

# Erfarenhetsåterföring från de första passivhusen - innemiljö, beständighet och brukarvänlighet

Eva Sikander, Svein Ruud, Kristina Fyhr, Owe Svensson

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut



## **Abstract**

### **Experience and evaluation of ten-year-old passive houses – indoor environment, durability and user convenience**

Although many passive houses and low-energy houses were evaluated while they were still newly built, there has not been much evaluation of them after several years' of occupation. This indicates a need to re-visit older passive houses in order to pick up any aspects that could be improved in the interests of operating aspects, good indoor environmental conditions, moisture safety or continued low energy use.

The objective of this project has been to provide the building sector with feedback of experience from the first passive houses in Sweden, which were first occupied in 2001. User experiences have been collected through interviews, and indoor environmental conditions and the performance of technical systems have been monitored and measured. Energy use data for the houses has also been obtained. The work has been carried out on ten of the twenty terrace house units that were built outside Göteborg. As the houses were thoroughly monitored while they were new, we can see if and how they have changed over their first ten years' occupation.

The results shows that, in general, the occupants are very satisfied, although they have put forward proposals for certain improvements, linked to the fact that it is they themselves who operate and look after the houses. Similarly, measurement and monitoring of the indoor conditions and the technical systems shows that, in many respects, the houses have aged well, although there is also scope for improvement in order to ensure that the initially low energy consumption does not tend to increase, and to maintain the good indoor environmental conditions.

Interviews, follow-up of energy use and measurements of indoor conditions and the performance of technical systems have included indoor thermal conditions, solar collector systems, performance of heat exchangers, air flows, acoustic conditions, airtightness of the building envelope, natural cross ventilation when required, moisture conditions in the building envelope and operating instructions.

The project has been financed by SBUF and the Västra Götaland region/Build with CaRe.

Key words: Passive houses, indoor environment, durability, energy use, user experience, experience, evaluation.

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

SP Rapport 2011:26  
ISBN 978-91-86622-57-2  
ISSN 0284-5172  
Borås 2011

# Innehållsförteckning

<b>Abstract</b>	<b>2</b>
<b>Innehållsförteckning</b>	<b>3</b>
<b>Förord 5</b>	
<b>Sammanfattning</b>	<b>6</b>
<b>1 Bakgrund</b>	<b>7</b>
1.1 Byggsektorns behov av erfarenhetsåterföring	7
1.2 Beskrivning Lindåshusen	7
1.3 Beskrivning Glumslöv	8
<b>2 Syfte</b>	<b>9</b>
<b>3 Genomförande</b>	<b>10</b>
<b>4 Termisk komfort</b>	<b>11</b>
4.1 Inledning	11
4.2 Sammanfattning av intervjuer	12
4.3 Mätningar av temperatur och fuktighet	13
4.4 Erfarenhetsåterföring	17
<b>5 Luftflöden, kanaler och filter</b>	<b>18</b>
5.1 Inledning	18
5.2 Kommentarer till intervjuer	18
5.3 Kommentarer till synliga noteringar	18
5.4 Kommentarer till mätningar	20
5.5 Erfarenhetsåterföring	21
<b>6 Värmeväxlare</b>	<b>23</b>
6.1 Inledning	23
6.2 Kommentarer till intervjuer	23
6.3 Kommentarer till mätningar	23
6.4 Erfarenhetsåterföring	25
<b>7 Lufttäthet</b>	<b>26</b>
7.1 Inledning	26
7.2 Kommentarer till intervjuer	27
7.3 Kommentarer till mätningar	28
7.4 Erfarenhetsåterföring	29
<b>8 Tryckskillnad över klimatskal</b>	<b>31</b>
8.1 Inledning	31
8.2 Kommentarer till mätningar	31
8.3 Erfarenhetsåterföring	32
<b>9 Fukt</b>	<b>33</b>
9.1 Inledning	33
9.2 Kommentarer till intervjuer	34
9.3 Kommentarer till mätningar	34
9.4 Erfarenhetsåterföring	36

<b>10</b>	<b>Ljudmiljö</b>	<b>37</b>
10.1	Inledning	37
10.2	Kommentar till intervjuer	37
10.3	Kommentar till mätningar	37
10.4	Erfarenhetsåterföring	38
<b>11</b>	<b>Ljusmiljö</b>	<b>39</b>
11.1	Inledning	39
11.2	Kommentar till intervjuer	39
11.3	Erfarenhetsåterföring	39
<b>12</b>	<b>Solfångare</b>	<b>40</b>
12.1	Förutsättningar	40
12.2	Kommentarer till mätningar	40
12.3	Slutsats	40
<b>13</b>	<b>Energianvändning</b>	<b>41</b>
13.1	Inledning	41
13.2	Kommentarer till intervjuer	41
13.3	Kommentarer till mätningar	41
13.4	Erfarenhetsåterföring	44
<b>14</b>	<b>Underhåll och instruktioner</b>	<b>45</b>
14.1	Inledning	45
14.2	Kommentarer till intervjuer	46
14.3	Erfarenhetsåterföring	46
<b>15</b>	<b>Erfarenhetsåterföring - sammanställning</b>	<b>47</b>
<b>16</b>	<b>Referenser</b>	<b>51</b>
<b>Bilaga 1</b>	<b>Läckagesökning bostad i Glumslöv</b>	<b>52</b>
<b>Bilaga 2</b>	<b>Läckagesökning och täthetsprovning i Lindås</b>	<b>57</b>
<b>Bilaga 3</b>	<b>Fuktmätningar i klimatskal</b>	<b>64</b>
<b>Bilaga 4</b>	<b>Ljudmätning av ventilation i byggnad med FTX</b>	<b>66</b>
<b>Bilaga 5</b>	<b>Mätning av temperatur och relativ ånghalt</b>	<b>69</b>

## Förord

Detta är en förstudie som utförts med finansiering från SBUF, Västra Götalandsregionen inom programmet Build with Care och företagen inom FoU-Väst.

Projektet har genomförts med en styrgrupp bestående av:

Pär Åhman, Sveriges Byggindustrier

Joa Ivarsson, VGR

Kristina Gabriellii, Peab

Ene Lindén, Skanska

Rolf Jonsson, Wäst-Bygg

Referensgruppen, som har bidragit med mycket värdefull kunskap och stor erfarenhet, har utgjorts av:

Hans Eek, Passivhuscentrum

Karin Adalberth, prime project

Elvy Karlsson, Martin & Co

Maria Wall, Lunds Tekniska Högskola

Carl-Eric Hagentoft, Chalmers Tekniska Högskola

Framförallt ett stort tack till husägare och boende i de hus som ställt sina byggnader och tid till vårt förfogande!!

## Sammanfattning

Många av passivhusen och lågenergihusen har utvärderats då de var nyproducerade medan utvärdering efter flera års drift ännu inte är så vanligt. Det finns därför ett behov av att följa upp tidigt producerade passivhus för att fånga upp eventuella aspekter som kan förbättras för att säkra brukarvänlighet, god inommiljö, fuktsäkra konstruktioner och en beständigt låg energianvändning.

Projektets mål är att ge byggsektorns aktörer erfarenhetsåterföring från de först producerade passivhusen i Sverige som hade inflyttning 2001. Via intervjuer har de boendes synpunkter inhämtats och genom uppföljning och mätningar har inommiljön och tekniska system följts upp. Dessutom har energianvändningen inhämtats för de aktuella husen. Uppföljningen har utförts i 10 av totalt 20 radhusenheter i Lindås utanför Göteborg. Eftersom byggnaderna följdes upp grundligt då de var nyproducerade kan slutsatser dras kring hur dessa lågenergibygnader har förändrats under de första tio årens användning. Därtill har en lägenhet besökts i en självuppvärmd byggnad i Glumslöv.

Studien omfattar ett litet antal hus och några generella slutsatser kan därför inte dras. Resultaten visar att de boende i de undersökta husen i allmänhet är mycket nöjda, men det finns också önskemål om vissa förbättringar kopplade till att de boende själva förvaltar och sköter driften av sina hus i Lindås. På samma sätt visar mätningar och uppföljningar i de aktuella husen av energianvändning, inommiljö och de tekniska systemen att byggnaderna i många avseende har åldrats väl, men att det också finns förbättringsmöjligheter för att säkerställa att den inledningsvis låga energianvändningen inte skall öka i framtiden och för en fortsatt god inommiljö.

Intervjuer, uppföljning av energianvändning och mätning av inommiljö och de tekniska systemen har bland annat berört termiskt inomhusklimat, solfångarsystem, värmeväxlarens funktion, luftflöden, ljudmiljö, lufttäthet hos klimatskal, vädringsmöjligheter, fukt-förhållanden i klimatskal och driftinstruktioner.

För en sammanställning av erfarenheter som kan användas för framtida nyproduktion och förvaltning av lågenergibygnader – se avsnitt 15 ”Erfarenhetsåterföring – sammanställning”.

# 1 Bakgrund

## 1.1 Byggsektorns behov av erfarenhetsåterföring

En av bygg- och fastighetssektorns största utmaningar är att producera byggnader med låg energianvändning. Samtidigt är det ett grundläggande krav att byggnaderna uppfyller brukarens förväntningar, bl a med avseende på god inomhusmiljö och brukarvänlighet. Under de senaste tio åren har passivhus byggts med tekniker som vi till viss del har erfarenhet av, i andra delar har vi mindre erfarenhet av brukarens uppfattning om hur slutresultatet blivit och hur de tekniska lösningarna och komponenterna åldrats. Många av passivhusen och lågenergihusen har utvärderats då de var nyproducerade medan utvärderingen efter flera års drift ännu inte genomförts. Nu finns därför ett behov av att följa upp tidigt producerade passivhus för att fånga upp eventuella aspekter som kan förbättras. Det är mycket viktigt att brukarnas synpunkter fångas upp och eventuella brister rättas till innan tekniken tillämpas på en större andel av nybyggandet.

Efterfrågan och intresset att bygga lågenergihus eller passivhus ökar, samtidigt som det vid en mer utbredd/omfattande produktion är viktigt att tekniken är hållbar över tiden och att brukarna är nöjda.

## 1.2 Beskrivning Lindåshusen



Figur 1 Lindåshusens söderfasad respektive norrfasad. Norrfasadens entré är försedd med ett vindfång.

Husen i Lindås är byggda såsom radhus i två plan med loft. 20 bostäder är fördelade i fyra huskroppar. Byggnaderna är de första så kallade passivhusen i Sverige och stod inflyttningsfärdiga 2001 och byggherren var Egnahemsbolaget som senare sålde byggnaderna. Hans Eek var starkt engagerad i tillblivelsen av dessa hus. Idag är de friköpta och ägs av respektive familj.

Klimatskallen är mycket väl isolerade och lufttäta för att ge den grundförutsättning som behövs för en låg energianvändning. Lufttäteten var i samband med färdigställandet något olika för olika hus med värden kring 0,2-0,4 l/m<sup>2</sup>s. Under produktionen hade man stort fokus på lufttätet med utbildningsinsatser för personalen och kontrollprogram. U-värdet för ytterväggen är 0,10 W/m<sup>2</sup>K och för tak 0,08 W/m<sup>2</sup>K. Fönstren har ett U-värde på 0,85 W/m<sup>2</sup>K.

Värmen i ventilationsluften återvinns med en högeffektiv värmeväxlare (>80 % temperaturverkningsgrad) och det extra tillskott av värme som behövs för en god termisk komfort

ges av värmebatteri i tilluften. På taket finns solfångare för att ge värme till varmvattnet. Solfångaranläggningen täcker närmare 40 % av behovet av värme för varmvattnet.

Husen har ingått i flera forsknings- och utvecklingsprojekt. Bland annat gjordes en uppföljning av husen under de två första åren. Resultaten från denna uppföljning finns redovisade i [Ruud, Lundin 2004].

### 1.3 Beskrivning Glumslöv



Figur 2 Kvarteret Nornan i Glumslöv är ett exempel på lufttäta och energieffektiva hus.  
Foto: Karin Adalberth, prime project AB.

Husen i Glumslöv är byggda såsom radhus med 35 lägenheter i ett respektive två plan och uppläts som hyresrätter av Landskronahem som även var byggherre. Produktionstiden var 2004-2005. Fastighetsägare betecknar husen såsom självuppvärmda och de har en effektiv energianvändning.

Byggnaderna har låga U-värden och är mycket lufttäta. Lufttätheten uppmättes vara så låg som  $0,1 \text{ l/m}^2\text{s}$ . Under produktionen hade man stort fokus på lufttäthet med utbildningsinsatser för personalen och kontrollprogram. Värmen i ventilationsluften återvinns med en värmeväxlare och det extra tillskott av värme som behövs för en god termisk komfort ges av värmebatteri i tilluften. Solfångare eller solceller finns inte på byggnaderna.



## 2 Syfte

Projektet syftar till att ge erfarenhetsåterföring och därmed öka kunskapen om hur passivhus och lågenergihus kan produceras för att ge nöjda brukare, god inomhusmiljö och beständigt låg energianvändning, även efter ett antal års drift.

Projektets mål är att ge byggsektorns aktörer erfarenhetsåterföring från de först producerade passivhusen i Sverige som hade inflyttning 2001 (Lindåshusen), men även från Glumslöv (självuppvärmda byggnader) producerade 2005. Studien omfattar ett litet antal hus och några generella slutsatser kan därför inte dras. Men erfarenhetsåterföringen från dessa hus kommer att bidra till kunskap som kan vara givande för de lågenergihus och passivhus som man planerar att producera framöver. Det är också viktigt att eventuella förbättringspotentialer för passivhus kan åtgärdas så att en mer utbredd produktion av denna typ av byggnader använder den bästa tekniken.

## 3 Genomförande

Denna studie av de första passivhusen i Sverige är en undersökning som omfattar endast 11 bostäder och därför kan inte generella slutsatser dras utan vi kan endast dra slutsatser om de besökta bostäderna. Ändå är vår bedömning att denna undersökning ger värdefull erfarenhetsåterföring som kan beaktas i vår fortsatta byggnation av lågenergibygnader.

Projektet tillför byggsektorn ny kunskap eftersom det ännu inte följts upp hur passivhus fungerar efter flera års drift. Byggnaderna utvärderades dock då de var i nyskick och resultaten kan därför jämföras med dessa tidigare resultat (se bl a Ruud, Lundin; SP Rapport 2004:31).

Projektet har genomförts i följande steg:

### 1. Synpunkter från brukarna

Genom intervjuer fångades brukarens upplevelse av innemiljö och byggnadens brukarvänlighet upp.

### 2. Förändring i energianvändning

Energianvändningen har följts upp i tio hus i Lindås och i sju hus i Glumslöv.

### 3. Förändringar hos tekniska system

De byggnadstekniska och installationstekniska systemen som används i passivhus måste ha god funktion och borge för en beständigt låg energianvändning hos byggnaden. Det är därför av intresse att utvärdera om det skett några förändringar under de år som byggnaderna och deras installationstekniska komponenter har varit i bruk. Bland annat har följande följts upp genom mätningar och iakttagelser:

- lufttäthet
- värmeväxlare
- luftflöden
- fuktsäkerhet
- termisk komfort

### 4. Erfarenhetsåterföring

Brukarnas synpunkter och den tekniska utvärderingen av byggnaden och dess installationstekniska komponenter har sammanställs. Där framgår de goda egenskaperna och behov av förbättringar. Sådana förbättringsmöjligheter kan byggsektorns aktörer beakta vid planering av framtidens energieffektiva hus och passivhus.

## 4 Termisk komfort

### 4.1 Inledning

#### Termisk komfort - vinter

Flera genomförda utvärderingar [T Boström m fl, 2003], [M Nordberg, 2008] talar för att det termiska klimatet i lågenergihus och passivhus är bra. Lågenergihuset har flera goda egenskaper, så som t ex en välisolerad och lufttät klimatskärm, som ökar möjligheterna att skapa ett bra termiskt inneklimat på vintern.

Det interna värmekällskottet från människor och hushållsel utgör den primära värmekällan i ett så kallat passivhus för att skapa en god termisk komfort. Det innebär att en förutsättning för att ett bra termiskt inneklimat ska erhållas är att byggnaden används. I en byggnad som inte utnyttjas kommer värmekällskottet att minska och inomhustemperaturen att sjunka, varvid ytterligare värme behöver tillföras via värmesystemet för att upprätthålla innetemperaturen. Dessa passivhus och egenvärmade hus som besökts inom detta projekt får denna extra värme via värmebatteri i ventilationssystemets tilluft. I dessa fall är det nödvändigt med hänsyn till den termiska komforten (och även för luftkvaliteten många gånger) att ventilationsflöden inte sänks eftersom värmespridningen då hindras och man kan få lägre temperaturer än önskat – se vidare kapitel 5.

#### Termisk komfort - sommar

Det som har uppmärksammats mer än undertemperaturer på vintern är risken för övertemperaturer under vår, sommar och höst. En studie av NCC och White Arkitekter konstaterar att en viss förhöjning av rumstemperaturen är att förvänta i ett passivhus jämfört med i ett konventionellt hus. De minskade värmeförlusterna genom en välisolerad och lufttät klimatskärm är faktiskt till nackdel när vi har problem med övertemperaturer inomhus och samtidigt har lägre temperatur ute än inne. Exempel på ett sådant driftsfall är en sval sommarnatt som föregåtts av en het sommardag. Fönstervädring och ventilation spelar därför en viktig roll i dessa hus för att bli av med överskottsvärme. Med hänsyn till övertemperaturer kan därför vädringssäsongen bli längre i ett passivhus jämfört med ett konventionellt hus.

När det gäller ventilationssystemet är det viktigt att beakta risken för övertemperaturer på grund av värmeväxling vid mekanisk från- och tilluft (FTX-system). Det krävs att dessa system har en frikoppling eller förbikoppling av värmeväxlingsfunktionen när det inte föreligger något värmebehov. Husen i Lindås har ett by-pass spjäll som öppnas då det inte behövs återvinning av värmen i frånluften.

Den största risken för övertemperaturer i passivhus är troligtvis kopplad till solinstrålning genom fönster. Med hjälp av en genomtänkt solavskärmning kan dessa problem hanteras. Här finns det dock ett behov av utveckling av teknik för solavskärmning (både passiv och aktiv). Solavskärmningen bör vara så utformad att den under sommarhalvåret (när det inte föreligger ett uppvärmningsbehov) avskärmar solinstrålningen medan den vintertid släpper in solstrålarna. I t ex Lindåshuset har därför den fasta solavskärmningen (balkonger och takutsprång) åt söder utformats så att solstrålarna avskärmas sommartid och släpps in under vintern. I Lindås finns vidare inga fönster åt öst eller väst, vilka är de svåraste väderstrecken med avseende på oönskad solinstrålning sommartid.

Som ett komplement till solavskärmning bör också möjlighet till vädring finnas. I de fall övertemperaturer beror på höga internlast (t ex värmekällskott från människor, datorer,

hushållsel) är vädring samt ökad ventilation och/eller minskad värmeåtervinning idag de enda sätten att hantera problemet.

## 4.2 Sammanfattning av intervjuer

### Temperaturer vinter

Intervjuer i Lindåshuset visar att

- några är nöjda (7 av 10) med innetemperaturen och anser att värmebatterier och aktuella extra värmekällor räcker till. Extra värmekällor i form av handdukstorkar och/eller elradiatorer finns hos fyra av de sju husägarna. Någon konstaterade och var medveten om att en handdukstork skulle behövas för värme i badrum.
- Några hade kommentarer om låg temperatur (tre av tio varav två hade gavelradhus med endast en boende). Av de som hade kommentarer om låg temperatur hade två av tre ställt ner ventilationen till lägre flöden vilket skulle kunna förklara att värmen inte når bostaden fullt ut (se även kapitel 5 om ventilation).
- Flera kommenterade lägre temperatur i bottenplanet i jämförelse med övervåningen på morgonen, men att detta var acceptabelt då det snart värms upp då man befinner sig på bottenplanet. Mätningar visar på att temperaturskillnaden kan vara upp till 4 grader.

Momentanmätningar vid besök i husen visar att tre hus hade en temperatur i något bostadsrum som underskred 19 grader (i ett hus var det ner till 17 grader). Två av dessa tre hus har uppgett att de tycker det är för kallt.

Av de tio husen hade sju stycken extra värmekälla förutom värmebatteriet i VVX. Gavelradhusen har försetts med radiatorer i burspråk och husägarna har blivit upplysta om att en handdukstork (60-100W) hjälper att höja temperaturen i badrum.

Flera påpekade att det är en brist att värmebatteriet stängs av då man använder torktummlaren. De flesta har lärt sig att ställa upp bör-värdet i samband med torktumlande. Enligt uppgift har det funnits liknande samband i Glumslöv.

En av husägarna tycker att golven är kallare än väntat.

Kommentar från Glumslöv: Angående termisk komfort så är det enda problem de upplevt att de ibland tycker sig känna drag från tilluftsventilen i vardagsrummet när de sitter i soffan i vardagsrummet (de drar på sig en filt då). Ventilen sitter på 3,2 m höjd på motstående vägg.

### Temperaturer sommar

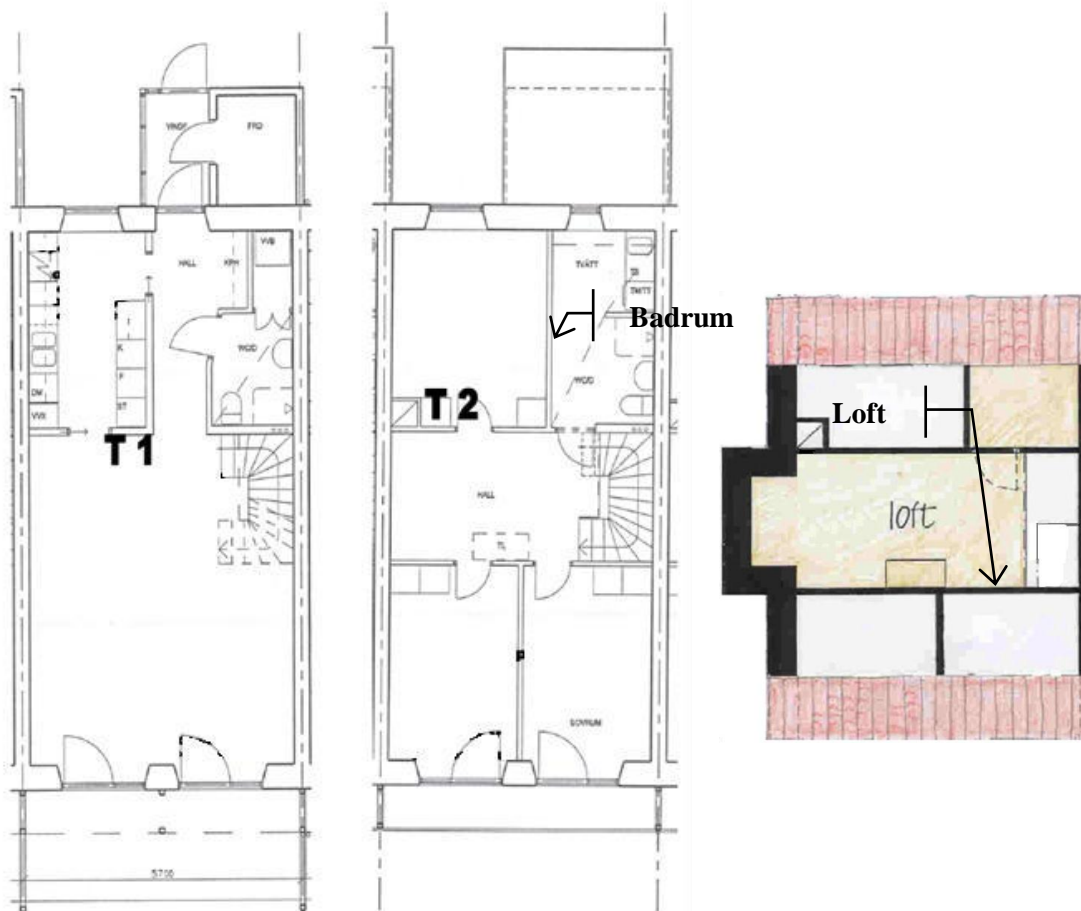
Ingen har påtalat problem med övertemperaturer då de anger att de med takfönstret lätt kan vädra bort besvärande övertemperatur. Dock har några framfört att de hade önskat en automatisk stängning av takfönster vid regn. Vid besöken kunde vi också notera rinnmärken på väggen efter regn genom takfönster.

