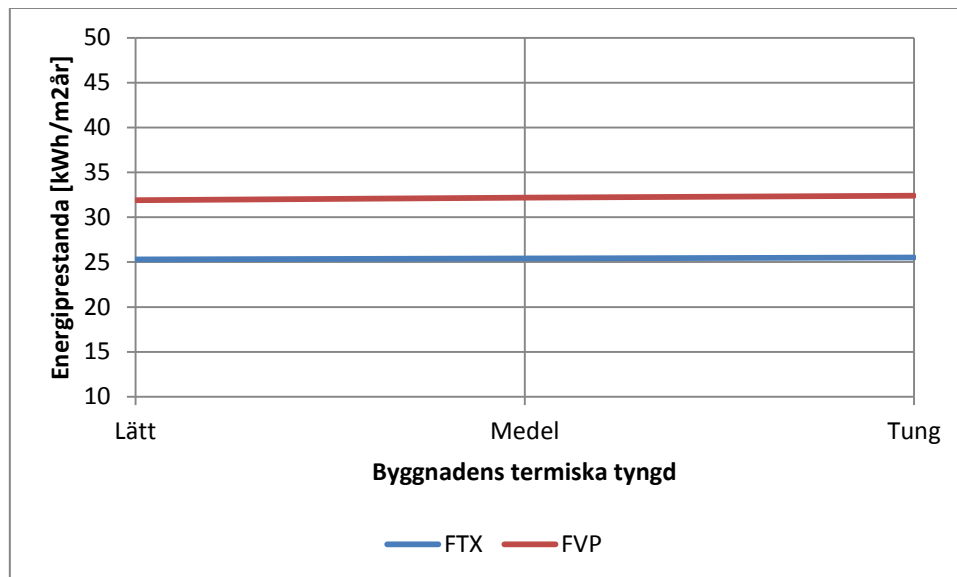
FTX-system (17%). En mer normal skillnad i temperatur från 21 grader till 23 grader innebär en ökad energianvändning i lamellhuset med FTX-ventilation på 15% och för små huset med FTX-system 7%.

#### 4.1.1.3 Byggnadernas termiska massa

I figur 6 och 7 visas hur byggnadens termiska massa påverkar energiprestandan. Med lätt byggnad avses en träbyggnad, tung motsvarar en betongbyggnad och medel har en värmelagringsförmåga mitt emellan lätt och tung. För småhusen ligger tidskonstanter kring 100 timmar för lätt, 200 timmar för medel och 300 timmar för tung.



Figur 6 Byggnadens energiprestanda som funktion av dess termiska tyngd.

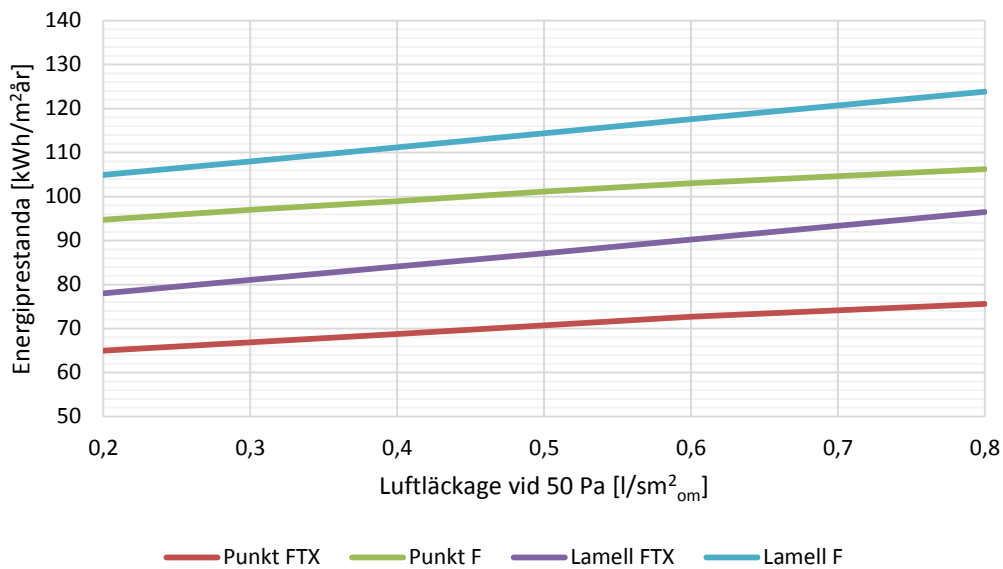


Figur 7 Småhusens energiprestanda som funktion av dess termiska tyngd

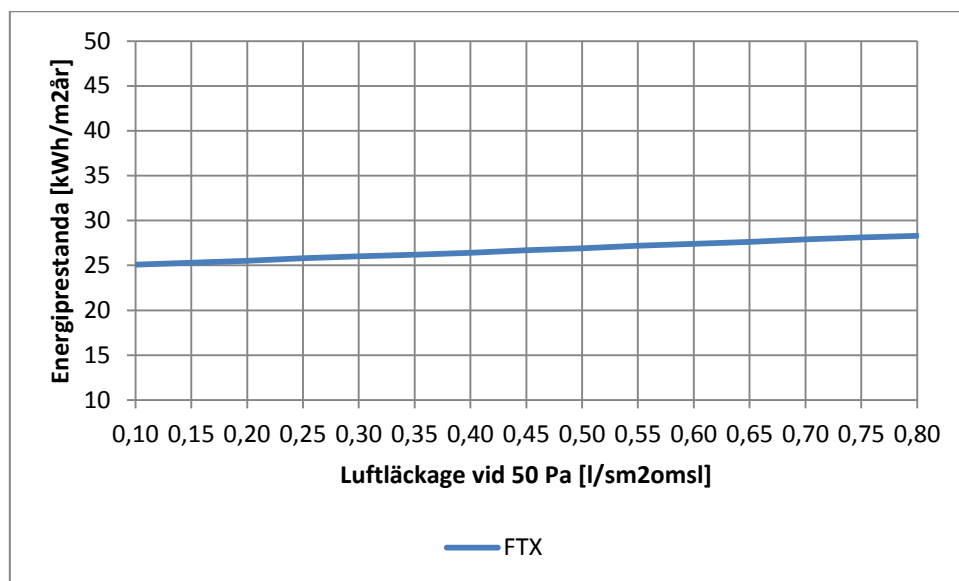
För flerbostadshusen blir skillnaden mellan lätt och tung stomme ca 2%. För små husen går det inte att se någon skillnad alls.

