



Erfarenhetsåterföring från Hamnhuset - Uppföljande mätningar av energianvändningen och termisk komfort i ett lågenergihus

Pernilla Gervind, Svein Ruud, Ulrik Petterson, Johan Björkman

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut



© Pernilla Gervind



Energiteknik



Erfarenhetsåterföring från Hamnhuset - Uppföljande mätningar av energianvändningen och termisk komfort i ett lågenergihus

Pernilla Gervind, Svein Ruud, Ulrik Petterson, Johan Björkman

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

Erfarenhetsåterföring från Hamnhuset - Uppföljande mätningar av energianvändningen och termisk komfort i ett lågenergihus

Pernilla Gervind, Svein Ruud, Ulrik Petterson, Johan Björkman

Abstract

The number of construction projects that have lower energy consumption than what is specified in the currently existing Swedish building regulations will increase. Many of the previous projects have been townhouses or small apartment buildings. Hamnhuset in Gothenburg is the largest house in Sweden constructed with so-called passive technology, and has, as a demo project, attracted much attention both nationally and internationally. The need for knowledge and experience feedback from today's built low-energy and passive houses is large, since the demand for low-energy houses is increasing. In this context, Hamnhuset is very interesting due to its size.

This project aims to contribute to a better understanding of large low-energy houses and to contribute with advices for future projects. The target groups are the construction and installation contractors, as well as building owners and managers. Within the project, measurements have been carried out for the entire building, but also in individual apartments. As a complement, a survey was sent out to get the experience feedback from tenants about how they use the technical installations, and how well the installations perform. The survey has also focused on how tenants experience their indoor climate.

The results of the measurements show that the indoor climate in Hamnhuset is good. In most apartments the indoor temperature is above 20°C even when the outdoor temperature is below -10°C. The apartment that has had the lowest measured temperature (18, 2°C) is situated on the top floor with outer walls to the north.

The measurements also show that the placement of the electrical heater (which the tenants can use to add extra heat) is not optimal. The heaters are situated in the basement and lose much of the energy to the surrounding materials on the way to the apartment.

The results of the survey show that the majority of the tenants are satisfied with their indoor climate. Some think it is too cold in the winter, but there are also those who think it is too warm all year round.

Key words:

Hamnhuset, flerfamiljshus, lågenergihus, passivhus, luftburen värme, termiska solfångare, termisk komfort, energianvändning, low-energy house, passive house.

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

SP Technical Research Institute of Sweden

SP Rapport : 2011:79

ISBN 978-91-87017-11-7

ISSN 0284-5172

Borås

Innehållsförteckning

Abstract	4
Innehållsförteckning	5
Förord 7	
Sammanfattning	8
Nomenklatur	9
1 Inledning	10
1.1 Syfte och mål	10
2 Avgränsningar	10
3 Bakgrund	11
3.1 Energikrav	11
3.2 Innemiljö	12
4 Beskrivning av Hamnhuset	14
4.1 Klimatskal	14
4.2 Installationer	15
5 Metodik och genomförande	16
5.1 Mätningar i lägenheter	16
5.2 Lägenhet med simulerat boende	18
5.2.1 Mätningar i lägenhet med omställbar ventilation	19
5.3 Mätningar av utomhusklimat	21
5.4 Mätningar av centrala system	21
5.5 Enkätundersökning	22
6 Resultat	22
6.1 Mätningar i lägenheter	22
6.2 Lägenheten med simulerat boende	30
6.3 Lägenhet med omställbar ventilation	34
6.4 Utomhusklimat	37
6.5 Centrala system	37
6.5.1 Uppmätta energimängder	37
6.5.2 Solvärmens bidrag och effektivitet	38
6.5.3 Analys av solvärmekretsens reglering och ackumulatortankarnas funktion	39
6.6 Enkätundersökning	43
7 Diskussion	47
7.1 Mätningar lägenheter	47
7.2 Mätningar i lägenhet med simulerat boende	48

7.3	Lägenhet med omställbar ventilation	48
7.4	Centrala system	49
7.4.1	Solvärmens och ackumulatortankarnas effektivitet	49
7.5	Enkätundersökning	50
8	Slutsatser	51
9	Framtida projekt	51
10	Litteraturförteckning	52
	Bilaga 1- ritning över Hamnhuset	53
	Bilaga 2 – resultat från mätningar i lägenheter	54
	Bilaga 3 - Uppmätta energimängder centrala systemet	73

Förord

Detta är ett projekt som gjorts av SP i samarbete med Älvstranden Utveckling AB och NCC. Projektet är finansierat av Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond samt av EU, Västra Götalandsregionen och Interreg IVB Nordsjöprogrammet genom deltagande i Build with CaRe.

Referensgruppen har utgjorts av:

Staffan Bolminger, Älvstranden Utveckling AB

Martin Sandberg, NCC

Per Andersson, Peab

Christian Johansson, Bengt Dahlgren AB

Henrik Quicklund, Wikström VVS-Kontroll AB

Framförallt ett stort tack till de hyresgäster som ställt sina lägenheter och sin tid till vårt förfogande!!

Sammanfattning

Projektets mål är att bidra med en ökad kunskap om stora lågenergihus i en större krets samt bidra med goda råd inför kommande projekt. Målgruppen är bygg- och installationsentreprenörer, samt byggherrar och förvaltare. I projektet genomförs mätningar för hela byggnaden men också i enskilda lägenheter.

Resultaten från mätningar visar att inneklimatet i Hamnhuset är bra. Lägenheterna har en inomhustemperatur över 20°C även under årets kallaste dagar. Lägenheterna överst i huset tenderar att vara mer utsatta och i en av lägenheterna där hyresgästen valt att inte använda extra värmen så har temperaturen gått under 20°C vissa dagar under vintern.

Mätningarna visar även att placeringen av värmebatterierna som hyresgästerna kan styra individuellt inte är optimal. Tilluften tappar mycket i energi på vägen från värmarna som är placerade i källaren på vägen genom huset.

Som komplement till mätningarna har en enkät skickats ut för att få erfarenhetsåterföring från hyresgästerna om hur de använder de tekniska installationerna och upplever att de fungerar. Enkäten har även fokuserat även på hur hyresgästerna upplever sitt inneklimat.

Resultaten från enkätundersökningen visar att majoritet av hyresgästerna är nöjda med sitt inneklimat. Några tycker att det är för kallt under vintern men det finns även de som tycker att det är för varmt året runt. Under sommarmånaderna har många hyresgäster problem med övertemperaturer. Därför är det problematiskt att vissa hyresgäster drar sig för att vädra under nattetid eftersom de känner sig otrygga eller störs av buller utifrån.

Hamnhuset har använt mer energi till uppvärmning än vad som projekterats. Förutom att det varit ett ovanligt kallt år så är troligen är anledningen till detta att huset inte har sektionerats ordentligt och att ventilationssystemet inte har fungerat riktigt optimalt.

Solvärmeanläggningen levererar bra med energi i förhållande till solfångarnas totala yta. Dock finns en risk för korrosion i ackumulatortankarna eftersom temperaturen i dessa är lägre än vad som är normalt.

Nomenklatur

FTX	Mekanisk från- och tilluftsventilation med värmeåtervinning
Ventilationsvärmeåtervinning	Syftar på FTX-ventilation
Operativ temperatur	Den temperatur som en människa upplever och som är ett medelvärde av lufttemperaturen och medelstrålningstemperaturen från omgivande ytor.
Passivhus	Hus med mycket lågenergianvändning. Klimatzon söder har effektkrav $P_{\max} = 10 \text{ W/m}^2$ och energikrav $\geq 45 \text{ kWh/m}^2, \text{år}$. Energikravet är tillsvidare en rekommendation (Energimyndighetens program för passivhus och lågenergihus 2007)
Atemp	Den area i en byggnad som värms till 10°C . Arean räknas från klimatskalets insida. Till arean räknas innerväggar, öppningar för trappa, schakt och dylikt. Garage ingår inte.
Klimatzon III (enligt boverket)	Västra Götalands, Jönköpings, Kronobergs, Kalmar, Östergötlands, Södermanlands, Örebro, Västmanlands, Stockholms, Uppsala, Skåne, Hallands, Blekinge och Gotlands län
Klimatzon II	Västernorrlands, Gävleborgs, Dalarnas och Värmlands län
Klimatzon I	Norrbottens, Västerbottens och Jämtlands län.
Hushållsel	Den el eller energi som används för hushållsändamål. Exempel på detta är elanvändningen för diskmaskin, spis, datorer, TV, belysning etc.
Innetemperatur	Den temperatur som avses hållas inomhus när byggnaden brukas
Rumstemperatur	Avser innetemperatur
Byggnadens specifika energianvändning	Byggnadens energianvändning fördelat på Atemp uttryckt i $\text{kWh/m}^2, \text{år}$. Hushållsenergin räknas inte.
Byggnadens energianvändning	Den energi som, vid normalt brukande, under ett normalår behöver levereras till en byggnad (ofta benämnd köpt energi) för uppvärmning, komfortkyla, tappvarmvatten och byggnadens fastighetsenergi. Om golvvärme, handdukstork eller annan apparat för uppvärmning installeras, inräknas även dess energianvändning.

1 Inledning

För att utvärdera Hamnhuset har mätningar av energianvändning och inneklimat under ett år gjorts gjorts. Mängden energi som används till tappvarmvatten och uppvärmning har gjorts för hela huset. På lägenhetsnivå har hushållsel och tillsatsvärme samt inomhustemperatur mätts för vissa utvalda lägenheter. Solfångarna har utvärderats för att se vilket energitillskott de ger, samt för att se hur de fungerar.

1.1 Syfte och mål

Projektets mål är att bidra med en ökad kunskap om större passivhus i en större krets samt bidra med goda råd inför kommande projekt. Målgruppen är bygg- och installationsentreprenörer, samt byggherrar och förvaltare.

Syftet med projektet är att återföra kunskap och erfarenheter från Hamnhuset när det gäller:

- Energianvändning
- Termisk komfort
- Erfarenhetsåterföring från brukarna om hur de använder de tekniska installationerna och upplever att de fungerar

Ytterligare förväntas projektet förväntas leda till:

- Resultat som kan ge rekommendationer om hur installationer i framtida flerfamiljshus skall utformas för att säkerhetsställa ett gott inneklimat samt en låg energianvändning
- Ökad kunskap om större passivhus i en större krets samt bidra med goda råd inför kommande projekt

Rekommendationer för framtida projekt kommer att presenteras i en separat rapport: *Guidelines – riktlinjer baserade på erfarenheter från uppförande och utvärdering av Hamnhuset.* (Gervind och Ruud 2011).

2 Avgränsningar

I projektet ingår inte att studera byggnadsfysiska parametrar i konstruktioner då dessa redan följs upp av förvaltaren. Det finns dock en redovisning av byggnaden och dess konstruktioner samt installationstekniska system i kapitel 4.2 Klimatskal.

3 Bakgrund

Den termiska komforten och energianvändningen i Hamnhuset har utvärderats utvärderas med bakgrund av de rekommendationer som ges av Boverket och Socialstyrelsen. Den uppmätta energianvändningen har utvärderats och jämförts med de projekterade värdena.

3.1 Energikrav

I Boverkets byggregler definieras en byggnads energianvändning som:

”Den energi som, vid normalt brukande, under ett normalår behöver levereras till en byggnad (oftast benämnd köpt energi) för uppvärmning, komfortkyla, tappvarmvatten och byggnadens fastighetsenergi. Om golvvärme, handdukstork eller annan apparat för uppvärmning installeras, inräknas även dess energianvändning” (Boverket 2011).

I byggreglerna ställs krav på hur stor nya byggnaders specifika energianvändning ska vara i de olika klimatzonerna. Reglerna gäller alla nybyggda hus. I Tabell 1 presenteras Boverkets krav för Sveriges tre klimatzoner. Göteborg tillhör klimatzon III.

Tabell 1. Krav på bostäder som har annan uppvärmningsätt än elvärme. (Boverket 2011).

Klimatzon	I	II	III
Byggnadens specifika energianvändning (kWh/m ² , år)	150	130	110
Genomsnittlig värmegenomgångskoefficient	0,50	0,50	0,50

Hamnhuset är byggt för att använda betydligt mindre energi än vad som krävs i Boverkets byggregler. Vid projektering beräknades en energianvändning på 60 kWh/m²,år vilket ska jämföras med Boverkets krav på 110 kWh/m²,år.

Tabell 2. Projekterad energianvändning i Hamnhuset, inklusive uppvärmning, varmvatten, drift av installationer och övrig fastighetsel. Hushållsel är inte medräknat. (Älvstandens Utveckling AB 2010)

Total	Andel värme	Andel varmvatten	Andel el
(kWh/m ² , år)	(kWh/m ² , år)	(kWh/m ² , år)	(kWh/m ² , år)
60	12	13	35

3.2 Innemiljö

I begreppet innemiljö kan en mängd parametrar inkluderas (Fahlén 2011). Exempel på dessa är:

- **Termisk kvalitet** (hälsa, komfort)
- **Luftkvalitet** (hälsa, komfort)
- **Ljudklimat** (kvantitet, kvalitet; hälsa, komfort)
- **Ljus** (kvantitet, kvalitet; styrka, bländning)
- **Estetik** (psykologiska effekter)
- **Kontrollerbarhet** (tillgänglighet fysisk, effekt både fysisk och psykologisk)
- **Utrymme** (trångt eller mysigt, rymligt eller öde?)

I utvärderingen av Hamnhuset fokuseras nästan enbart på den termiska kvalitén. Boverket kräver att ”Byggnader ska utformas så att tillfredsställande termiskt klimat kan erhållas”. (Boverket 2011)

Det allmänna rådet som Boverket ger gällande termiskt klimat är:

*”Med tillfredsställande termiskt klimat avses
– när termisk komfort i vistelsezonen uppnås,
– när ett för byggnaden lämpligt klimat kan upprätthållas i övriga utrymmen i byggnaden med beaktande av avsedd användning.
Termiskt klimat har också inverkan på byggnadens beständighet.
Regler om termisk komfort ges även ut av Arbetsmiljöverket och Socialstyrelsen”.*

Enligt Socialstyrelsen bör lufttemperaturerna vara minst 20°C och max 24°C (26°C på sommaren) (Socialstyrelsen, 2005).

Att bestämma den termiska komforten med enbart den uppmätta lufttemperaturen är svårt eftersom den termiska komforten beror på många andra parametrar. De parametrar som Socialstyrelsen tittar på är för att ange värden för bedömning av olägenhet för människors hälsa är:

Tabell 3. Parametrar som enligt Socialstyrelsen bör utvärderas vid en utförlig mätning. I tabellen redovisas även riktvärden och rekommenderade värden. (Socialstyrelsen 2005)

Parameter	Riktvärden	Rekommenderade värden
1. Operativ temperatur	Under 18 °C	20–23 °C
2. Operativ temperatur, varaktigt	Över 24 °C	
3. Operativ temperatur, kortvarigt	Över 26 °C	
4. Skillnad i operativ temperatur mätt vertikalt 0,1 och 1,1 m över golv		Ej över 3 °C
5. Strålningstemperaturskillnad Fönster – motsatt vägg Tak – golv		Ej över 10 °C Ej över 5 °C
6. Luftens medelhastighet		Ej över 0,15 m/s
7. Ytemperatur, golv	Under 16 °C	20–26 °C

När det gäller upplevelsen av ett bra inneklimat så har varje människa en egen uppfattning. Det går inte att få hyresgäster som alla är helt nöjda eftersom vissa föredrar ett kallare inneklimat än andra.

Genom mätningar av temperaturer, lufthastigheter m.m. kan medelvärdet av hur en grupp personer kommer uppleva den termiska komforten. Bedömningen görs enligt en sjugradig skala även benämnd PMV (predicted mean vote) som presenteras i Tabell 7. Predicted Mean Vote (PMV) beräknas enligt EN ISO 7730 (SIS, Swedish Standard Institute, 2006).

Tabell 4. 7-gradig skala för upplevelsen av termisk komfort

	Upplevd termisk komfort
+3	Hot
+2	Warm
+1	Slightly warm
0	Neutral
-1	Slightly cool
-2	Cool
-3	Cold

Hur en person upplever är vid ett visst inneklimat beror även på kön, ålder, fysisk aktivitet och personens ämnesomsättning.

Men även noggranna mätningar kan aldrig helt förutsäga människors upplevelse av sitt inneklimat eftersom det är en så subjektiv upplevelse. Andra inommiljöparametrar kan påverka hur den termiska komforten upplevs.

Det är också viktigt att komma ihåg att alla har tidigare erfarenheter från hur den termiska komforten har varit. Detta gäller både nationellt och internationellt. I sydeuropeiska länder är man van vid att det blir varmt under sommarmånaderna medan svenskarna är vana vid ett mer konstant rumsklimat. På nationell nivå så är människor som bor i villa mer vana vid drag och kanske också mer tolerant mot att det drar från ett tilluftsdon jämfört med någon som alltid bott i en väl uppvärmd lägenhet.

4 Beskrivning av Hamnhuset

Hamnhuset stod färdigt 2008 och består av 2 huskroppar med 115 st. lägenheter spridda på 5 plan. Huskropparna är byggda ovanpå en gemensam källare med garage och förråd. Huset är beläget i Göteborg i området Sanngårdshamnen vid Göta Älv på Hisingens södra strand. Lägenheterna i huset är hyresrätter och storleken på lägenheterna varierar från 1,5 RoK till 4 RoK. Husets totala tempererade area är 11616 m² (Älvstanden Utveckling AB 2010)



Figur 1. Hamnhuset mars 2010. Bilderna visar hamnhuset från avstånd men även dess innegård.

4.1 Klimatskal

Hamnhuset är grundlagt på pålar och källarväggarna utförda i vattentät betong. Bjälklagen består av plattbärlag pågjutna med betong om totalt 240 mm. De bärande väggarna är av betong och stål (Älvstanden Utveckling AB 2010).

Mycket arbete har lagts ner för att minimera köldbryggorna i väggarna. De första beräkningarna som gjordes visade att den ursprungligen designen gav stora transmissionsförluster genom väggen. Men genom att dra in bjälklagskanter och väggar och isolera dessa ytterligare har köldbryggorna kunnat minimeras. Balkongerna är integrerade i stommen och för att bryta köldbryggan har balkongerna avskärmats med 10 cm isolering. Idag har väggen ett genomsnittligt U-värde på 0,14 W/m² · K (Älvstanden Utveckling AB 2010).