Några påtalade övertemperatur då man har många besökare, men att även detta kan väd-  
ras ut.

### 4.3 Mätningar av temperatur och fuktighet

Det har även gjorts långtidsmätningar i tre av husen i Lindås. I husen har totalt fyra temperatur- och fuktmätare installerats. Givare har placerats i följande positioner (se även Figur 3):

- T1 bottenplan
- T2 Övre plan
- Badrum övervåning
- Loft



Figur 3 Ritning över placering av mätpunkter för temperatur och relativ ånghalt.

2001-2003 gjordes en uppföljning av Lindåshusen och då gjordes långtidsmätningar på temperaturen i tre av dessa positioner (T1, T2 och badrum övervåning). Temperaturen på loftet mättes inte i den första uppföljningen, men eftersom loftet har inretts i flera av husen och det har klagats på övertemperaturer i utrymmet, så placerades även en givare där för att följa upp temperaturen. I Figur 3 visas placeringen av temperaturgivarna. En utetemperaturgivare har också installerats utanför ett av husen.

Diagram 1-4 presenterar resultatet av temperatur- och fuktmätningarna. Mätningarna påbörjades i början av augusti och då var det ganska varmt i husen, ibland över 25 °C. I ett av husen var det väldigt kallt i slutet av december (vilket kan förklaras av att den boende var bortrest och hade sänkt temperaturen). Generellt under uppvärmningssäsong verkar det vara högre temperatur på övervåning än bottenvåning. Det finns också en tendens att temperaturen inne sjunker något litet samtidigt som utetemperaturen går ner på hösten.



Figur 4 I burspråken finns radiatorer i de flesta gavelhus.



Figur 5 Styrning av radiator i burspråk.

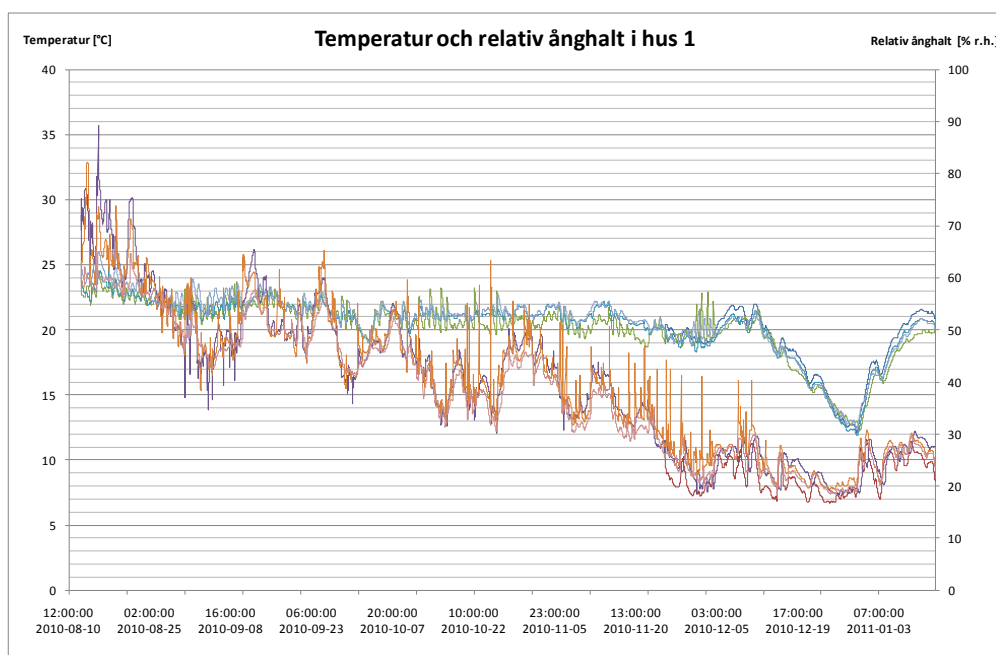
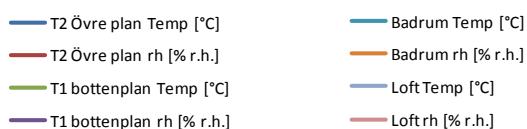


Diagram 1 Temperatur och RH i hus 1. Temperaturen i bostaden ligger över eller runt 20 grader, förutom under en period kring jul då bostaden stod tom och med en sänkt inställning på temperaturen. Bostaden är ett gavelradhus med en person och med radiator i burspråk. Bostaden stod tom runt jul och effektmätning på batteriet (se kapitel 6) visar att värmebatteriet inte var på i samma utsträckning under denna period). Bottenplanet är generellt något kallare än övervåningen.

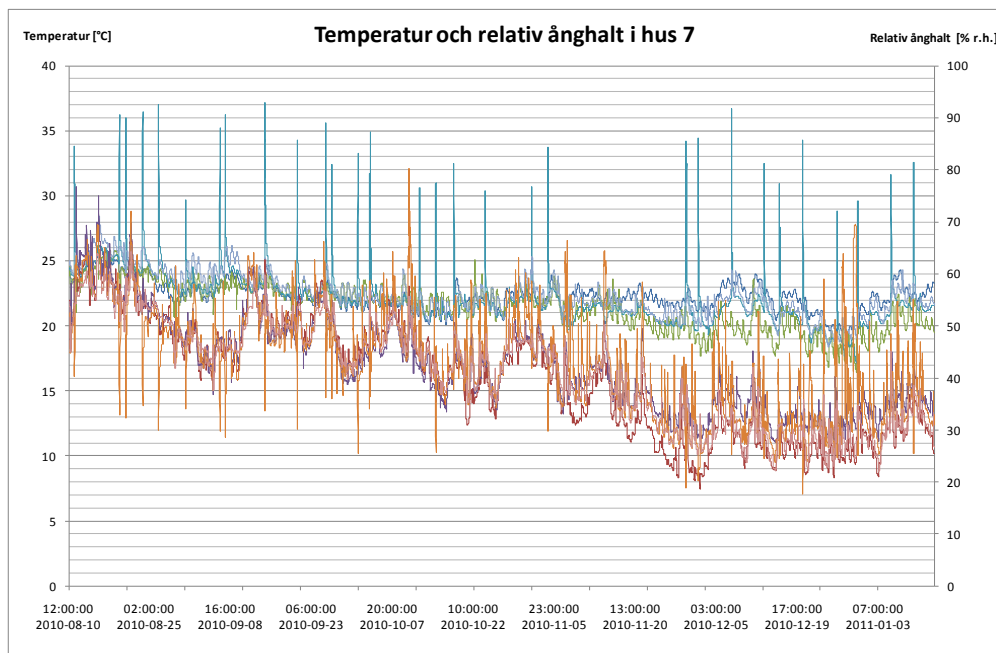


Diagram 2 Temperatur och RH i hus 7. Temperaturen i bostaden är även i detta fall något lägre på bottenplan än på övervåningen. Bostaden bebos av fyra personer och är ett gavelradhus. De har ingen radiator i burspråk, men en handdukstork i badrum. De har påtalat den ojämna temperaturfördelningen mellan övervåning och bottenvåning. Temperaturtopparna återfinns i badrum där det bland annat finns torktumlare.

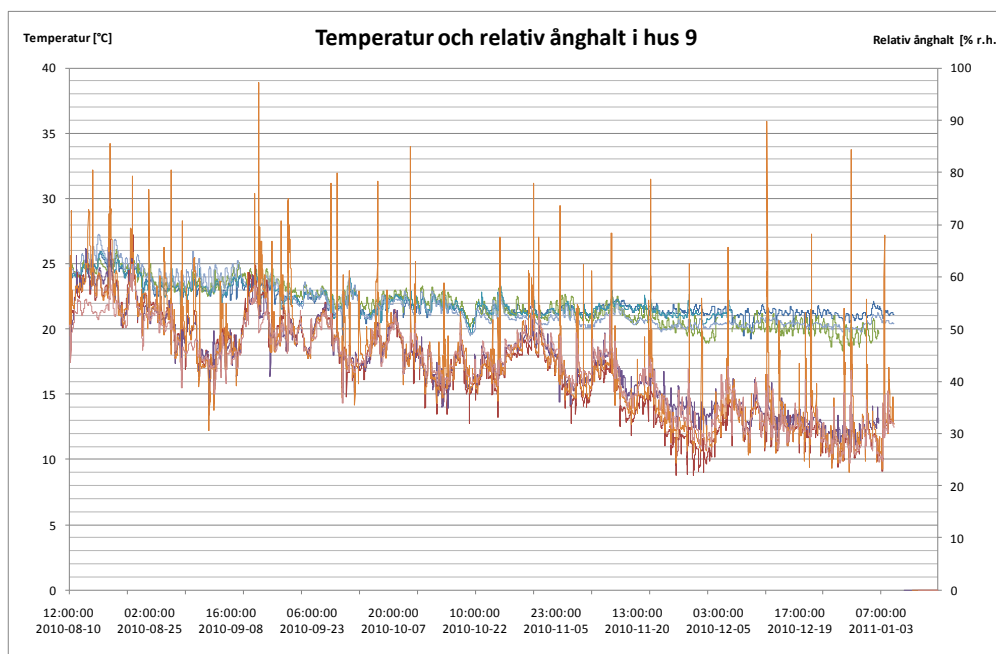


Diagram 3 Temperatur och RH i hus 9. Bostaden är ett mittradhus och bebos av tre personer. De har en handdukstork som extra värmekälla i badrummet. Även här noteras en lägre temperatur på bottenvåningen än på övervåningen under de kalla månaderna. Toppar avseende RF återfinns i mätpunkter i badrum. Temperaturen i badrum varierar inte i samma grad som den relativa ånghalten.

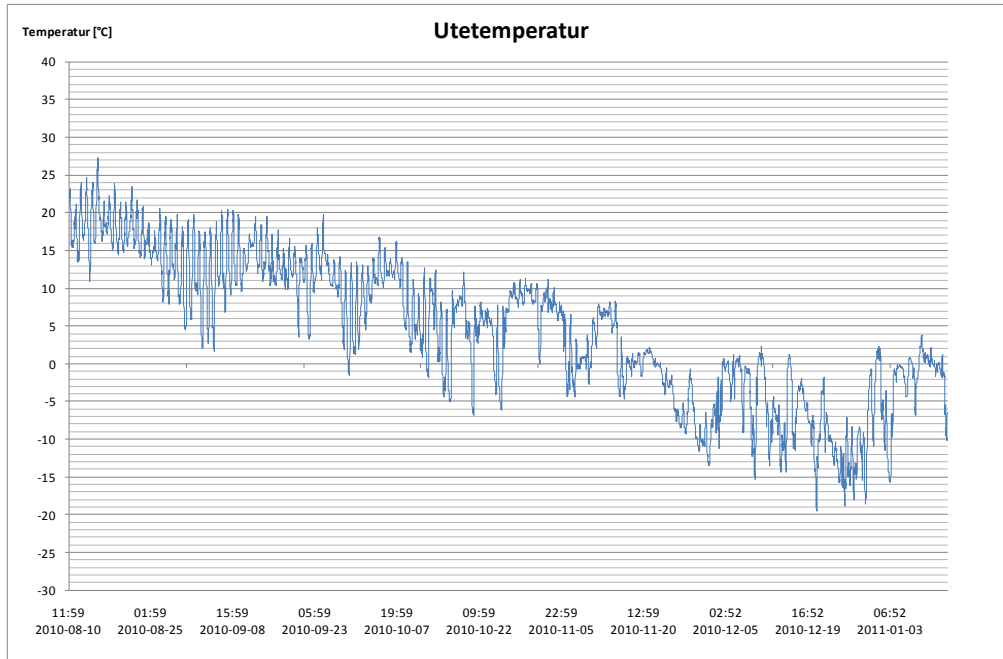


Diagram 4 Utetemperaturen loggad invid ett av husen.



Figur 6 Handdukestorkar används i flera av radhusen som en extra värmekälla.

I bilaga 5 presenteras mätvärden på temperatur och relativ ånghalt för de tre husen i Lindås för en sommar- respektive vintervecka. Sommarveckan är mellan 10-08-13 och 10-08-19, medan vinterveckan varar mellan 10-11-29 och 10-12-05.

Under sommarveckan är temperaturen hög i alla husen, se Diagram 11, Diagram 12 och Diagram 13 i bilaga 4. I hus 7 och 9 är det runt 25 grader eller varmare i alla mätpunkter under hela perioden. I hus 1 ligger temperaturerna något lägre.



## 4.4 Erfarenhetsåterföring

- Mätningar och intervjuer visar att det finns en temperaturskillnad mellan övervåning och bottenvåning i Lindås, som dock anses vara acceptabel. Vid val av värmesystem vid produktion av nya hus bör möjlighet till individuell rumsuppvärmning övervägas, eller sektionering i övervåning och undervåning.
- För att undvika problematiken med att värmebatteriet stängs av när torktumlare används (och resten av huset har ett värmebehov), kan börvärdesgivare som styr tilluftstemperaturen som nu sitter i frånluftskanalen lyftas ut och rumsplaceras istället. Exempelvis kan rumsgivaren placeras på innervägg i vardagsrum. Det är då nära till aggregatet och någon lång kabeldragning behövs inte. Detta kan utföras av behörig elektriker. I samband med en sådan åtgärd behöver sannolikt också parametrarna i temperaturregulatorn ställas om, detta då dödtiden blir kortare.
- Värmesystem (eftervärningsbatterier, radiatorer eller golvvärme) måste dimensioneras så att värmen räcker till även för en person med låg användning av hushållsel.
- Möjlighet till vädring är mycket positivt för att undvika övertemperaturer. Speciellt påtalades att takfönster i Lindås fungerade mycket väl för att bli av med övertemperaturer. Däremot finns önskemål att anordna vädringsmöjlighet så att inte regn kan skada byggnaden.

## **5 Luftflöden, kanaler och filter**

### **5.1 Inledning**

Ventilationens syfte är att föra bort föroreningar och fukt (från matlagning, duschning etc) från huset. I husen i Lindås och Glumslöv fungerar ventilationssystemet dessutom som värmedistributionssystem. Det är således viktigt att ventilationen fungerar som det är tänkt för att inomhusluften skall upplevas som fullgod av de boende såväl som för komforten (temperaturer etc).

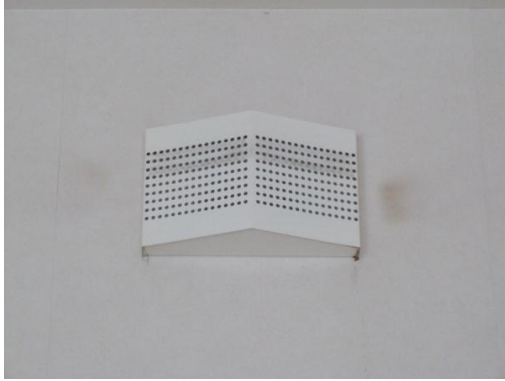
I många av husen i Lindås har ventilationsflödena varit nedreglerade, vilket innebär att kraven på ventilationsflöden ( $0,35 \text{ l/s, m}^2$  golvarea (BBR 2008)) inte uppnås. Men det påverkar även möjligheten att sprida värme i huset. En risk när flödena regleras ned är att omblandningen i rummen inte fungerar optimalt. Orsaken är att luften som tillförs rummen har en låg hastighet (på grund av det låga flödet) och det finns således en risk för att en varm "luftkudde" lägger sig längs taket utan att blandas med luften i rummet. I värsta fall kan en kortslutning av luftflödet ske genom att den varma luften går direkt ut i frånluftsdonen. Detta kan i sin tur "lura" styrningen för värmen att tro att huset är tillräckligt varmt (eftersom temperaturgivaren som styr tilluftstemperaturen sitter i frånluftskanalen) och stänga av värmebatteriet.

### **5.2 Kommentarer till intervjuer**

Vid intervju är man nöjd med luftkvaliteten. Någon tyckte det var dammigt, någon konstaterar att det är torr luft när det är mycket kallt ute.

### **5.3 Kommentarer till synliga noteringar**

I många av de besökta husen har frånluftsdon och kanaler varit smutsiga och dammiga vilket kan minska frånluftsflöden. Frånluftsdon och kanaler bör således rengöras med jämna mellanrum för att rätt flöde skall säkerställas (förutsatt att aggregatet har rätt inställning på fläktar). Försmutsning av tilluftsdon och kanaler är sällan ett problem eftersom det sitter ett tilluftsfilter inne i ventilationsaggregatet som luften går genom innan luften tillförs huset/lägenheten. I huset som besöktes i Glumslöv var dock tilluftsdon och vägg bredvid dammiga, se Figur 7. Detta beror dock inte på att tilluften är smutsig utan på utformningen av tilluftsdonen. När tilluften tillförs rummen via tilluftsdonet medejekteras luft och en virvel skapas runt tilluftsdonet. Den medejekterade luften kan föra med sig damm som i sin tur fastnar på vägg eller tapet bredvid tilluftsdonet. I Lindås har tilluftsdonen en annan utformning, se Figur 8, vilket gör att problemet inte uppstår. De utvändiga uteluftsintagen ser mycket smutsiga ut på flera ställen både i Lindås och i Glumslöv, se Figur 10.



Figur 7 Tilluftsdon i Glumslöv.



Figur 8 Tilluftsdon i Lindås.



Figur 9 Tilluftsdon av deplacerande typ.

Kommentar till tilluftsdon i sovrum: Tilluftsdonet som visas i Figur 9 är av deplacerande typ. Ett alternativ, som ibland kan vara bättre, är don placerat på vägg ”anknäbbsdon”. Dessa bör dock utformas så de inte försmutsar väggen.

Filter (till- och frånluftsfiler) i ventilationsaggregat behöver bytas regelbundet för att inte sätta igen. Normalt rekommenderas byte av filter 1-2 gånger per år beroende på hur smutsig luften utomhus är (t ex om huset ligger nära stor väg etc) samt hur smutsig luften blir inomhus (antal personer boende i huset, husdjur etc). I husen i Lindås byts filter i ventilationsaggregat två gånger per år enligt husägarna, vilket är ett bra intervall. I Glumslöv är dörren till ventilationsaggregaten låsta och hyresgästerna kan inte själva byta filter. Istället utför hyresvärden byte av filter. Vanligtvis byts filter 1-2 gånger per år, men det har någon gång dröjt längre innan byte skett.



Figur 10 Uteluftsintag i Lindås.

### Köksfläkt

Kommentar som inte har med lågenergihus att göra: Vid byte av spisfläkt i hus 8 visade det sig att kanal från köksfläkt var tätad med plastfolie från byggtiden. Möjligen kan samma sak ha skett i hus 1. I hus 1 ökade inte tryckskillnaden över klimatskalet då spisfläkten var igång. Vid okulär besiktning betedde den sig dessutom märkligt.

## 5.4 Kommentarer till mätningar

I Lindås uppmättes frånluftsflöden i donen med hjälp av en luftflödesstos av typen Swema Air 300, se Figur 11. Såväl enligt nuvarande BBR 17 som de byggregler som gällde vid uppförandet av Lindåshusen skall uteluftsflödet motsvara minst  $0,35 \text{ l/s per m}^2$  golvarea. I dessa hus motsvarar det ett frånluftsflöde på cirka  $42 \text{ l/s}$ . I två av husen uppfylldes detta mer eller mindre (ca  $40 \text{ l/s}$ ), men i de resterande fem husen som undersöktes var flödena lägre. Som lägst uppmättes ett totalt frånluftsflöde på  $28 \text{ l/s}$ . Orsaken till att flödena är lägre i vissa av husen är att inställningarna på ventilationsaggregatet har ändrats. Fläktarna på ventilationsaggregatet har varvats ned vilket ger lägre flöden. Husen med godkända ventilationsflöden hade samma inställning på fläktarna (3 för frånluftsfläkt och 2 för tilluftsfläkt), medan inställningarna varierade för de andra husen. Två andra varianter av fläktinställningar var: 2 för både till- och frånluftsfläkt samt 1 för tilluftsfläkt och 2 för frånluftsfläkt. Orsaken till nedregleringen är oklar. Men det är olyckligt (och en möjlig förklaring) att det inte finns någon instruktion i huspärmen om vilken inställning fläktarna egentligen skall ha.

En följd av att inställningen på fläktarna ställts ner kan vara att värmen i tilluften inte sprider sig på ett effektivt sätt i bostaden. En notering är att i de tre bostäder där man påtalade att temperaturen var lägre än önskat (hus 1, 8 och 10) hade två av bostäderna (8 och 10) en lägre inställning på ventilationsflödet än vad som var projekterat från början.



Figur 11 Flödesmätning av frånluftsdon i badrum.

I huset i Glumslöv kommer hyresgästerna inte åt inställningarna på fläktarna och kan således inte göra några egna justeringar. Frånluftsflödet i huset som mättes i Glumslöv uppgick till totalt 29 l/s vilket motsvarar 0,41 l/s, m<sup>2</sup> och uppfyller således kraven i BBR.

Fläktarna skall vara inställda lite obalanserat (dvs så att ett något högre frånluftsflöde än tilluftsflöde erhålls) vilket de också var i de flesta husen i Lindås. Orsaken är att man vill åstadkomma ett lätt undertryck i huset för att minimera risken för att fuktig inomhusluft trycks ut i byggnadsskalet. Tilluft läcker istället in i huset genom otätheter för att kompensera det högre frånluftsflödet. I vissa av husen var fläktarna ställda på samma inställning och i de husen var undertrycken generellt sett inte lika stora. Detta ökar risken för att luft går ut i byggnadsskalet och riskerar att orsaka fuktproblem om det skulle finnas otätheter. Sommartid när by-pass funktionen på ventilationsaggregatet är aktiverat är risken större för att undertrycket uteblir. Orsaken är att tilluften tillförs huset direkt utan att passera värmväxlare (som innebär ett visst tryckfall) vilket ökar tilluftsflödet. Under denna period förekommer dock även frekvent fönstervädring vilket i sig gör att fläktarnas inställning då inte har någon större inverkan på tryckbildningen över byggnadsskalet.

## 5.5 Erfarenhetsåterföring

- Ventilationsflöden skall uppnå en viss nivå. För att undvika att flödena understiger dessa värden är det viktigt att ventilationsaggregatet har rätt inställningar. Detta kan underlättas genom att protokoll från OVK (obligatorisk ventilationskontroll) finns bifogat i huspärm där inställningar för fläktar och aggregatet är specificerat. En annan variant är att styrningen för aggregatet är låst och endast kan ändras av installatör eller dylikt. Det kan dock finnas behov av att kunna ändra flödena på ventilationen (både kort- och långvarigt) för att kunna öka ventilationen om behovet plötsligt ökar (gäster på besök etc) eller minska då ingen är hemma. Att minska luftflödet under 0,35 l/s, m<sup>2</sup> var inte tillåtet enligt de byggregler som gällde då Lindås och Glumslöv uppfördes. Enligt nuvarande BBR17 är det dock tillåtet att minska ventilationen till som lägst 0,10 l/s, m<sup>2</sup> när ingen vistas i bostaden. Detta under förutsättning att det inte ger upphov till hälsorisker eller skador på byggnaden eller dess installationer. Att öka och minska ventilationen finns ofta som en funktion på nyare ventilationsaggregat. Många fabrikat har en hemma/borta knapp vid ytterdörren eller ventilationsaggregatet kopplat till inbrottslarm eller dylikt.