#### 4.1.1.4 Luftläckage

Figur 8 och 9 visar hur energiprestanda beror på hur lufttätt klimatskalet är. På x-axeln framgår luftläckage vid provtryckning med 50 Pa över och undertryck.



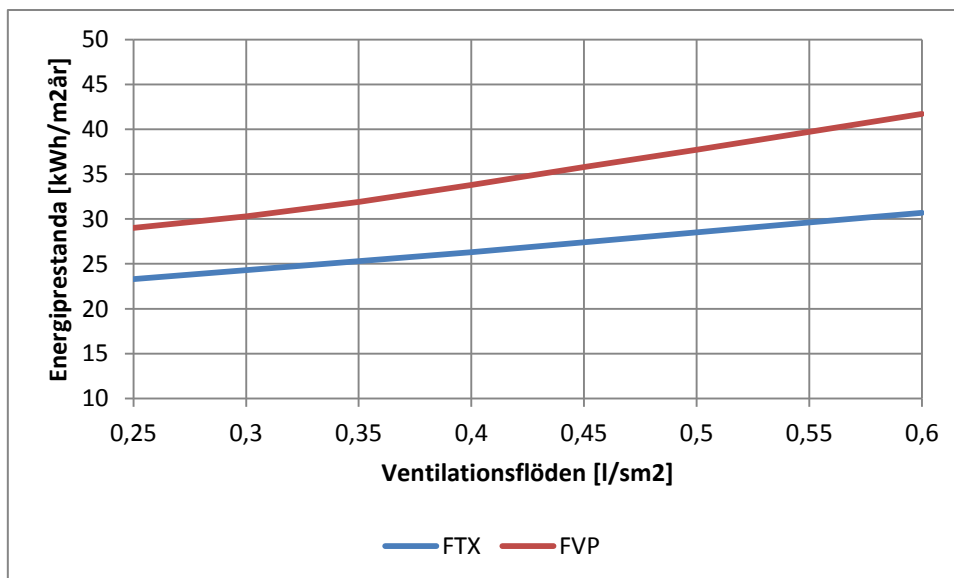
Figur 8 Byggnadens energiprestanda som funktion av luftläckage genom klimatskalet.



Figur 9 Byggnadens energiprestanda som funktion av luftläckage (småhus)

Ett extra luftläckage på 0,1 l/sm²<sub>om</sub> motsvarar en ökning av energiprestandan på 2% för flerfamiljshus med F-ventilation och 4% för flerfamiljshus med FTX-system. Småhuset är bara studerat för FTX-system och där är ökningen 2%. Det ska också noteras att programmen som använts BV2 och TMFenergi har olika beräkningsmetoder för luftläckage.

Figur 10 visar hur olika ventilationsflöden påverkar energiprestandan för småhus. Boverkets krav ligger på 0,35 l/s/m².

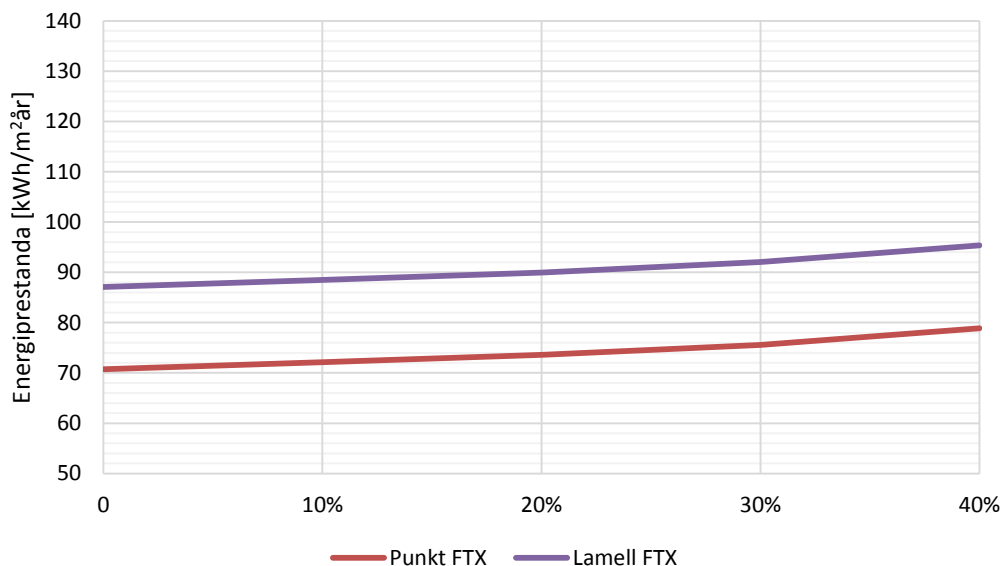


Figur 10 Byggnadens energiprestanda som funktion av ventilationsflöden

Flödena har relativt stor inverkan på energiprestandan men mildras av FTX-återvinningen vilket syns av den mindre branta linjen (blå) i figur 10. En skillnad i på 0,1 l/sm<sup>2</sup> innebär ca 12 % förändring av energiprestandan för ett småhus med frånluft värme pump och ca 8% om samma hus skulle ha FTX-system.

#### 4.1.1.5 Obalans i ventilationsflöde för flerbostadshus

Ur energisynpunkt är det eftersträvarsvärt att ha lika stort till- som frånluftflöde i FTX-aggregatet. Har man t.ex. separata köksfläktar som reducerar frånluftflödet i FTX-aggregatet så påverkas energiprestandan enligt figur 11.