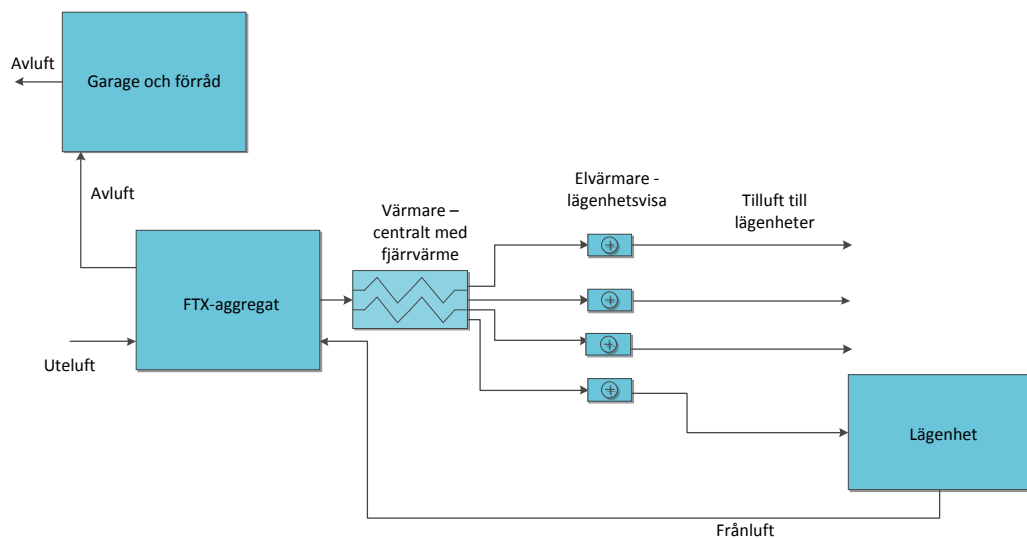
Figur 2. Skiss av Hamnhuset i genomskärning. Hamnhusets installationer är utritade i skissen, t.ex. syns solfångarna på taket och ackumulatortankarna i källarplan. I källaren syns även FTX-aggregat. (Älvstanden Utveckling AB 2010) med tillstånd.

I Hamnhuset har fönster med U-värde 1,1 W/m², K använts (viktat värde för hela fönstret). Vid tiden då Hamnhuset projekterades fanns produktion av fönster med lägre U-värden men dessa var så dyra att en investering inte var ekonomiskt försvarbar. De simuleringar som gjordes visade att de fönster som till slut valdes var ett fullgott alternativ (Bolminger 2011).

Yttertaket är byggt med prefabricerade takstolar påbyggda med råspont och takpapp. Vinden är ventilerad och isoleras mot lägenheterna med 500 mm lösullsisolering (Älvstandens Utveckling AB 2010).

4.2 Installationer

Hamnhuset är utrustat med 3 stycken FTX aggregat där tilluften vid behov värms till 21 °C med hjälp av fjärrvärme i tilluften. Lägenhetsinnehavarna kan sedan med en termostat placerad i hallen individuellt höja sin egen inomhustemperatur med hjälp av en elektrisk eftervärmare. Användningen av tillskottsvärmen mäts och debiteras individuellt för varje lägenhet. Tilluften tillförs via don placerade under fönstren, se Figur 3. Lägenheterna har ingen annan uppvärmning än den tempererade tilluften. Både FTX-aggregaten och värmebatterierna är placerade på källarplanet och tilluften går i kanaler via vindsutrymmen till lägenheterna.



Figur 3 Schematisk bild över ventilationssystemet. Tre centrala FTX-aggregat är placerade i källaren. Direkt efter varje aggregat finns ett värmebatteri där tilluften kan värmväxlas mot fjärrvärme. Tilluften delas därefter upp med en kanal för varje lägenhet. I varje sådan kanal finns en elvärmare installerad. Elvärmaren är monterad i källare och styr av varje hyresgäst från lägenheten. Frånluften förs från lägenhet tillbaka till FTX-aggregatet där den värmväxlas mot inkommande uteluft. Därefter leds luften som avluft via garage och förråd ut från huset.

En av lägenheterna är också utformad med möjlighet att ställa om tillförseln av tilluft från underkant från fönster till bakkantsinblåsning (Älvstandens Utveckling AB 2010). Vilket om det kan tillämpas generellt skulle innebära betydligt mindre kanaldragning och mindre kostnader för ventilationssystemet. I Figur 4 syns tilluftsdonen under ett fönster.



Figur 4. Tilluftsdonets placering under ett fönster. Tilluftsdonet är den skårade listan precis under fönsterbrädet.

Hamnhuset har en termisk solfångaranläggning för beredning av tappvarmvatten. När solvärmern inte räcker till bereds tappvarmvattnet med fjärrvärme.

5 Metodik och genomförande

Utvärderingen av Hamnhuset har framförallt gjorts genom mätningar av energianvändningen och temperaturer under ett år. Utvärderingar som gjorts är uppdelad i fem delmoment som presenteras i Tabell 5.

Tabell 5 Presentation av delmoment.

Nr	Delmoment	Kommentar
1	Mätningar i lägenheter	Utvärdering under ett år
2	Mätningar i en lägenhet med simulerat boende	Utvärdering under ett år
3	Mätning i lägenhet med omställbar ventilation	Mätning under ett par dagar
4	Mätning av utomhusklimat	Utvärdering under ett år
5	Mätning av centrala system	Utvärdering under ett år

Fältmätningarna har kompletterats med en enkätstudie som hyresgästerna har fått fylla i. Enkäterna ska ge erfarenhetsåterföring på hur hyresgästerna använder de tekniska installationerna samt hur de upplever sitt inneklimat.

5.1 Mätningar i lägenheter

Målet var att göra mätningar i lägenheter som tillsammans är representativa för Hamnhuset. I Bilaga 1 finns en ritning över Hamnhuset där de lägenheter som utvärderats har markerats.

I majoriteten av lägenheterna har rumstemperatur, användning av hushållsel samt användning av el till värmebatteri mätts. Rumstemperaturen har mätts i vardagsrum eller annan central plats i lägenheten. I några av lägenheterna har utökade mätningar av temperaturer i till och frånluft gjorts.



Figur 5. Placering av temperaturgivare i tilluftsdonen. Sensorn har placerats centralt i donet och därefter har skyddsplåten/fördelningsplåten satts på plats igen och temperaturloggern placerats utanpå gallret.

För mätningar i tillufts och frånluftstemperaturer placerades temperatursensorn centralt i respektive don, i figurerna ovan syns placeringen av temperaturgivare i donen.

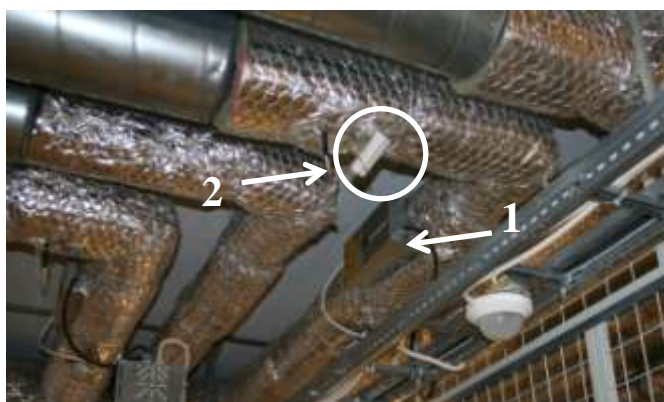


Figur 6. Placering av temperaturgivare i frånluftsdon. De externa sensorn har placerats centralt i luftkanalen och temperaturloggern har sedan placerats utanför frånluftsdonet.

Figur 7. Placering av globmätare för mätning av operativ temperatur i lägenheten med simulerat boende. I hörnet syns en termisk människoattrapp som avger värme.

I Figur 7 visas en globmätare som använts för att mäta operativ temperatur i lägenheten med simulerat boende.

Temperaturer har även mätts före och efter värmebatterierna i några lägenheter. I Figur 8 visas ett värmebatteri och placeringen av temperaturgivare efter detta.



1. Värmebatteri
2. Temperaturlogger.
Externt NTC-
motstånd har
monterats centralt i
kanalen

Figur 8. Placering av temperaturlogger efter värmebatteri.

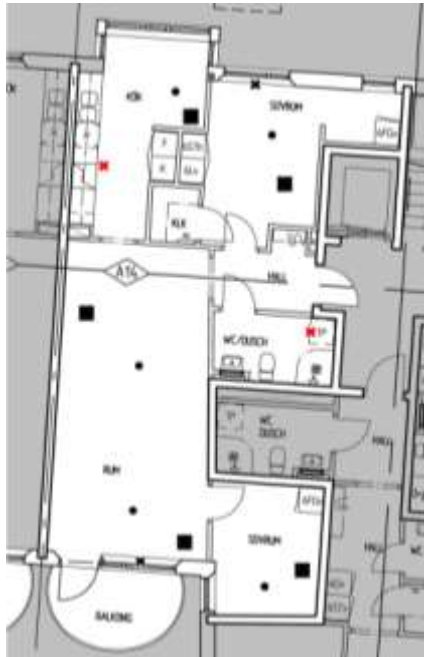
5.2 Lägenhet med simulerat boende

En av lägenheterna var under mätperioden obebodd och användes som visningslägenhet vid presentation av Hamnhuset. I denna lägenhet studerades den termiska komforten under kontrollerade förhållande med ett simulerat boende. Det simulerade boendet gjordes med hjälp av termiska människoattrapper och lampor som fördelats jämnt i huset på ett sådant sätt att en konstant internlast på 4 W/m^2 erhålls (bild på attrapperna finns i kapitel 5.1 Figur 7). Detta motsvarar cirka 1750 kWh/år i värme från hushållsapparater (inkl. kyl och frys), samt cirka 850 kWh/år i värme från ”människor”. Dessutom monterades en timerstyrd magnetventil på duscharmaturen i visningslägenhetens badrum. Magnetventilen simulerar duschning två gånger om dagen, på morgonen och kvällen, under vardera 10 minuter, motsvarande en varmvattenförbrukning på cirka 3000 kWh/år.

Utöver de mätningar som beskrivs i föregående kapitel har mätningar av operativ temperatur och relativ fuktighet gjorts. I Tabell 6 presenteras samtliga parametrar som mätts i lägenheten, i tabellen förklaras även var i lägenheten mätningarna gjorts. Placering av mätpunkterna kan även ses i Figur 9.

Tabell 6. Parametrar som mäts i lägenheten med simulerat boende.

Parameter	Var
Rumstemperatur	Vardagsrum
Tilluftstemperatur	Sovrum, vardagsrum
Frånluftstemperatur	Kök, badrum
Relativ luftfuktighet	Kök badrum
Operativ temperatur	Stort sovrum, litet sovrum, vardagsrum, kök, centralt i lägenhet
Total användning av hushållsel	-
Användning av el till värmebatteri	-



Operativ temperatur ●
 Termiska människoattrapper ■
 Tilluftstemperatur ★
 Frånluftstemperatur och
 relativluftfuktighet ★

Figur 9. Placering av mätutrustning och termiska människoattrapper i lägenhet med simulerat boende.

1. Rumstemperaturen mättes och loggades med mätare placerad på 1,1 m höjd på en innervägg i vardagsrummet som inte störs av solinstrålning eller kalldrag från entrédörr.
2. Temperaturen i tilluftsdonen mättes i lägenhetens stora sovrum samt i vardagsrummet
3. Temperaturen i frånluftsdonen mättes i kök och badrum
4. Den relativa luftfuktigheten mättes i kök och badrum
5. Operativ temperatur mättes på 5 positioner i huset med globtermometrar (vilka ger ett medelvärde av strålnings och lufttemperatur). 4 av globtemperaturerna mättes på 1,1 m höjd och 1 meter från fönster. Den sista globtemperaturerna mättes på 1,1 m höjd centralt i vardagsrummet.

5.2.1 Mätningar i lägenhet med omställbar ventilation

Syftet med dessa mätningar var att studera hur den termiska komforten varierar beroende på vilken ventilationsprincip som används. Lägenheten med omställbar ventilation har dels tilluftsdon under fönstren dels tallriksdon i tak. I Figur 10 visas tilluftsdonens placering.



Figur 10 Placering tilluftsdon i vardagsrummet i lägenheten med omställbar ventilation. Tallriksdonet i taket är inringat. Under fönstret finns likadana tilluftsdon som finns i övriga lägenheter

För att utvärdera den termiska komforten mättes följande parametrar:

- Lufttemperatur
- Vindhastighet
- Strålningstemperaturer
- Operativ temperatur
- Luftfuktighet

Hur den termiska komforten upplevs beror till stor del klädsel och aktivitet. Vid beräkning bestäms därför en teoretisk ämnesomsättning i W/m^2 samt hur mycket de kläder som bärs isolerar. Den teoretiska ämnesomsättningen och klädernas isolering bestäms enligt EN ISO 7730. Värden som använts i denna mätning kan ses i Tabell 7.

Tabell 7 Värden på de konstanter som valts på ämnesomsättning och klädesisolering i detta test.

Parameter	Förklaring	Värde
Ämnesomsättning	Seated relaxed	$58 W/m^2$
Klädernas isolering	Underkläder, byxor, tröja samt strumpor och skor	$0,7 m^2 \cdot K/W$

Utvärderingen av den termiska komforten i lägenheten med omställbar ventilation gjordes under december 2010. Mätningarna gjordes under två dagar och varje dag gjordes två mätningar. Mätplanen finns presenterad i Tabell 8. Förutsättningarna för mätningarna var bästa möjliga, kallt och stabilt väder och en svag vintersol som aldrig nådde att lysa direkt mot lägenheten.

Varje dag gjordes mätningar med båda ventilationsprinciperna I tabellen kallade fönsterdon och tallriksdon vilket avser de don som används vid de olika ventilationsprinciperna. Två mätningar gjordes då tilluften togs in genom fönsterdonen och två mätningar gjordes då tilluften togs in genom tallriksdonen i taket.

Tabell 8 Mätplan för mätningar av termisk komfort. Tabellen visar vilken ventilationstyp som var inställd vid varje mätilfälle.

Datum \ Tid	14 december 2010	15 december 2010
Ca 9-10	Fönsterdon	Tallriksdon
Ca 10-11.30	Tallriksdon	Fönsterdon

Ventilationen var sedan tidigare inställd på att ta in tilluft genom donen under fönstret. När den första mätningen var klar ändrades ventilationen. För att den nya ventilationen skulle få en chans att hinna ställa in sig var förlängdes den efterföljande mätningen. När lägenheten lämnades den första dagen var ventilationen inställd på att släppa in tilluft genom tallriksdon i taket. På morgonen den 15 december hade alltså ventilationen med tilluft från tallriksdon i taket fått ställa in sig under nästan ett dygn. Förutom förändringar i ventilationen var samtliga mätningar identiska. Under

mätningen fanns inga personer närvarande i lägenheten. I Figur 11 visas den mätutrustning som använts för mätningarna.



Figur 11 Bild på mätutrustningen som användes vid mätning av termisk komfort.

Efter varje mätning mättes även golvtemperatur och temperatur i ankelhöjd i ett par minuter. Utomhusklimatet registrerades under hela mätningen.

5.3 Mätningar av utomhusklimat

För mätningarna av utomhusklimatet används en väderstation som monterats på Hamnhusets tak.

5.4 Mätningar av centrala system

För mätning av det centrala systemet har fastighetens eget driftsdatasystem använts för mätning av använd fjärrvärme, solvärme till ackumulatortankarna samt uttagen värme från tankarna. Beräkningen av effekt och energi från solfångarna har utgått från att man använt en köldbärarblandning med 45 viktsprocent propylenglykol enligt uppgift från projektören och utifrån installerade flödes- och temperaturgivare. Tappvarmvattenanvändningen har beräknats som en differens mellan använd fjärrvärme plus solvärme från tankarna och den energin som använts för uppvärmning ($Q_{vv} = Q_{sol} + Q_{fjv} - Q_{ppv}$).

För att granska styrningen av solvärmerna och ackumulatortankarnas i- och urladdning har relationsritningen och det centrala systemet studerats tillsammans med beskrivningen av funktionsprincipen. Mätningarna från några dagar under perioden har även granskats mer i detalj för att få en uppfattning om huruvida systemet har fungerat som avsett och vad den valda reglerstrategin har gett för konsekvenser för utbytet från solfångarna och för ackumulatortankarnas kapacitet.

För att kunna övervaka så många parametrar som möjligt användes Hamnhusets eget driftsövervakningssystem som underlag för mätdata. I huvudsak har perioden 1:a juli 2010 till 30 juni 2011 använts för utvärdering av en sammanhängande 12-

månadesperiod. Mätningarna har sedan sammanställts i en tabell, se kapitel 7.5.1. I komplement till detta har solvärmestyrningen och värmeuttaget ur ackumulatortankarna för vissa dagar studerats i detalj. Diagram över detta visas i kapitel 7.5.3 tillsammans med några uppgifter om flöden, effekter och temperaturdifferenser.

Med hjälp av relationsritningen över systemet och funktionsbeskrivningen har den valda reglerstrategin gått igenom för att se om det fungerat som avsett och vad detta innebär för systemet. Då det saknas separat flödes- eller värmemätare för tappvarmvattenanvändningen så har denna beräknats som differens mellan använd fjärrvärme plus solvärme från tankarna och den energi som använts för uppvärmning. Detta innebär att den beräknade energin till tappvarmvatten blir en rest mellan större energimängder och således förknippad med en än större osäkerhet än de andra uppmätta energierna.

5.5 Enkätundersökning

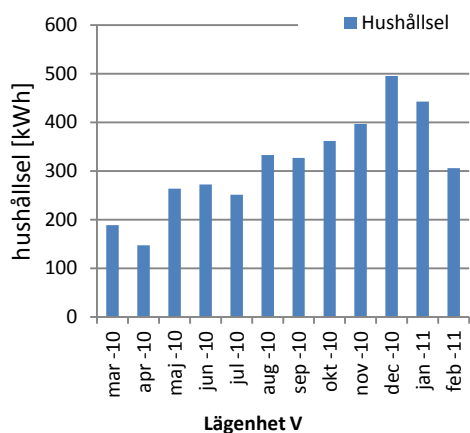
En enkätundersökning med frågor om hur lägenhetsinnehavarna i samtliga lägenheter upplever temperaturen och luftkvaliteten skickades ut i början på juni 2010. Enkäten är tänkt att komplettera mätningarna och få in de boendes åsikter.

6 Resultat

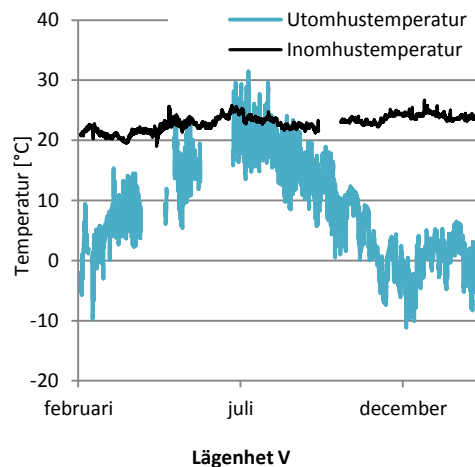
I kapitlet presenteras resultat för de olika delmomenten.

6.1 Mätningar i lägenheter

Nedan presenteras inomhustemperatur och elanvändningen i ett par av lägenheterna i diagramform. Eftersom det inte har varit möjligt att få tillgång till de olika lägenheterna vid samma tillfälle så varierar mätstart något mellan lägenheterna. Resultaten samtliga lägenheter presenteras i bilaga 2.