- En viss obalans i flöden bör också finnas för att minimera risk för övertryck i huset.
- För passivhus där även värmen skall distribueras med tilluften är det under vinterhalvåret inte lämpligt med reducerad ventilation, även om ingen vistas i bostaden. Detta då ventilationssystemets förmåga att sprida tillräckligt med värme till stor del baseras på att projekterat luftflöde inte underskrids. Ett väl fungerande luftvärmesystem förutsätter att det finns en viss korrelation mellan ventilationsbehov och värmebehov.
- När man vistas i bostaden är det ur luftkvalitetssynpunkt aldrig lämpligt eller tillåtet med ett lägre luftflöde än  $0,35 \text{ l/s, m}^2$ . Om tilluften dessutom är övertempererad kan reducerad ventilation leda till extremt dålig ventilationseffektivitet, dvs att större delen av den tillförda luften i princip aldrig tillförs vistelsezonen.
- Frånluftsdon och uteluftsintag bör rengöras regelbundet, 1-2 gånger per år. Frånluftskanaler bör också rensas regelbundet, minst vart tionde år. I samband med att frånluftskanaler rensas bör man även inspektera och vid behov rensa intagskanal fram till aggregatet och dess tilluftsfilter.
- Valet av tilluftsdon är viktigt med hänsyn till termisk komfort, luftkvalitet (omblandning) och ljud.

## 6 Värmeväxlare

### 6.1 Inledning

Temperaturverkningsgraden har uppmätts vara mycket god i de flesta hus som undersökts. Temperaturverkningsgraden ger ett mått på hur effektiv värmeväxlaren är på att överföra värme från frånluften till tilluften. Temperaturmätning har även gjorts vid tilluftsdon i husen i Lindås för att se om det skiljer i temperatur mellan donen i de olika rummen. Temperaturerna var relativt jämna i de olika donen.

Efter filterbyte har täckplåten på aggregatet som måste monteras tillbaka inte varit så väl fastskruvad. Detta innebär att det kan bli lufttättheter mellan tilluftsidan och frånluftsidan – viktigt med instruktioner. Montaget har varit dåligt på något ställe.

I Glumslöv är dörr till ventilationsaggregat låst vilket innebär att hyresgäster inte kan ändra flöden. De kan heller inte ändra börvärde för temperatur. By-pass spjället är inte försett med motor utan öppnas/stängs manuellt. Eftersom aggregatet är låst kan hyresgästerna själva inte komma åt att göra detta och det är heller inget som görs av hyresvärden.

### 6.2 Kommentarer till intervjuer

Känslan vid samtal med husägarna är att många (inte alla) är osäkra på värmeväxlarens funktion, styrning och underhåll. I huspärm finns en del information, men den är inte helt enkel att förstå. En enklare, mer lättbegriplig instruktion vore lämpligt.

### 6.3 Kommentarer till mätningar

Mätningar av temperaturverkningsgrad har skett genom att temperaturer i till- och frånluftskanal har uppmätts direkt efter ventilationsaggregatet, se Figur 12, medan utelufts-temperatur har uppmätts utomhus vid uteluftsintaget. Temperaturmätningen skedde momentant med hjälp av en temperaturgivare (typ Testo 635) och endast i en punkt. Under mätningen (och en tid innan) var värmebatteriet i tilluften avstängt för att få en rättvisande tilluftstemperatur. Temperaturverkningsgraden varierar för aggregaten mellan 76 och 100 %. De flesta aggregaten som har obalanserade flöden (något högre frånluftsfloäde än tilluftsfloäde för att säkerställa undertryck i huset) har en temperaturverkningsgrad mellan 90 och 100 %. En bidragande orsak till de höga temperaturverkningsgraderna är också att de inkluderar fläktvärme. Fläktarna i de aktuella aggregaten är av äldre typ (AC), vilka avger mer värme än dagens fläktar (EC). När husen var nybyggda gjordes mätningar av temperaturverkningsgraden och resultatet nådde då som bäst upp till drygt 95 %. Det verkar således som att värmeväxlarens funktion är fortsatt god.

Resultaten i de hus med aggregat som har lägre uppmätt temperaturverkningsgrad (75-80 %) kan förklaras med att ventilationsflödena är balanserade (dvs samma inställning av fläktarna).



Figur 12 Temperaturmätning av till- och frånlufts kanal.

Vid mätning i ett av husen så avvek den uppmätta temperaturen på tilluften mycket från tidigare hus. Temperaturen på tilluften var mycket låg, vilket kunde förklaras av att by-pass spjället (som kan användas under sommaren för att förbikoppla värmeväxlaren på tilluftssidan) var halvöppet. Tilluften smet således förbi värmeväxlaren och någon förvärmning av tilluften skedde således inte. Detta gjorde att värmebatteriet varit igång konstant för att uppnå acceptabla inomhustemperaturer. Energianvändningen hade av den anledningen stigit, se vidare om detta i avsnitt 13. För att undvika att detta sker, bör service och underhåll ske regelbundet, antingen av husägare eller av teknisk kunnig.

I tre av husen gjordes dessutom långtidsmätningar på ventilationsaggregatet och dess elanvändning. Resultatet presenteras i Diagram 5. I hus 1 och 7 har elbatteriet gått mer eller mindre konstant, medan det i hus 9 gått något mindre. I hus 1 har elbatteriet varit på mindre under slutet av december, vilket återspeglas i de låga temperaturerna i huset under samma tid, se Diagram 1.

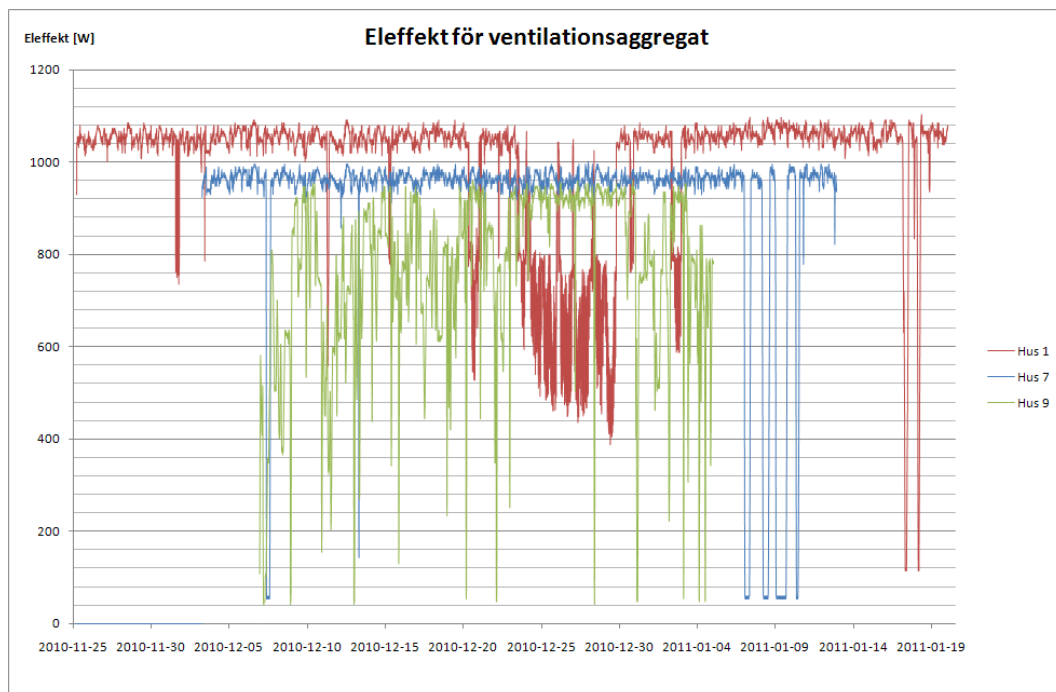


Diagram 5 Eleffekt för ventilationsaggregaten i de tre husen. Boende i byggnad 1 har bortrest under den period då eleffekten var låg. Temperaturmätningar inomhus visar att temperaturen under perioden också var låg (ner till 12 grader).



## 6.4 Erfarenhetsåterföring

- Det är viktigt med översyn av aggregatet för att säkerställa att det fungerar optimalt. Ett by-pass spjäll som är ur funktion ger både komfortproblem och ökar kostnaderna för uppvärmning.
- Det är viktigt med tydliga instruktioner (eventuellt utbildning) om inställningar för flöden och värme på VVX-aggregatet.
- Det bör observeras att en hög uppmätt temperaturverkningsgrad (>80 %) inte ger en korrekt information om den verkliga värmeåtervinningen på systemnivå. Den senare är ofta mycket lägre, kanske 60-70 %. Detta beror på flera saker såsom obalans i flöden, fläktvärme, värmeläckage genom aggregathölje och kanaler, etc.

## 7 Lufttätthet

### 7.1 Inledning



Figur 13 Balkongkonstruktionen är utformad så att lufttättheten är god i klimatskalet.

Eftersom lufttättheten har stor betydelse för en byggnads energianvändning, termiska komfort, fuktsäkerhet och luftkvalitet är det en av de saker man behöver fokusera på under projektering och byggnation av lågenergihus. I dessa passivhus hade man också ett stort fokus på frågan då personalen som projekterade och byggde dessa hus hade fått information om och genomgång av lufttäthetsfrågorna. Lufttättheten följdes också upp i flera av byggnaderna genom täthetsprovningar. Dessa resultat visade på att lufttättheten var god i dessa hus.

Det lufttätande skiktet i byggnaderna utgörs av en plastfolie som är indragen i konstruktionen så att ett installationsskikt skapas. Därmed minskar man risken för hål under produktionstiden, men även under driften. Uppgifter från byggtiden visar att skarvar i tät-skiktet är tejpade. Genomföringar av el samlades exempelvis till en plats där elrör drogs genom ett avsågat plaströr som anslöts tätt mot plastfolien och som skummades inuti där elrören drogs. Ventilationskanalers genomföring utfördes lufttäta med hjälp av stoser utförda i plåt som plastfolien kunde anslutas tätt emot. Anslutningar vid fönster har utförts med fogmassa mellan karm och tätskikt. Se foton nedan.



Figur 14 Eldragningar på insidan av lufttätande skiktet. Foto: Peab.



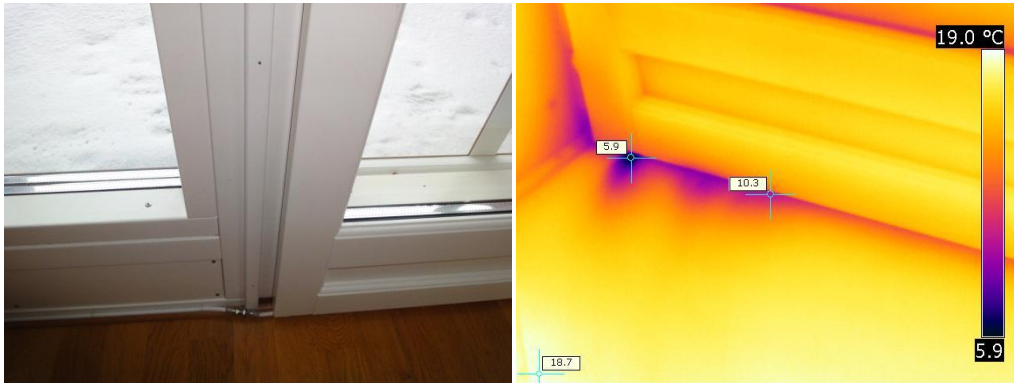
Figur 15 Lufttätande lösning runt fönster med plastfolie, fogmassa. Foto: Peab.

## 7.2 Kommentarer till intervjuer

Vid intervjuer har inga kommentarer uppkommit som visar på att man besväras av drag eller annat som kan ha samband med brister i klimatskalets lufttäthet.

I Glumslöv har de ej tillåtelse att sätta upp någonting utvändigt på husen. Vad gäller montage på insida finns föreskrifter för max tillåten infästningslängd för att ej skada plastfolien. Denna information och dessa villkor har satts upp för att undvika att lufttätheten skall försämrans på grund av ingrepp i byggnadsskalet.

### 7.3 Kommentarer till mätningar



Figur 16 Altandörren/ balkongdörren är ett av de ställen där det lokalt förekommer mindre luftläckage. Dessa är dock så pass få och små att de inte bedöms påverka den termiska komforten. Denna typ av byggnadskomponent behöver regelbunden tillsyn och eventuell komplettering av tätningslister.

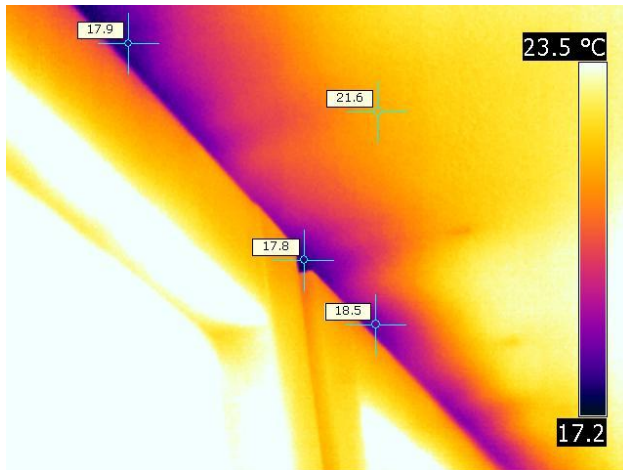
Luftläckage söktes med hjälp av värmekamera vid undertryck i två hus i samband med täthetsprovningen. Se bilaga 1. Vid denna läckagesökning, och vid indikerande läckagesökning vid undertryck inne och med hjälp av handen i övriga hus, fann vi endast mindre och diffusa läckage som inte ger anledning till åtgärder. Dessa mindre läckageställen återfanns dock vid lokala punkter i klimatskalet i Lindåshusen vid:

- entrédörr (anslutning karm/båge)
- altandörrar (mellan fasta partier och öppningsbara, samt i det fasta partiets nedre del)
- anslutning av altandörr/balkongdörr mot golv och smyg
- golvvinkel mellan yttervägg och golv på bottenvåning (i anslutning till altandörr och burspråk)
- golvvinkel i burspråk på övervåning
- m m

Vid inkommande el finns i flera hus en lufttätning som bör tätas med mjukfog för att undvika att markradon läcker in i byggnaden. Detta förmedlas till husägarna. De ingrepp som noterades och som husägare själva gjort och som påverkar luftläckaget lokalt är bl a genomföring av antennkabel i dörrkarm (två byggnader) samt håltagning i fönsterbåge för persienn i kopplade fönster (en byggnad). Ingen annan håltagning är noterad. Markiser är infästa i balkong och påverkar därför inte klimatskalet.

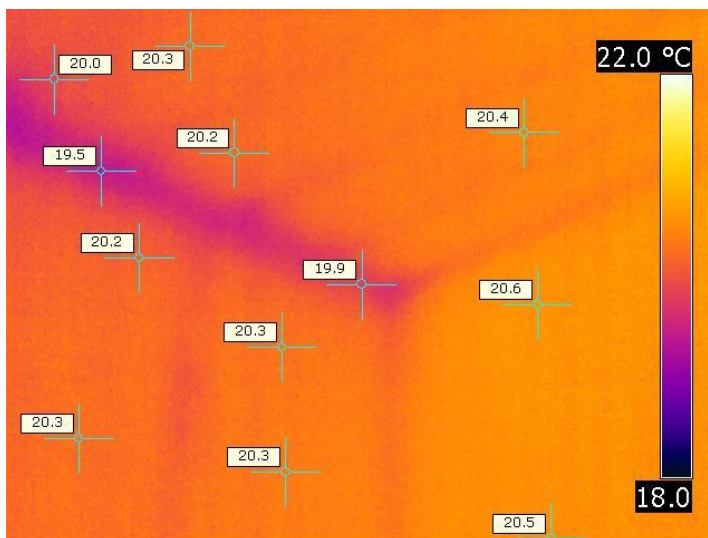
Provning av lufttätning utfördes i ett gavelhus i Lindås med mottryck i intilliggande hus. Luftläckaget är lika lågt som vid mätningen 2001 i samma hus. Det uppmätta läckaget är  $0,23 \text{ l/m}^2\text{s}$  vid 50 Pa tryckskillnad. Mätningen utfördes enligt EN13829. Se vidare i bilaga 1.

En läckagesökning genomfördes också i de egenvärmda husen i Glumslöv. Även här konstaterades att luftläckagen endast var små och inte bedöms påverka den termiska komforten eller luftkvaliteten. Däremot konstaterades ett lokalt luftläckage i sovrumsfönster som var lite mer omfattande och som lätt kan åtgärdas om så önskas, se Figur 17.



Figur 17 Termogram visar luftläckage mellan karmöverstycke och båge i sovrumsfönstret (fönstret är solbelyst).

## 7.4 Erfarenhetsåterföring



Figur 18 Yttervägg, tak samt innervägg vilka förefaller ha förväntade yttemperaturer (att yttemperaturer i anslutning mellan yttervägg och tak är något lägre än på yttervägg och tak i övrigt är förväntat).

Eftersom byggnadens lufttätethet konstaterats vara mycket god, också efter nästan 10 års drift, så är indikationen att de lufttätethetslösningar som valdes i detta projekt är goda. Det måste dock noteras att vi ännu inte kan uttala oss om hur lösningarna åldras från nu och framåt. Några erfarenheter som kan förmedlas är dock:

- Den väl utförda projekteringen och arbetsutförandet under byggtiden gav lufttäta byggnader som ännu efter 10 års drift har oförändrat god lufttätethet i det aktuella huset (baseras på uppföljande täthetsprovning i 1 hus).
- Brukarna har inte påverkat lufttätetheten negativt under den normala driften som hittills förekommit. Plastfolien som framförallt är det skikt som bidrar till lufttätetheten är indragen i väggen och påverkas inte av exempelvis montering av inredning på ytterväggar. Markiser har dessutom kunnat monteras på andra ställen än i klimatskal (balkonger och takfot) vilket är positivt.

- Några få egna håltagningar i klimatskalet har genomförts, i detta fall kablar för montering av utvändiga antenner/paraboler. Man bör förbereda för den typen av kabeldragning.
- Under drifttid måste det uppmärksammas att tätningslister i dörrar och fönster behöver kontrolleras regelbundet och vid behov bytas.
- Det bör finnas instruktioner för egna kontroller av lufttätethet, liksom information om den påverkan på lufttätetheten som egna håltagningar/tillbyggnader kan innebära.

## 8 Tryckskillnad över klimatskal

### 8.1 Inledning

Med hjälp av ventilationssystemen i husen bör man säkerställa ett undertryck inomhus. Bakgrunden är att ett lätt undertryck inne gör att luftströmmar med fuktig inneluft inte skall kunna röra sig inifrån och ut i en kall konstruktion och ge upphov till fuktskador. Undertrycket behöver dock inte vara stort för att detta skall undvikas.

Köksfläktar som monteras in i mycket lufttäta lågenergihus kan ge mycket stora undertryck under de tidsintervall som de används (se uppmätt tryckskillnad i de självuppvärmda husen). I samband med val av fläkt till kök kan ett tips vara att beakta den osuppfångande förmågan hos köksfläkten både genom kupans utformning och köksfläktens luftflöde. Vår erfarenhet är att man sällan beaktar kupans utformning. I mycket lufttäta hus kan köksfläktar med höga luftflöden ge stora undertryck som är onödiga. Bland annat har vi inte kännedom om hur detta kan påverka det lufttätande skiktet efter många års drift med sådana höga tryckskillnader. I vissa fall löser man fallet med mycket stora undertryck genom att skapa en tillfällig extra tilluft (eller minska den normala frånluften) då köksfläkten används, men ett alternativ kan vara att kompensera ett mindre flöde med god uppfångning i kupan med hjälp av utformningen.

I Lindåshuset har man från början beaktat flödet från köksfläkten och har begränsat möjligheten i de aktuella fläktarna (spärrat de största flödena) och valt en glasskiva för att begränsa osspridningen.

### 8.2 Kommentarer till mätningar

I samtliga hus (med undantag av ett hus) har det varit undertryck vid drift i den inställning som husägarna haft för tilluftsfläkt respektive frånluftsfläkt. Undertrycket inne var då ca 2-9 Pa, och som förväntat något lägre på övervåningen.

Vid mätning av undertryck då köksfläkt ställdes in på maxdrift var tryckskillnaden mellan 18-29 Pa undertryck inne, vilket är förväntat med tanke på köksfläktens kapacitet. I en byggnad fungerar inte köksfläkten som avsett då tryckskillnad över klimatskalet inte ändras nämnvärd då köksfläkten är i drift. Iakttagelser vid köksfläkt visar också på att luftströmmar fel väg. Köksfläktens avluft bör kontrolleras i denna byggnad då kanalen kan vara tät. Denna avvikelse har inget med passivhusteknik att göra.

Med de inställningar som är möjliga för husägarna att utföra själva på FTX-aggregaten så finns en risk att frånluftsfläkten ställs lägre än tilluftsfläkten. Om någon husägare av misstag skulle göra denna inställning finns risk för invändigt övertryck. Detta har dock inte skett i något av husen som besökts.

Tryckskillnaden som uppmättes i en lägenhet i de självuppvärmda husen i Glumslöv visar på en större tryckskillnad över klimatskalet vid köksfläkten inställd på maximal hastighet. Undertrycket inne uppmättes till 90 Pa, vilket också kommenterades av hyresgästen (noterade att det kunde vara tyngre att öppna ytterdörren). Ett sätt att minska tryckskillnaden över klimatskalet i samband med att köksfläkten är i drift är att koppla FTX-aggregatets styrning till spisfläkten, så att aggregatet ökar tilluftsflödet och/eller minskar frånluftsflödet i förhållande till vilket flöde som ställs in på spisfläkten (kräver även byte/komplettering av styrelektronik i spisfläkten).

### 8.3 Erfarenhetsåterföring

- De besökta byggnaderna hade ett invändigt undertryck, såsom önskat och förväntat, med ett undantag. Dock skulle det behövas information om inställningar på aggregat så att man av misstag inte ställer in frånluftsfläkt respektive tilluftsfläkt så att ett övertryck bildas i byggnaden.
- Vid val av köksfläktar bör man beakta att flödena inte ger upphov till alltför stora undertryck. Exempelvis bidrar kökskåpens utformning till en god osuppfångning. Man kan även koppla FTX-aggregatets styrning till spisfläkten, så att aggregatet ökar tilluftsflödet och/eller minskar frånluftsflödet i förhållande till vilket flöde som ställs in på spisfläkten (kräver även byte/komplettering av styrelektronik i spisfläkten). Utveckling inom området behövs för att undvika besvärande stora undertryck.



## 9 Fukt

### 9.1 Inledning

De yttre delarna av byggnadsskalet blir kallare under vintern ju mer värmeisolering som används. I lågenergihus och passivhus används så mycket isolering att man kan förvänta en fuktighet som ligger mycket nära uteluftens fuktighet i konstruktionens yttre delar. Beräkningar av förväntad relativ luftfuktighet i en uteluftsventilerad vind för olika isolertjocklekar i vindsbjälklaget framgår av tabell nedan.

Tabell 1 I tabellen visas temperatur och relativ fuktighet på en vind med olika mängd värmeisolering i vindsbjälklaget, samt ventilationens förmåga att föra bort fukt. Beräkningen har gjorts för en byggnad med innetemperatur 20 °C, utetemperatur -5 °C, relativ fuktighet ute om 95 % och utan inverkan av solstrålning eller nattutstrålning. Ytterligare en förutsättning är att ingen tillskjutande fukt tillförs inifrån. Vid bedömning av risk för mikrobiologisk aktivitet (mögelpåväxt) vägs förutom fuktförhållanden även temperatur och varaktighet in.

Isolermängd mm	Temperatur °C	Relativ fuktighet %	Fuktupptagning g/m <sup>3</sup>
100	- 1,9	74	1,08
200	- 3,3	83	0,64
300	- 3,9	87	0,46
400	- 4,2	89	0,38
500	- 4,3	90	0,34
600	- 4,4	91	0,32
700	- 4,5	91	0,29

I exemplet visas hur förhållandena på vinden förändras när man förändrar isolergraden från ett dåligt isolerat bjälklag (100 mm) till ett extremt välisolerat bjälklag (700 mm).

Resultaten av beräkningen visar att klimatet på vinden försämras när isolergraden ökar och att försämringen är snabbast i början.