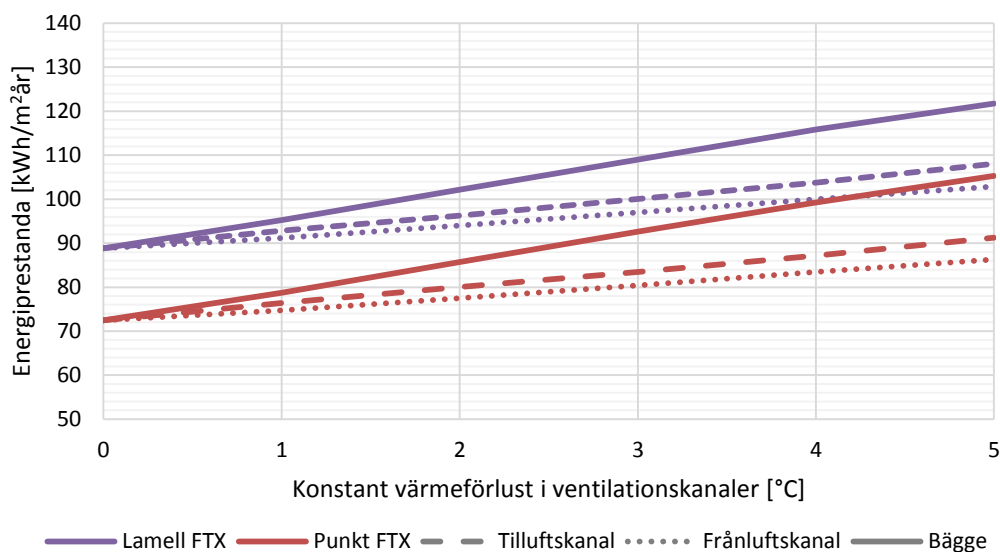


Figur 11 Byggnadens energiprestanda som funktion av obalans mellan till- och frånluftflöde i FTX-aggregat

Om 40 % av frånluften tar en annan väg än genom FTX-aggregatet så ökar byggnadens energiprestanda med ca 8 kWh/m<sup>2</sup>·år (7-10 %).

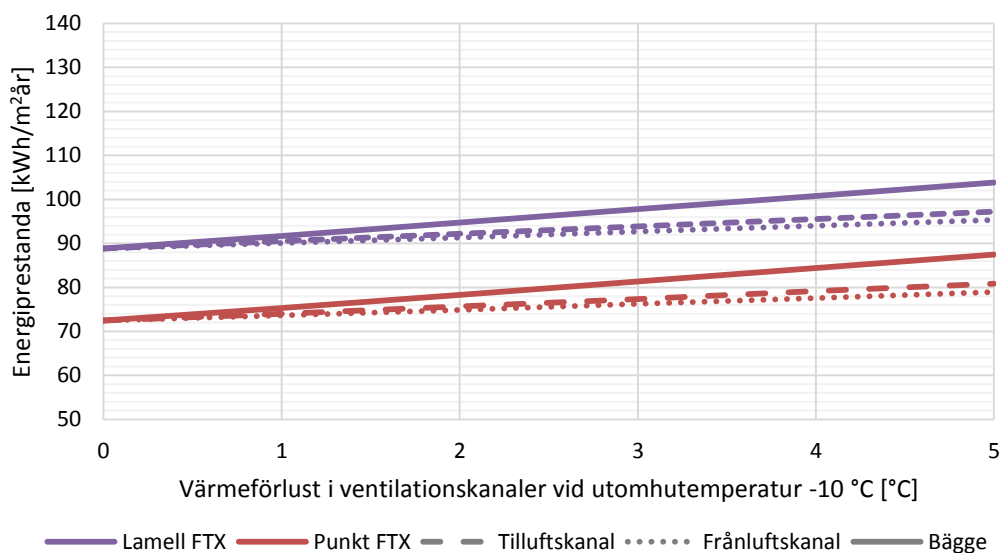
#### 4.1.1.6 Värmeförluster i ventilationskanaler för flerbostadshus

Beroende på hur ventilationskanaler är dragna kan de ha olika stora värmeförluster. I figur 12 antas temperaturen i kanalerna sjunka oberoende av utomhustemperaturen. Detta skulle kunna vara fallet om de är dragna i ett utrymme där temperaturen inte påverkas nämnvärt av utomhustemperaturen.



Figur 12 Byggnadens energiprestanda som funktion av konstanta kanalförluster.

I figur 13 antas värmeförlusterna istället bero på utomhustemperaturen. Värmeförlusterna som visas på x-axeln motsvarar hur mycket temperaturen i kanalerna sjunker vid en utomhustemperatur på  $-10\text{ °C}$ .

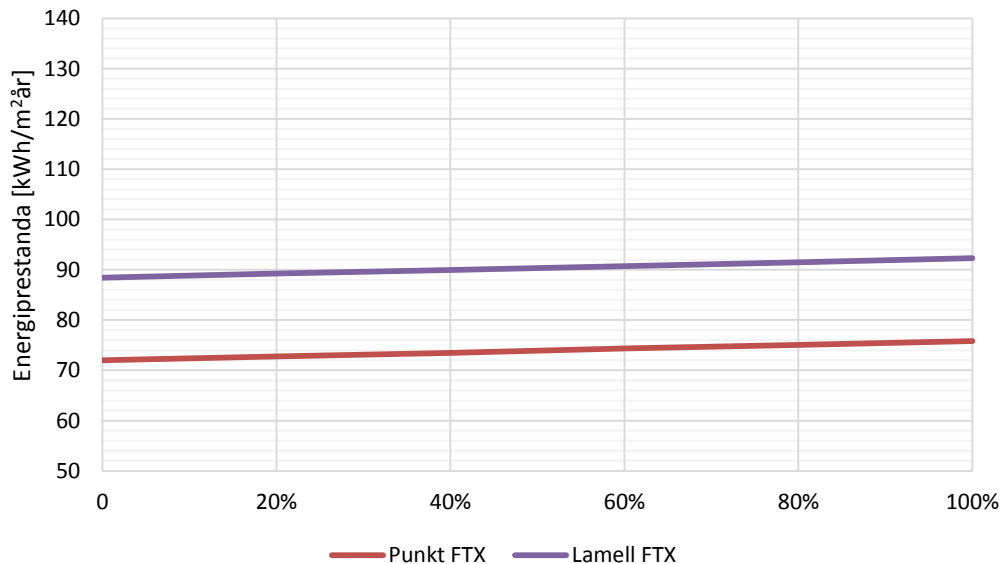


Figur 13 Byggnadens energiprestanda som funktion av kanalförluster proportionerliga mot skillnaden i temperatur mellan kanalluft och utomhus.