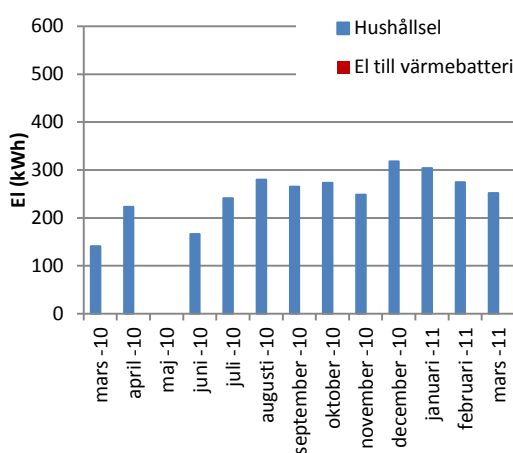
Figur 12 Användningen av hushållsel i lägenhet V under året 2010/2011. Under oktober saknas mätdata den energi som visas i diagrammet är en uppskattning. Övriga månader har



Figur 13 Figuren visar rumstemperaturen i lägenhet V.

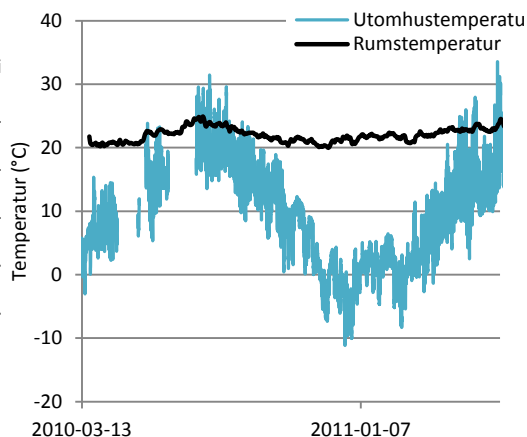
fullständiga data. Hyresgästerna i lägenheten har inte använt någon extra värme under året.

Hyresgästerna i lägenhet V har inte använt någon extra tillsatsvärme men har ändå haft en relativ hög rumstemperatur. Lägenheten är en gavellägenhet på ett av husets mellanplan. Under mätperioden flyttade nya hyresgäster in och lägenheten stod under en period tom vilket förklarar den lägre energianvändningen i april 2010. Båda familjerna som bott i lägenheten har haft småbarn.



Lägenhet B

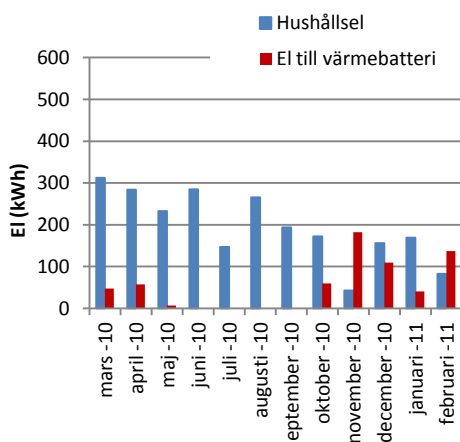
Figur 14. Användningen av hushållsel i lägenhet B under året 2010/2011. Under maj saknas mätdata. Övriga månader har fullständiga data. Hyresgästerna i lägenheten har inte använt någon extra värme under året.



Lägenhet B

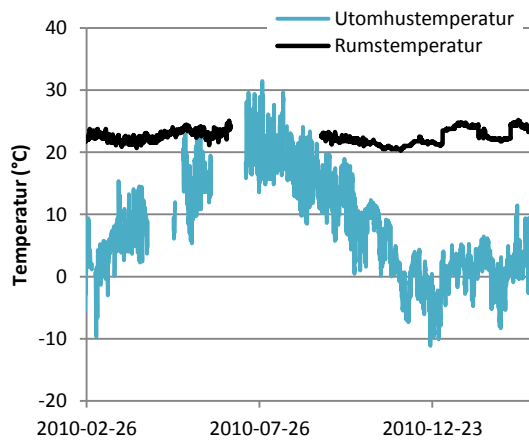
Figur 15. Figuren visar rumstemperaturen i lägenhet B.

Temperaturen i lägenhet B har varit under de kallaste perioderna legat på precis över 20°C vilket syns i Figur 15. Hyresgästerna har inte använt någon el till värmebatteriet under året. Lägenheten är en genomgångslägenhet på andra våningen.



Lägenhet U

Figur 16. Användningen av hushållsel i lägenhet U under året 2010/2011.



Lägenhet U

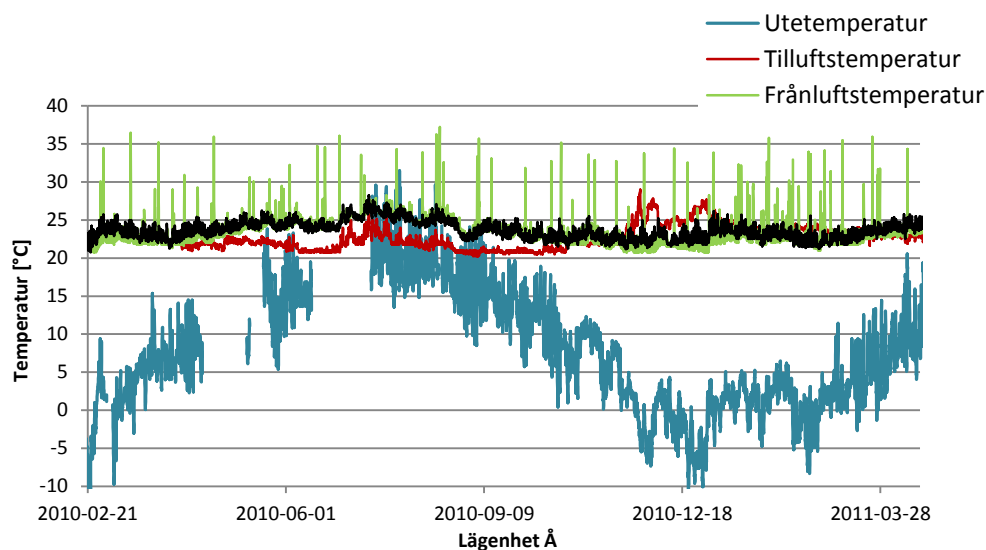
Figur 17. Figuren visar rumstemperaturen i lägenhet U.

Hyresgästen i lägenhet U har använt sitt värmebatteri under stora delar av vinterhalvåret vilket kan ses i Figur 16. Temperaturen i lägenheten har varit över

20°C under hela året. Den period då det varit som kallast i lägenheten har troligen hyresgästen varit bortrest eftersom användningen av hushållsel varit mycket låg.

Lägenheter med utökade mätningar

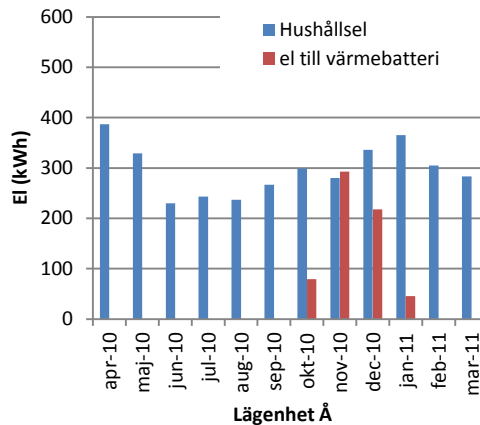
I några lägenheter har förutom el och rumstemperatur även till och frånluftstemperaturer mätts. Nedan presenteras några av lägenheterna, övriga resultat kan ses i bilaga 2. I Figur 18 presenteras till och frånluftstemperaturer i lägenhet Å tillsammans med utomhustemperaturer och rumstemperatur. Hyresgästen i den aktuella lägenheten har använt det elektriska värmebatteriet vilket syns som en ökning av tilluftstemperaturen under december 2010.



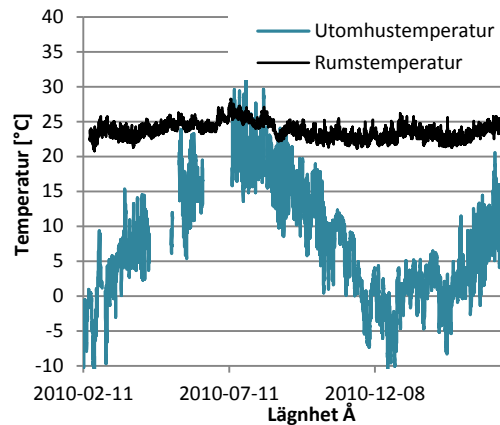
Figur 18. Rums-, tillufts-, frånlufts- samt utomhustemperaturer i lägenhet Å presenteras i figuren.

Frånluftstemperaturen i lägenhet Å har många toppar vilket beror på att temperaturen mätts i badrummets frånluftsdon. Hyresgästen har tvättmaskin och torktumlare installerat i badrummet och toppar beror troligen på användning av dessa. Bortsett från topparna så är rumstemperaturen lik frånluftstemperaturen vilket tyder på god luftomblandning.

Användningen av tvättmaskin och torktumlaren är troligen en av anledningarna till att hyresgästerna i lägenhet Å har en relativt hög elanvändning vilket syns i Figur 19.



Figur 19. Användningen av hushållsel i lägenhet Å under året 2010/2011.

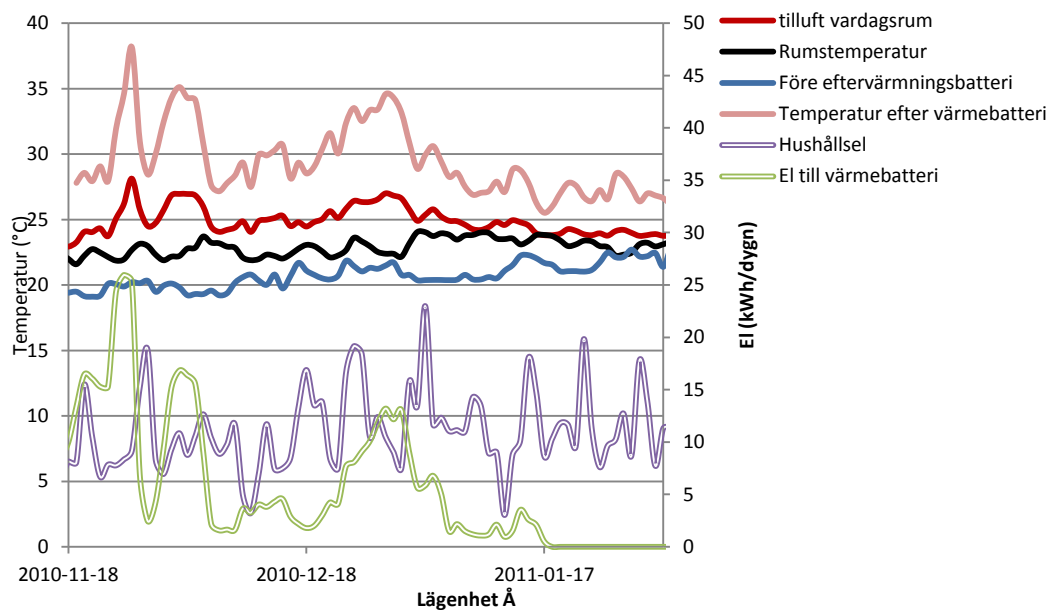


Figur 20. Figuren visar rumstemperaturen i lägenhet Å.

I Figur 21 presenteras hur temperaturen i tilluftskanalen ändras från det att tilluften lämnar FTX-aggregatet. Temperaturen före värmebatteriet är den temperatur luften har då den lämnar FTX-aggregatet och den gemensamma uppvärmningen med fjärrvärme. I figuren syns tydligt att luften tappar mycket energi på vägen från det extra värmebatteriet. Under nästan hela perioden då värmebatteriet används så är temperaturen i tilluftsdonet lägre än den temperatur tilluften har innan det når värmebatteriet och detta trots att tilluften i perioder har en temperatur på 40° C då det lämnar värmebatteriet. Det största temperaturfallet från det att tilluften lämnar elvärmebatteri till att det når tilluftsdonet är i 13,5° C.

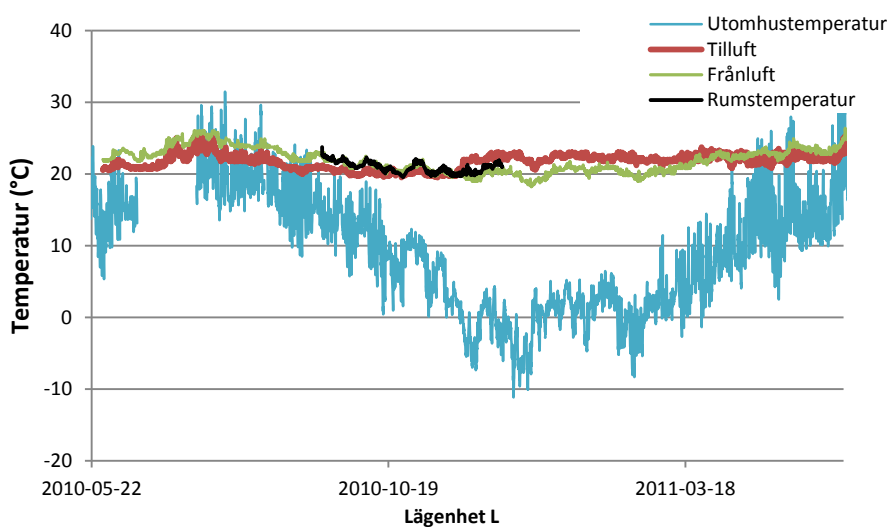
Luften som läcker värmer upp huset på sin väg genom kanalsystemet är framförallt problematiskt eftersom det är hyresgästen som betalar för den extra värmen men nu kommer värmen grannarna tillgodo. I kapitel 6.2 finns resultat från lägenheten med simulerat boende här presenteras en liknande figur men under ett kortare tidintervall.

I Figur 21 presenteras även den energi som använts för tillskottsvärme tillsammans med tilluftstemperaturerna för att se hur användningen av hushållsel och tillskottsvärme påverkar temperaturerna i ventilationssystemet och i lägenheten. I figuren syns att elvärmaren har en kort responstid och tilluften blir snabbt varmare. Temperaturen i lägenheten påverkas dock endast något av den ökade tilluftstemperaturen.



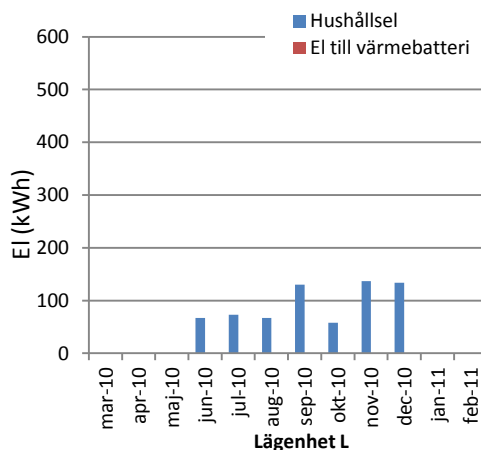
Figur 21 Rums-, tillufts-, frånluftstemperaturer presenteras tillsammans med lufttemperaturer före och efter värmebatteriet. I figuren presenteras även användningen av hushållsel och el till värmebatteri.

Lägenheten med omställbar ventilation är en av de lägenheter där mätningar av inomhustemperaturen gjorts under ett helt år. Resultatet i Figur 21 visar att hyresgästens inomhustemperatur har varit under 20 °C ett par dagar under året. Eftersom vredet som används för att styra värmebatteriet hade gått sönder kunde hon inte använda extravärmen. Hyresgästen säger att hon inte vill använda den extra värmen så mycket eftersom det kostar pengar men att det skulle varit bra att kunna använda den de kallaste dagarna. Lägenheten har ett utsatt läge vilket är en av anledningarna till att den lägsta uppmätta temperaturen var 18,2° C. Vilket ska jämföras med Socialstyrelsens rekommendation om att lufttemperaturen bör vara över 20°C, gränsen för vidare utredning går då den operativa temperaturen är 18°C.

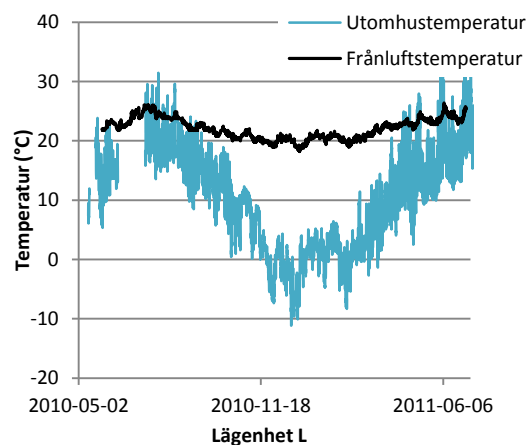


Figur 22. Resultat från mätningar i lägenheten med omställbar ventilation.

I figuren ovan presenteras resultaten från mätningarna av temperaturer i lägenheten med omställbar ventilation. Luften i lägenheten är så välombländad att temperaturen i frånluften är nästan identisk som rumstemperaturen, för de perioder där mätdata saknas för rumstemperaturen så kan frånluftstemperaturen antas vara lika med rumstemperaturen. Hyresgästen i lägenheten med omställbar ventilation har en mycket låg användning av hushållsel och har dessutom tidvis varit bortrest vilket i kombination med det utsatta läget gett en låg rumstemperatur.



Figur 23. Användningen av hushållsel i lägenhet L under året 2010/2011. Mätdata saknas för ett par månader. Hyresgästerna i lägenheten har inte använt någon extra värme under året vilket kan sägas med säkerhet även utan mätdata eftersom termostatvredet varit sönder.



Figur 24. Rumstemperatur och utomhustemperatur i lägenhet L. Frånluftstemperaturen i lägenhet L kan approximativt sägas vara lika med rumstemperaturen.

I Tabell 9 presenteras resultaten för samtliga lägenheter som studeras i projektet. För varje lägenhet presenteras energianvändningen samt medel, maximum och minimumtemperaturer. I bilaga 2 presenteras resultat för alla lägenheter. Som syns i Tabell 9 har den lägsta temperaturen i lägenheterna varit runt 20° C.

Inget tydligt samband mellan lägenheternas medel, min och maxtemperaturer och användningen av värmebatterierna kan ses. Ingen av lägenheterna som använt värmebatterierna återfinns bland den hälften som har haft lägst temperatur. Den lägsta uppmätta temperaturen bland lägenheterna som använt värmebatteriet är 19,8° C. Det kan dock antas att temperaturen i lägenhet Å skulle varit lika låg som den i lägenhet L om värmebatteri använts. Lägenheterna har båda utsatta lägen.