Ytterligare en effekt av att delar av konstruktionen är kallare under vinterhalvåret är att om fukt byggs in i konstruktioner eller tillförs under driftskedet är möjligheterna för en uttorkning sämre än vid en konstruktion med varmare utsida (dvs mindre mängd värmeisolering). Behovet av en kvalitetssäkrad produktionsprocess där material och konstruktioner skyddas från fukt är därmed större vid byggandet av passivhus jämfört med hus med mindre mängd värmeisolering.

Det finns studier som visar att en värmeisolering på utsidan av fuktkänsliga material i konstruktionen ökar fuktsäkerheten eftersom den utvändiga isoleringen gör att de känsliga materialen hamnar varmare och med en lägre relativ fuktighet. I de aktuella passivhusen har en utvändig isolering använts. Se figur nedan.



Figur 19 Utvändigt isolerat underlagstak ökar fuktsäkerheten. Foto: Peab.

## 9.2 Kommentarer till intervjuer

Inga kommentarer i intervjuerna tyder på att det förekommer problem med fukt i konstruktionerna. Undantaget är att det i ett av husen förekommit ett lokalt mindre inläckage i anslutningen mellan fönster och golvkonstruktion i burspråk, vilket genast åtgärdades. Dessutom har husägarna tidigare uppmärksammats på att det i anslutning till plåtarbeten vid solfångarna kan behövs underhållsarbete för att undvika inträngning av vatten i konstruktionen. Dessa båda kommentarer kring inläckage är dock inget specifikt för låg-energihus utan kan förklaras av allmän byggnadsteknik.

## 9.3 Kommentarer till mätningar

Mätningar utfördes momentant av temperatur och relativ fuktighet inomhus och ute. Fukttillskottet inomhus håller sig inom förväntade värden, oftast runt  $1\text{ g/m}^3$  och upp mot  $3,2\text{ g/m}^3$  i badrum.

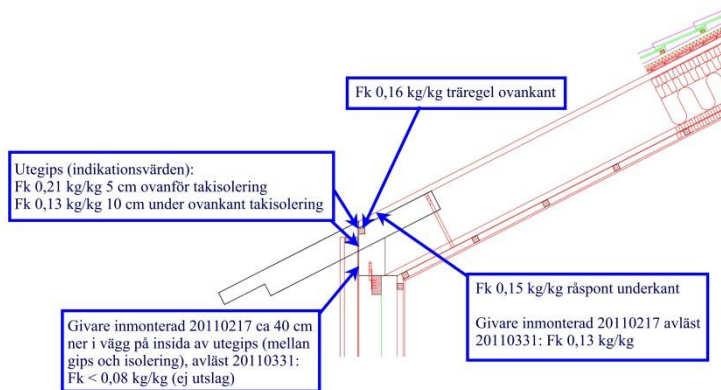


Figur 20 Mätpunkt mot norr är placerad invid köksfönster.



Figur 21 Takfotens utformning där luftspalten in mot tak finns vid pil (Lindåshusen).

20110217  
Söderfasad mätpunkt 1, vid takfot (rakt ovanför "söderfasad mätpunkt 2")



Figur 22 Mätpunktsplacering i söderfasad vid takfot, mätpunkt 1. Se kommentarer i text nedan. Mätpunkten är placerad i Lindåshusen.

Stickprovsmässiga mätningar utfördes även i yttreväggen och i takkonstruktionens yttre del i en av radhusbyggnaderna i Lindås för att få en uppfattning om aktuella fuktförhållanden. Mätningen utfördes i februari och mars i ett fåtal punkter, slumpmässigt placerade. Se mätresultat i figur ovan och i bilaga 3. Vid besöksstillfällena uppmättes låga och förväntade fuktkvoter i underlagstaket av trä samt i träregelverket i vägg. Indikerande fuktmätning i gipsskiva, som är placerad på insidan av den yttre värmeisoleringen av cellplast, visar också på låga och förväntade värden. Detta visar att den utvändiga isoleringen i väggkonstruktion och takkonstruktion i det aktuella fallet har inverkat positivt på fuktsäkerheten.

Kommentarer som inte har koppling till passivhus eller lågenergihus: En notering vid takfot (förhöjda fuktvärden och missfärgning) visar på att snö sannolikt driver in till utegipsen och smälter periodvis. Detta kan åtgärdas, möjligen med en yrsnolist, för att undvika fortsatt fuktillförsel. Denna lokala notering har dock ingen koppling till passivhusutförandet. Ytterligare en notering är att den yttre gipsskivan i väggen, där indikerande fuktmätning visade på låga förväntade värden, har en viss mängd påväxt och noteringar om rinnmärken som sannolikt har sitt ursprung i exponering för fukt under produktionstiden. Detta är inte oväntat då det inte användes väderskydd under byggtiden. Detta bedöms heller inte ha någon koppling till passivhustekniken.



Figur 23 Utegips för cellplasten monteras på plats. Foto: Peab.

## 9.4 Erfarenhetsåterföring

Endast några få öppningar har tagits i ett av husen. Några slutsatser från detta begränsade underlag är svåra att dra, men noteringar understryker följande tidigare kända kunskap:

- En utvändig värmeisolering är gynnsam ur fuktsäkerhetssynpunkt. Läs vidare [Samuelson, 2008]
- Utför en noggrann fuktsäkerhetsprojektering. Se vidare ByggaF [Mjörnell, 2007].
- Tillse att byggprocessen har fokus på fuktsäker produktion så att ingen uppfuktning av känsliga material och konstruktionsdelar sker. Material som byggs in måste vara torra. Ingen fukt skall tillföras konstruktioner via fukt inifrån (t ex fuktkonvention) eller utifrån (t ex inläckage av fukt) under driftskedet. Se vidare ByggaF.

## 10 Ljudmiljö

### 10.1 Inledning

Följande text är hämtad ur rapporten ”Lågenergihus och passivhus – vanliga frågeställningar” med bland annat Krister Larsson, SP som medförfattare [Sikander et al 2009]. Mätresultat avseende ljud i detta avsnitt avser en bostad i Lindås.

För att få energieffektiva byggnader med låga U-värden byggs husen med tjockare isolering än normalt och fönster, ventilationssystem etc väljs och utformas för minskad energianvändning. Dessutom konstrueras klimatskalet för att undvika köldbryggor. Värmeisoleringen och lufttätheten i hus med hög energieffektivitet har positiva effekter också på luftljudisoleringen i fasaden.

En påtaglig effekt av en hög ljudisolering i klimatskalet är att andra bullerkällor uppfattas tydligare då störningar från exempelvis trafikbuller utifrån inte maskerar ljud. Därför finns en risk att ljudisoleringen mellan lägenheter eller rum uppfattas som oproportionerligt låg. Det kan också medföra att buller från installationer uppfattas tydligare. Det är därför ännu viktigare att installationsbuller hålls på en låg nivå i passiv- eller lågenergihus.

### 10.2 Kommentar till intervjuer

En husägare tycker att ventilationsljuden är störande och vill åtgärda detta. En annan noterade att det fanns ett visslande ljud när värmebatteriet fick jobba hårt under en mycket kall period. I övrigt är de boende mycket nöjda med ljudisolering utifrån och mot grannar. Flera påtalade dock att trappan ger störande ljud ifrån sig, vilket inte har någon koppling till lågenergihus.

### 10.3 Kommentar till mätningar

Mätningarna har utförts i en bostad i Lindåshuset och har utförts av och kommenterats av Geir Andresen, SP.

A-vägd och C-vägd ekvivalent ljudtrycksnivå uppmättes i kök, sovrum och i barnrum. Mätningar utfördes med olika fläkthastigheter på aggregatet och resultaten summeras i tabell nedan.

Tabell 2 Summering av mätresultat.

Mätposition	Fläktläge		L <sub>pA</sub> dBA	L <sub>pC</sub> dBC	Toner	Riktvärden dBA/dBC	Krav uppfyllt
	Tilluft	Frånluft					
Kök	2	3	36	49		35/	Nej
Sovrum	2	3	29	41	Ja	30/50	Nej
	2	0	27	38	Ja	30/50	Nej
	0	3	21	37		30/50	Ja
	1	2	20	36		30/50	Ja
Barnrum	2	3	20	39		30/50	Ja
	1	2	22	41		30/50	Ja

Ljudnivåerna i sovrummet uppfyller riktvärden vid läge 1 på tilluftsfläkten. Vid fläktläge 2 uppfylls inte kraven på grund av en ton i tredjedelsoktaven 315 Hz som var störande. Även vid fläktläge 1 kan ljudnivån upplevas av många som störande i ett sovrum. Ljudnivåerna i köket uppfyllde inte riktvärden med fläktlägen 2 och 3 på tillufts- och frånluftsfläktarna. Ljudnivåerna i tredjedelsoktaverna 160 Hz och 200 Hz översteg också riktvärden enligt socialstyrelsens allmänna råd för lågfrekvent buller i rum för daglig samvaro.

Barnrummet uppfyller kraven och upplevdes mycket tystare med båda fläktlägen på tilluftsfläkten.

För att förbättra ljudmiljön i t ex sovrum kan en dimensionerad ljudfälla monteras i anslutning till utloppet på kanalen. En kanalmonterad ljuddämpare medför sannolikt ett större ingrep i bjälklaget i detta fall då det är ett befintligt hus. Eftersom kanalerna är inbyggda i mellanbjälklaget i dessa hus är det svårt att komma åt och installera extra ljuddämpare. Systemet är också sannolikt redan utrustat med ljuddämpare. Byte till modernare fläktar, som är både eleffektiva och tystare, kan eventuellt göras av aggregattillverkaren.

## 10.4 Erfarenhetsåterföring

- Värmeåtervinningsaggregatet var placerat i ett skåp i köket. På grund av lite utrymme i skåpet var dörren svår att stänga, vilket medförde ljudläckage.
- I ett bullerperspektiv rekommenderas att värmeåtervinningsaggregaten placeras i ett utrymme som inte används till daglig samvaro för att minska ljudproblemen. Ett alternativ kan vara att använda ett större utrymme med möjligheter för ljudisoleringsåtgärder. Dessutom bör man tillse att fläktar är tysta, välj fläktar som är tysta och eleffektiva.
- För att förbättra ljudmiljön i t ex sovrum kan en dimensionerad ljudfälla monteras i anslutning till utloppet på kanalen. En kanalmonterad ljuddämpare medför sannolikt ett större ingrep i bjälklaget i detta fall då det är ett befintligt hus.

## **11 Ljusmiljö**

### **11.1 Inledning**

Vad gäller dagsljuset får vi övervägande flerglasfönster med en liten minskning av transmitterat ljus. Exempelvis är dagsljusinsläppet cirka 80 % vid 2-glasfönster, 72 % vid 3-glasfönster. Vid metallbelagda 3-glasfönster är dagsljusinsläppet kring 63 %. [Sikander, Eva et al 2009].

Djupa fönsternischer på såväl utsida som insida betyder att kontrasterna mellan dagsljuset och ljuset inomhus minskar, vilket brukar uppfattas som positivt. Om nischerna snedställs, som fallet är i många nya lågenergihus, så undviker man också avskärmning för vissa strålriktningar.

### **11.2 Kommentar till intervjuer**

Många är uttalat nöjda med dagsljuset, speciellt i gavelhus. Speciellt poängterades ljuset från takfönstret som också är värdefullt för att vädra ut överskottsvärme. Några kommenterade att rum mot norr är något mörka. Ingen kommenterade djupa fönsternischer.

### **11.3 Erfarenhetsåterföring**

Ljusmiljön upplevs som god.

## 12 Solfångare

### 12.1 Förutsättningar

Kontrollen har utförts genom att läsa av systemens driftstemperaturer, flöden, tryck och inställningar under en solig dag. Genom att kontrollera dessa data vid samma tillfällen för alla system kan man göra sig en bild över om systemen i stort fungerar som de skall och om inställningarna är lämpliga. De system som har kontrollerats finns i Lindås och husen 1, 5, 7 och 9. Ingen översyn av solfångarna på taket har genomförts.

### 12.2 Kommentarer till mätningar

Alla fyra kontrollerade systemen i Lindås verkar fungera som avsett och inga större problem kan urskiljas. Systemens flöden och differensstemperaturer är i nuläget normala för systemtypen. Dock finns det några saker som kan göras för att undvika framtida problem i systemen samt förbättra prestandan och därmed minska elanvändningen för varmvattenproduktionen. Dessa är enligt följande:

- Samtliga system hade ett något för lågt tryck i solvärmekretsen (0,9 – 2,2 bar). Om trycket sjunker ytterligare kan det bli problem med flödet i solvärmekretsen och systemet kan gå i kok. Detta kan medföra att systemets expansionsventil löser och att systemet måste fyllas med hjälp av en tekniker. Om systemet går i kok kan man också bli tvungen att byta ut värmebäraren och spola rent systemet då värmebäraren kan förstöras av för hög temperatur. Ett för lågt flöde ger också givetvis en sämre prestanda.
- Enligt projekteringen skall systemets elpatron vara inställd på en temperatur av 55 grader. En högre temperatur minskar solvärmesystemets effektivitet medan en lägre temperatur ger en sämre varmvattenkapacitet och kan i ett fåtal fall ge tillväxt av legionella som kan ge upphov till legionärssjukan. Tre av de fyra systemen hade en för hög inställning på elpatronen (65 – 75 grader) och ett av systemen hade en inställning på 50 grader. Systemen med för hög temperatur borde sänkas medan en inställning på 50 grader fungerar bra så länge kapaciteten för varmvatten är tillfredställande.

### 12.3 Slutsats

De boende borde informeras om att trycket i systemen behöver höjas till de som de är avsedda att ha (förmodligen någonstans mellan 3 och 5 bars övertyck). Det är också lämpligt att informera lägenhetsinnehavarna om vad konsekvenserna kan vara vid en höjning eller sänkning av inställning för elpatronen. Denna information skall finnas att tillgå i den installations-, drifts- och underhållsanvisning som skall lämnas vid installationen och köp av ett solvärmesystem.



## 13 Energianvändning

### 13.1 Inledning

Den totala energianvändningen har utvärderats för tio hus i Lindås och åtta stycken i Glumslöv. I Lindås har de flesta av husen bytt ägare under den redovisade perioden, medan lägenheterna i Glumslöv har samma hyresgäst under hela den redovisade perioden, även om antalet användare i hushållet kan ha ändrats.

Presenterade energivärden är inte normalårskorrigerade. Det finns ingen etablerad metod för normalårskorrigerings av passivhus (lågenergihus).

### 13.2 Kommentarer till intervjuer

Vid intervjuerna framkom att man är mycket nöjda med den lägre energianvändningen som de har i dessa byggnader. De som tidigare bott i andra typer av, ofta äldre, villor påtalade speciellt den stora skillnaden.

En familj som hade mycket höga förväntningar på en mycket låg energianvändning tycker dock att förväntningarna inte uppfyllts, och detta hus har visat sig också ha högre energianvändning än övriga sedan 2007. Det visade sig att by-pass spjället hade fastnat i ett öppet läge i detta hus. Det är oklart om detta förklarar hela eller delar av den förhöjda energianvändningen. Husägaren kunde då åtgärda detta.

### 13.3 Kommentarer till mätningar

Elenergianvändningen för tio hus i Lindås presenteras i Diagram 6. Elenergianvändningen redovisas i kWh per m<sup>2</sup> boarea och avser total elanvändning. Ingen uppdelning av hushållsel respektive fastighetsel har skett. Elenergianvändningen har inte normalårskorrigerats och det senaste årets kalla vinter visar således en högre energianvändning än föregående år. Boarean är 124 m<sup>2</sup> för gavelhusen (hus 1, 3, 6, 7 och 10) och 120 m<sup>2</sup> för mitthusen (hus 2, 4, 5, 8 och 9). Antalet personer som bor i husen framgår av Tabell 3.

Tabell 3 Antal personer boende i husen.

Hus	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Antal personer	1	4	1 (3)	2	4	4	4	3	3	1
Gavel	ja		ja			ja	ja			ja
Extra värmekälla	ja		ja			ja 3 st	ja	ja	ja	ja 2 st
Kommentar om låg temp?	ja							ja		ja

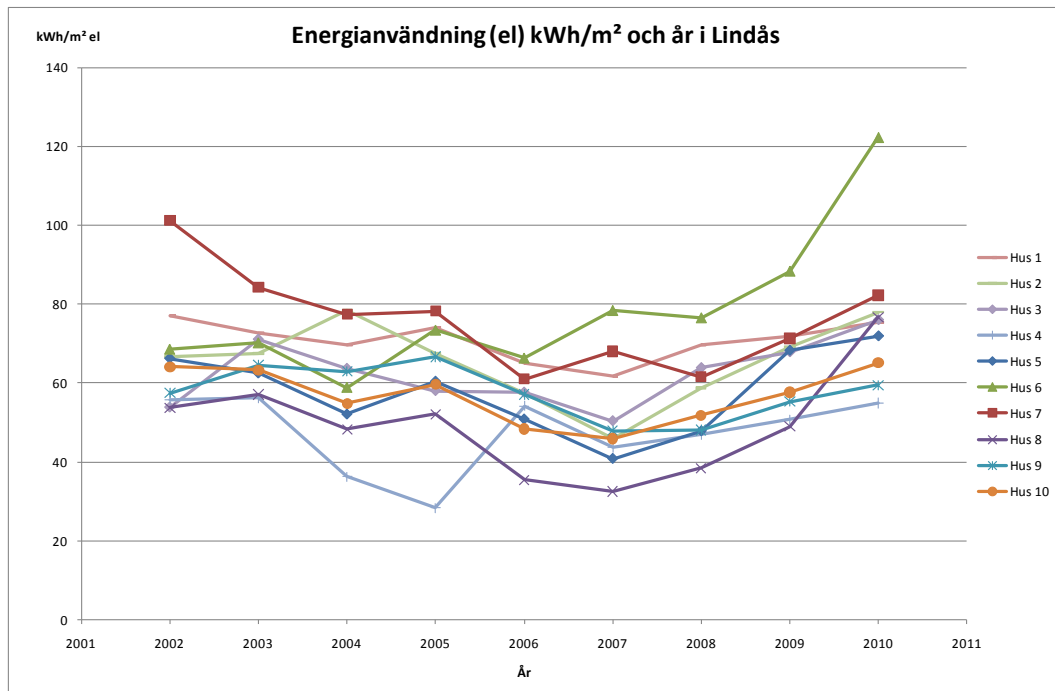


Diagram 6 Elenergianvändning för värme, varmvatten, fastighetsdrift och hushåll i Lindås. Byggnad 6 visar en ökning i energianvändning som kan förklaras av att by-pass spjället sannolikt stått öppett periodvis. Energianvändningen är ej normalårskorrigerad.

Husen i Lindås stod inflyttningsklara under våren 2001, och var inte bebodda under hela 2001 varvid energianvändningen var lägre det året än nästkommande år (och redovisas ej i Diagram 6).

I början, när husen var nybyggda fungerade dessutom inte styrningen av alla aggregat helt tillfredställande, så fram till början av år 2003 kan energianvändningen varit högre än nödvändigt [Ruud, Lundin 2004].

Elenergianvändningen ligger i ett intervall mellan ca 55 och 85 kWh/m<sup>2</sup> för år 2010 bortsett från hus 6 som skiljer sig från mängden och har ungefär 50 kWh/m<sup>2</sup> högre elanvändning än genomsnittet för de andra husen. Anledningen till den högre energianvändningen kan tillskrivas att spjället i ventilationsaggregatet stod halvöppet vilket gjorde att ingen värmeväxling av tilluften skedde, mer om detta beskrivs i avsnitt 6.3.

Hus 1 och 10 i Lindås har haft samma boende under hela perioden. Energianvändningen i dessa hus har varierat sannolikt på grund av att värdena inte är normalårskorrigerade.

I Glumslöv redovisas elenergianvändningen för totalt åtta stycken radhus i Diagram 7. Energianvändningen som redovisas avser använd el totalt i husen fördelat på uppvärmd area. I den uppvärmda arean ingår inte vindfånget som har räknats bort från BOA. Elenergianvändningen har inte normalårskorrigerats, och det senaste årets kalla vinter visar således en högre energianvändning än föregående år. Elenergianvändningen ligger i ett intervall mellan cirka 60 och 100 kWh/m<sup>2</sup> för år 2010 bortsett från ett hus som skiljer sig från mängden och har högre energianvändning. Husen i Glumslöv är inte försedda med solfångare, vilket förklarar den något högre energianvändningen i Glumslöv jämfört med Lindås-husen.

Vattenanvändningen i Glumslöv i samma hus presenteras i Diagram 8 och i Diagram 9. Om elenergi- och vattenanvändning jämförs mellan de olika husen framgår att använd-

ningen följs åt, det vill säga de som är höganvändare av el även använder större mängd vatten än övriga hushåll, och vice versa. I hus 1 och 3 bor fem respektive fyra personer, medan det i resterande hushåll bor en eller två personer. Hus 1 och 3 använder dock inte mer el eller vatten än övriga hushåll.

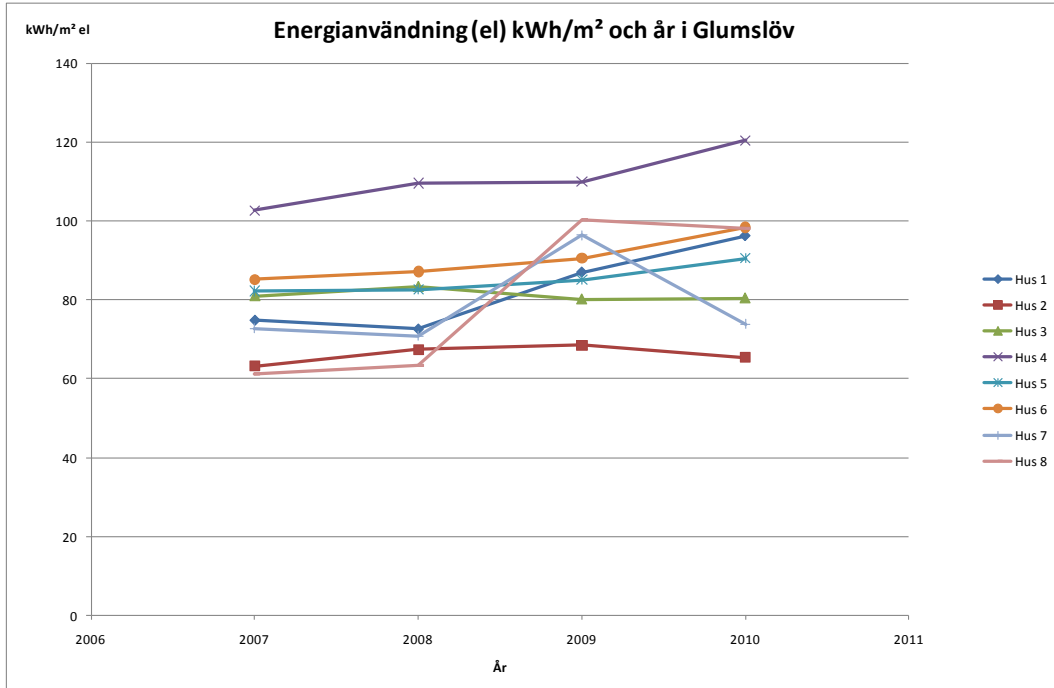


Diagram 7 Elenergianvändning för värme, varmvatten, fastighetsdrift och hushåll i Glumslöv. Energianvändningen är ej normalårskorrigerad. Man kan se en koppling mellan hög användning av vattenanvändning och högre energianvändning.