Om ventilationskanalerna är så dåligt isolerade att temperaturen i både till- och frånluftskanaler sjunker med  $5\text{ °C}$  när det är  $-10\text{ °C}$  utomhus så ökar byggnadens energiprestanda med  $15\text{ kWh/m}^2\text{år}$  (17-21 %).

#### 4.1.1.7 Avfrostningens prestanda för flerbostadshus

Antag att det finns risk för påfrysning när genomsnittet av uteluft- och avluftstemperatur är lägre än 0 °C. Hur mycket FTX-aggregatets prestanda påverkas av avfrostningen beror på en rad parametrar. Figur 8 visar hur mycket energibehovet påverkas av FTX-aggregatets avfrostningsprestanda. 100 % motsvarar att ingen värmeåtervinning alls kan köras när det finns påfrysningsrisk. 0 % innebär att FTX-aggregatet är helt oberört av påfrysningsrisken och kan köras med fullt temperaturverkningsgrad året om.

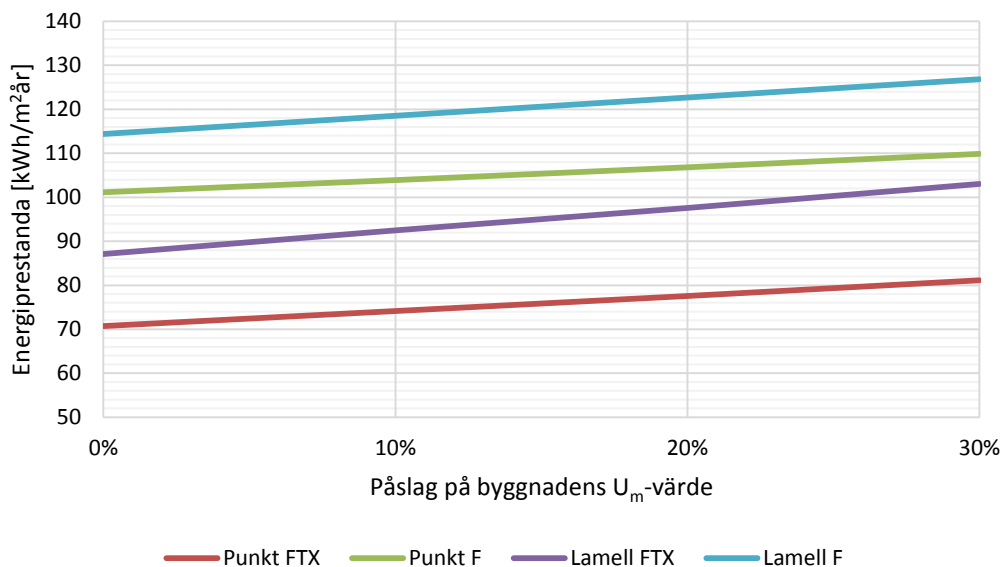


Figur 14 Byggnadernas energiprestanda som funktion av avfrostningens prestanda.

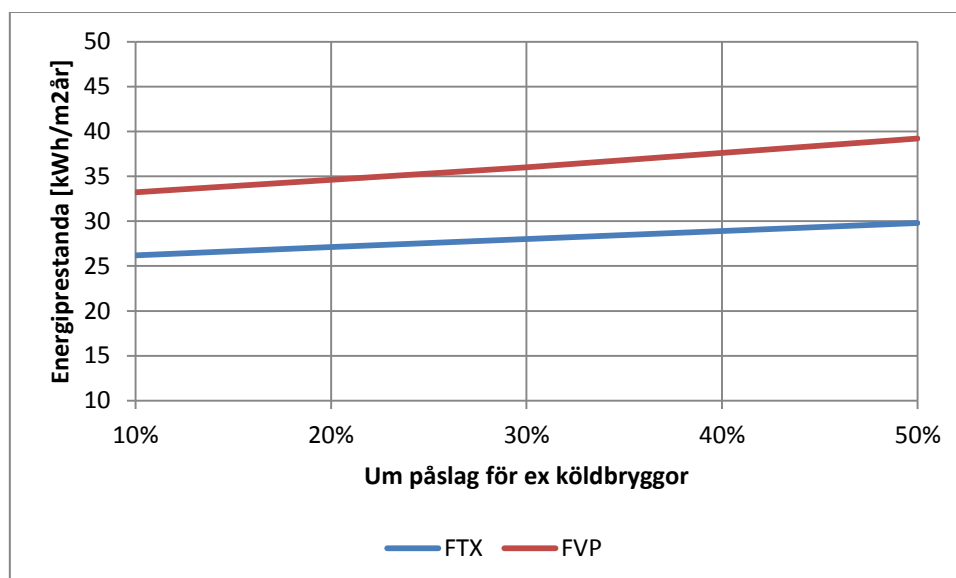
Byggnadens energiprestanda ökar med ca 5 % om värmeåtervinningen är helt avstängd när det är kallare än ca -4 °C ute. Detta är mycket starkt klimatberoende och motsvarade siffra för exempelvis Skellefteå är nästan 25 %.