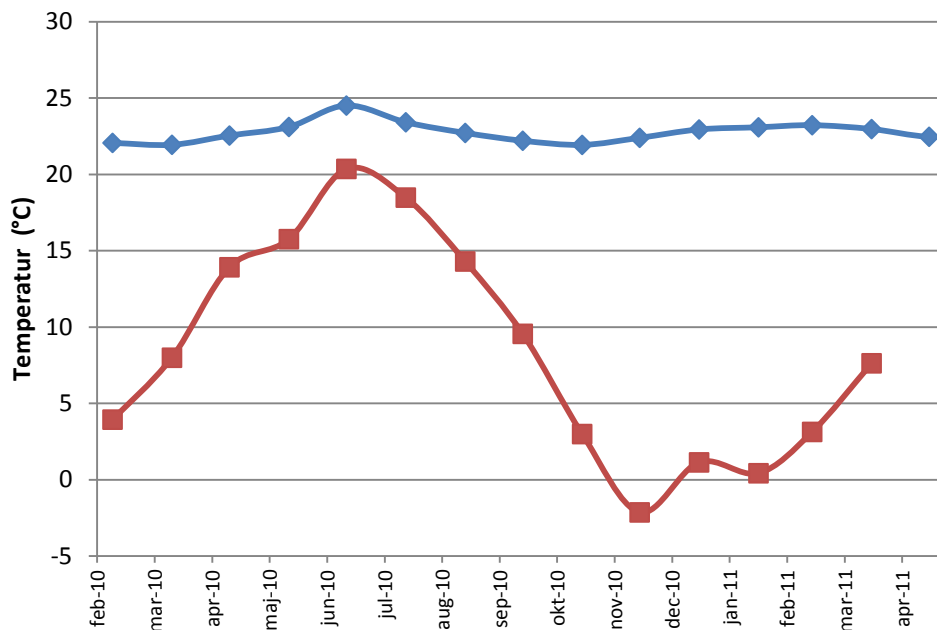
Det går inte heller att se något samband mellan lägenheternas placering i huset eller utformning och deras medeltemperatur. Inte heller finns något samband mellan användningen av hushållsel och temperaturen i lägenheterna.

Det verkar inte finnas något tydligt samband mellan antalet personer som bor i lägenheten och dess innetemperatur. De lägenheter där det bor barnfamiljer med 2 barn eller fler finns bland de lägenheter som har högst medeltemperatur. Slutsatsen är alltså att det inte går att peka ut en specifik parameter som lägenheternas innetemperatur beror på.

Tabell 9. Sammanställning av energianvändningen i lägenheterna under ett år. I tabellen presenteras även medeltemperatur samt min och maxtemperatur. Eftersom det i vissa lägenheter saknas data periodvis är medeltemperaturerna inte representativa för hela hamnhuset och därför har inget medel för hela huset beräknats. För de lägenheter där elanvändningen saknas under perioder har energianvändningen extrapolerats för att gälla ett helt år.

Lägenhets- beteckning	Hushållsel	El till värmebatteri	T _{medel}	T _{max}	T _{min}
	kWh/m ²	kWh/m ²	°C	°C	°C
A	38	0,2	23,0	25,8	20,1
B	40	0,0	22,1	24,9	20,0
C	26	0,0	23,0	26,6	20,4
D	29	0,0	22,0	25,8	19,7
E	29	0,0	24,8	28,2	21,6
F	19	0,0	22,6	24,9	20,0
G	0	0,0	22,6	26,2	20,8
H	23	1,9	23,8	27,8	20,2
I	18	0,0	22,6	26,5	19,8
J	35	0,0	23,7	27,5	21,0
K	53	0,0	22,9	27,0	21,0
L	22	0,0	22,0	26,4	18,2
M	24	0,0	22,7	25,8	20,5
N	23	0,0	23,9	27,3	21,3
O	22	0,0	22,4	24,7	20,8
P	32	1,0	23,9	26,5	21,3
Q	-	-	22,8	24,5	21,0
R	36	0,0	22,7	26,2	20,0
S	25	0,7	22,8	26,7	20,1
T	41	3,9	-	-	-
U	40	8,9	22,8	25,5	20,4
V	40	0,0	23,3	27,0	19,0
X	39	1,3	21,2	23,5	19,8
Y	59	0,0	23,5	28,2	20,3
Z	33	0,0	22,1	26,0	19,0
Å	39	6,7	23,6	28,3	20,8
Medel	34	1,4			

Som kan ses i tabellen har flera lägenheter maxtemperaturer över 26°C vilket är socialstyrelsen rekommendation om högsta maxtemperatur på sommaren. Även under tidig höst har många lägenheter höga innetemperaturer.

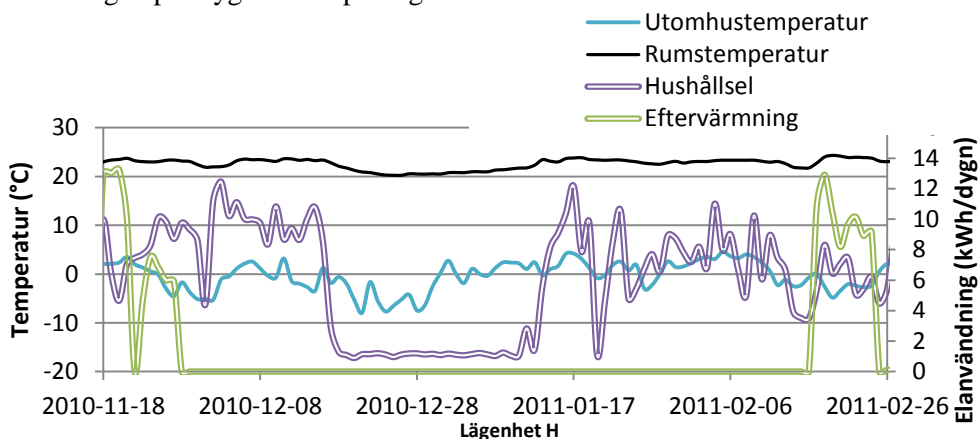


Figur 25. Medeltemperaturer i Hamnhuset presenterade per månad.

I Figur 25 presenteras medeltemperaturerna för inomhustemperaturerna per månad i Hamnhuset.

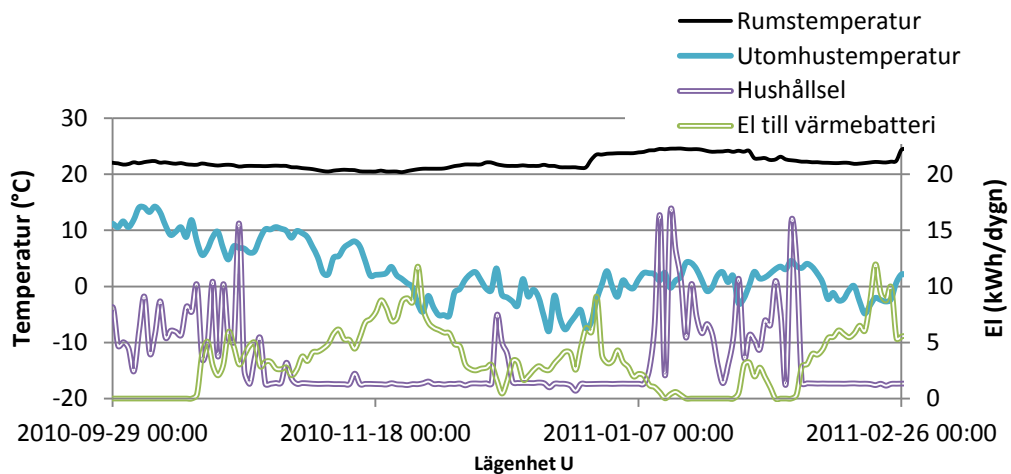
Temperaturen i lägenheterna beroende på hushållselen och extravärmen

För att se hur temperaturen i lägenheten varierar beroende på användningen av hushållsel och el till värmebatteri så presenteras rumstemperaturen tillsammans med elanvändningen per dygn för ett par lägenheter.



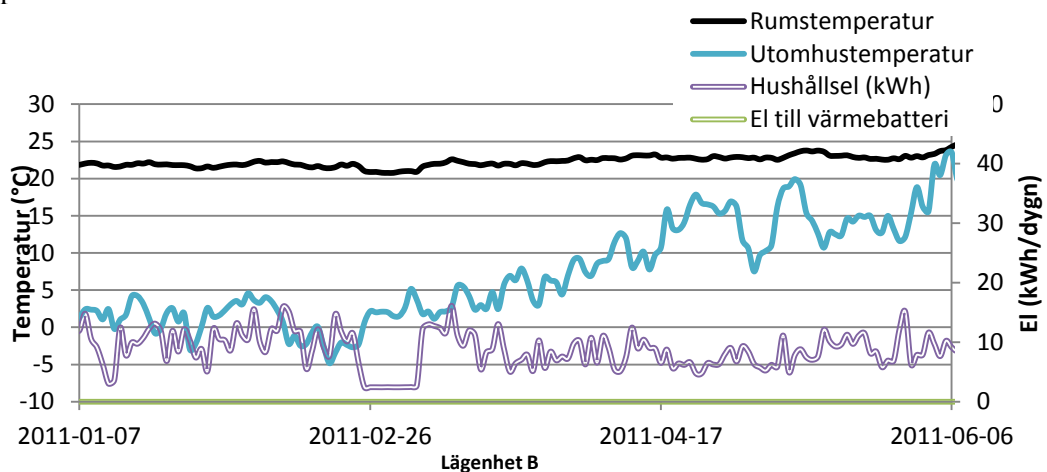
Figur 26. Hushållsel och el till värmebatteri presenteras tillsammans med rumstemperaturen i lägenhet H.

Hyresgästerna i lägenhet H har varit bortresa under ca en månad kring jul och nyår. Den minskade energianvändningen och avsaknaden av människor i lägenheten har gett en kraftig minskning av rumstemperaturen under perioden. Men trots avsaknad av uppvärmning så har lägenheten hela tiden haft en temperatur över 20° C.



Figur 27. Hushållsel och el till värmebatteri presenteras tillsammans med rumstemperaturen i lägenhet U.

Även hyresgästen i lägenhet U, se figur ovan har varit bortrest under längre perioder. Under hösten har hyresgästen varit bortrest men lämnat termostaten till elvärmaren på.

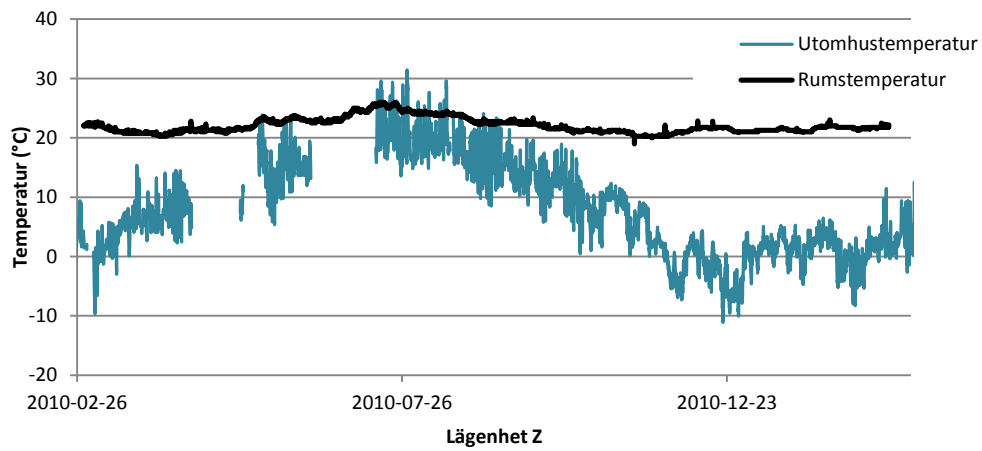


Figur 28 Rumstemperaturen i lägenhet B tillsammans med användningen av hushållsel och el till värmebatteriet. Hyresgästerna har inte använt någon el till värmebatteriet och användningen är noll under hela perioden.

Utifrån användningen av hushållsel i lägenhet B kan det antas att hyresgästerna har varit bortresta under cirka en vecka i början på mars då hushållselen är mycket låg (se figur ovan). Under samma period syns en minskning i rumstemperaturen vilken kan antas bero på den minskade elanvändningen och avsaknaden av hyresgäster eftersom utomhustemperaturen under perioden är stigande.

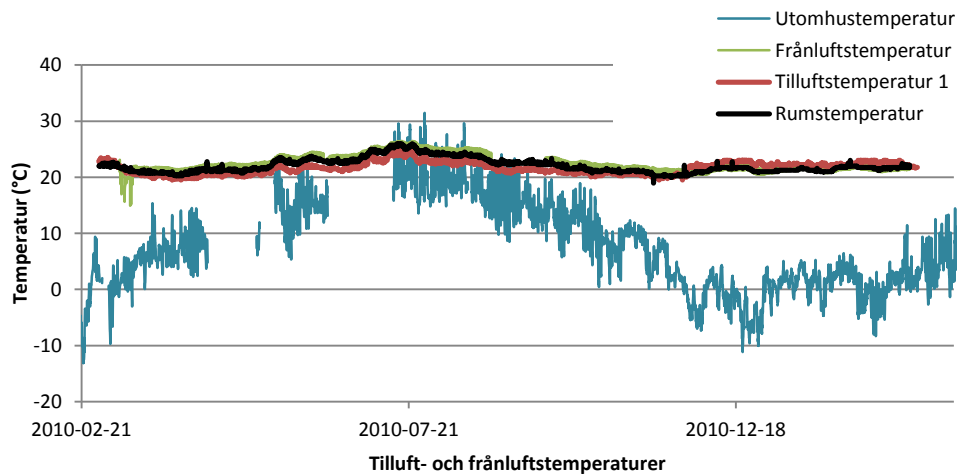
6.2 Lägenheten med simulerat boende

Som visas i figuren nedanför så har rumstemperaturen hållit sig över 20 °C under hela året även när temperaturen utomhus varit -10 °C.

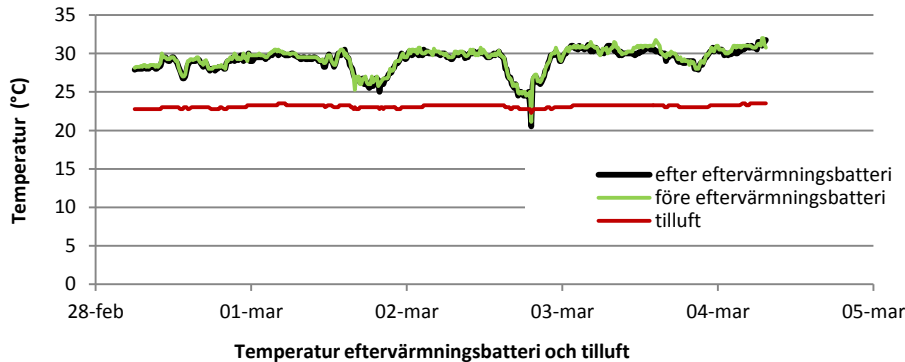


Figur 29. I figuren presenteras rumstemperaturen tillsammans med utomhustemperaturen.

Tilluftstemperaturen i donen har legat mellan 20 och 25 °C under hela året vilket syns i Figur 29. I samma figur presenteras frånluftstemperaturerna under året som har varit nästan identisk med rumstemperaturen vilket tyder på god luftblandning i lägenheten.



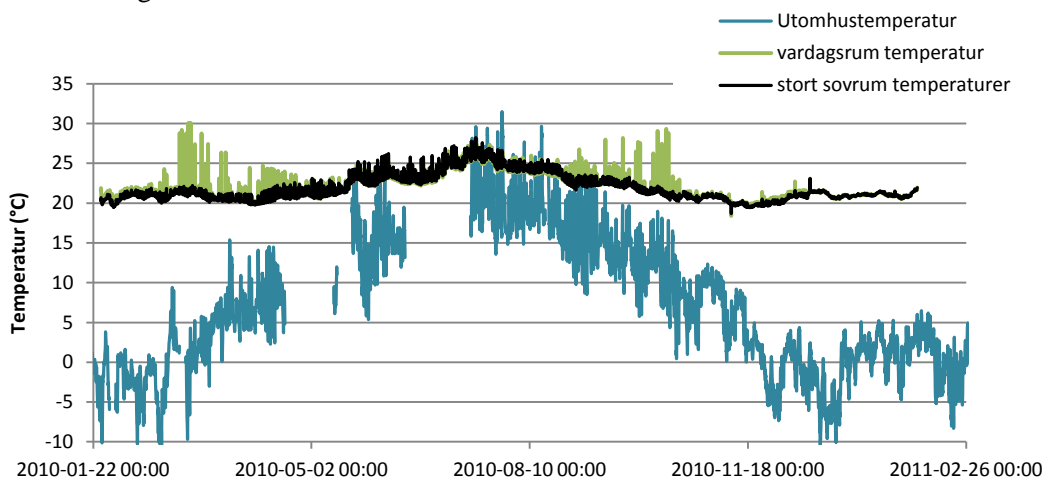
Figur 30 I figuren presenteras till- och frånluftstemperaturer tillsammans med utomhustemperaturer och rumstemperatur.



Figur 31. Resultat från mätningar i den s.k. visningslägenhet där simulerat boende används. Diagrammet visar temperaturen i före och efter det värmebatteri som vid behov värmer tilluften. Dessutom visas temperaturen i tilluften i tilluftsdonen.

I Figur 30 presenteras resultaten från mätningar i lägenheten med simulerat boende under en vecka i mars. Figuren visar temperaturen i före och efter det värmebatteri som vid behov värmer tilluften. Dessutom visas temperaturen i tilluften i tilluftsdonen i lägenheten. Luften i tilluftsdonet är betydligt svalare än vad luften som passerar det extra värmebatteriet är. Luften förlorar alltså energi till omkringliggande material och utrymmen på vägen till lägenheten. Eftersom eftervärmningen inte har varit påslagen är det ingen skillnad i temperatur i på luften före och efter eftervärmningen.

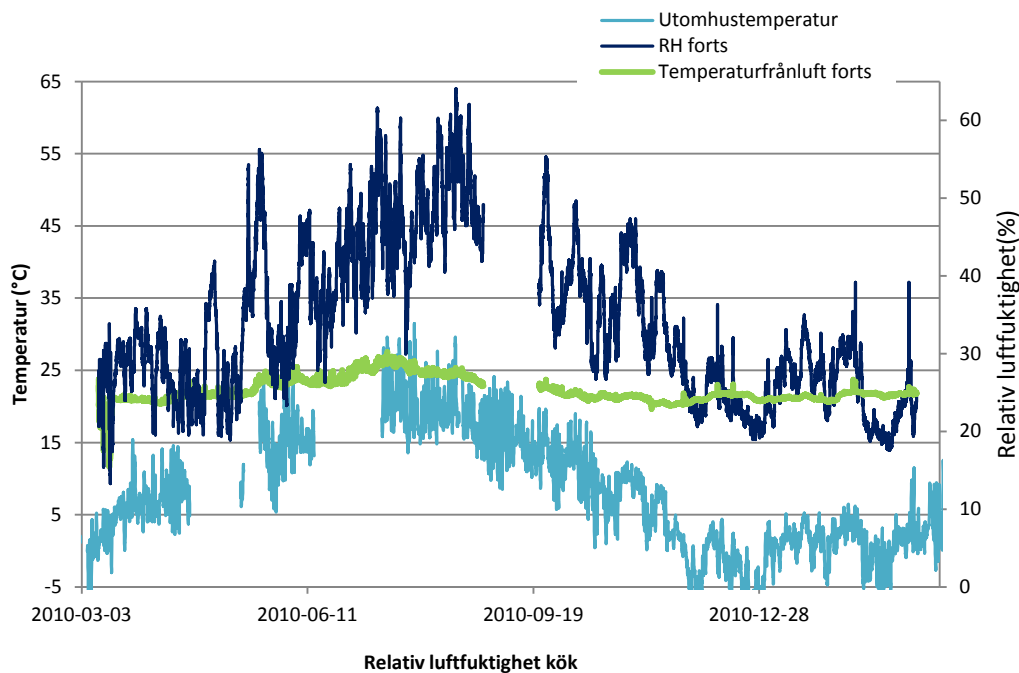
Den kraftiga temperatursänkningen i vid värmebatteriet vid två tillfällen beror på att FTX-aggregatet har varit avstängt för underhåll. Systemet är så trögt att temperatursänkningen vid eftervärmningen ger knappt något utslag på temperaturen i tilluften i lägenheten.