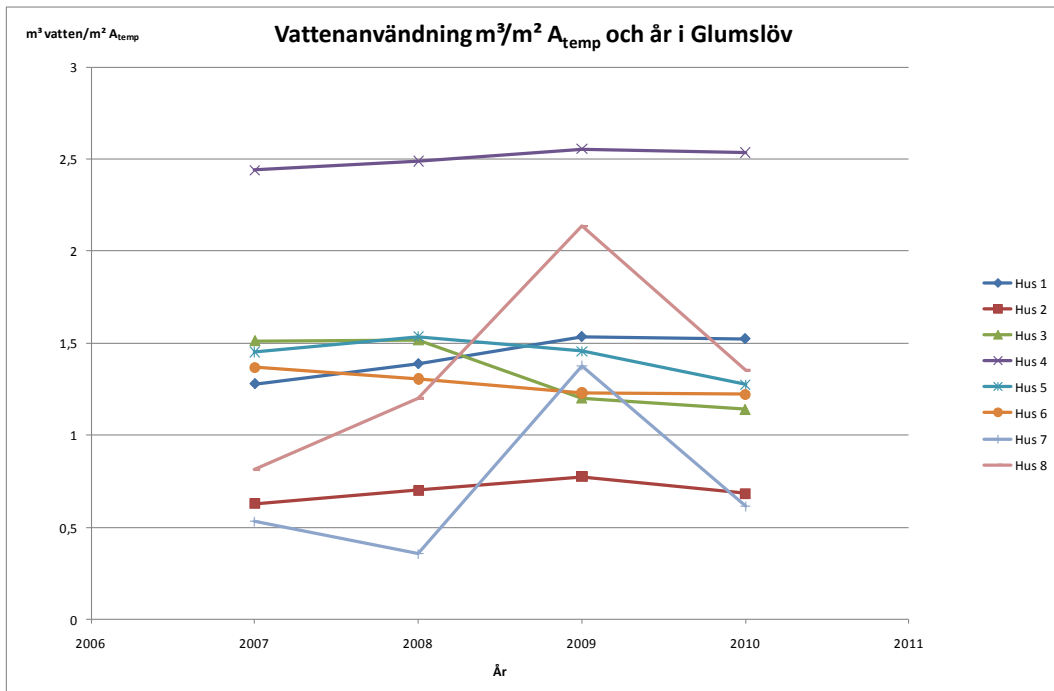


Diagram 8 Vattenanvändning i Glumslöv per m<sup>2</sup>.

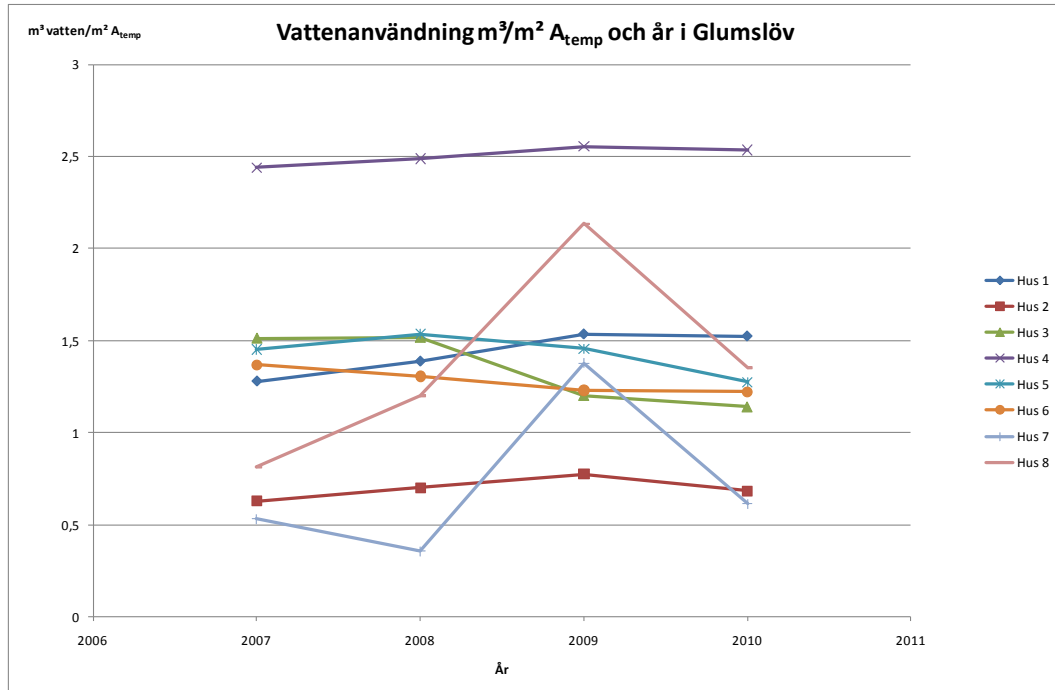


Diagram 9 Vattenanvändning i Glumslöv per person i hushållet.

## 13.4 Erfarenhetsåterföring

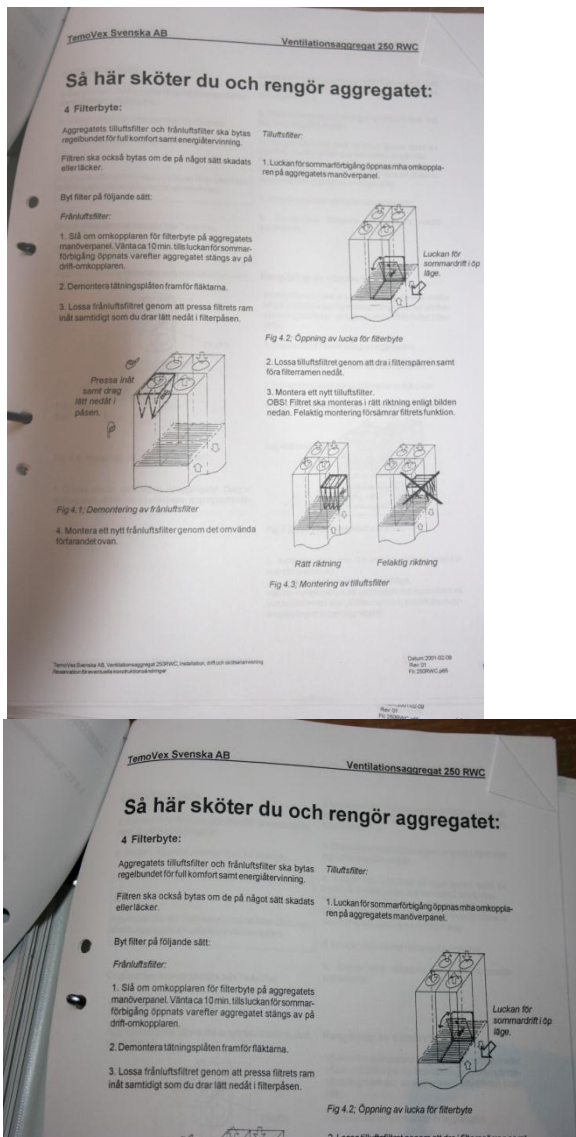
- Uppmätt energianvändning i Lindås och Glumslöv visar att energiprestandan fortfarande är mycket god efter nio (Lindås) respektive fyra (Glumslöv) års användning. Dock har en ökad energianvändning konstaterats i ett enstaka hus som också visat sig ha en brist i VVX.
- För att få en ”beständigt” låg energianvändning är det viktigt att övervaka att installationer fungerar väl. Exempelvis att värmeväxlaren fungerar som avsett. I ett av husen medförde ett spjäll som fastnat i öppet läge en ökad energianvändning.
- Uppföljning av energianvändning i Lindås och Glumslöv visar att solfångarna bidrar till en lägre energianvändning (cirka 10-15 kWh/m<sup>2</sup>år).
- Mätning av vattenanvändning och energianvändning visar på sambandet att en hög vattenanvändning också leder till en hög energianvändning. Detta kan förklaras av att en del av vattenanvändningen värms till varmvatten. Den familj som använder mest vatten i Glumslöv använder cirka 40 kWh/m<sup>2</sup>år mer energi än den familj som använder minst mängd vatten. För att kunna ha en säker koppling till energianvändning bör man installera en vattenmätare på ingående vatten till varmvattenberedaren.
- Genom att jämföra energianvändningen under flera år i en grupp likadana hus kan man enkelt identifiera när någon avvikelse sker i en byggnad. Se exempelvis Diagram 6, där en värmeväxlars by-pass spjäll upphört fungera som avsett.

## 14 Underhåll och instruktioner

### 14.1 Inledning

Husen i Lindås fick en pärm till varje hus då de var nya. Dessa pärmar innehåller beskrivningar för den utrustning byggnaderna var försedda med från början och som i princip finns kvar idag efter 10 års drift. Även vissa instruktioner finns i pärmarna.

Ägandeformen har under åren ändrats, men de boende har under hela perioden haft driftansvaret för sina byggnader.



Figur 24 I Lindås finns en huspärm till hjälp för skötsel och drift av husen.

Vad gäller de självuppvärmda husen i Glumslöv så sköter fastighetsägaren drift och skötsel av byggnaderna.

## 14.2 Kommentarer till intervjuer

Vid intervjuerna med de boende i Lindås framkom bland annat följande:

- I princip alla påtalade självmant att de har en huspärm med information om byggnaderna och hur de skall skötas. Någon var nöjd med informationen och några konstaterar att man behöver mer information anpassad för just deras hus. Samfälligheten har eventuellt planer på att gemensamt ta fram information för driften av husen.
- En dialog och samverkan förekommer mellan husägarna.
- I princip alla påtalade att de byter filter två gånger per år och att de gemensamt sett över solfångarna. Flera påpekar att de skall se över plåtarbeten framöver.
- Någon påtalade att de tekniska systemen är alltför komplicerade att själv förstå. Efterlyser enklare/mer lättförståelig teknik (färre vred och lampor).

Vad gäller de självuppvärmda husen i Glumslöv så sköter fastighetsägaren drift och skötsel av dessa. Detta kommenterades av den intervjuade hyresgästen som en bra och bekväm lösning som de uppskattar. Hyresgästerna har fått information från början och sedan regelbundet om det tillkommit ny information. De är nöjda med instruktionerna. Aggregaten låstes cirka ett år efter inflyttning på grund av att hyresgäster ändrade inställningarna. Nackdelen med detta är enligt hyresgästen att man som boende inte själv kan påverka temperaturen, t ex genom sänkning när man reser bort.

## 14.3 Erfarenhetsåterföring

Kommentarer och våra iakttagelser vid besök i byggnaderna visar på att:

- Det finns ett behov av objektanpassade drift- och underhållsinstruktioner som är anpassade till den målgrupp som är tänkt att sköta driften och underhållet av husen.
- Det har framkommit önskemål om mer lättanvända tekniska system.
- Noteringar om fel som uppstått i tekniska system och som inte upptäckts visar på ett behov av utökad felindikering/varningssystem.
- Det bör finnas instruktioner om den service man kan behöva köpa in av företag, t ex för att regelmässigt kontrollera funktionen hos solfångare och värmeväxlare. Detta för att minska risken för en ökad energianvändning på grund av ej fungerande tekniska system.

## 15 Erfarenhetsåterföring - sammanställning



Husägarna är i det stora hela mycket nöjda med sina byggnader med god innemiljö, enkelt underhåll och låg energianvändning. Det har också kunnat konstateras genom undersökningar och mätningar att byggnaderna fungerar väl och har väl fungerande funktioner. Några förbättringsmöjligheter har också identifierats. Erfarenheterna från de undersökta husen är bl a följande:

### **Drift och underhåll**

- Det har i de undersökta byggnaderna i Lindås (egnehemsägare) identifierats ett behov av utbildning i driften av lågenergihus då många inte har kunskap om de tekniska systemen som ändå kräver visst underhåll. Några husägare är t ex osäkra på om de har rätt inställningar på VVX för luftflöde och styrning av värmebatteriet. Man har gjort egna inställningar som man inte förstått följderna av, t ex då flöden ändrats (obalans, risk för övertryck, värmen fördelas ej, luftväxlingen i hela utrymmet kan bli dålig m m).
- Det är också viktigt med bra översiktlig respektive fördjupande skriftlig drift- och underhållsinformation, t ex tydlig information om vilken service av de tekniska systemen man bör köpa (t ex solfångarsystem, VVX, rengöring av kanaler, rengöring av tilluftsintag).
- Det är viktigt med översyn av aggregaten för att säkerställa att de fungerar optimalt. Ett by-pass spjäll som är ur funktion ger både komfortproblem och ökar kostnaderna för uppvärmning.
- Information behövs bland annat om att en omställning till lägre luftflöden kan medföra att den uppvärmda tilluften inte når boendetrymmet i önskad omfattning.

### Värme- och ventilationssystem

- Det är viktigt med tydliga instruktioner (eventuellt utbildning) om inställningar för flöden och värme på VVX-aggregatet.
- Värmesystem (eftervärningsbatterier, radiatorer eller golvvärme) måste dimensioneras så att värmen räcker till även för en person med låg användning av hushållsel.
- Mätningar och intervjuer visar att det finns en temperaturskillnad mellan övervåning och bottenvåning i Lindås, som dock anses vara acceptabel. Vid val av värmesystem vid produktion av nya hus bör dock möjlighet till individuell rumsuppvärmning övervägas, eller sektionering i övervåning och undervåning.
- Möjlighet till vädring är mycket positivt för att undvika övertemperaturer. Speciellt påtalades att takfönster i Lindås fungerade mycket väl för att bli av med övertemperaturer. Däremot finns önskemål att anordna vädringsmöjlighet så att inte regn kan skada byggnaden.
- Värmeväxlarna har visat sig i denna studie ha samma goda funktion efter 10 års drift.
- Ventilationsflöden har ställts ner i många av bostäderna i Lindås av de boende själva, vilket har medfört ett lägre luftflöde. Ett lägre luftflöde kan medföra att värmen i tilluften inte kommer bostaden tillgodo i den utsträckning man önskar.
- Valet av tilluftsdon är viktigt med hänsyn till termisk komfort, luftkvalitet (omblandning) och ljud.
- Viktigt att ha temperaturgivare på rätt ställe för styrning av värmebatteri.
- Det finns en efterfrågan bland husägare av mer lättanvända aggregat om det är egnahemsägare, t ex ”bortaläge” och ”hemmaläge”. I det fall att ventilationen ställs ner i ”bortaläget” är det viktigt att tillförseln av värme kan tillgodoses.
- Tekniska mätningar visar på behov av varningssystem som kan larma om by-pass spjället hänger sig.
- Rutinerna för byte av luftfilter fungerar väl.
- Vid val av köksfläkt bör det beaktas att man inte får alltför stora undertryck inomhus då fläkten är i drift. För att undvika detta finns flera alternativa tekniska lösningar, men även ett utvecklingsbehov av nya lösningar.

### Solfångare

- De boende borde informeras om underhåll och drift av solfångarsystemet, exempelvis vilket tryck systemet skall ha samt konsekvenserna av en höjning eller sänkning av inställning för el-patronen. Denna information skall finnas att tillgå i den installations-, drifts- och underhållsanvisning som skall lämnas vid installationen och köp av ett solvärmesystem.



### **Fuktsäkerhet**

På samma sätt som för all nyproduktion är det även för passivhus och lågenergihus viktigt att:

- Fuktsäkerhetsprojektera – planera för torrt byggande och torra konstruktioner under förvaltningskedet. Använd exempelvis hjälpmedel enligt ByggaF.
- Noggrannhet under produktionstiden är nödvändigt för att undvika att fuktrisker uppstår.

### **Lufttäthet**

- Den väl utförda projekteringen och arbetsutförandet under byggtiden gav lufttäta byggnader som ännu efter 10 års drift har oförändrat god lufttäthet i det aktuella huset i Lindås (baseras på uppföljandet täthetsprovning i ett hus). Se även tips om lufttätt byggande i ByggaL.
- Brukarna har inte påverkat lufttätheten negativt under den normala driften som hittills förekommit. Plastfolien, som framförallt är det skikt som bidrar till lufttätheten, är indragen i väggen och påverkas inte av exempelvis montering av inredning på ytterväggar. Markiser har dessutom kunnat monteras på andra ställen än i klimatskal (balkonger och takfot) vilket är positivt.
- Några få egna håltagningar i klimatskalet har genomförts i Lindås, i detta fall kablar för montering av utvändiga antenner/paraboler. Man bör förbereda för den typen av kabeldragning.
- Under drifttid måste det uppmärksammas att tätningslistor i dörrar och fönster behöver kontrolleras regelbundet och vid behov bytas.
- Det bör finnas instruktioner för egna kontroller av lufttäthet, liksom information om den påverkan på lufttätheten som egna håltagningar/tillbyggnader kan innebära.

### **Ljudmiljö**

- De boende är mycket nöjda med ljudmiljön i sina byggnader. Det är mycket tyst mot grannar och utifrån i dessa väl isolerade och lufttäta byggnader.
- Tillse att ljudet från ventilationssystemet är lågt genom bland annat väl projekterade byggnader med tanke på placering av VVX i bostaden, val av fläktar/aggregat, ljudfällor i kanaler samt val av tilluftsdon.

### **Energianvändning**

- Uppmätt energianvändning i Lindås och Glumslöv visar att energiprestandan fortfarande är mycket god efter nio (Lindås) respektive fyra (Glumslöv) års användning. Dock har en ökad energianvändning konstaterats i ett enstaka hus som också visat sig ha en brist i VVX.
- För att få en ”beständigt” låg energianvändning är det viktigt att övervaka att installationer fungerar väl. Exempelvis att värmeväxlaren fungerar som avsett. I ett av husen medförde ett spjäll som fastnat i öppet läge en ökad energianvändning.

- Uppföljning av energianvändning i Lindås och Glumslöv visar att solfångarna bidrar till en lägre energianvändning (uppskattningsvis cirka 10-15 kWh/m<sup>2</sup>år).
- Mätning av vattenanvändning och energianvändning i Glumslöv visar på sambandet att en hög vattenanvändning också leder till en hög energianvändning. Detta kan förklaras av att en del av vattenanvändningen värms till varmvatten. Den familj som använder mest vatten i Glumslöv använder cirka 40 kWh/m<sup>2</sup>år mer energi än den familj som använder minst mängd vatten. För att kunna ha en säker koppling till energianvändning för varmvatten bör man installera en vattenmätare på ingående vatten till varmvattenberedaren.
- Genom att jämföra energianvändningen under flera år i en grupp likadana hus kan man enkelt identifiera när någon avvikelse sker i en byggnad.

### **Övrigt**

- Det är viktigt att komponenter och funktioner är verifierade innan byggnaden lämnas över till fastighetsägaren. Vad gäller vissa funktioner kan kontroll och verifiering behöva läggas in i en plan under första året, t ex för eftervärmningsbatteriets funktion och solfångaranläggning.

## 16 Referenser

Martinsson, Linda; Passivhusteknik i ett Svenskt perspektiv – en byggnadsfysikalisk riskinventering och erfarenhetssammanställning av befintliga passivhusprojekt; Chalmers Tekniska Högskola, Examensarbete 2008:15.

Ruud, Svein, Lundin, Leif; Bostadshus utan traditionellt uppvärmningssystem – resultat efter 2 års mätningar; SP Rapport 2004:31.

Samuelson, Ingemar; Ökar risken för fuktskador i passivhus?; Bygg&Teknik 5/08.

Sikander, Eva, Samuelson, Ingemar et al; Lågenergihus och passivhus – vanliga frågeställningar; SP Rapport 2009:28.

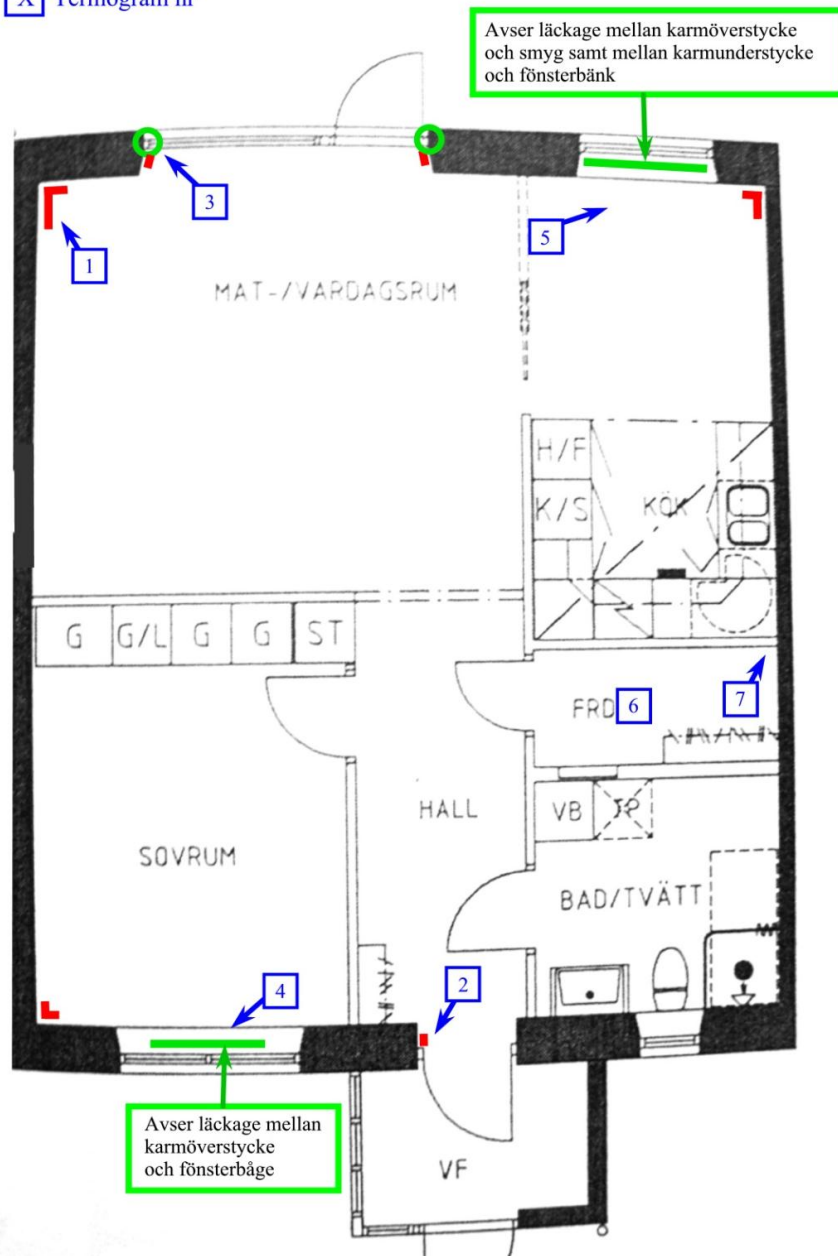
Sikander, Eva; ByggaL – metod för byggande av lufttäta byggnader; SP Rapport 2010:73.

## Bilaga 1 Läckagesökning bostad i Glumslöv

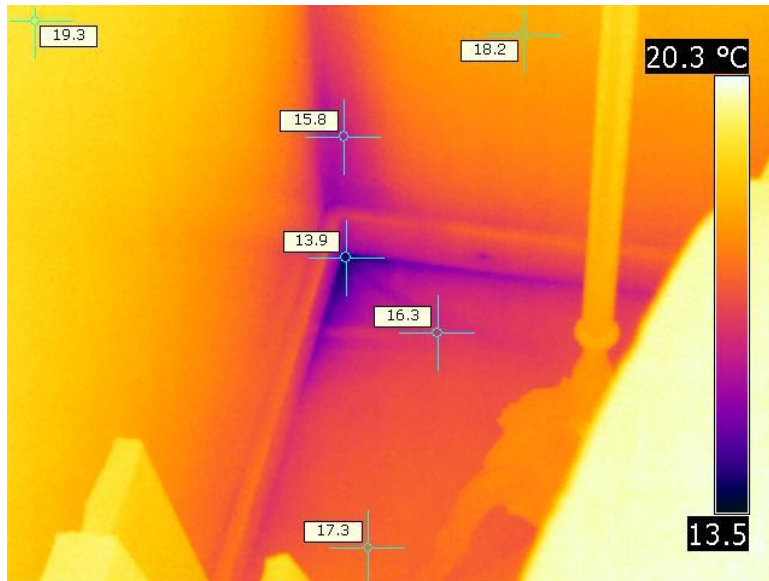
### Luftläckagesökning

Luftläckagesökning har utförts med hjälp av värmekamera och lufthastighetsgivare vid ca 63 Pa invändigt undertryck. Lokala luftläckage i golvvinkel förekom på några ställen, vilket var lokaliserat till ytterväggshörn och smyg, se planritning i Figur 25 samt exempel i termogram, Figur 26. På planritningen redovisas luftläckage i golvvinkel samt de något större läckagen vid fönster och fönsterdörr samt var termogrammen är tagna.