#### 4.1.1.8 Köldbryggor

Köldbryggor behandlas ofta schablonmässigt i energiberäkningar och Boverket rekommenderar att man tar hänsyn till köldbryggorna med 20 % påslag på byggnadens genomsnittliga värmegenomgångskoefficient. Figur 15 och 16 visar hur energiprestandan beror på byggnadens värmegenomgångskoefficient.



Figur 15 Byggnadens energiprestanda som funktion av påslag för köldbryggor.

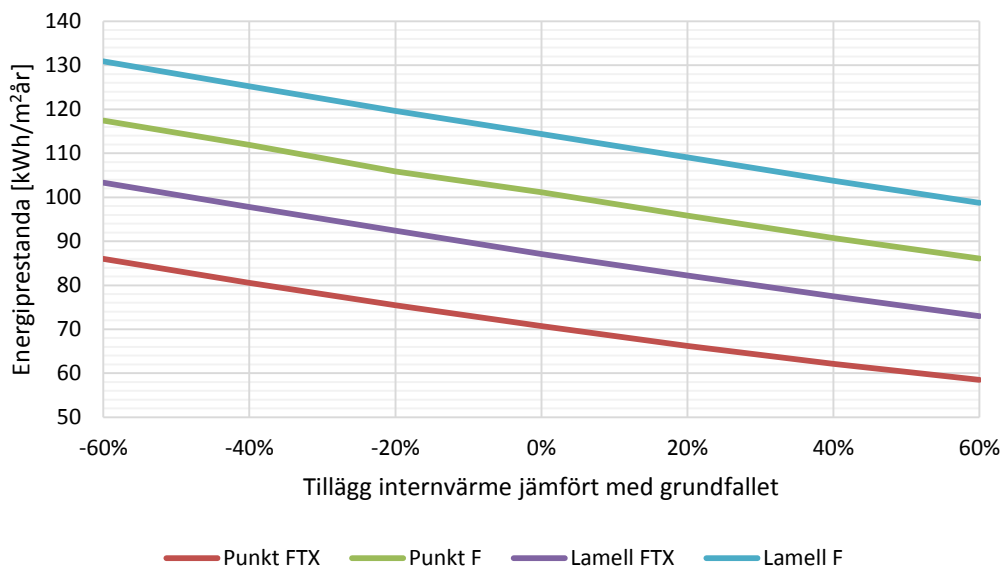


Figur 16 Byggnadens energiprestanda som funktion av påslag på  $U_m$

Ett extra påslag för köldbryggor motsvarande 10% medför ett ökat energibehov från 14 – 20 %. Den största ökningen på 20% står lamellhusen för. Punkthusen står för den minsta ökningen på 14% medan småhusen ligger däremellan (15-18%).

#### 4.1.1.9 Internlaster

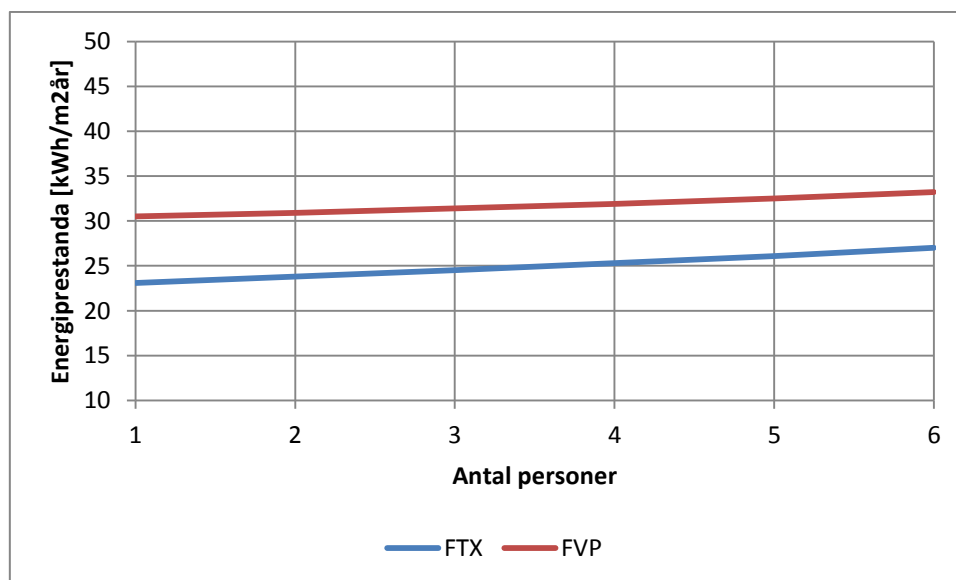
Internvärme från apparater och människor påverkar byggnadens behov av tillförd värme. Energiprestandan som funktion av internvärmelaster visas i figur 17 för flerbostadshusen.



Figur 17 Byggnadens energiprestanda som funktion av ökning av internvärme jämfört med grundfallet.

En förändring av internlasten motsvarande 20% motsvarar en förändring i energiprestandan på 8-9 % oberoende av byggnadstyp.

Figur 18 visar hur energiprestandan för småhuset varierar med antalet personer som bor i huset.



Figur 18 Byggnadens energiprestanda som funktion av intern last beroende på antal personer i familjen

Beräkningarna visar att energiprestandan försämras med antalet personer som bor i huset. Detta beror på att TMFenergi räknar då automatiskt med en högre varmvattenförbrukning.

## 4.2 Sammanfattning

Av alla studerade indata parametrar kan det konstateras att den som har minst påverkan är den kopplat till byggnadernas termiska tyngd. Ingen skillnad för småhusen och endast 2 % för flerbostadshusen. För de andra parametrarna, Utomhustemperatur, innetemperatur, luftläckage, värmeåtervinningsprestanda, köldbryggor och internvärme påverkar de resultatet för den framräknade energiprestandan med mellan 2 och 44 %. Störst betydelse har innetemperaturen, men den är också räknad på ett spann av 6 graden från 19 till 25 °C.

I tabell 5 är avvikelserna i energiprestanda sammanställda med avseende på indataparametrar.