Figur 32 Operativa temperatur i lägenheten med simulerat boende, samt lufttemperaturen utomhus.

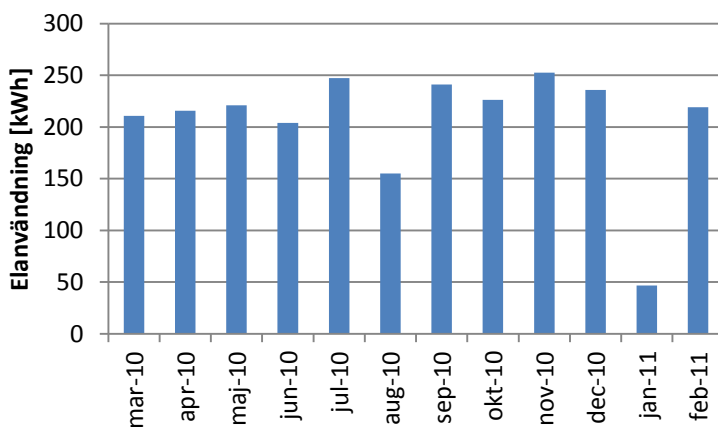
I Figur 31 presenteras den operativa temperaturen i vardagsrum och det stora sovrummet. Sovrummet är placerat i nordostlig riktning och vardagsrummet är placerat i sydligvästligriktning med balkongen som solavskärmning. Under tidig vår och höst syns störst skillnad mellan operativa temperaturen i de två rummen. Under

dessa perioder står solen så låg att balkongerna inte klarar av skärma av solinstrålningen från söder vilket leder till högre operativa temperaturer i vardagsrummet.



Figur 33 Den relativa luftfuktigheten (RH) presenteras i diagrammet tillsammans med frånluftstemperaturen

Den relativa luftfuktigheten i kökets frånluftsdon presenteras i Figur 32. Under vinterhalvåret har luftfuktigheten varit låg. Under sommaren har luftfuktigheten varit som högst när utomhustemperaturen är som högst.

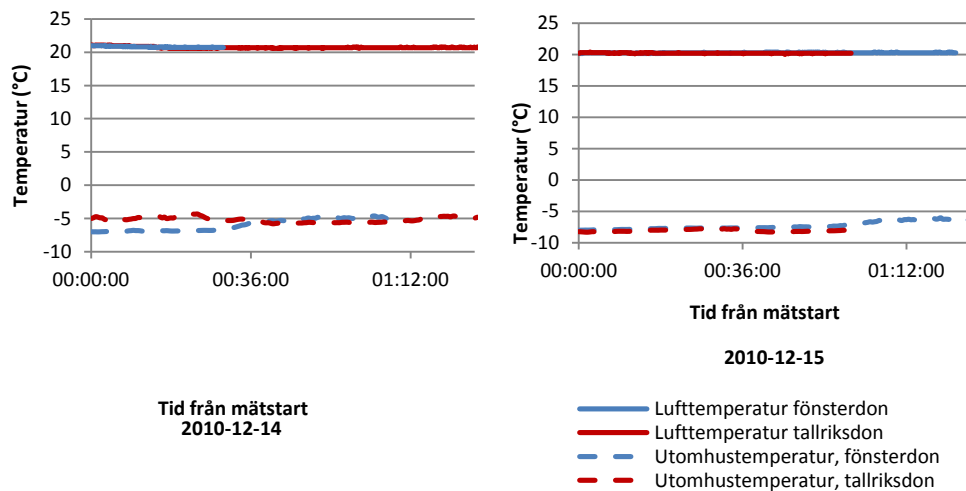


Figur 34 Hushållsel som använts i lägenheten med simulerat boende. Den låga energianvändningen under augusti och januari beror på de lampor som använts för simulering varit sönder en längre period.

Hushållselen som använts i lägenheten med simulerat boende presenteras i figuren ovan. För ett år motsvarar detta 33 kWh/m². Ingen el har använts för tillsatsvärme i elbatteriet.

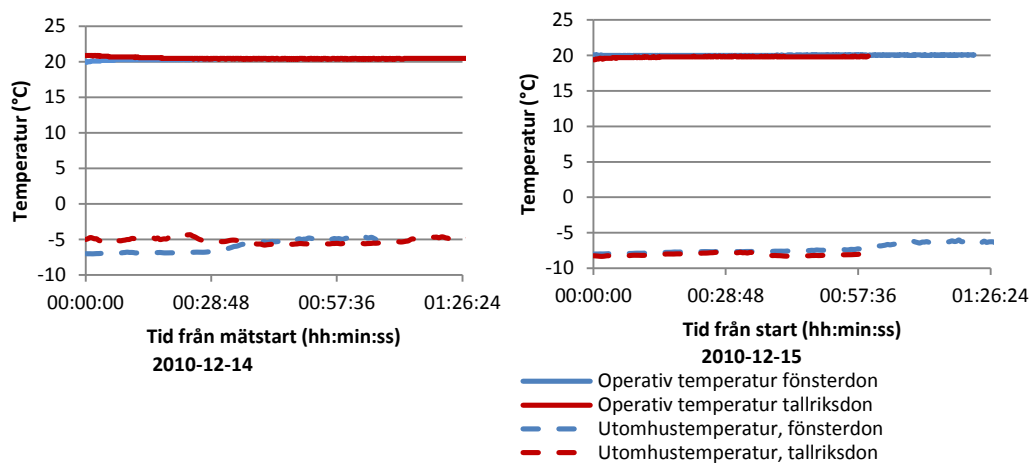
6.3 Lägenhet med omställbar ventilation

Efter första dagens mätning lämnades ventilationen med tilluft genom tallriksdonen över natten. Hyresgästen ombads tänka efter om hon föredrog denna ventilation jämfört med vad hon har haft tidigare. På morgonen den 15 december fick hon frågan vad vilket hon föredrog. Hon svarade att hon hade känt skillnad på ventilationen men att hon inte riktigt kunde bestämma sig för vad som var bäst. Ett av tallriksdonen finns rakt över hennes tv soffa och just av den anledningen tyckte hon att det kanske var lite bättre med tilluft genom fönsterdonen. Å andra sidan så blåste det rakt i nacken med fönsterdonen, men mer utspritt. Diskussionen slutade med ett gemensamt beslut om att efter mätningarna så skulle ventilationen ställas in så att den var lika dan som för alla andra i huset. Resultaten i presenteras i Figur 34 till Figur 39. Varje parameter presenteras för sig i två diagram, ett för per mättdag. Parametrarna presenteras med avseende på tid från mätstart. Resultaten visar att lufttemperaturerna inte ändras vid ändrad ventilation. Den 14 december har lägenheten en något högre temperatur vilket troligtvis beror på hyresgästen bakat lussekatter dagen innan samt att utomhustemperaturen var något högre denna dag.



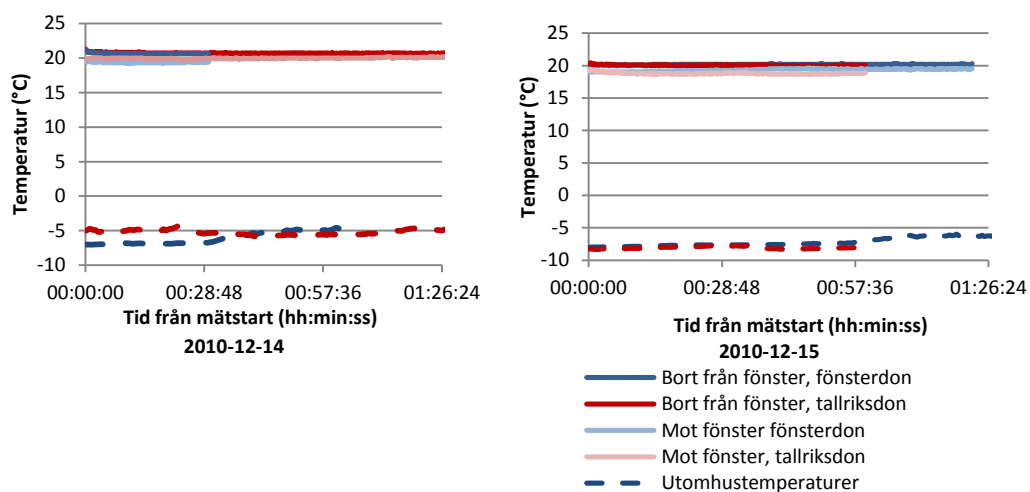
Figur 35 Rumstemperaturer i lägenheten med omställbar ventilation den 14:e och 15:e december 2010

Det går inte heller att se någon signifikant skillnad i den operativa temperaturen beroende på ventilationstyp. Även den operativa temperaturen är något lägre den 15:e december, troligtvis beroende på den lägre lufttemperaturen.



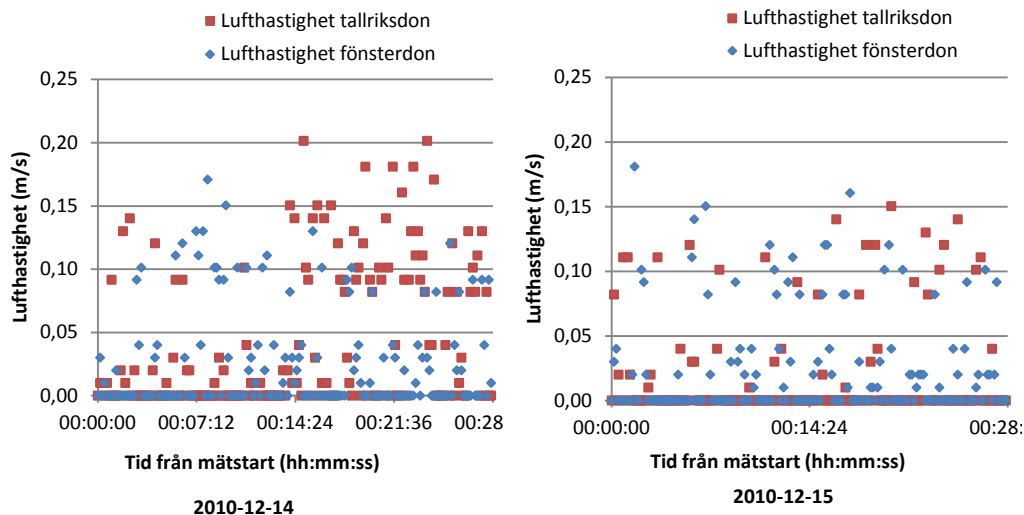
Figur 36 Operativ temperatur i lägenheten med omställbar ventilation den 14:e och 15:e december 2010

Strålningstemperaturer mäts i 2 punkter dels i 90° vinkel mot fönster och dels in mot lägenheten. Skillnaden mellan dessa temperaturer kallas strålningsasymmetri och resultatet presenteras i Figur 36. Dag 1 är strålningsasymmetrin störst när fönsterdonen används. Dag 2 däremot är strålningsasymmetrin störst när tallriksdonen används. Det är förvånande att det skiljer från dag till dag. Men resultaten visar att det inte går att bestämma att någon av ventilationstyperna är bättre än den andra med av seende på strålningsasymmetrin.



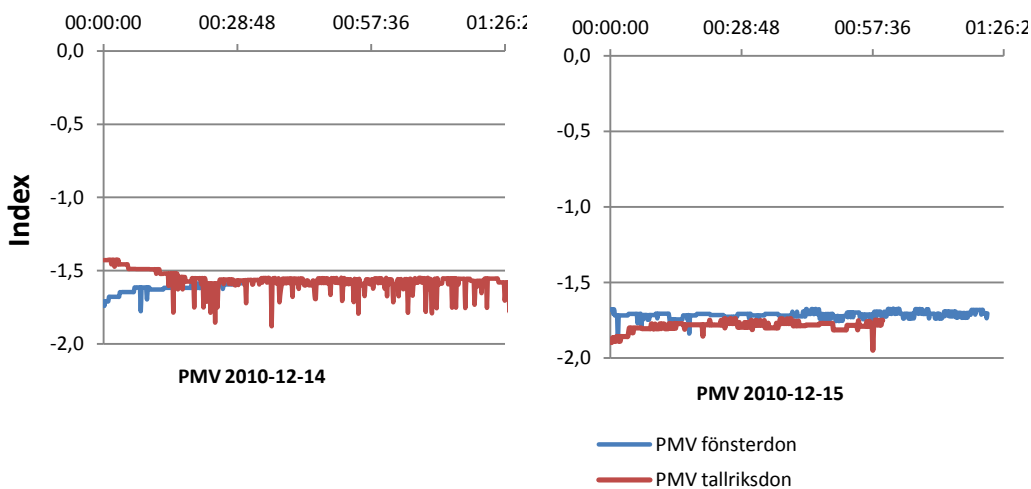
Figur 37 Mätning av strålningsasymmetri lägenheten med omställbar ventilation den 14:e och 15:e december 2010.

Lufthastigheterna presenteras i figurerna nedan. Under dag 1 är lufthastigheterna något högre än under dag 2. Ingen signifikant skillnad kan ses mellan de olika ventilationerna. Resultatet visar på en mycket liten strålningsasymmetri vilket ska jämföras med socialstyrelsen rekommendation om en asymmetri på max 10°C mellan fönster och vägg.



Figur 38. Lufthastigheter lägenheten med omställbar ventilation den 14:e och 15:e december 2010.

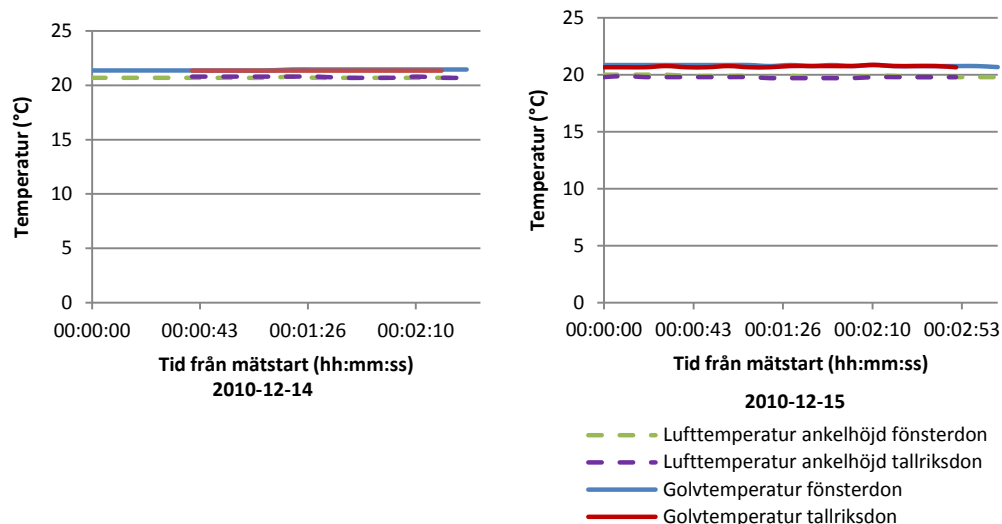
I Figur 38 syns att PMV-index är något lägre dag 2 jämfört med dag 1. Enligt den 7-gradiga upplevelseskalan motsvarar detta att lägenheten känns sval, se Tabell 2.



Figur 39 PMV lägenheten med omställbar ventilation den 14:e och 15:e december 2010

Mätningar av golvtemperatur och temperatur i ankelhöjd visar inte någon skillnad på de olika ventilationssystemen, se Figur 31. Det är förvånande att golvtemperaturen är högre än temperaturen i ankelhöjd (5 cm över golvet). Varför det är så är svårt att bestämma utan fler mätningar. Normalt sett är yt-temperaturen lägre än lufttemperaturen.

Golvtemperaturen är ca 1°C högre den 14 december jämfört med den 15:e december. Anledningen till detta är troligtvis samma som för lufttemperaturen, dvs. varmare utomhustemperatur samt att hyresgästen bakat dagen innan. Golvtemperaturerna är ca 20° båda dagarna vilket är Socialstyrelsens rekommenderade värde.



Figur 40. Temperatur i ankelhöjd och på golvet lägenheten med omställbar ventilation den 14:e och 15:e december 2010.

6.4 Utomhusklimat

För resultat för utomklimatet presenteras i övriga kapitel tillsammans med övrig mätdata.

6.5 Centrala system

De centrala systemen har framförallt utvärderats med avseende på använd mängd fjärrvärme och solvärme.

6.5.1 Uppmätta energimängder

Kompleta mätdata finns tillgängligt från mars 2010 t.o.m. juni 2011. Mätningarna visar på följande energimängder över 12-månadersperioden 1:a juli 2010 till 30:e juni 2011. Se bilaga 3 för komplett tabell över månadsvärden för perioden.

Tabell 10 Uppmätta energimängder och några nyckeltal per 12-månadersperiod.

Parameter	Mängd MWh/år	Energi per kvadratmeter Atemp kWh/m ² , år	Kommentar
Använd mängd fjärrvärme	645	56	
Förbrukad mängd varmvatten	298	26	Beredd med solvärme+fjärrvärme
Fjärrvärme till uppvärmning	440	38	
Varmvatten berett med solvärme	94	8	
Varmvatten berett med fjärrvärme	204	18	

Solvärme till ack-tankar	104	9	386 kWh/m ² solfångare (byggarea)
Solvärmens täckningsgrad ¹⁾	31 %		
Global instrålning, horisontell	968 kWh/m ²		Normalt ²⁾ : 931 kWh/m ²
Utomhustemperatur ¹⁾	9,1 °C		Normalt ²⁾ : 7,6 °C

1) Täckningsgraden för solvärmerna beräknas genom solvärme till tappvarmvatten genom använd mängd fjärrvärme till tappvarmvatten (=94/298).

2) Baserat på väderdata mellan 1981 och 2000 för Göteborg, Säve.

Medeltemperaturen under år har varit 9,1 °C, detta resultat är troligen något missvisande eftersom åren 2010/2011 var ovanligt kalla. Temperaturgivarna som används i det centrala systemet är troligen monterade så att de påverkas av huset vilket ger förhöjda temperaturer.