- Luftläckage vid golvvinkel
- Delvis luftläckage i vertikal anslutning karm - dörrblad eller karm - fönsterbåge (ej punktläckage)
- ☒ Termogram nr

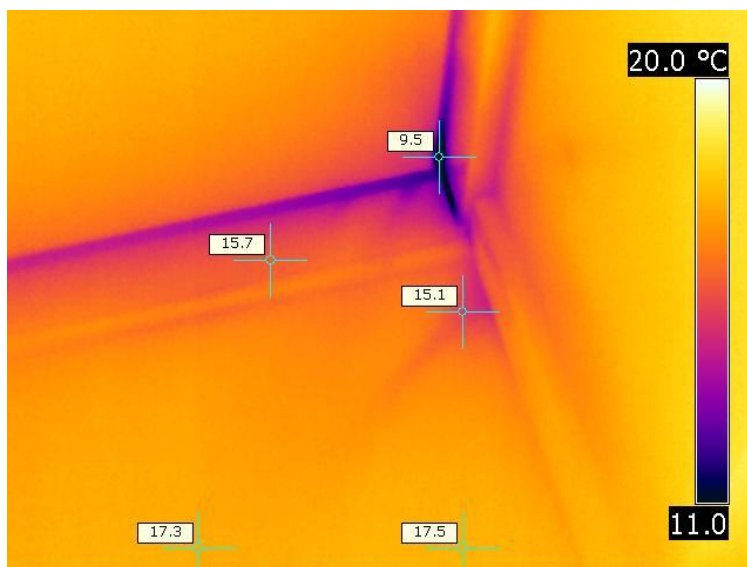


Figur 25 Planritning

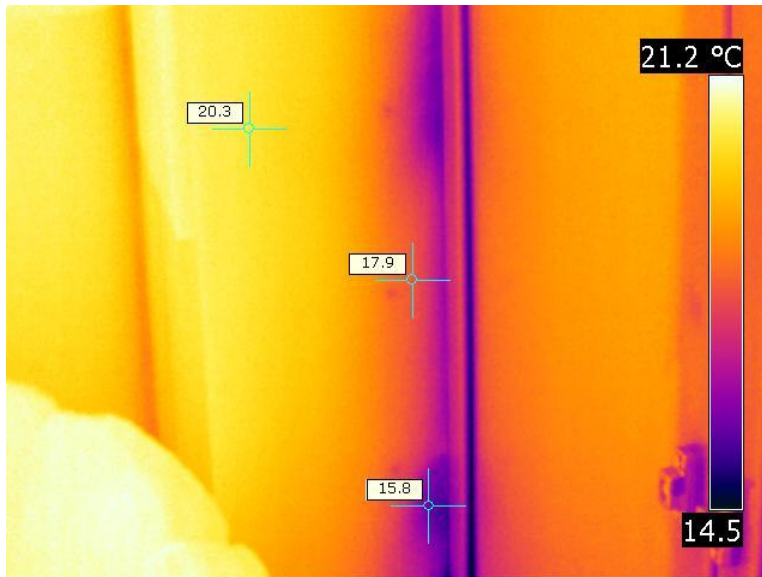


Figur 26 Termogram 1. Lokalt luftläckage i golvvinkel. Yttervägg och ytterväggshörn har även möjligen något lägre yttemperatur än vad som kan förväntas.

Lokala läckage förekom även vid fönster och dörrar, mestadels som punktläckage (se exempel i termogram i Figur 27) men även några läckage med något större utbredning. Termogram i Figur 28 visar exempel på läckage mellan karmsidostycke och fönsterbåge. Läckage förekom även hela sträckan mellan fönsterbänk och karmunderstycke samt mellan smyg och karmöverstycke vid fönster i kök, varav mellan smyg och karmöverstycke förekom en smal spricka.

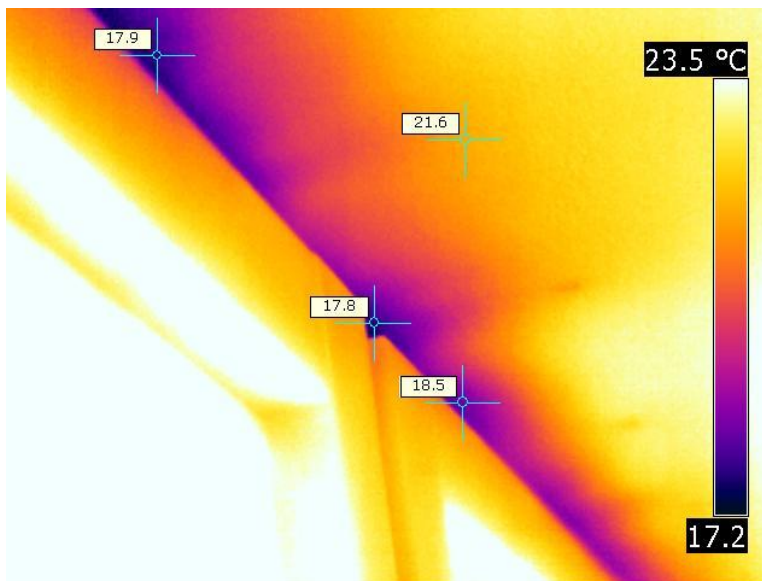


Figur 27 Termogram 2. Exempel på punktläckage mellan dörrblad och karm (samt litet läckage i golvvinkel i smyg).



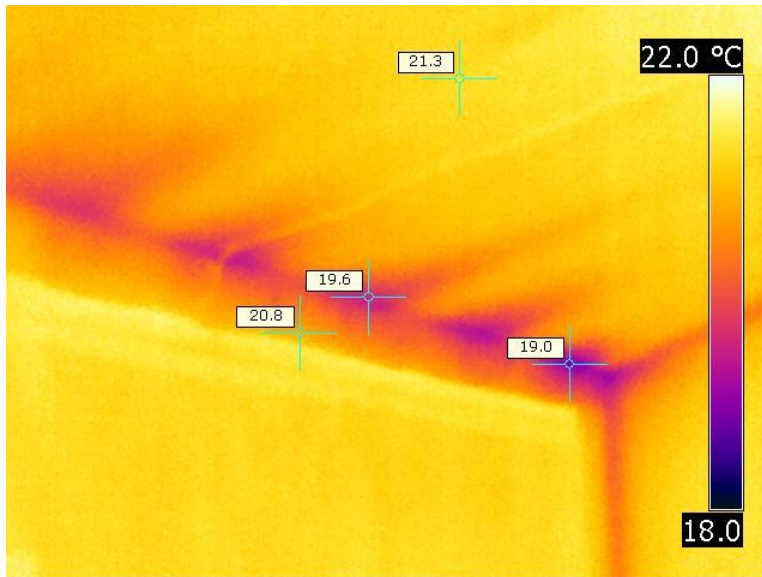
Figur 28 Termogram 3. Luftläckage mellan karmsidostycke och fönsterbåge (upptill och nertill på termogrammet).

Det största läckaget vid fönster förekom vid sovrumsfönstret, i anslutning mellan karmöverstycke och båge, se termogram i Figur 29. Detta läckage kunde även tydligt kännas med handen.



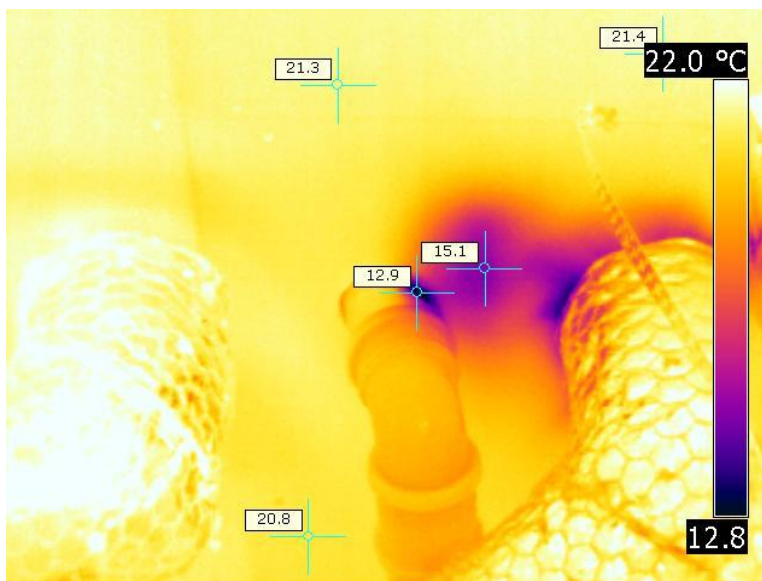
Figur 29 Termogram 4. Luftläckage mellan karmöverstycke och båge i sovrumsfönstret (fönstret är solbelyst).

Tecken på inblåsning i bjälklag (ej direkt in till inomhusluften) förekom på några ställen, varav i tak över matplats var det enda stället med någon större utbredning (ca 0,5 m<sup>2</sup> takyta vilket ändock är en liten yta), se termogram i Figur 30.

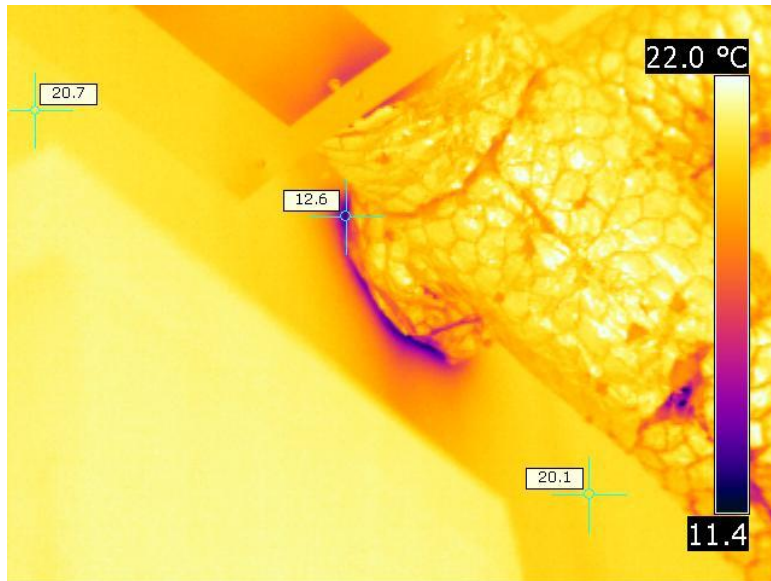


Figur 30 Termogram 5. Termogrammet tyder på att inblåsning förekommer i bjälklagskanten (läckage förekom här ej direkt in till rummet).

I takbjälklag i förråd (klädkammare) förekom lokalt luftläckage och nedkylning av takyta vid genomföring för avloppsluftare och avlufts kanal, se termogram i Figur 31. Tecken på luftläckage fanns även vid genomföring för utelufts kanal i vägg nära tak (innervägg, men kanalen är därefter förlagd i takbjälklaget), se termogram i Figur 32.



Figur 31 Termogram 6. Luftläckage och lokal nedkylning vid genomföringar för avloppsluftare och avlufts kanal i takbjälklag.



Figur 32 Termogram 7. Termogrammet tyder på luftläckage vid uteluftskanalens genomföring i innervägg (oklart exakt hur konstruktionen ser ut, men kanalen är därefter förlagd i takbjälklaget). Ej åtkomligt att bekräfta läckaget med lufthastighetsgivare.

I övrigt noterades ett litet luftläckage vid en eldosa i yttervägg vid entrédörr (locket på dosan anslöt ej helt mot väggytan).

Sammanfattningsvis är vår bedömning att de flesta luftläckagen vi funnit är små. Undantaget är främst läckaget vid sovrumsfönstret.

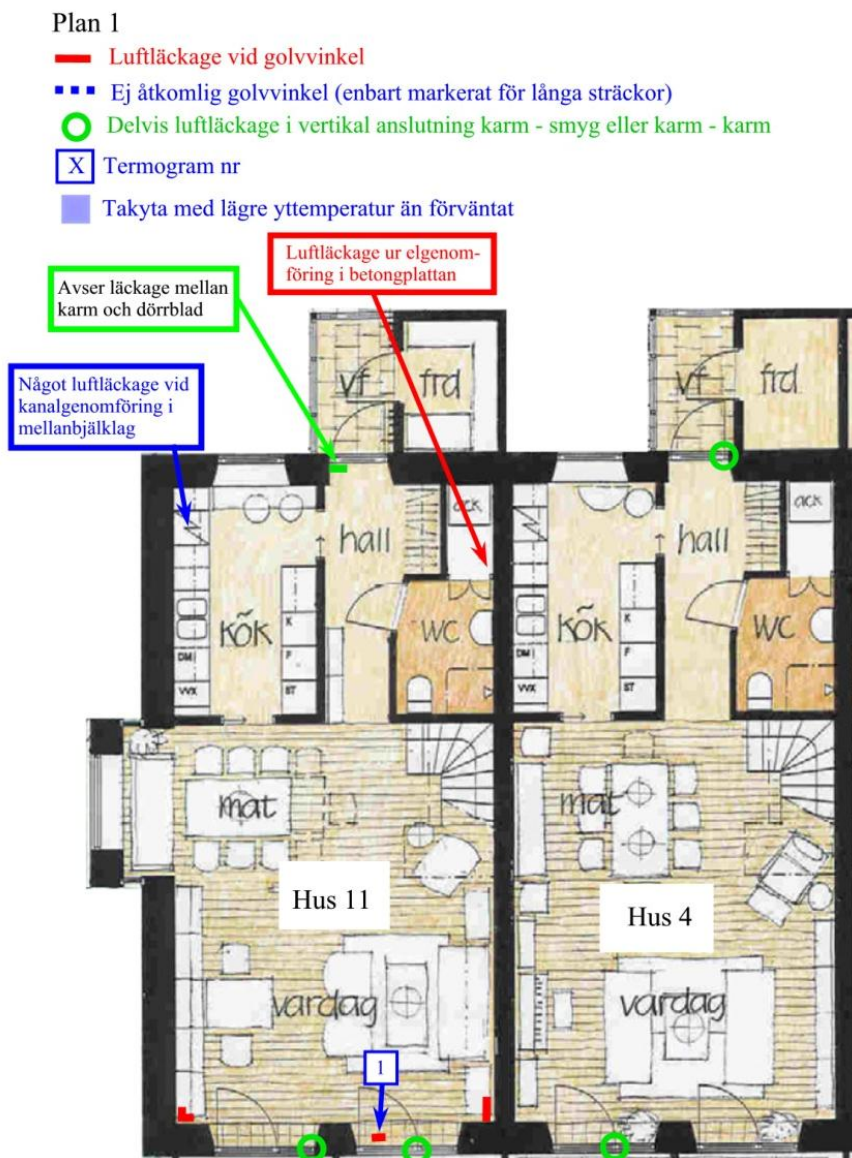


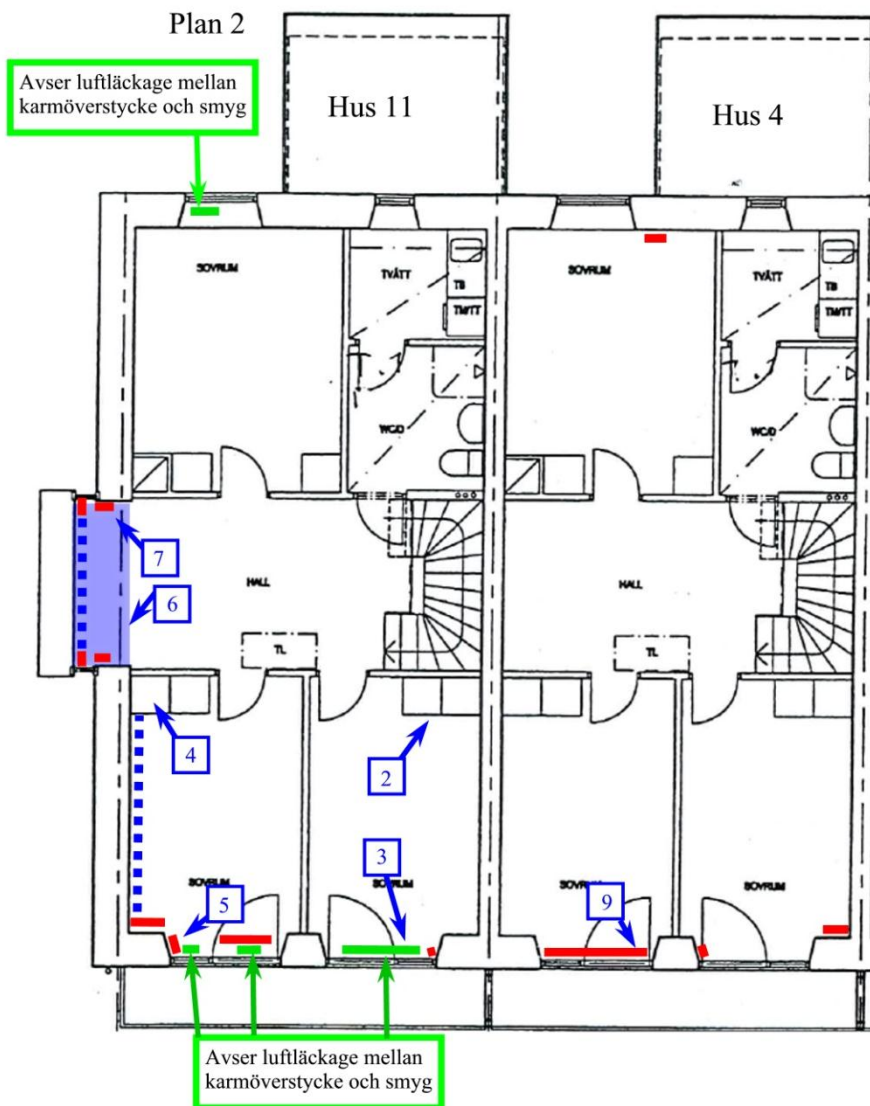
## Bilaga 2 Läckagesökning och täthetsprovning i Lindås

Lufttäthetsmätning utfördes 2011-01-13 i Lindås i hus 11 (gavellägenhet) med mottryck i angränsande lägenhet 4 för att förhindra luftläckage mellan lägenheterna. Uppmätt lufttäthet för hus 11 blev 0,23 l/sm<sup>2</sup> vid ± 50Pa. Hus 11 har tidigare även lufttäthetsprovats med mottryck i angränsande lägenhet 2001-04-21 när lägenheten var färdigställd, före inflyttning, varvid uppmättes lufttätheten 0,25 l/sm<sup>2</sup> vid ± 50Pa. Mätresultaten antyder att lufttätheten skulle kunna ha förbättrats något med tiden, men skillnaden ryms dock inom den först utförda mätningens mätosäkerhet vilken bedömdes till ± 10 % (den nu utförda mätningen bedöms ha en mätosäkerhet på ± 5 %). I vilket fall förefaller ej lufttätheten för den provade lägenheten att ha försämrats under de gångna 10 åren.

### Luftläckagesökning

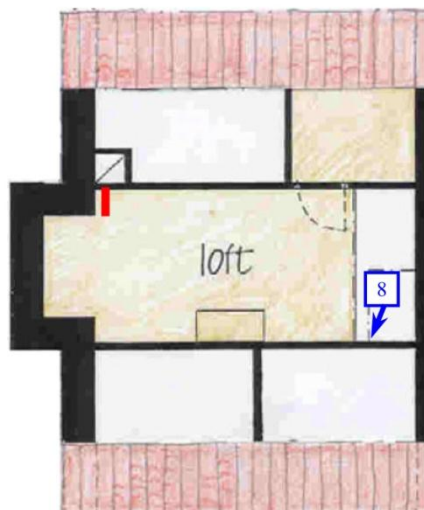
Luftläckagesökning har utförts med hjälp av värmekamera och lufthastighetsgivare i hus 11 vid ca 28 Pa invändigt undertryck och (något mer översiktligt) i hus 4 vid invändigt undertryck skapat av köksfläkt. På planritningar redovisas luftläckage i golvvinkel, läckage vid fönster och dörrar (ej punktläckage), en yta med lägre yttemperatur än förväntat samt var termogrammen är tagna, m m.





Plan 3

Hus 11



Figur 33 Planritningar över tre plan.

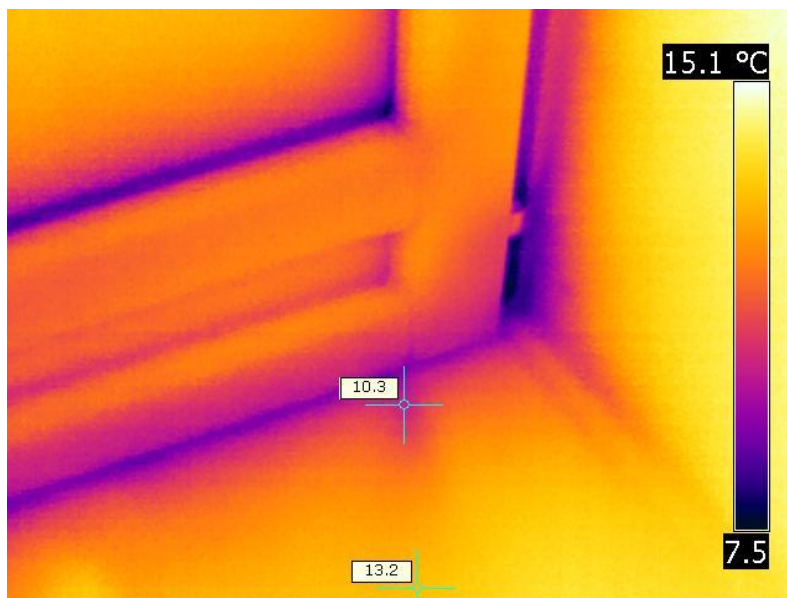
Luftläckage i golvvinkel (inklusive mellan tröskel och golv) förekom på några ställen, se planritning i Figur 33 samt exempel i termogrammen i Figur 34, Figur 38, Figur 40 och Figur 42. Termogram i Figur 38 tyder även på luftrörelser bakom smygbeklädnaden vilket kyler smygbeklädnaden.

Förutom vid golvvinkel vid dörrar förekom även luftläckage vid dörrar och fönster i anslutning mellan karm och smyg samt i något fall i anslutning mellan dubbla karmar. De flesta läckagen utgjordes av punktläckage (se exempel i termogram i Figur 41) men även några läckage med något större utbredning, se exempel i termogram i Figur 36 som visar läckage mellan karmöverstycke och smyg.

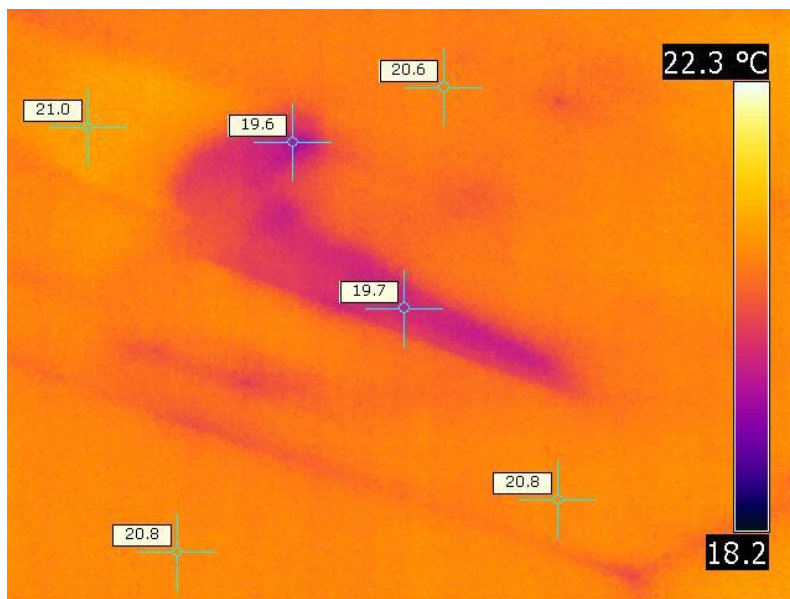
Tecken på inblåsning/luftrörelser i bjälklag förekom på några ställen, varav i tak (och övre del av yttervägg) i burspråk på plan 2 var den största ytan (ca 2 m<sup>2</sup> takyta är påverkad, se del av detta i termogram i figur Figur 39). Termogram i Figur 35 visar en lokal takyta med lägre yttemperatur än förväntat vilket också kan bero på luftrörelser i bjälklaget. Termogram i Figur 37 visar däremot exempel på vägg- och takkonstruktion vilka förefaller ha förväntade yttemperaturer.