**Tabell 5 Sammanställning över indataparametrarnas betydelse för beräknad energiprestanda.**

Parameter	Avvikelse i %					
	Punkt FTX	Punkt F	Lamell FTX	Lamell F	Små FTX	Små FVP
Årsmedeltemperatur ± 3°C	14*	20*	18*	20*	20*	19*
Innomhustemperatur Från 19-25 °C	35	40	44	41	17	30
Innomhustemperatur Från 21-23 °C	-	-	15	-	6	-
Termisk tyngd, skillnad mellan lätt och tung	2	2	2	2	0	0
Ofrivilligt luftläkage +0,1 l/sm <sup>2</sup> oms	4	2	4	2	2	-
Köldbryggor ±30% påslag	14	9	20	20	15	18
Internvärme ±20% påslag	8	8	8	8	-	-

\* Medelvärde eftersom avvikelserna mellan plus och minus skiljer sig åt.

Det kan konstateras att fel i indataparametrar slår mer för lamellhusen än för punkthusen och småhusen (undantag för F). Detta beror troligen på den mycket större omslutande ytan. Angående ventilationssystem, frånluft eller FTX gör det inte att dra några liknande slutsatser. I den här studien ser det ut som om att småhus med FTX system påverkas minst av skillnader i indata parametrar.



## 5 Slutsatser

Syftet med hela utredningen har varit att påvisa om energistyrningen under byggprocessen är den avgörande faktorn för avvikelser mellan projekterad och uppmätt energianvändning.

Från litteraturstudien kan det konstateras att det finns mer än 10 olika studier från 2001 till 2014 som visar att energianvändningen för bostäder är högre än beräknat, ofta så mycket som 50 %. Totalt är över 100 hus granskade. I de första studierna från 2001 och 2004 ansåg man att felaktigheter i klimatskalet, brukarbeteende och de installationstekniska storheter var orsaken till avvikelserna. I senare studier, från 2007 och fram till idag nämns i stort sett endast de installationstekniska egenskaperna så som VVC-krets, verkningsgrad på värmepump och pumpar som troliga orsaker. Anledningen till detta kan vara flera. En är att i lågenergibyggnader med ett välisolerat klimatskal får den installationstekniska biten större betydelse än i hus med sämre isolering. En annan kan vara att vi helt enkelt har blivit bättre på att bygga bra klimatskal och att vi har bättre kunskap om standardiserade brukarbeteenden. Detta kan vara tack vare arbetet i Sveby.

Fallstudien som är genomförd i det här projektet visar på något bättre resultat än från de tidigare studierna. Endast hälften av de 21 studerade byggnaderna har en högre energianvändning än projekterat och avvikelsen ligger från 3 - 28%. I de fall då man använt kontrollpunkter (tex täthetsmätning) under byggprocessen för att säkerställa en låg energianvändning är det 43% som överskridit projekterade värden. Det kan konstateras att möjligheten att nå ett bra resultat ökar marginellt då man har en medveten uppföljning under byggprocessen. De måste dock observeras att antalet byggnader som studerats är så få att det statistiska urvalet inte kan anses tillförlitligt. Många av byggnaderna är dessutom uppförda av samma byggherre.

Parameterstudien visar att några avvikelser här och där i beräkningarna kan ge väldigt olika resultat för en byggnads energiprestanda, 10% är rimligt. Störst avvikelse uppträder i regel då årsmedeltemperaturen är felaktig ett par grader eller om innetemperaturen skiljer sig från projekterad. Störst avvikelser fås för lamellhusen eftersom de har störst omslutande yta i den här studien. Innetemperaturen är också den parametern som pekas ut som den mest avgörande i en Italiensk studie från 2009. Däremot visar Sundin (2008) i sin studie att korrelationen mellan innetemperatur och energianvändning är mindre i verkligheten än vad beräkningarna visar.

### 5.1 Storheter att ta höjd för under byggprocessen

En god ide är att tillämpa Sveby eller ByggaE. Identifiera strategiska delar och dokumentera och kontrollera dessa med egenkontroll. Erfarenhetsåterföring är också viktigt eftersom det handlar om att ta lärdom av misslyckanden och lyckanden.

Att använda en felmarginalgräns på beräkningarna är också bra. Levin & Snygg (2011) skriver efter deras energibalansberäkningstävling att en variation på 10% kan förväntas. Det vore därför klokt att ha minst den marginalen på beräkningarna.

Den här studien visar att vi är på rätt väg med att minska skillnaden mellan projekterad och uppmätt energianvändning i svenska bostäder. Att implementera Sveby Energiverifikat och ByggaE i större utsträckning kommer troligen minska denna skillnad ytterligare.