6.5.2 Solvärmens bidrag och effektivitet

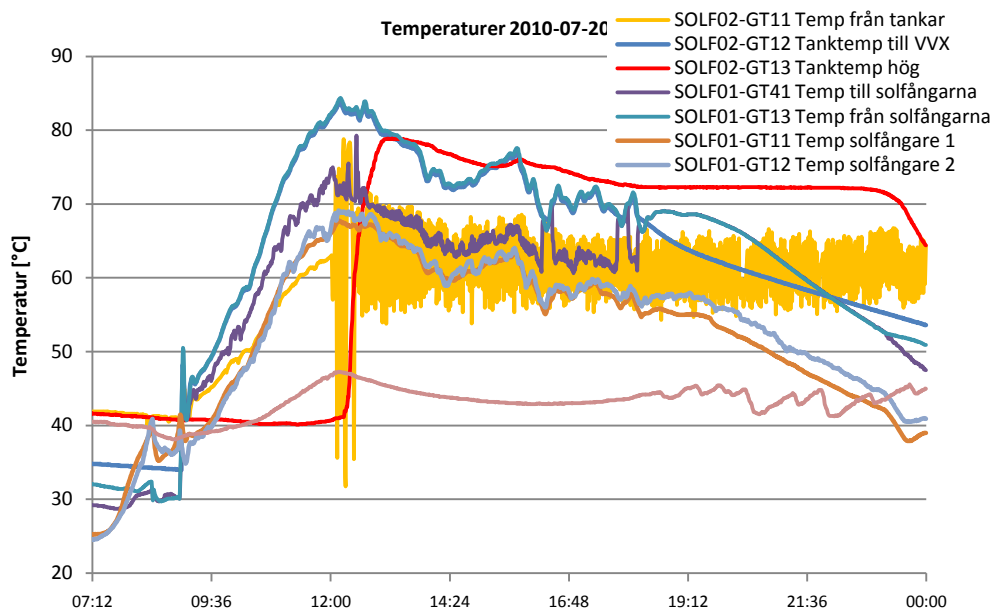
Solvärmens bidrag till tappvarmvattenuppvärmningen uppgick till cirka 94 MWh för en 12-månadersperiod. Detta ger ett netto solfångarutbyte efter tankförluster på cirka 518 kWh per kvadratmeter solfångare (aperturarea) och cirka 318 kWh/m² per kvadratmeter byggarea. Förlusterna från ackumulatortanksystemet uppgår till cirka 10 % av tillförd energi till tankarna för perioden om 12 månader. Detta värde är dock förenat med stor osäkerhet då det är beräknat som en differens mellan solvärme till tankarna och använd energi till värmning av tappvarmvatten d.v.s. en skillnad mellan två stora energimängder. Under mars månad 2011 visar mätningarna att 9 MWh tillförs tankarna från solvärmerna men mindre än 1 MWh tas ut till tappvarmvattenuppvärmning. Under denna period är effektuttaget ur tankarna under långa perioder negativt och visar antingen på ett fel i styrningen eller också ett fel i mätningen. Detta åskådliggörs även i figur 44. Utan dessa negativa effekter blir värmeförlusterna från tankarna avsevärt mindre.

Det teoretiska årsutbyte för denna solfångare är 712 kWh per kvadratmeter solfångare (apertur) vid en medeltemperatur i solfångaren om 50 grader och lutning av 45 grader rakt i söder (enligt SP lista över solfångare med Solar Keymark). Bruttoutbyte från solfångarna uppgår i denna installation till 518 kWh per kvadratmeter (apertur). Medeltemperaturen i solfångarna var cirka 48 °C under drift (ej energiviktat) och maximalt 70 grader som medel under en enskild månad.

Solfångarnas täckningsgrad för varmvatten (inklusive förluster) uppgår till cirka 31 % och varmvattenanvändningen är cirka 40 % av det totala värmebehovet av vattenburen värme och tappvarmvatten.

6.5.3 Analys av solvärmekretsens reglering och ackumulatortankarnas funktion

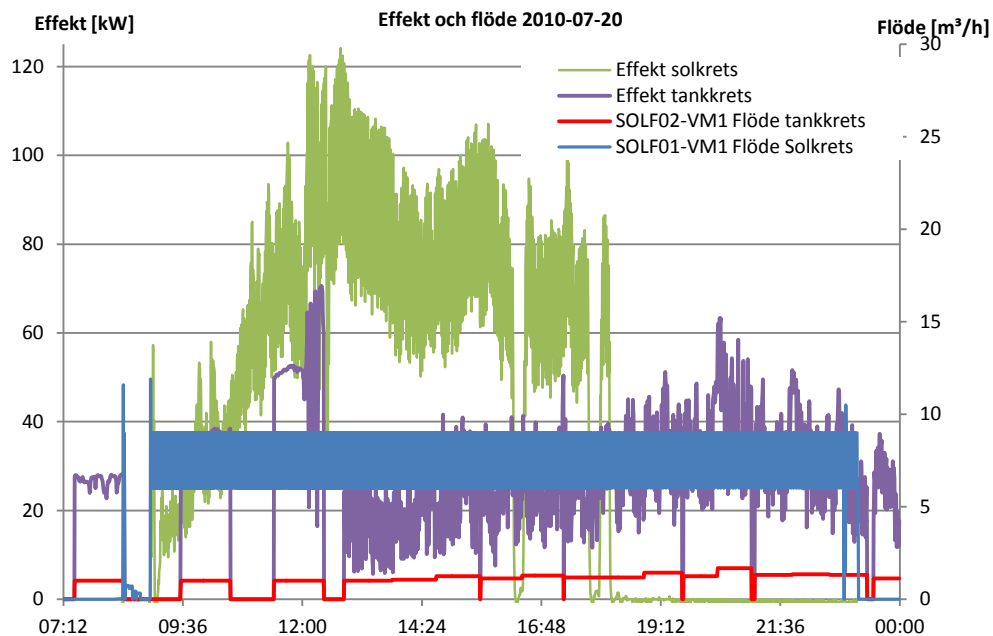
En genomgång av solvärme- och ackumulatortanksystemet, baserat på beskrivningen av solvärmeanläggningens styrning och relationsritningar tillsammans med mätningarna, har lett till de slutsatser som visas i följande diagram.



Figur 41 Temperaturer till och från solfångarna samt ackumulatortankarna 2010-07-20

Figur 40 åskådliggör att solfångargivarna (SOLF01-GT11 samt GT12) visar på en felaktigt låg temperatur, som mest mer än 15 grader, jämfört med temperaturen från solfångarna (SOLF01-GT13). Detta leder till en försenad och/eller utebliven uppstart av solvärmepumpen (SOLF01-P1). Solfångarnas cirkulationspump aktiveras cirka klockan 9 på förmiddagen den aktuella dagen.

Startfunktionen för solkretsens cirkulationspump och öppningen av ventilen för laddning av tankarna kan också medföra en högre starttemperatur samt medföra instabila driftssituationer. I beskrivningen av styrningen framgår inte fullt ut vilka tidsfördröjningar och hystereser som använts. Startfunktionen och laddningen av tankarna borde styras av samma temperaturgivare för att undvika instabila driftssituationer. I detta fall har dock styrningen för laddningen baserat på SOLF01-GT13 varit en fördel då temperaturgivarna i solfångarna (SOLF01-GT11 samt GT12) visat för låg temperatur.

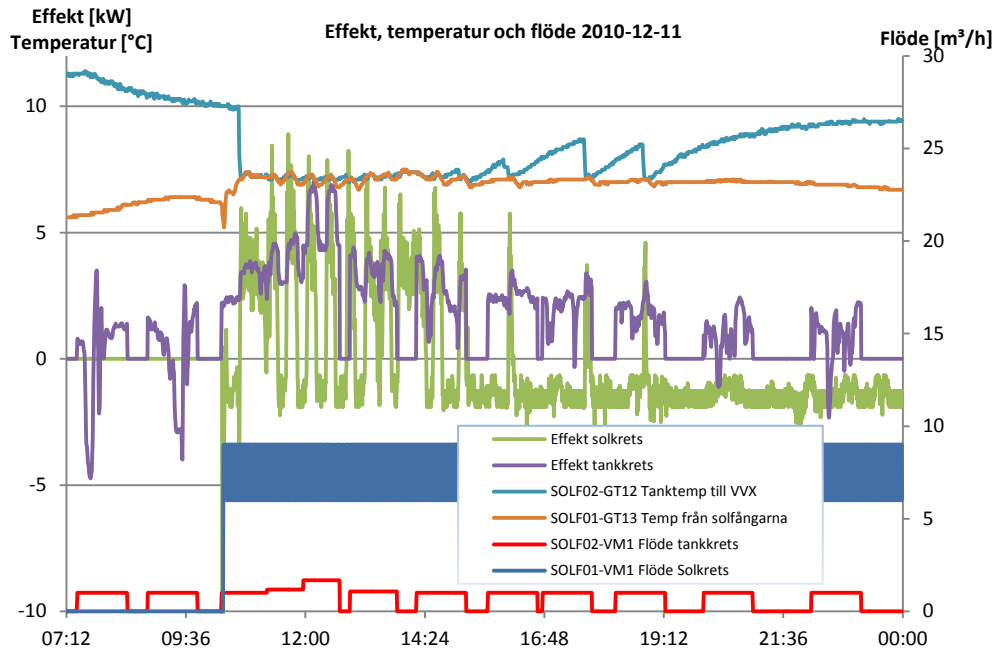


Figur 42 Effekter och flöde för sol- och ackumulatortankskretsen 2010-07-20.

Figur 41 visar att gångtiderna för solvärmekretsens cirkulationspump är alldeles för lång i förhållande till den period som energi kan erhållas från solfångarna.

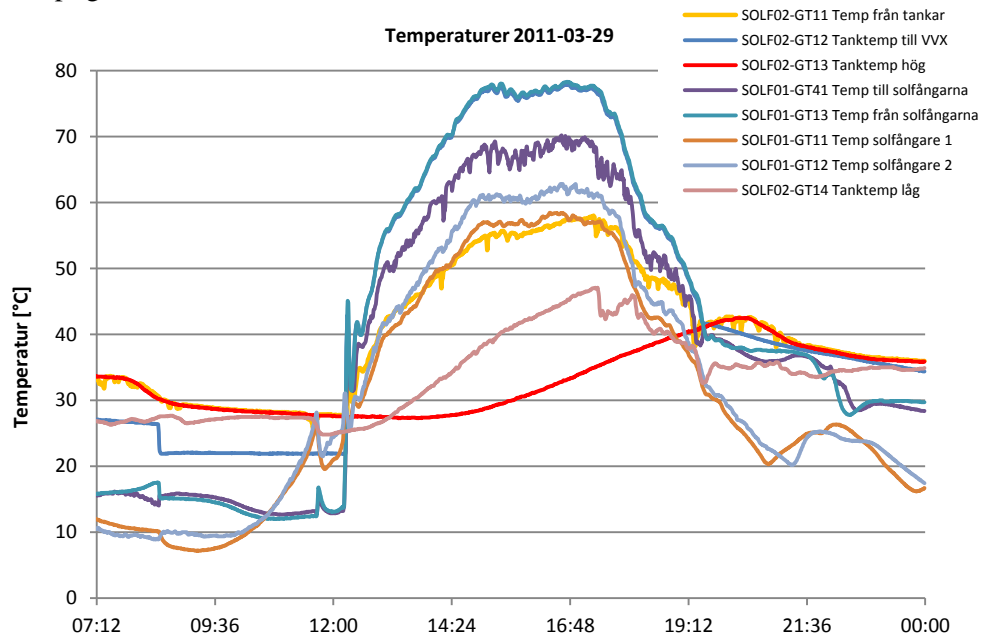
Urladdningsfunktionen är felaktig och använder onödigt mycket el-energi på grund av långa driftstider. Urladdningsfunktionen bör ändra så att den sätts i relation till temperaturen i tanken (SOLF02-GT13) istället för till inkommande kallvatten (SOLF02-GT15). Enligt underlaget skall flödet vid urladdningen vara upp till 9720 l/h men verkar aldrig överskrida 3500 l/h. Flödet ser också besynnerligt ut med en variation mellan noll och konstanta flöden. Enligt de uppmätta data finns det ingen tappning av varmvatten i hela fastigheten bl.a. mellan klockan 00:18 och 07:25 samt mellan 08:25 och 08:50. Detta kan dock bero på en låg upplösning för flödesmätaren.

Urladdningsfunktionen ger vidare nästan ett totalt omblandat lager då urladdningsfunktionen inte är utformad med tanke på att ge ett skiktat lager. Detta försämrar anläggningens prestanda och minskar solvärmeutbytet. Omblandningen visas också i Figur 34 men då troligen framkallad av andra orsaker.



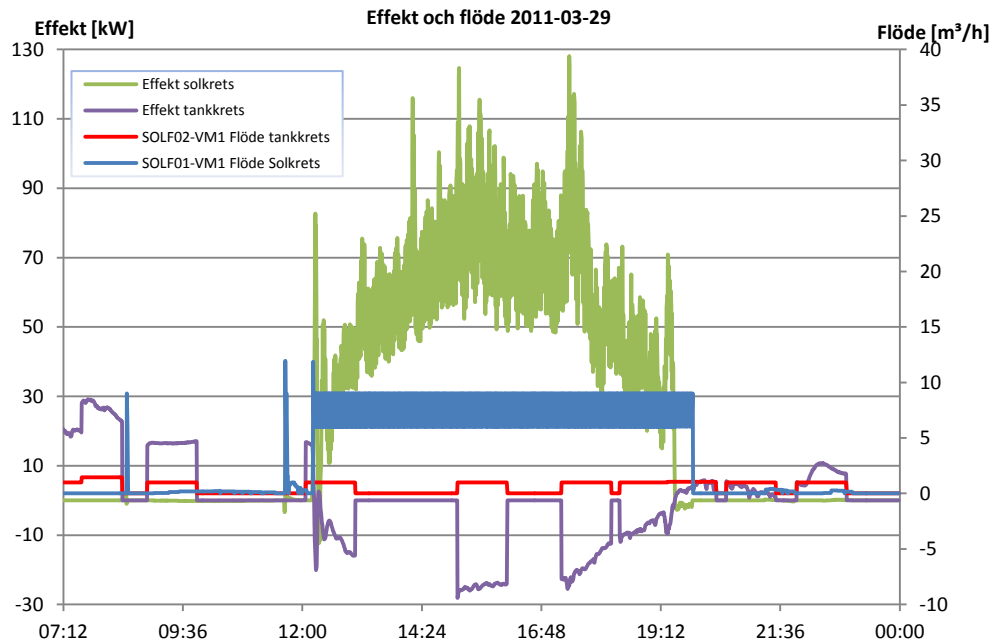
Figur 43 Effekter, temperaturer och flöden för sol- och ackumulatortankskretsen 2010-12-11.

Figur 42 visar att styrningen av solfångarkretsen gör att tidvis så laddas energi ur tankarna istället för att ladda tankarna med energi från solfångarna. Effekten (temperaturdifferensen) är dock väldigt liten vilket gör att den uppmätta energimängden är mycket osäker. Någon studie av 3-vägsventilens läge (SOLF01-SV31) har heller inte gjorts. Slutresultatet är trots det att cirkulationspumpen går alldeles för mycket samt att den valda reglerstrategin eller de angivna hystereserna är olämpligt valda.



Figur 44 Temperaturer till och från solfångarna samt ackumulatortankarna 2011-03-29.

Figur 43 visar att temperaturen högt i tanken är lägre än temperaturen lågt i tanken vilket visar på ett problem antingen vid laddning eller vid urladdning av tankarna.



Figur 45 Effekter och flöden för sol- och ackumulatortankskretsen 2011-03-29.

Figur 44 tillsammans med Figur 43 visar på ett problem vid urladdningen av tankarna. Det förefaller som om tankarna laddas med energi från tappvarmvattensystemet istället för att laddas ur. Med tanke på tankkretsens flöde till viss del verkar samstämma med solkretsens flöde så kan detta också vara ett mätfel genom att flödesmätarna på något sätt stör varandra.

Månaderna oktober 2010 till januari 2011 visar också på negativa tankförluster (energin till tankarna från solfångarna är mindre än energin från tankarna till tappvarmvatten). Detta indikerar antingen att lagret är kallare än omgivande temperatur tillsammans med dåligt isolerade tankar, att mätningen av tillförd eller urladdad energi är felaktig, att tankarna laddas upp via tappvarmvattenväxlaren eller att det finns ett mätfel.

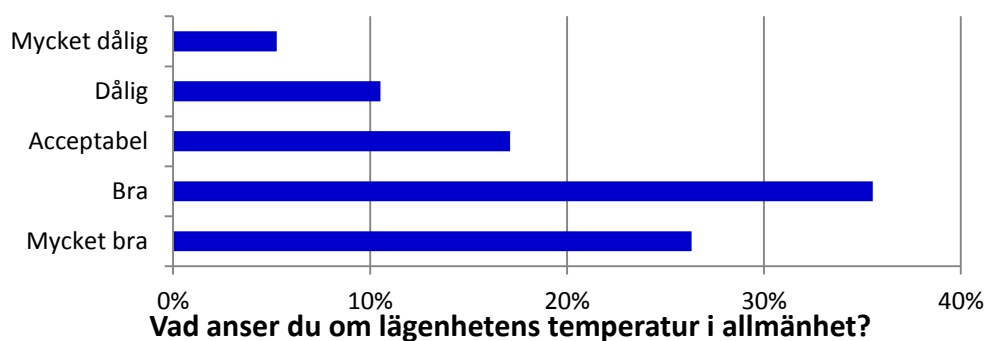
Övriga slutsatser som inte kan åskådliggöras i diagram är följande:

- Det är oklart om tankarnas nödkylning verkligen kommer att aktiveras före en risk för ångbildning i solvärmekretsen.
- Det finns ett flertal möjligheter att stänga av solfångarkretsen utan avsäkring med säkerhetsventiler. Om systemet är byggt så som relationsschemat visar så finns det risk för att anläggningen inte uppfyller kraven enligt Arbetskyddsstyrelsens författningssamling vilket gör att driftspersonalen inte får vistas i de utrymmen i vilken installationen finns.

- Det finns en påtaglig risk för utvändig korrosion på ackumulatortankarna, på grund av den låga temperaturen i dessa, vilket kan förkorta livslängden påtagligt. Den låga temperaturen kan även orsaka kondens i isoleringen av solfångarens samlingsrör och eventuellt även andra rör. (Om installationen skett med plana solfångare så hade risken för kondens i solfångarna varit uppenbar.)
- Temperaturen sommartid är väldigt hög i apparatrummet enligt givarna för värmemängdsmätaren vid stillestånd vilket möjligen indikerar dåligt isolerade tankar och rör. Den varma luften kan bära mycket fukt som ytterligare kan öka risken för utvändig korrosion på tankarna.
- Nödkylningen kan medföra en förhöjd luftfuktighet i tankarnas omgivning om avloppet från kylningen är placerad i samma rum som dessa. Detta kan ytterligare öka risken för korrosion.