I övrigt noterades luftläckage vid inkommande el genom betongplattan samt något luftläckage vid köksfläktskanalens genomföring i mellanbjälklaget, se planritning för plan 1 i Figur 33.

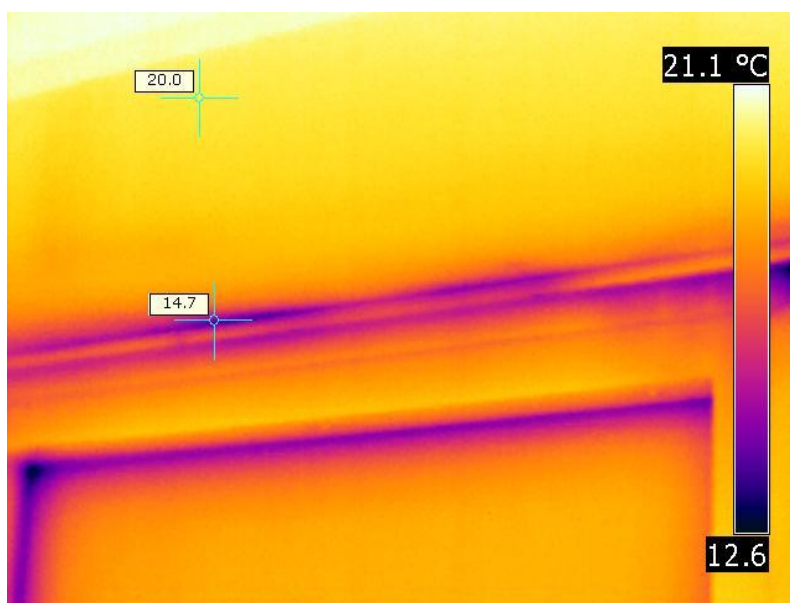
Sammanfattningsvis är vår bedömning att de flesta luftläckagen och ytor med lägre yttemperaturer än vad som kan förväntas är små. Undantaget är yta med låg yttemperatur i tak i burspråk på plan 2.



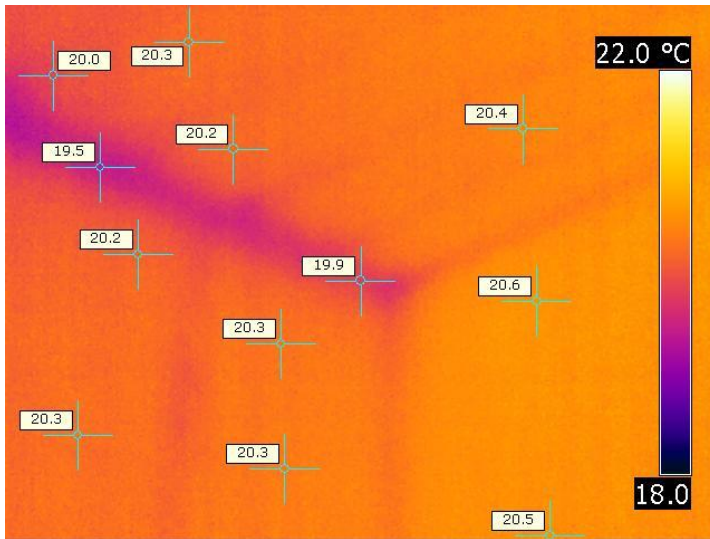
Figur 34 Termogram 1. Lokalt luftläckage i golvvinkel vid altandörr, mellan tröskel och golv.



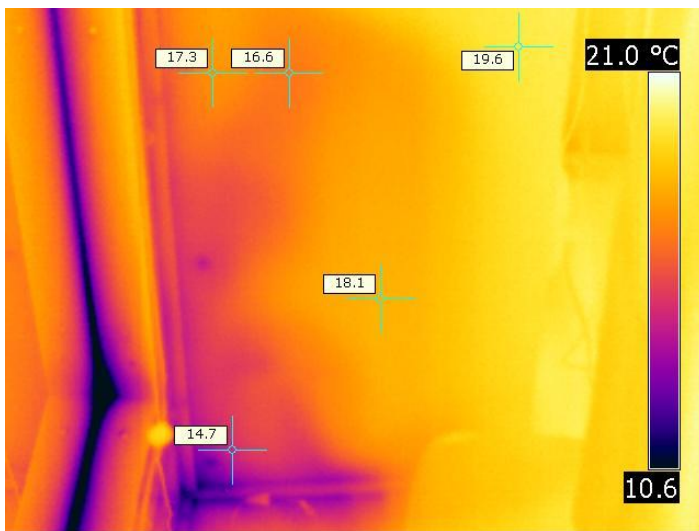
Figur 35 Termogram 2. Lokal takyta med lägre ytemperatur än förväntat, tyder på luft rörelser i konstruktionen.



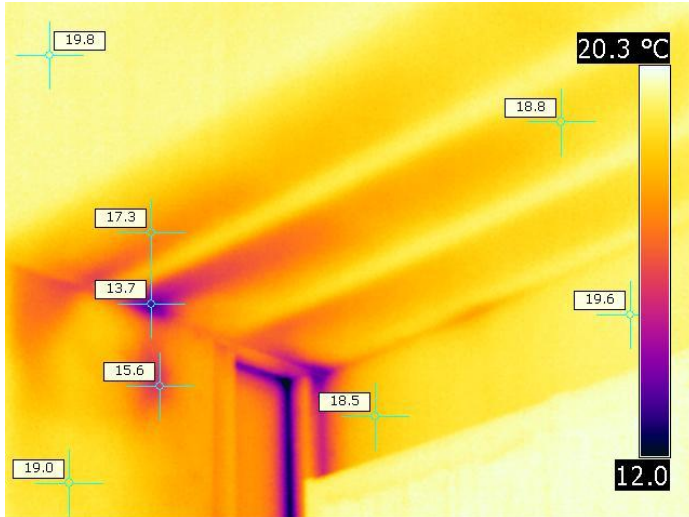
Figur 36 Termogram 3. Luftläckage mellan karmöverstycke och smyg.



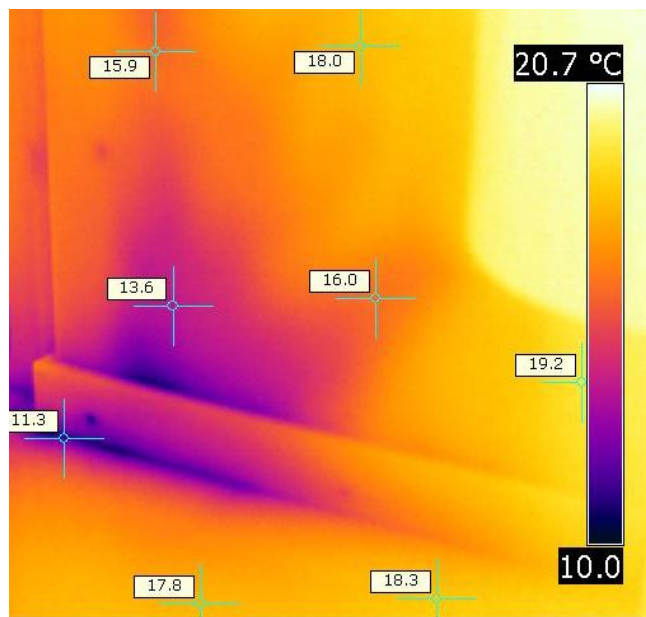
Figur 37 Termogram 4. Yttervägg, tak samt innervägg vilka förefaller ha förväntade yttemperaturer (att yttemperaturen i anslutning mellan yttervägg och tak är något lägre än på yttervägg och tak i övrigt är förväntat).



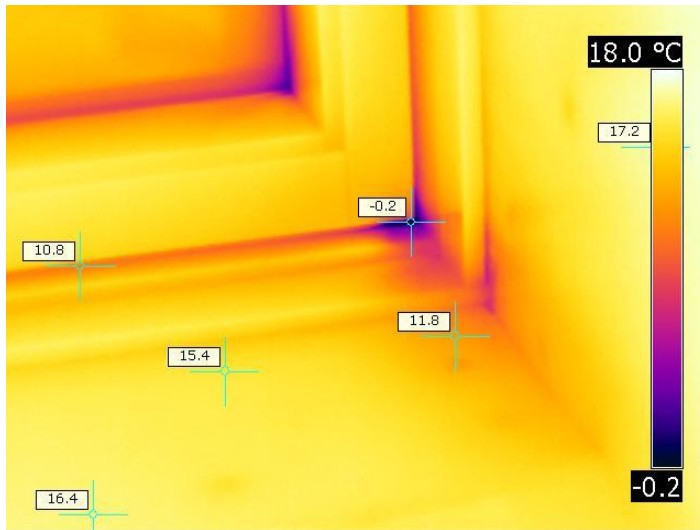
Figur 38 Termogram 5. Smyg med lägre yttemperatur än förväntat vilket tyder på luft rörelser bakom smygbeklädnaden. Luftläckage förekommer även i golvinkeln.



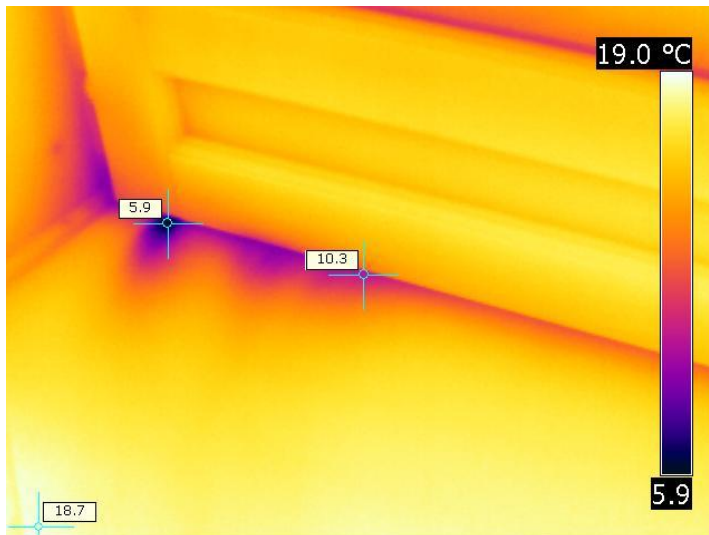
Figur 39 Termogram 6. Lägre ytttemperatur än förväntat på övre del av yttervägg samt på tak i burspråk, tyder på luft rörelser i konstruktionerna, här med utgångspunkt från bjälklagskanten.



Figur 40 Termogram 7. Luftläckage i golvvinkel vilket koler väggen och golvet, samt troligen luft rörelser i väggkonstruktionen.



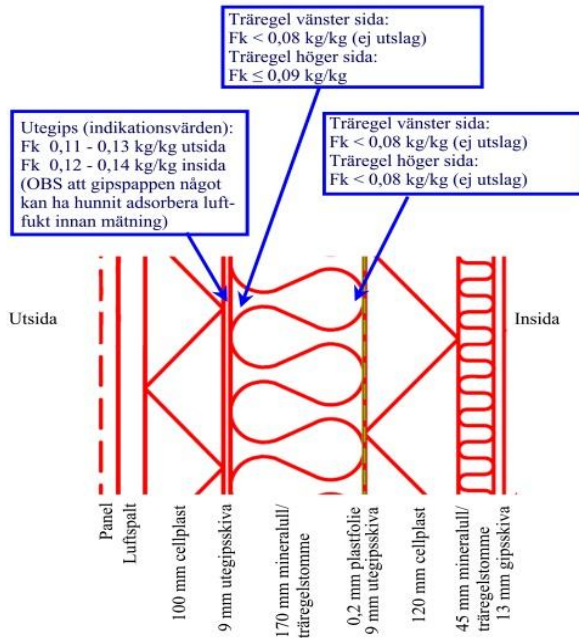
Figur 41 Termogram 8. Punktläckage mellan båge och karm i hörn i takfönster.



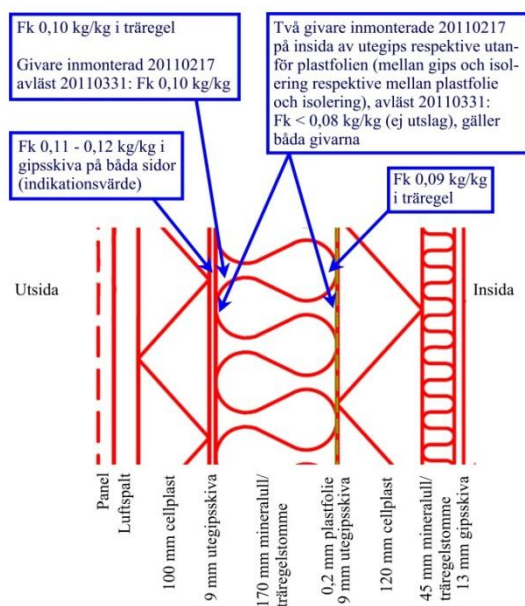
Figur 42 Termogram 9. Luftläckage i golvinkel (mellan tröskel och golv).

## Bilaga 3 Fuktmätningar i klimatskal

20110331  
Söderfasad mätpunkt 2, mellan balkongdörrar, ca 1,4 m över balkong

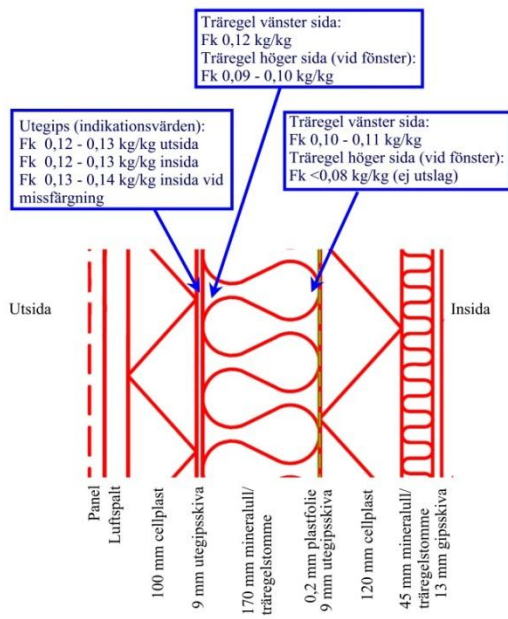


20110217  
Norrfasad mätpunkt 1, mellan fönster och vindfång, ca 1,3m över marknivå

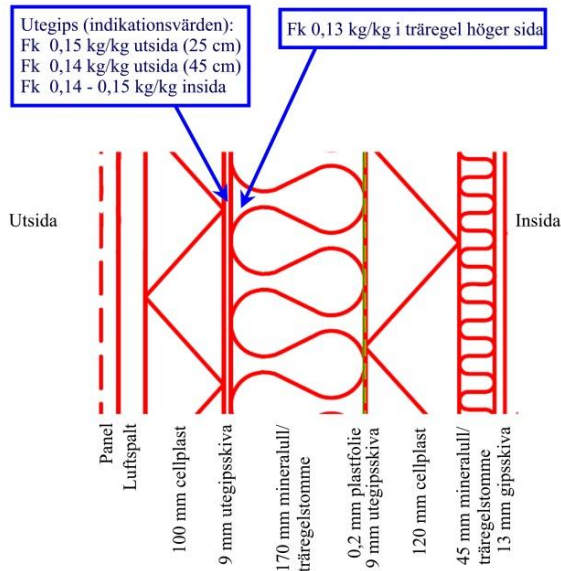




20110331  
Norrfasad mätpunkt 2, mellan fönster och ytterväggshörn,  
regelfack närmast fönster, ca 1,45 m över marknivå



20110331  
Norrfasad mätpunkt 3, mellan fönster och ytterväggshörn,  
25 - 45 cm in från ytterhörn cellplast, ca 1,45 m över marknivå



## Bilaga 4 Ljudmätning av ventilation i byggnad med FTX

### Allmänt

Den 2011-03-09 utfördes ljudmätningar i ett passivhus i Lindås. Syfte med mätningarna var att kontrollera installationsbullret från ventilationssystemet. Huset var försett med ett värmeåtervinningsaggregat av typ TermoVex 250 RWC.

Mätningar och kommentarer har utförts av Geir Andresen vid Energiteknik-Akustik, SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut.

### Resultat

A-vägd och C-vägd ekvivalent ljudtrycksnivå uppmättes i kök, sovrum och i barnrum. Mätningar utfördes med olika fläkthastigheter på aggregatet och resultaten summeras i Tabell 4 nedan.

Tabell 4 Summering av mätresultat

Mätposition	Fläktläge		L <sub>pA</sub>	L <sub>pC</sub>	Toner	Riktvärden	Krav uppfyllt
	Tilluft	Frånluft	dBA	dBC		dBA/dBC	
Kök	2	3	36	49		35/	Nej
Sovrum	2	3	29	41	Ja	30/50	Nej
	2	0	27	38	Ja	30/50	Nej
	0	3	21	37		30/50	Ja
	1	2	20	36		30/50	Ja
Barnrum	2	3	20	39		30/50	Ja
	1	2	22	41		30/50	Ja

Ljudnivåerna i sovrummet uppfyller riktvärden vid läge 1 på tilluftsfläkten. Vid fläktläge 2 uppfylls inte kraven på grund av en ton i tredjedelsoktaven 315 Hz som var störande. Även vid fläktläge 1 kan ljudnivån upplevas av många som störande i ett sovrum. Ljudnivåerna i köket uppfyllde inte riktvärden med fläktlägen 2 och 3 på tillufts- och frånluftsfläktarna. Ljudnivåerna i tredjedelsoktaverna 160 Hz och 200 Hz översteg också riktvärden enligt socialstyrelsens allmänna råd för lågfrekvent buller i rum för daglig samvaro.

Barnrummet uppfyller kraven och upplevdes mycket tystare med båda fläktlägen på tilluftsfläkten.

Uppmätta bakgrundsljudnivåer var < 21 dBA/36 dBC i kök och < 20 dBA/34 dBC i sovrum.

I Diagram 10 nedan redovisas uppmätta ljudtrycksnivåer i tredjedelsoktavbanden 31,5 Hz till 4000 Hz. Utöver mätresultaten är riktvärden enligt socialstyrelsens allmänna råd för lågfrekvent buller inomhus i rum för daglig samvaro och sömn redovisad för jämförelse.

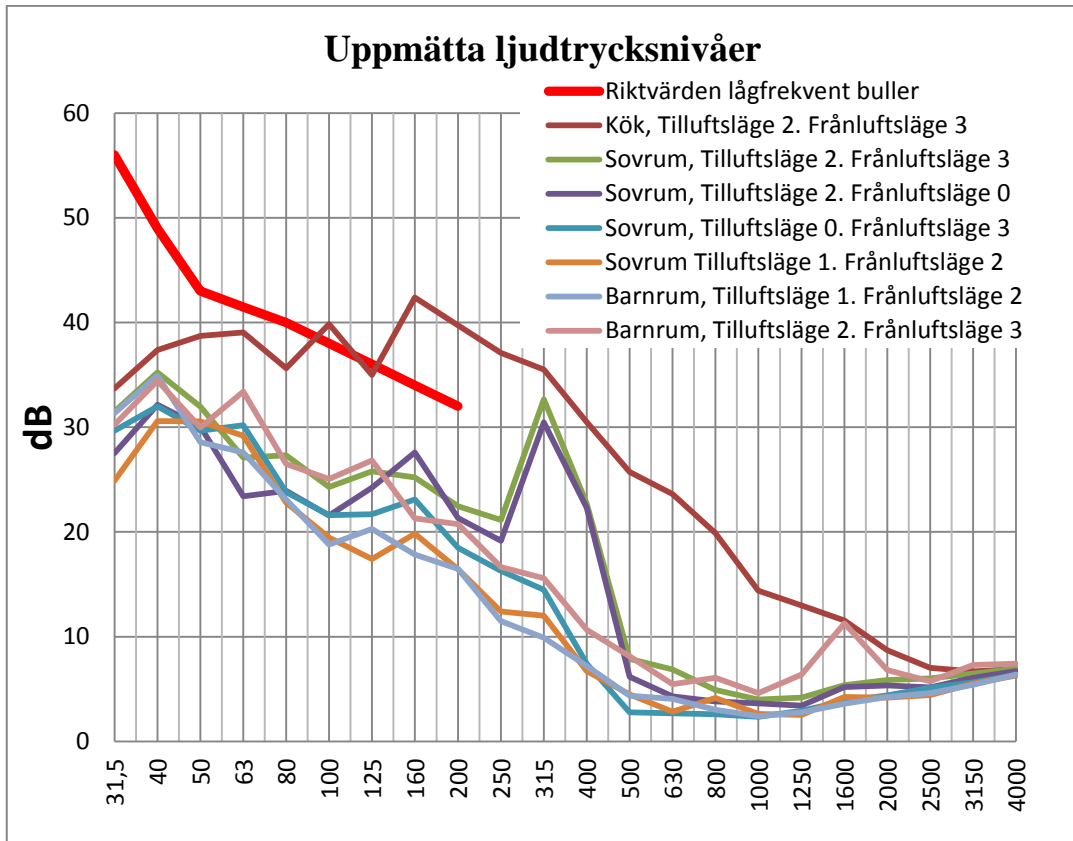


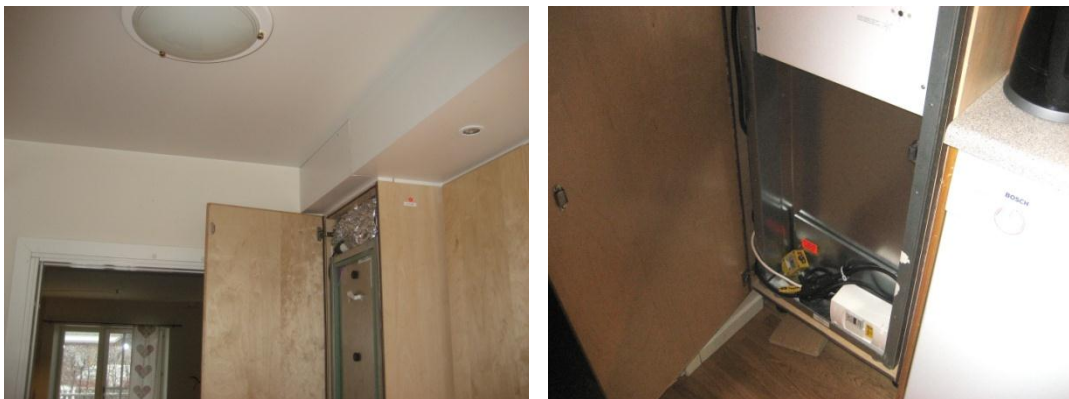
Diagram 10 Summering av mätresultat i tredjedelsoktavbanden 31,5 Hz till 4000 Hz.

## Kommentarer

### Kök

Värmeåtervinningsaggregatet var placerat i ett skåp i köket enligt Figur 43. På grund av lite utrymme i skåpet var dörren svår att stänga vilket medförde ljudläckage.

Ur ett bullerperspektiv rekommenderas att värmeåtervinningsaggregaten placeras i ett utrymme som inte används till daglig samvaro för att minska ljudproblemen. Ett alternativ kan vara att använda ett större utrymme med möjligheter för ljudisoleringsåtgärder.



Figur 43 Värmeåtervinningsaggregatet monterat i köket.