## 6 Referenser

- Andersson, R. (2011). Energibalansberäkning för flerbostadshus. Högskolan i Gävle.
- Bagge, H. (2007). Energy Use in Multi-family dwellings. Lunds tekniska högskola.
- Berggren, B., Kempe, P., & Togerö, Å. (2014, nr 5). Nollenergikontoret Väla Gård - hur går det? Bygg & teknik.
- Carlsson, J. (2012). Osäkerhet i energisimuleringar av flerbostadshus Uppsala universitet.
- Corrado, V., & Mechri, H. E. (2009). Uncertainty and sensitivity analysis for building energy rating. *Journal of Building Physics*, 33(2). & Wahlström, Å. (2013) Sammanställning av lågenergibyggnader i Sverige.
- Filipsson, P, Heinicke, C,
- Filipsson, P., & Dalenbäck, J.-O. (2014). Energiberäkningar - Avvikelser mellan projekterat och uppmätt energibehov: Chalmers tekniska högskola.
- Gustavsson T et.al (2013) ByggaE – Wtod för kvalitetssäkring av Energieffektiva byggnader
- Harrysson, C. (2009). Variationer i energianvändning och inomhusmiljö kvalitet hos flerbostadshus med olika tekniska lösningar: Örebro Universitet.
- Hjalmarsson, C. (1988). Jämförelse av uppmätt och beräknad energiförbrukning i byggnader: Statens institut för byggnadsforskning.
- Imsirovic, A., & Alajbegovic, F. (2013). Uppföljning av energiprestanda samt boendes upplevelser av Portvakten Söder. Linnéuniversitetet.
- Johansson, M. (2014). Energiprestanda för lågenergihus - Hur bra stämmer de projekterade energivärdena? , Karlstads universitet.
- Karlsson, F., Rohdin, P., & Persson, M. L. (2007). Measured and predicted energy demand of a low energy building: important aspects when using Building Energy Simulation. *Building Services Engineering Research & Technology*, 28(3), 223. doi: <http://dx.doi.org/10.1177/0143624407077393>
- Kjellman, A., Hansson, A., & Nordquist, B. (2010). Uppföljning Flagghusen: WSP Environmental.
- Köhler, N. (2003, juni). Byggherrar räknar fel på energiförbrukningen. *Ny Teknik*.
- Levin, P., & Snygg, J. (2011). Resultat från energiberäkningstävling för ett flerbostadshus: Svebyprogrammet.
- Lindell, Å. (2005). Hantering av variationer i energiberäkningar för bostadshus. Lunds tekniska högskola.
- Mørck, O., Thomsen, K. E., & Rose, J. (2012). The EU CONCERTO project Class 1 - Demonstrating cost-effective low-energy buildings - Recent results with special focus on comparison of calculated and measured energy performance of Danish buildings. *Applied Energy*, 97, 319-326.
- Sandberg, E. (2012). Jämförande mätstudie av fyra flerbostadshus. Paper presented at the Passivhus Norden 2013.
- Stenberg, P. H. K. (2005). Orsaker till differenser mellan beräknad och faktisk energianvändning i nyproducerade flerbostadshus Kungliga Tekniska Högskolan.
- Sundin, J. (2008). Energiförbrukning i moderna enfamiljshus. Mittuniversitetet.
- SVEBY Energiverifikat – uppföljning av energikrav under byggprocessen (2012)

Svensson, A., & Fredriksen, E. (2013). Energibruk i 9 passivhus- Sammenligning mellom beregnede og målte verdier. Paper presented at the Passivhus Norden 2013.

Wik, P.-J. (2012). Erfaringer med energiforbrug i lavenergibygnader: Energikontoret Skåne.

## 7 Bilagor

### 7.1 Bilaga A - Indata till parameterstudien för flerbostadshus, grundfallet

		Punkt-FTX	Punkt-F	Lamell-FTX	Lamell-F
Ytterväggsarea S/Ö/V/N	m <sup>2</sup>	462 / 259 / 259 / 462		292 / 81 / 81 / 292	
Fasader Tyngd	-	Medel			
Fasader U-värden	W/m <sup>2</sup> K	0,2	0,15	0,2	0,15
Fönsterarea S/Ö/V/N	m <sup>2</sup>	93 / 50 / 50 / 93		70 / 5 / 5 / 70	
Fönster Glasandel [%]	%	70			
Fönster Solfaktor	-	0,67			
Fönster U-värden	W/m <sup>2</sup> K	1,3	1,1	1,3	1,1
Fönster Yttre avskuggning	-	0,5			
Antal våningsplan	-	6		3	
Total omslutningsarea	m <sup>2</sup>	2354		1465	
Total golvarea (Atemp)	m <sup>2</sup>	2736		1080	
Formfaktor	-	0,9		1,4	
Fasadens fönsterandel	%	20			
Rumshöjd	M	2,4			
Takarea	m <sup>2</sup>	456		360	
Tak U-värde	W/m <sup>2</sup> K	0,15	0,10	0,15	0,10
Platta mot mark Area	m <sup>2</sup>	456		360	
Platta mot mark U-värde	W/m <sup>2</sup> K	0,15	0,10	0,15	0,10
Klimat	-	Göteborg (1961-1990)			
Dörrarea S/Ö/V/N	m <sup>2</sup>	0 / 2 / 20 / 5		9 / 0 / 0 / 0	
Dörrar U-värde	W/m <sup>2</sup> K	1,3			
Inre massa	-	Medel			
Luftläckage vid 50 Pa	l/sm <sup>2</sup> om	0,5			
Belysning och maskiner, sommar	W/m <sup>2</sup>	1,6			
Belysning och maskiner, vinter	W/m <sup>2</sup>	2,7			
Människor dag	W/m <sup>2</sup>	0,5			
Människor natt	W/m <sup>2</sup>	1,8			
Typ av ventilationssystem	-	FTX	F	FTX	F
Lägsta tillåtna inomhustemp	°C	22			
Luftflöde	l/sm <sup>2</sup>	0,35			
VÅV verkningsgrad	%	70	-	70	-
SFP	kW/(m <sup>3</sup> /s)	2,5	1,5	2,5	1,5
Vädringspåslag	kWh/m <sup>2</sup> år	4			
TVV (inkl. VVC-förluster)	kWh/m <sup>2</sup> år	27,5			
Reglerförluster	%	5 % påslag på värmeenergin			
Extra elanvändning	kWh/m <sup>2</sup> år	5,0			

## 7.2 Bilaga B - Indata till parameterstudien för småhus, grundfallet

hus med berg-/markvärmepump och FTX-ventilation

Data ifyllda av: **Stefan Elfborg SP**  
Datum: 2014-11-27

TMF Energi version 3.4

Fritextruta/kommentarer:

LAGAN EBU 7971  
Referens  
Utgår från Need4B  
Varberg

### INDATA

<b>Allmänt</b>		<b>Värmeproduktion</b>	<b>IVT C4.5</b>	<b>Direktelvärmes, komplement</b>	
Hustillverkare:		P vp värme, 0/35 °C	4700 (W)	<b>Elektriska handdukstorkar</b>	0 st
Husmodell:	Villa 1 ½ plan	COP, värme, 0/35 °C	4.20 (-)	termostat och/eller timer	nej
Beställningsnummer:	Lågenergihus	P vp värme, 0/45 °C	4400 (W)	årlig energianvändning	0 (kWh/år)
Ordernummer:		COP, värme, 0/45 °C	3.30 (-)	<b>Elgolvvärme (badrum/hall)</b>	0.0 m <sup>2</sup>
Husets placering/ort:	Varberg	Markvärmepump	ja	termostat och/eller timer	ja
Klimatzon:	III	Kollektorstorlek	100 (%)	årlig energianvändning	0 (kWh/år)
Fastighetsbeteckning:		Superheater, varmvatten	nej	<b>Markteffekt direktelvärmes</b>	0 (W)
Adress:		A-klassad brinepump	ja	<b>Annan specifik elförbrukare</b>	800 (kWh/år)
Köpare:		Tomgångseffekt, el	100 (W)	varav intern värmeavgivning	0 (%)
		Placering utanför klimatskal	nej		
<b>Defaultvärden</b>		Installerad eleffekt	4300 (W)		
Trum, medel, uppv.säsong	21.0 (°C)	<b>Värmedistribution</b>			
Personvärme, specifik	80 (W/person)	A-klassade cirk.pumpar	ja		
Närvarotid, medel	14 (h/dygn)	Pel cirk.pump, medel	54 (W)		
Varmvattenanv. specifik	14 (m <sup>3</sup> /person år)	Återkopplad reglering	ja		
Antal personer	4 (st)	Vattenburen golvvärme	95.0 (m <sup>2</sup> )		
Hushållsapparater	elefektiva	Max temp. fram vid DVUT	55.0 (°C)		
		Resurseffektiva blandare	ja		

### Byggnad

T <sub>uta, medel</sub>	8.0 (°C)	<b>Ventilation</b>	<b>SAVE-VTR-300</b>
DVUT, 1-dygn (24 h)	-15.3 (°C)	Eleffektiv ventilation	ja
DVUT, 2-dygn (48 h)	-14.5 (°C)	Pel fläktar, medel	81 (W)
DVUT, 3-dygn (72 h)	-13.9 (°C)	Luftflöde, medel	54.3 (l/s)
DVUT, 4-dygn (96 h)	-13.3 (°C)	varav separat F-vent. garage	0.0 (l/s)
Tidskonstant (τ)	123 (h)	<b>Normaldrift</b>	
DVUT, aktuell	-12.8 (°C)	Pel fläktar	81 (W)
A <sub>temp</sub>	155.0 (m <sup>2</sup> )	Spec. luftflöde	0.35 (l/s/m <sup>2</sup> )
A <sub>garage</sub>	0.0 (m <sup>2</sup> )	Luftflöde	54.3 (l/s)
A <sub>om, total</sub>	347.0 (m <sup>2</sup> )	SFP	1.5 (W/l/s)
A <sub>om, byggnadsskal</sub>	260 (m <sup>2</sup> )	<b>Reducerat flöde</b>	nej
A <sub>bottenplatta</sub>	87.0 (m <sup>2</sup> )	Frånvarotid	0 (h/dygn)
U <sub>m</sub>	0.160 (W/(K m <sup>2</sup> ))	Pel fläktar	31 (W)
U <sub>A, tot</sub>	55.5 (W/K)	Spec. luftflöde	0.10 (l/s/m <sup>2</sup> )
Värmeeffektbehov vid DVUT	2.46 (kW)	Luftflöde	15.5 (l/s)
Lufttäthet q <sub>50</sub>	0.15 (l/s m <sup>2</sup> )	<b>Värmeåtervinning</b>	
Avskärmning från vind	måttlig (-)	Nominellt flöde	45.0 (l/s)
Passiv solinstrålning	normal (-)	Temp.verkn.grad (+2 °C)	80.0 %
q exfiltration, medel	3.6 (l/s)	Temp.verkn.grad (-15 °C)	75.0 %
		<b>Spisfläkt-kåpa</b>	<b>F200</b>
		Luftflöde, forcerat	80 (l/s)
		Pel, forcerat	70 (W)
		Drifttid	1.0 (h/dygn)

### UTDATA

E hushållsel	5150 (kWh/år)
E ut värmesystem	2012 (kWh/år)
E varmvattenanv.	3378 (kWh/år)
E värmeläckage VVB	2102 (kWh/år)
E el fläktar	735 (kWh/år)
E el cirk.pump, värmedistr.	187 (kWh/år)
E el vp kompressor+brinepump	2200 (kWh/år)
E elpatron, tillskott	0 (kWh/år)
E direktelvärmes, komplement	0 (kWh/år)
E annan specifik elförbrukare	800 (kWh/år)
E köpt energi (exkl. hushållsel)	3922 (kWh/år)
E köpt energi totalt	9072 (kWh/år)
E energianvändning värmesyst.	8415 (kWh/år)
E energianvändning totalt	13565 (kWh/år)
E energibesparing värmepump	4493 (kWh/år)
<b>Specifik energianvändning</b>	<b>25.3 (kWh/m<sup>2</sup>/år)</b>
Kravnivå BBR 20 (BFS 2013:14)	55 (kWh/m <sup>2</sup> /år)
Energiklass (SS-24300-2:2012)	A
P el max vp kompr.+brinepump	0.99 (kW)
P elpatron, max, dim	0.00 (kW)
P direktelvärmes	0.00 (kW)
<b>Dim. eleffekt för uppvärmning</b>	<b>0.99 (kW)</b>
<b>Installerad eleffekt, total</b>	<b>4.30 (kW)</b>
Kravnivå BBR 20 (BFS 2013:14)	5.13 (kW)





LÅGAN (program för byggnader med mycket LÅG energiANvändning) är ett samarbete mellan Energimyndigheten, Boverket, Sveriges Byggindustrier, Västra Götalandsregionen, Formas, byggherrar, entreprenörer och konsulter med syfte att öka byggtakten av lågenergibygnader.

[www.laganbygg.se](http://www.laganbygg.se)