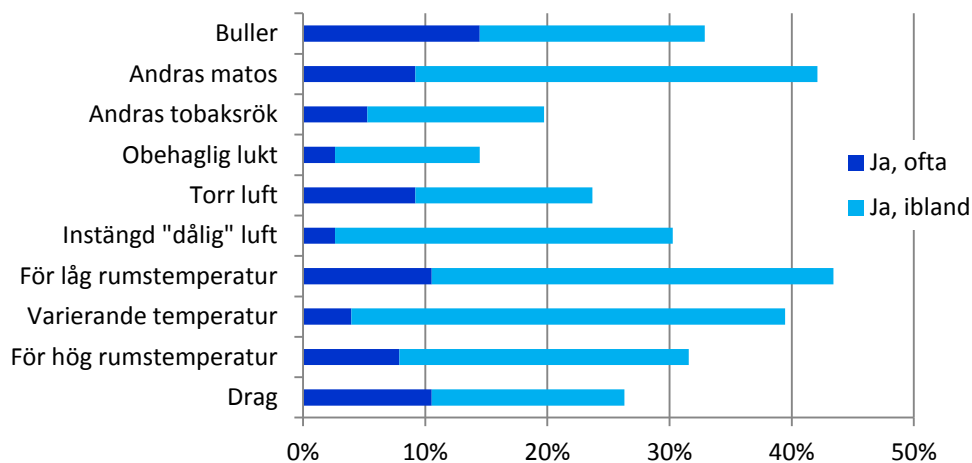
6.6 Enkätundersökning

Slutsatsen är att majoriteten av hyresgästerna är nöjda med sin inomhusmiljö men att det finns vissa negativa faktorer som sticker ut. Det som framkommit är framförallt att matos sprids mellan lägenheterna samt att det är för kallt under vinterhalvåret. Mer än 40 % av hyresgästerna upplever att det är för låg rumstemperatur, detta ska dock sättas i relation till att mer än 30 % av hyresgästerna upplever att det är för hög rumstemperatur.



Figur 46 Andel av de som svarat på enkäten som upplever sin inomhusmiljö som mycket bra, bra, acceptabel, dålig eller mycket dålig.

När resultatet av frågan hur hyresgästerna upplever sin inomhusmiljö delas per våningsplan syns en tendens att de som bor på översta våningen är mer missnöjda än de som bor på de övriga planerna. Från mätningarna kan ingen tendens ses att temperaturerna är lägre i lägenheterna på översta våningen, men i mätresultatet spelar givetvis faktorer som hur mycket värmebatteriet används.

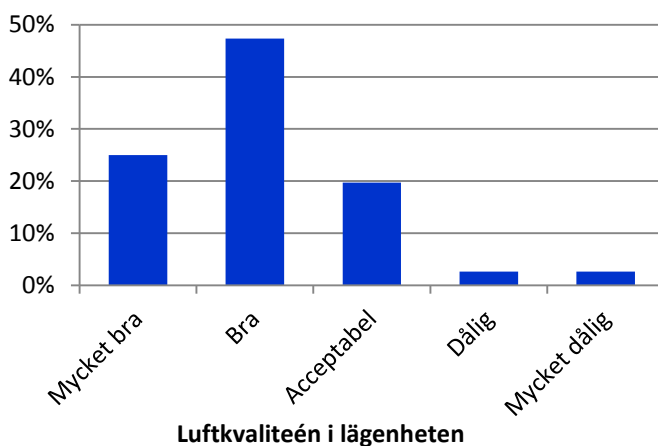


Andel av hyresgästerna som har upplevt problem för olika inomhusfaktorer

Figur 47. Andel av hyresgästerna som upplever problem med olika faktorer i sin inomhusmiljö

Resultatet visar att framförallt är spridningen av matos och för låga temperaturer som hyresgästerna upplever som ett problem. Dock anses även för höga temperaturer som ett problem för mer än 30 % av hyresgästerna.

Mer än 30 % av hyresgästerna tycker att buller är ett problem. Flera av hyresgästerna har dock tolkat frågan som att det gäller buller i allmänhet och har förutom buller från ventilation även inkluderat buller från bygget på andra sidan vägen. Inga större slutsatser kan därför dras från denna fråga.



Luftkvaliteén i lägenheten

Figur 48. Andel av de som svarat på enkäten som upplever sin inomhusmiljö mycket bra, bra, acceptabel, dålig och mycket dålig.



Problem med temperaturen i lägenheten

Figur 49. Andel av de som svarat på enkäten som upplever att de har problem med en eller flera faktorer i sitt inneklimat.

Intressant är att vid med frågeställning i Figur 48 sjunker andelen som upplever att de haft problem med för kalla respektive för varma inomhustemperaturer i lägenheten jämfört med den frågeställning som presenteras i Figur 46.

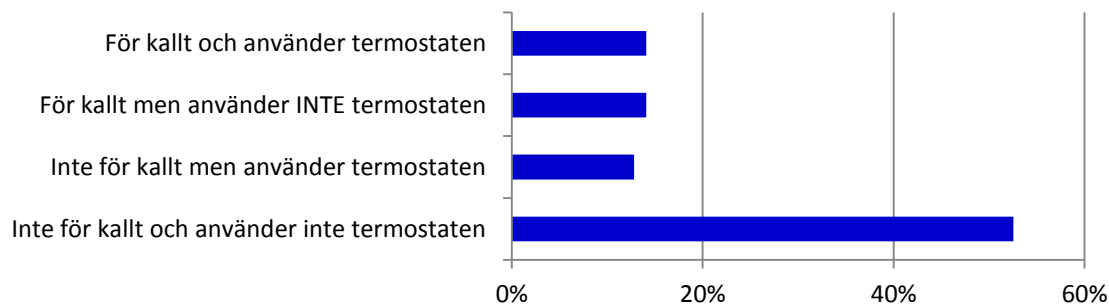


Använder du termostaten i hallen för att höja temperaturen i lägenheten?

Figur 50. Andel av alla som svarat på enkäten som använder sig av eftervärmningen för att höja temperaturen på tilluften.

Diagrammet visar att majoriteten av hyresgästerna inte använder termostaten i hallen för att höja temperaturen i hallen.

Andelen som svarat att de använder termostaten är lägre än andelen som svarat att det är för låg rumstemperatur. Slutsatsen måste då vara att personer som tycker att det är för kallt ändå väljer att inte använda värmebatteriet. I diagrammet nedan visas sambandet mellan hur kallt hyresgästen upplever att det är i lägenheten och hur hyresgästen använder termostaten. Majoriteten av de som inte tycker att de är för kallt använder inte heller termostaten. Anmärkningsvärt är att 12 % av de som svarat på enkäten upplever att det är för kallt men ändå väljer att inte använda termostaten.



Sambandet mellan att uppleva att det är för kallt och att använda eftervärmningen

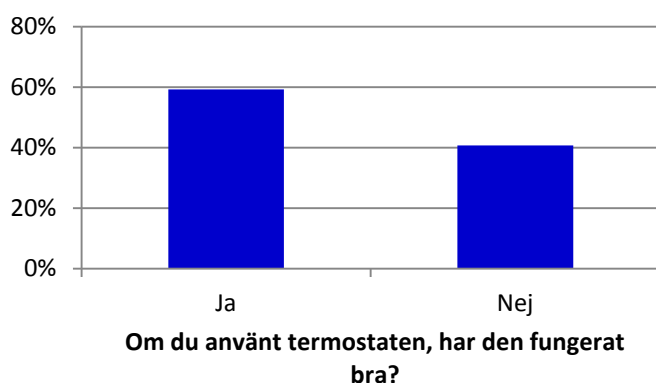
Figur 51. Sambandet mellan hur hyresgästerna upplever inomtemperaturen under vinterhalvåret och hur hyresgästerna använder sig av värmebatteriet för att tillföra extra värme till tilluften. Intressants är ju de hyresgästerna som tycker att det är för kallt men väljer att inte tillsätta extra värme.

Anledningen till att hyresgästerna inte använder termostaten är oftast att de inte tycker att det behövs men vissa hyresgäster säger att de helt enkelt inte vill betala extra för värmen.

Exempel på kommentarer är:

- Vi är för snåla
- Har aldrig behövt använda den
- visste inte att den fanns
- Temperaturen är tillräckligt hög ändå. FÖR HÖG
- Testade en gång men golven var lika kalla i alla fall. Bor på bottenplan
- Fungerar inte. Det blir inte varmare pga. ”blåsten i lägenheterna” från ventilerna under fönstret

Fler kommentarer finns i bilaga 4.



Figur 52 Andel av de som svarat att de använder termostaten som tycker att den fungerat bra respektive dåligt.

Vissa personer som uppgett att de inte använder termostaten haft åsikter på hur den fungerar. Troligtvis är det så att dessa personer har använt termostaten och sedan inte tyckt att den fungerat tillräckligt bra och därför slutat använda den. Vissa av dessa

personer tillhör den grupp som tycker det är för kallt men ändå låter bli att använda termostaten.

Resultatet s från enkäten visar att de flesta på det stora hela är nöjda med klimatet i lägenheten men att det finns vissa svaga punkter. En av de svaga punkterna är att stor andel tycker att det är för kallt i lägenheten på vintern, se Figur 49. Andel av de som svarat på enkäten som upplever att de har problem med en eller flera faktorer i sitt inneklimat. Figur 49.

På frågan om hyresgästen använder termostaten i hallen svarar majoriteten att de inte använder den. Termostaten i hallen reglerar eftervärmningen av tilluften. Anledningen till att de inte använder den är att det inte behövs eftersom det är tillräckligt varmt ändå eller (i enstaka fall) att de inte vill betala för extravärmen. Från enkäten framkommer också att matos sprids mellan lägenheterna. Att matoset sprids beror dels på dåligt fungerande recirkulerande köksfläktar används dels på att frånluftsdonet i köket sitter precis vid utblåset från köksfläkten. Matos förs via FTX-aggregatet till tilluften hos grannarna.

7 Diskussion

Sammanfattningsvis kan det konstateras att Hamnhuset fungerar bra. Den bilden delas även av Älvstranden Utveckling som är nöjda med huset. Nedan följer diskussioner för varje delmoment

7.1 Mätningar lägenheter

Resultaten visar att Hamnhuset klarar att hålla en inomhustemperatur på över 20 °C (vilket är socialstyrelsens rekommendation) även under perioder då utomhustemperaturen går under 0 °C. Att lägenheten är för kall kommenteras i enkätundersökningen och har även gett klagomål till förvaltaren. Inga av hyresgästerna har vänt sig till förvaltaren för att påpeka problem med övertemperaturer och färre anser i enkäten att lägenheten är för varm. Detta trots att fler antal lägenheter har maxtemperaturer över 26°C jämför med antalet lägenheter som har temperaturer under 20°C.

Mätningarna från bl.a. lägenhet Z visar att uppvärmningssystemet med FTX-aggregatet är mycket trögt, temperaturen i tilluften i lägenheten påverkas marginellt vid tillfällen då FTX-aggregatet har stängts av för underhåll.

Resultatet från mätningarna i lägenhet Z och Å visar också att mycket värme förloras från tilluften på vägen till lägenheten. Tilluftstemperaturen sjunker betydligt från det att tilluften lämnar FTX-aggregatet till dess att den når tilluftsdonet i lägenheten. Värmen som förloras från värmeåtervinning och fjärrvärme kommer ändå huset tillgodo. Dock bör hyresgästernas individuella värmebatterier placeras i direkt anslutning till lägenheterna för att minska förlusterna av den värme som de betalar extra för.

Hyresgästerna använder i medel 33 kWh hushållsel per m² och år vilket är något mindre än den genomsnittliga användningen av hushållsel på 40 kWh/m²,år som Energimyndigheten presenterar på sin hemsida. (Energimyndigheten 2010).

Hamnhuset är byggt med tjocka väggar för att hindra att värme försvinner ut. De tjocka väggarna hindrar även på ett effektivt sätt de signaler som sänder mätdata från mätsensorerna till insamlingsenheterna. Väggarna har varit mer effektiva på att stoppa signaler än vad som kunnat förväntas. Trots att åtgärder har tagits genom att öka antalet insamlingsenheter per trapphus så har mätdata gått till spillo. Dock får det inte glömmas att det inte går att få obegränsad tillgång till de lägenheter där mätningarna har gjorts. De flesta hyresgästerna är inte tillgängliga på dagtid och på kvällar och helger har de ofta ett aktivt liv. Trots att mätdata saknas under året har en god bild kunnat fås av hyresgästernas termiska komfort och energianvändning.

7.2 Mätningar i lägenhet med simulerat boende

I lägenheten med simulerat boende har människoattrapper s.k. dummies för att simulera människor och apparater. För att värma upp dessa så har 60 W glödlampor använts. Men glödlampor går sönder med tiden och vid några tillfällen har lamporna varit sönder under längre perioder utan att bytas ut. Detta har gett lägre energianvändning under några av årets månader. Totalt har användningen varit 33 kWh/m²,år, och beräknat värde var 35 kWh/m²,år.

Eftersom lägenheten används som visningslägenhet har det förekommit studiebesök under mätperioden vilket påverkar framförallt rumstemperaturen.

Inget fuktöverskott kan ses i lägenhet. När roterande FTX-aggregat används finns risk för fuktöverföring vid låga utomhustemperaturer men i Hamnhuset syns inga tendenser på detta. Eftersom Hamnhuset har centrala ventilationsaggregat jämnas fuktproduktionen ut eftersom hyresgästerna duschar och lagar mat på olika tider.

Den operativa temperaturen i vardagsrummet mot söder har varit betydligt högre under vår och höst jämfört med under sommarmånaderna. Mätningarna visar att enbart balkongerna inte räcker till som solavskärmning. För att undvika höga temperaturer under vår och höst måste hyresgästerna använda sig av persiennerna.

7.3 Lägenhet med omställbar ventilation

Mätningarna av termisk komfort i lägenheten med omställbar ventilation är en anpassning för att optimera så många parametrar som möjligt. Å ena sidan bör mätningar inte göras för tätt inpå en omställning av ventilationen utan systemet måste få tid att ställa in sig. Å andra sidan är utomhusklimatet inte stabilt med tiden och för att få en rättvisande bild måste mätningarna göras med samma utomhusklimat. Med andra ord krävs en kompromiss för att få till mätningarna. Mätningarna i Hamnhuset gjordes med bästa möjliga förutsättningar avseende utomhusklimat. Vädret var kallt och klart och ingen direkt solinstrålning störde mätningarna. Dessutom var vädret stabilt under de två dagar då mätningarna gjordes.

Mätningarna visar ingen signifikant skillnad mellan fönsterdonet och tallriksdonet. Det måste dock diskuteras att mätosäkerheten vid mätning av så låga lufthastighet ger en hög mätosäkerhet pga. egenkonvektion runt mätkroppen, se mer om detta i kapitel 7.5 Mätosäkerhet. Övriga parametrar har en låg mätosäkerhet.

7.4 Centrala system

Den uppmätta användningen av varmvatten värmt av fjärrvärme är 18 kWh/m²,år vilket är något högre än det projekterade värdet på 13 kWh/m², år.

Energianvändningen för uppvärmning är mycket högre än det projekterade värdet, 39 kWh/m²,år jämfört med 12 kWh/m², år. Åren 2010 och 2011 har haft ovanligt kalla vintrar vilket är en av anledningarna till den ökade energianvändningen. Andra troliga orsaker är att husets garage är sektionerat tillsammans med förråden. Förråden måste värmas upp och därmed går även mycket energi till att värma garaget. Mer om sektioneringen finns att läsa om i *Guidelines - riktlinjer baserade på de erfarenheter som erhållits vid uppförande och utvärdering av Hamnhuset* (Gervind och Ruud 2011) Ventilationsystemet har i perioder haft obalans i tillufts och frånluftsflöden. Obalansen påverkar högst troligt även värmeåtervinnings effektivitet negativt.

7.4.1 Solvärmens och ackumulatortankarnas effektivitet

Solvärmesystemet visar på en jämförelsevis hög effektivitet. Bruttoutbytet från solfångarna per aperturarea är endast 27 % lägre än det teoretiska framräknade energiutbytet vid ideala förhållanden. Generellt så är utbytet från solfångarna i en verklig installation lägre än den teoretiska på grund av bl.a. avvikelser i lutning, riktning mot söder, solinstrålning samt värmeförluster i rören till och från solfångarna och inte en helt ideal reglering.

Den främsta orsaken till den höga effektiviteten är troligen att man kunnat hålla en förhållandevis låg temperatur i solfångarkretsen. Dock har detta skett till priset av långa gångtider för systemets pumpar. Det är troligen möjligt att ändra systemets styrning och val av hysteres så att antalet driftstimmar minskas med i princip bibehållet utbyte från solfångarna. Den låga medeltemperaturen i solfångarkretsen visar på en väl avvägd area i förhållande till behovet av varmvatten.

Även medeltemperaturen i ackumulatortankarna hålls låg för att kunna utnyttja all tillgänglig värme och för att hålla låga värmeförluster. Detta sker också till en kostnad av långa driftstider för pumparna och en påtaglig risk för korrosion. För att kunna garantera en lång livslängd på systemet så krävs det antagligen att den lägsta temperaturen i tankarna höjs eller att tankarna isoleras bättre.

Följande rekommenderas att göras på anläggningen för en minskad elanvändning till pumpar etc. och för ökad livslängd:

- I. De felaktiga temperaturgivarna i solvärmekretsen åtgärdas
- II. Styrningen för solvärmekretsens uppstart och urladdningen av tankarna modifieras för kortare driftstider för pumpar och minskad omblandning i lagret
- III. Kontroll av tankarnas nödkylning och/eller solkretsens stopptemperatur för att undvika ångbildning i solvärmeväxlaren med risk för flödesavbrott.
- IV. Höjning av den lägsta temperaturen i tankarna eller förbättrad isolering av dessa.

Det rekommenderas även att installera separat flödes- eller värmemätare för tappvarmvattenförbrukningen för en bättre uppföljning av denna och analys av solvärmens tillskott. VVC-förlusterna har i detta projekt inte utretts bl.a. på grund av

avsaknaden av flödes- eller värmemätare för VVC-kretsen. Generellt så har de använda flödesmätarna för låg upplösning för att kunna ge en klar bild över hur stabil regleringen har varit t.ex. i solvärmekretsen, för urladdningsfunktionen och för regleringen av fjärrvärmesystemet.

Slutligen borde en genomgång göras av det installerade systemet för att säkerställa att installationen verkligen genomförs enligt projekteringen.

7.5 Enkätundersökning

Enligt enkätundersökning så är majoriteten (80 %) nöjda med sitt inneklimat. En liknande undersökning har gjorts i passivhusen Lindås. Resultatet därifrån visar på liknande resultat där är 7 av 10 nöjda (Sikander, o.a. 2011).

Några av hyresgästerna i Hamnhuset säger att de tycker att det drar från tilluftsdonen, hyresgäster i passivhus i Glumslöv upplever att även de att det drar kallt från tilluften när de sitter i soffan (Sikander, o.a. 2011).

Många av de kommentarer som hyresgästerna givit handlar om att de inte har möjlighet att ha olika temperatur i de olika rummen. För hyresgästerna är det alltså viktigt känna att de har möjlighet att påverka sin innemiljö.