### Sovrum

Utloppet för tilluftskanalen var placerad på golvet i sovrummen. Mätningar utfördes med och utan huv utan någon signifikant skillnad på resultaten. Enbart mätresultaten utan huv är redovisad i rapporten då detta var normalfallet enligt fastighetsägaren.

För att förbättra ljudproblemen kan en dimensionerad ljudfälla monteras i anslutning till utloppet på kanalen. En kanalmonterad ljuddämpare medför sannolikt ett större ingrepp i bjälklaget.



Figur 44 Tilluftskanalen i sovrummet med och utan don.

### Bedömning

Bedömningen är utförd mot bakgrund av:

- SS 02 52 67, utgåva 2, ljudklass C. Slutsatserna är desamma också enligt nyare byggregler.

### Mätmetod

Mätningarna utfördes enligt svensk standard SS 02 52 63. Mätningarna gjordes 1,2 till 1,5 m ovan golv.

### Mätosäkerhet

I svensk standard SS 02 52 63 anges mätosäkerheten för A-vägd ljudtrycksnivå till  $\leq 3$  dB och för C-vägd ljudtrycksnivå till  $\leq 5$  dB.

### Utrustning

<i>Instrument:</i>	<i>Fabrikat:</i>	<i>Typ:</i>	<i>SP / Serienummer:</i>
Ljudnivåmätare	Norsonic	NOR 140	1402715
Kalibrator	Bruel och Kjaer	4230	502289

## Bilaga 5 Mätning av temperatur och relativ ånghalt

Diagramförklaring:

- T2 Övre plan Temp [°C]
- Badrum Temp [°C]
- T2 Övre plan rh [% r.h.]
- Badrum rh [% r.h.]
- T1 bottenplan Temp [°C]
- LoftTemp [°C]
- T1 bottenplan rh [% r.h.]
- Loft rh [% r.h.]

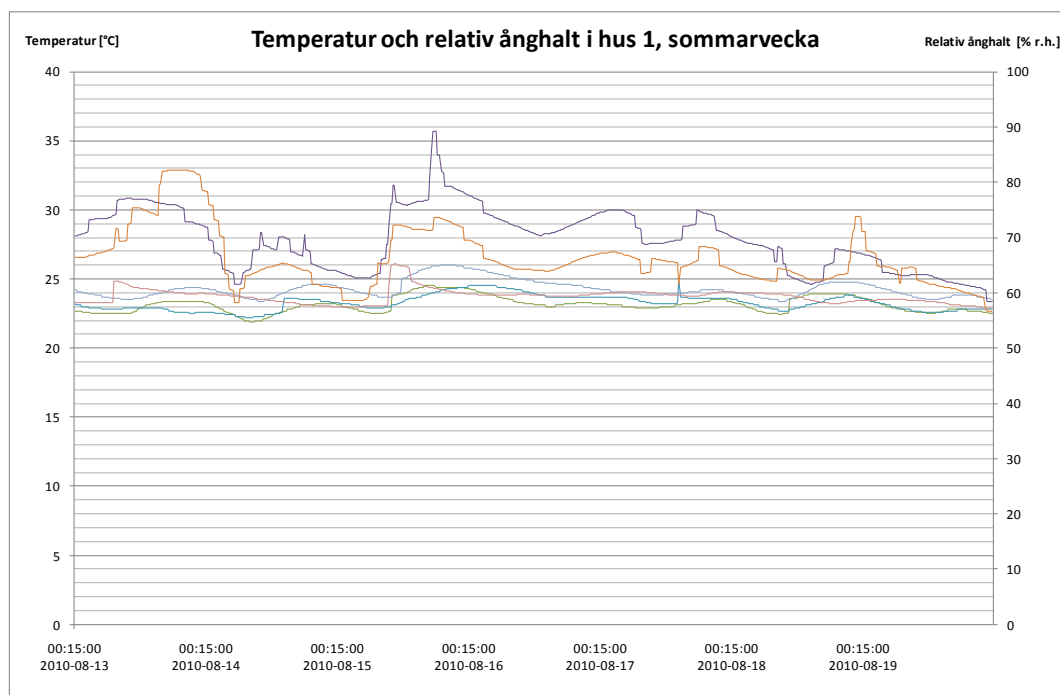


Diagram 11 Temperatur och relativ ånghalt under en sommarvecka i hus 1.

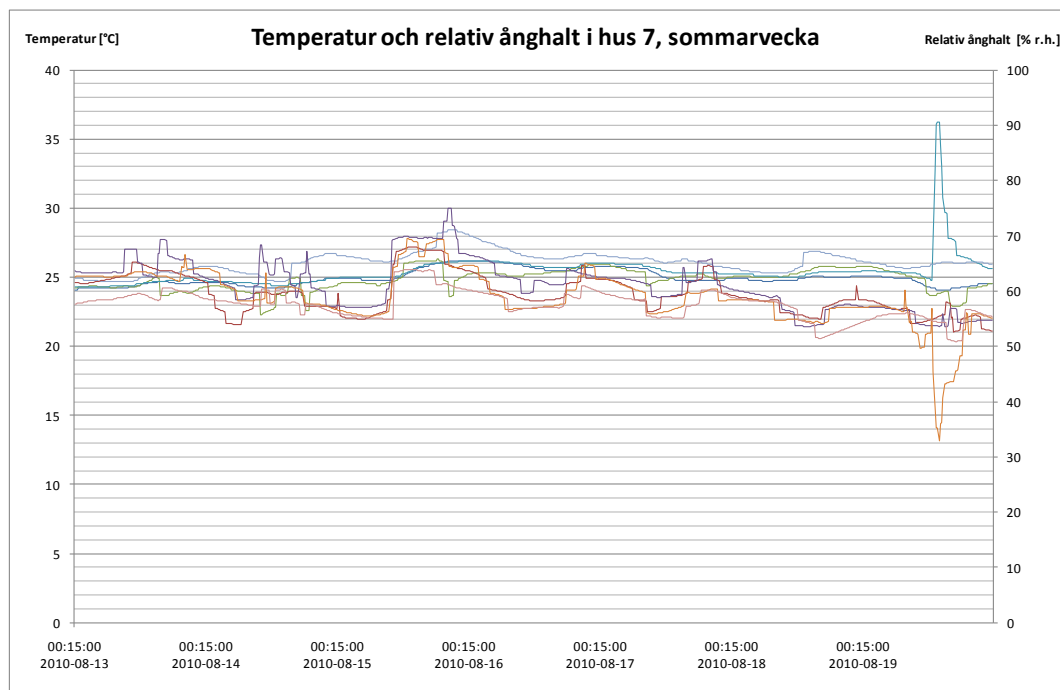


Diagram 12 Temperatur och relativ ånghalt under en sommarvecka i hus 7.

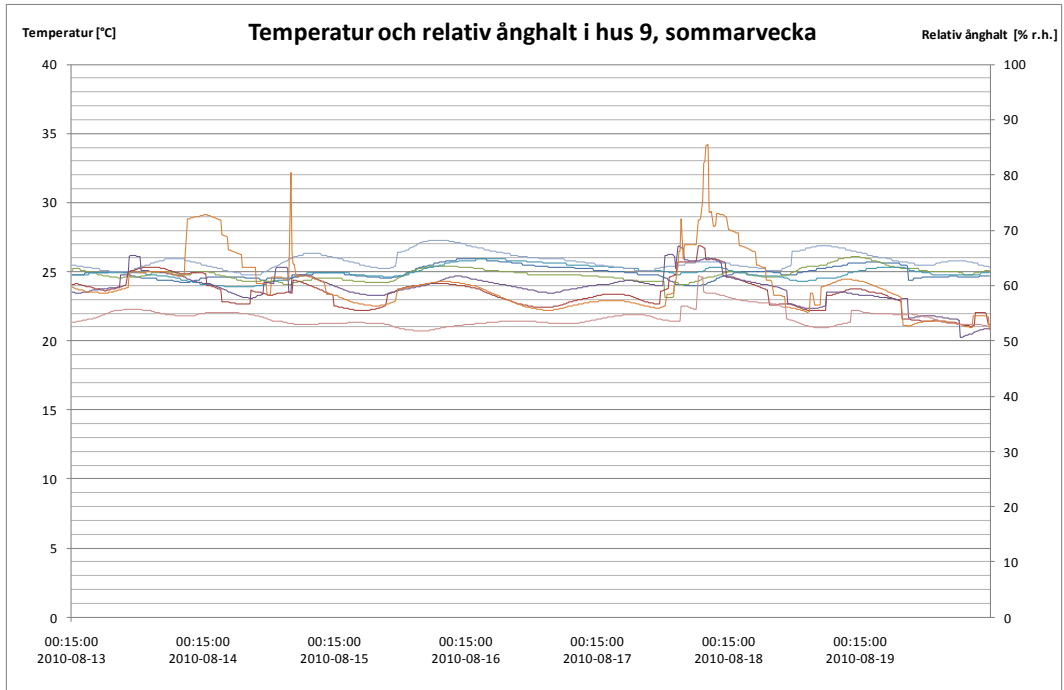


Diagram 13 Temperatur och relativ ånghalt under en sommarvecka i hus 9.

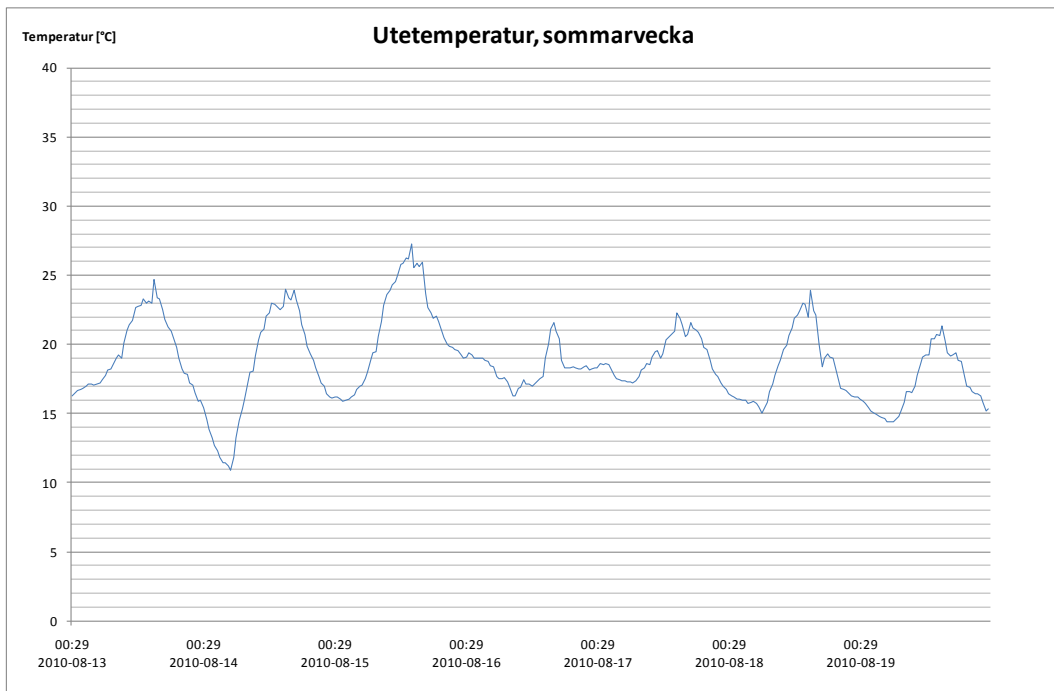


Diagram 14 Utetemperatur under en sommarvecka.

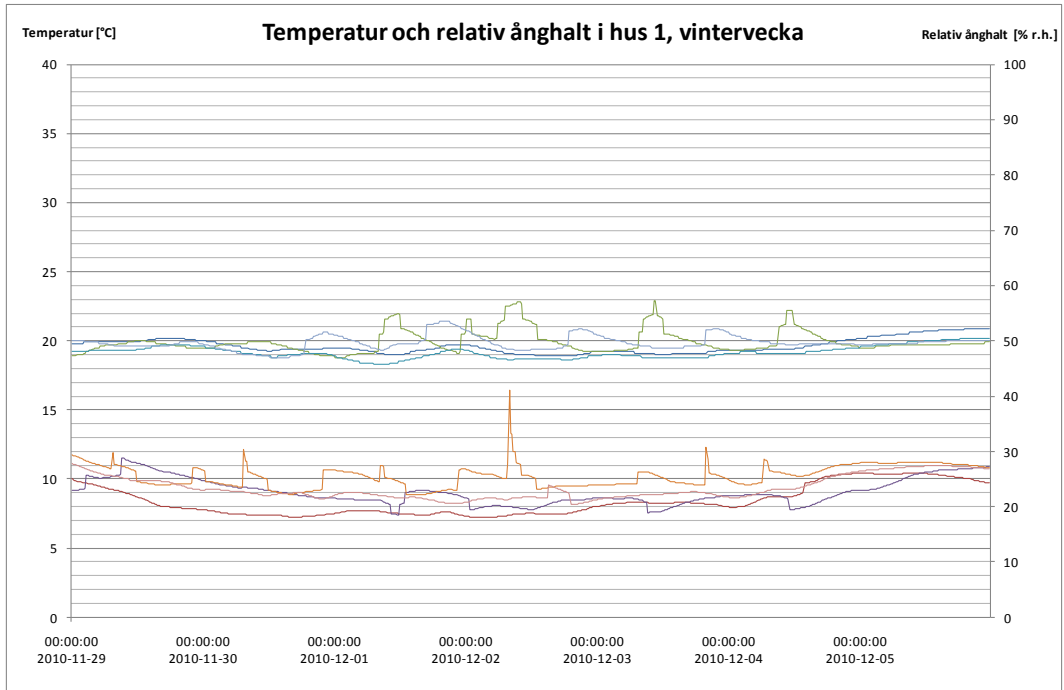


Diagram 15 Temperatur och relativ ånghalt under en vintervecka i hus 1.

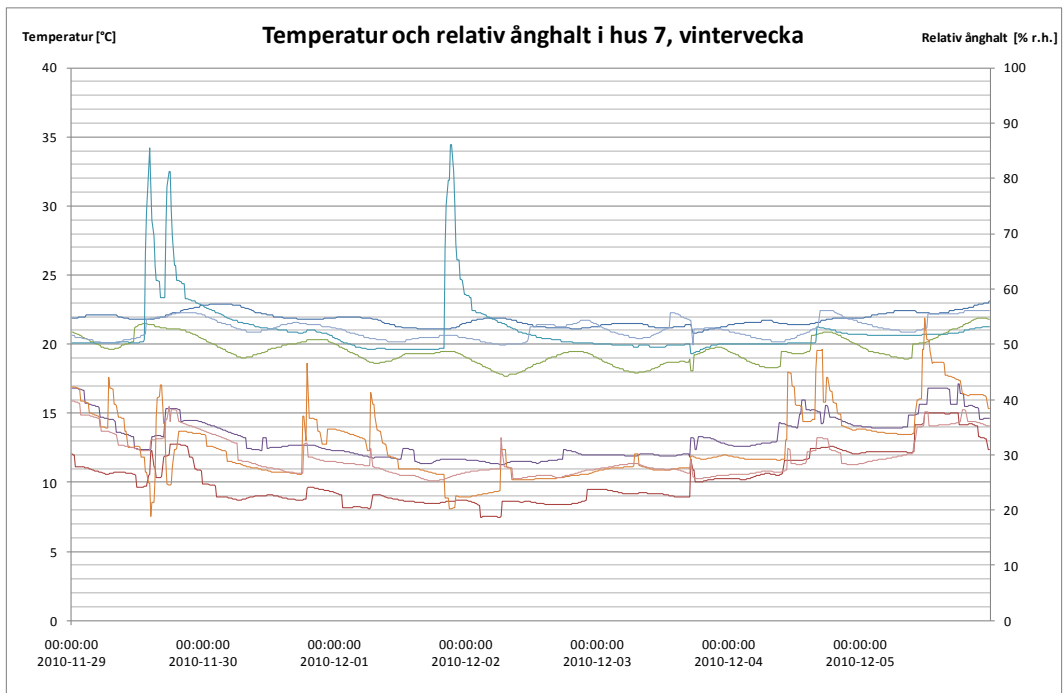


Diagram 16 Temperatur och relativ ånghalt under en vintervecka i hus 7.

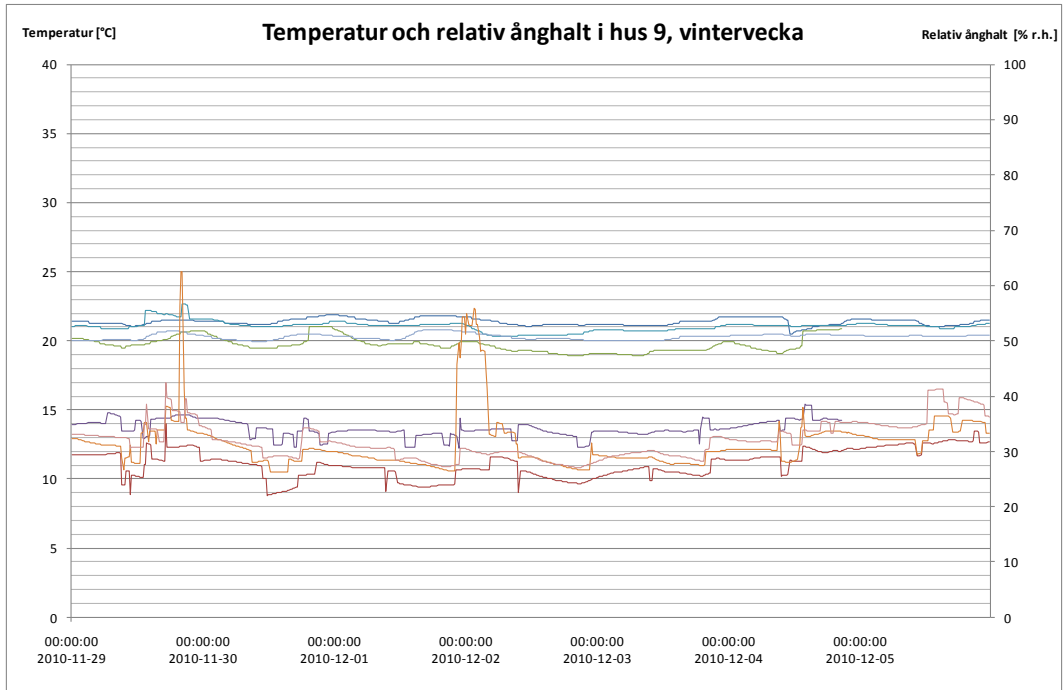


Diagram 17 Temperatur och relativ ånghalt under en vintervecka i hus 9.

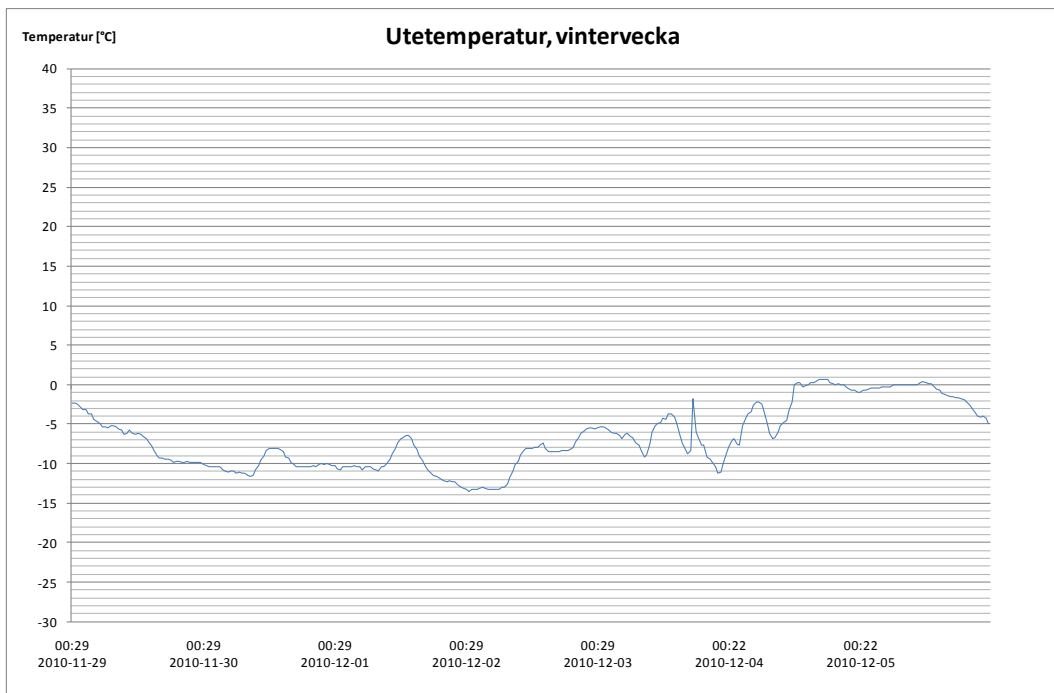
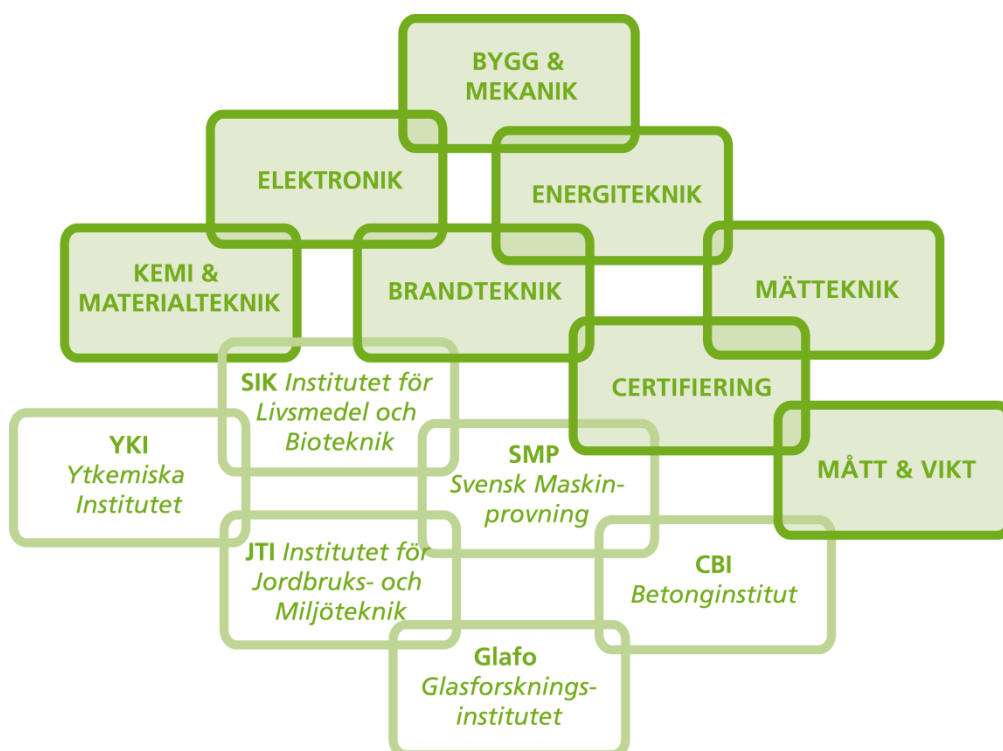


Diagram 18 Utetemperatur under en vintervecka.



### SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

Vi arbetar med innovation och värdeskapande teknikutveckling. Genom att vi har Sveriges bredaste och mest kvalificerade resurser för teknisk utvärdering, mätteknik, forskning och utveckling har vi stor betydelse för näringslivets konkurrenskraft och hållbara utveckling. Vår forskning sker i nära samarbete med universitet och högskolor och bland våra cirka 9000 kunder finns allt från nytänkande småföretag till internationella koncerner.



### SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

Box 857, 501 15 BORÅS

Telefon: 010-516 50 00, Telefax: 033-13 55 02

E-post: [info@sp.se](mailto:info@sp.se), Internet: [www.sp.se](http://www.sp.se)

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

Mer information om SP:s publikationer: [www.sp.se/publ](http://www.sp.se/publ)

Energiteknik

SP Rapport 2011:26

ISBN

ISSN 0284-5172