Magnus Bengtsson diskuterar just detta i sin avhandling *Brukarens uppfattning av inomhusmiljön. En fältundersökning i en modern kontorsbyggnad* (Bengtsson 2003). En av Bengtssons slutsatser är att om den upplevda förmågan att ändra en viss inomhusklimatparameter är hög så tenderar brukarna att vara mer tillfreds med den aktuella inomhusklimatparametern.

När resultatet från enkätundersökningarna jämförs med medeltemperaturer i lägenheterna som utvärderats kan inget samband ses mellan medeltemperaturen och hur nöjda hyresgästerna är. Eftersom hyresgästerna har kunnat göra enkäten anonymt så baseras jämförelsen endast på dem som valt att svara med sitt namn totalt 11 stycken lägenheter. Det är intressant att se att två lägenheter som har nästan identisk medeltemperatur (22,6°C respektive 22,4°C) har valt att svara helt olika på frågan om vad de tycker om temperaturen i lägenheten. Den ena hyresgästen tycker att det är mycket bra medan den andra tycker att det är acceptabelt.

Ytterligare exempel på hur mycket upplevelsen av termisk komfort varierar från person till person är att två hyresgäster som valt att svara att temperaturen är mycket bra respektive dålig. Hyresgästen som tycker att temperaturen är mycket bra har haft en lägre lägsta temperatur ($T_{\min}=19,8^{\circ}\text{C}$) den som tycker att den var dålig ($T_{\min}=20,2^{\circ}\text{C}$).

En förklaring till att de tycker så olika kan vara att det i den ena lägenheten bor en ensamstående kvinna och i den andra en familj med spädbarn. Kvinnan upplever att temperaturen är bra för henne medan barnfamiljen tycker att det är för kallt.

Personen som bor i den kallaste lägenheten ($T_{\min}=18,2^{\circ}\text{C}$) anser med all rätt att temperaturen i lägenheten är dålig.

Vid jämförelse av enkätsvar och mätdata har hänsyn försökts ta till att vissa hyresgäster som är nöjda med sitt inneklimat verkar ha varit bortresta när de kallaste

temperaturer har infunnit sig. Dessa är inte med i jämförelsen ovan. Antagandet att hyresgästen är bortrest har gjorts baserat på användningen av hushållsel har sjunkit drastiskt.

8 Slutsatser

Hamnhuset använder mer energi för uppvärmning och tappvarmvatten än beräknat. Den större användningen av energi till uppvärmning beror troligen på att det varit kallare år än normalt, att huset inte sektionerats optimalt och att ventilationen inte riktigt fungerat.

Hyresgästerna har haft innetemperatur på ca 20°C när det varit som kallast, den lägsta uppmätta temperaturen under perioden har varit 18,2°C. Under sommaren har det varit ganska varmt med innetemperaturer upp till 28°C som mest.

I enkätundersökningen säger de flesta hyresgästerna att de är nöjda med innetemperaturen och de största problemen är att det drar från tilluftsdonen, att matos sprids i huset och att det är lite kallt på vintern.

9 Framtida projekt

Projektet om Hamnhuset förväntas leda till förslag på nya projekt som kan bidra till ett framtida energieffektivt byggande. Nedan följer ett par förslag på sådana projekt.

Hamnhuset gör av med mer energi för värme än vad som var projekterat. Det finns andra exempel där projekteringen inte stämmer överens byggnadens faktiska energianvändning. Det skulle vara av stort värde att studera vad som påverkar skillnaden i projekterad och uppmätt energianvändning.

Istället för roterande värmeväxlare i ventilationsaggregat skulle plattvärmeväxlare kunnat användas. Då hade problem med luktöverföring kunnat undvikas, men istället hade det kanske funnits risk för påfrysning i värmeväxlaren. Vilken lösning som är bäst beror på många parametrar, för att förenkla beslutsprocessen för installationer vid nya byggprojekt skulle ett nytt projekt ta vara på kunskap om hur man väljer rätt system. Vilket system är bra för vilken tillämpning?

Mekanisk till och frånluft använder mycket el. Förslag på nytt projekt är att undersöka hur man dimensionerar och placerar filter och värmeväxlare för att minska elanvändningen

Projekt kring projektering av stora solvärmeanläggningar. Små solvärmeanläggningar är idag standardiserade. För större anläggningar är så inte fallet och det behövs spridning av kunskap. Förslag på nytt projekt är kunskapsspridning om hur man projekterar och styr stora solvärmeanläggningar.

När mätresultaten från Hamnhuset jämförs med svaren från enkätundersökningarna märks att hyresgästerna har väldigt olika uppfattning om hur ett bra termiskt klimat ska vara. Kopplingen mellan uppmätta temperaturer och svaren i enkätutrustningen

har haft ett litet underlag eftersom hyresgästerna har kunnat svara anonymt. Ett projekt som gav ett större underlag skulle ge en uppfattning om vilket inneklimat hyresgäster i flerfamiljshus förväntar sig. Vilket senare kan kopplas till vilken innetemperatur energianvändningen i passivhus ska projekteras för, vilket i sin tur påverkar den projekterade energianvändningen. Ett sådant projekt kan även ta hänsyn till andra parametrar som t.ex. vilken attityd hyresgästen har till miljö samt hur hyresgästen är klädd.

10 Litteraturförteckning

Bengtsson, Magnus. *Brukarens uppfattning av inomhusmiljön. En fältundersökning i en modern kontorsbyggnad*. Licentiatsavhandling, Göteborg: Institutionen för installationsteknik. Chalmers tekniska högskola, 2003.

Bolminger, Staffan, intervjuad av Pernilla Gervind. *Miljöchef på ÅUAB* (2011).

Boverket. "Boverkets byggregler (föreskrifter och allmänna råd); BBR 18." den 27 04 2011. <http://www.boverket.se/Global/Webbokhandel/Dokument/2011/BBR-18/bfs-2011-6-bbr-18.pdf> (använd den 27 09 2011).

—. "Regelsamling för byggande, BBR 2008 ." 2008.

http://www.boverket.se/Global/Webbokhandel/Dokument/2008/BBR_15/BBR_regel_samling_for_byggande_BBR_2008_NY%20hela.pdf (använd den 04 01 2011).

Energimyndigheten. *Energimyndigheten - För dig som bor i lägenhet*. den 08 03 2010. <http://energimyndigheten.se/sv/Hushall/For-dig-i-lagenhet/> (använd den 29 11 2011).

Energimyndighetens program för passivhus och lågenergihus. "Kravspecifikation för passivhus i Sverige - Energieffektiva bostäder." 2007.

<http://www.energimyndigheten.se/Global/Foretag/passivkrav.pdf> (använd den 30 10 2011).

Fahlén, Per. "Presentation 2011." 2011.

Gervind, Pernilla, och Svein Ruud. *Guidelines - riktlinjer baserade på de erfarenheter som erhållits vid uppförande och utvärdering av Hamnhuset*. SP-rapport, Borås: SP, 2011.

Sikander, Eva, Svein Ruud, Kristina Fyhr, och Owe Svensson. *Erfarenhetsåterföring från de första passivhusen - inomhusmiljö, beständighet och brukarvänlighet*. SP-rapport, Borås: SP, 2011.

SIS, Swedish Standard Institute. *SS-EN ISO 7730:2005 Ergonomi för den termiska miljön - Analytisk bestämning och bedömning av termisk komfort med hjälp av indexen PMV och PPD samt kriterier för lokal termisk komfort*. . Stockholm: SIS, Swedish Standard Institute, 2006.

Socialstyrelsen. "SOSFS 2005:15 Allmänna Råd." 2005.

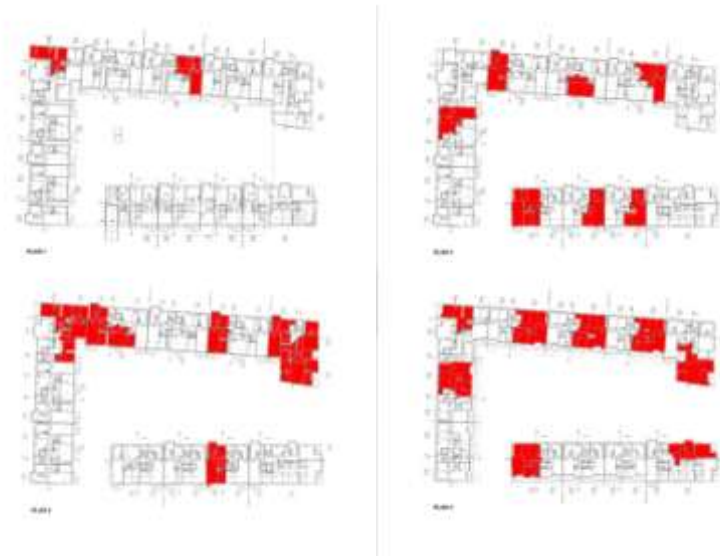
<http://www.socialstyrelsen.se/sosfs/2005-15> (använd den 05 01 2011).

Älvstranden Utveckling AB. "Hamnhuset. Ett energieffektivt flerbostadshus utan traditionellt uppvärmningssystem." den 02 07 2010.

http://www.alvstranden.com/images/uploads/file/hamnhuset_sve_web_100426.pdf. 2010-07-02 (använd den 27 09 2011).

Bilaga 1- ritning över Hamnhuset

I ritningen är de lägenheter där det gjorts mätningar markerade i rött. För att hyresgästerna ska förbli anonyma anges inte vilken lägenhet som hör ihop med vilket mätresultat. Tanken med markeringen är framförallt att visa på spridningen av lägenheter i huset.

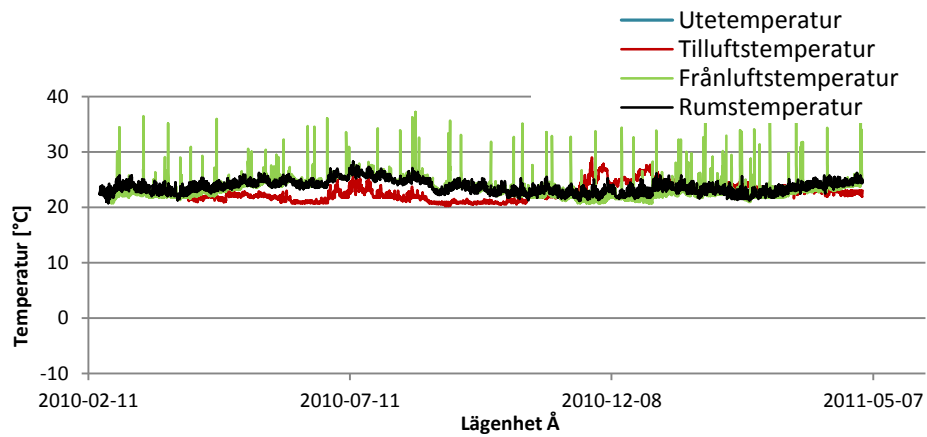


Figur 53. Ritning över Hamnhuset plan 1-4.

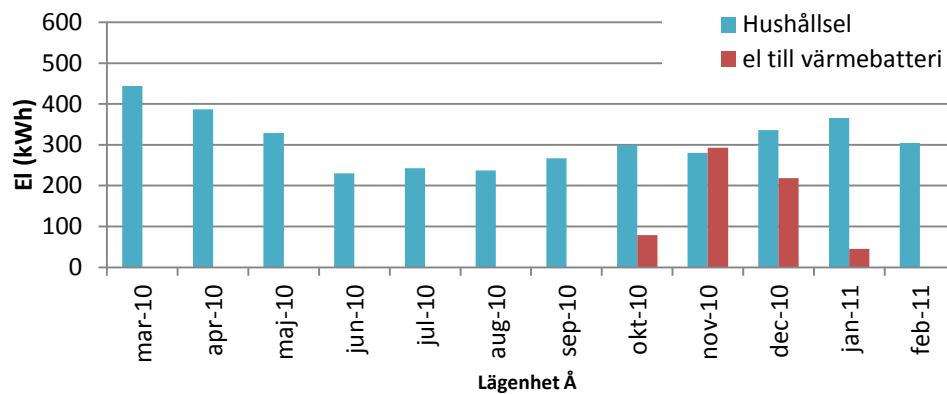
Bilaga 2 – resultat från mätningar i lägenheter

Lägenheterna presenteras i omvänd bokstavsordning.

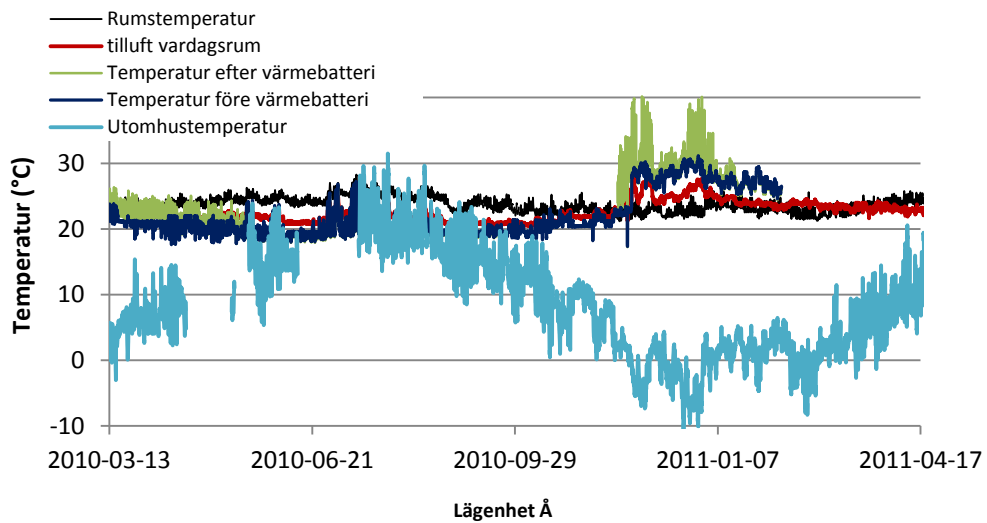
Lägenhet Å



Figur 54. Temperaturer i lägenhet Å

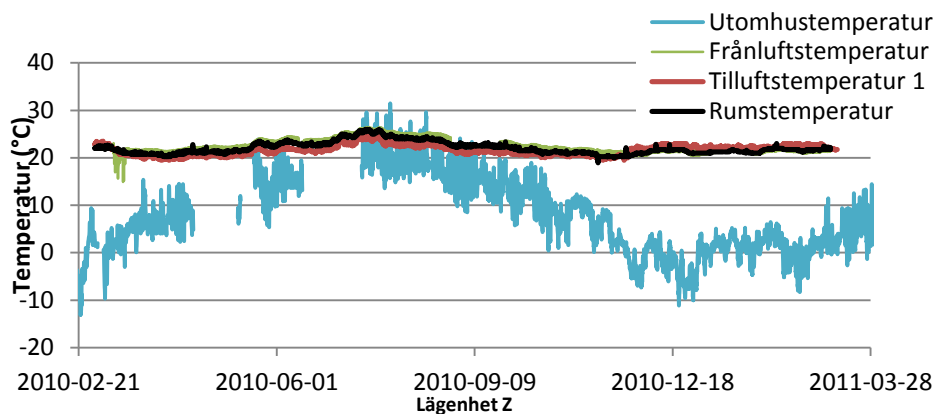


Figur 55. Användning av hushållsel och el till värmebatteri i lägenhet Å

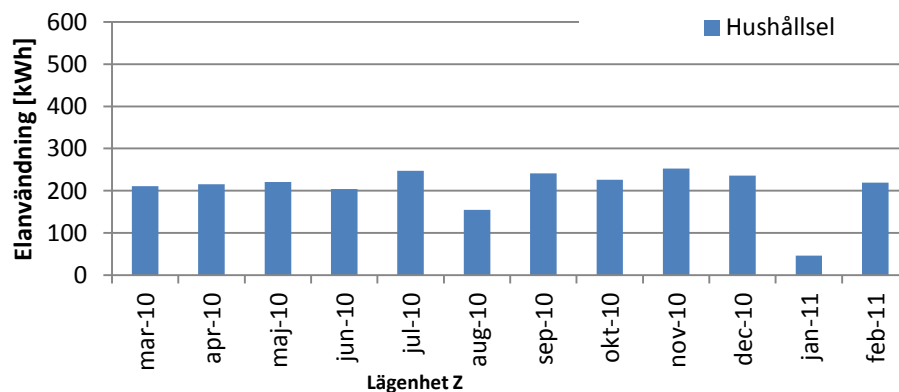


Figur 56. Temperaturer i lägenhet Å.

Lägenhet Z - visningslägenheten

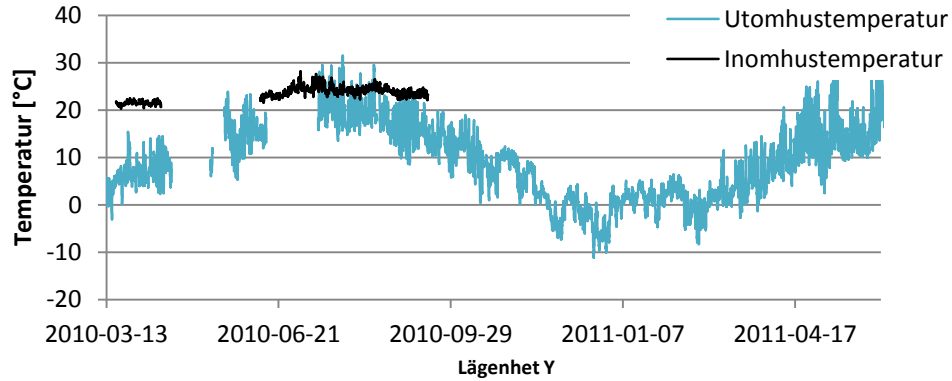


Figur 57. Temperaturer i lägenhet Z



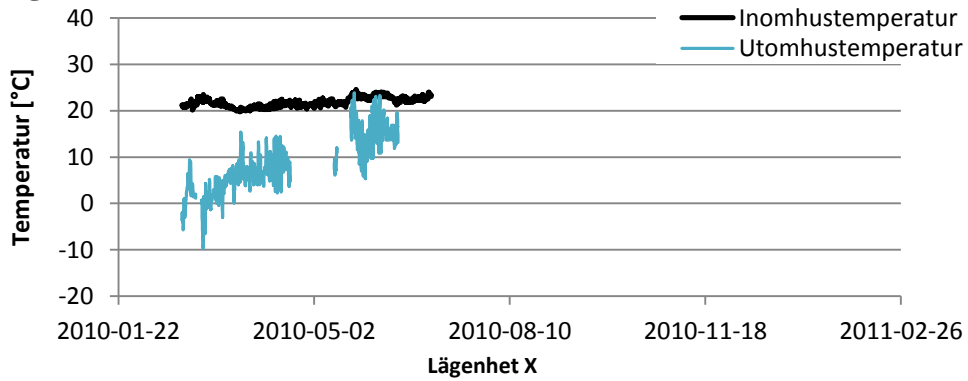
Figur 58. Användning av hushållsel i lägenhet Z. Lägenheten har inte använt någon el till värmebatteri.

Lägenhet Y

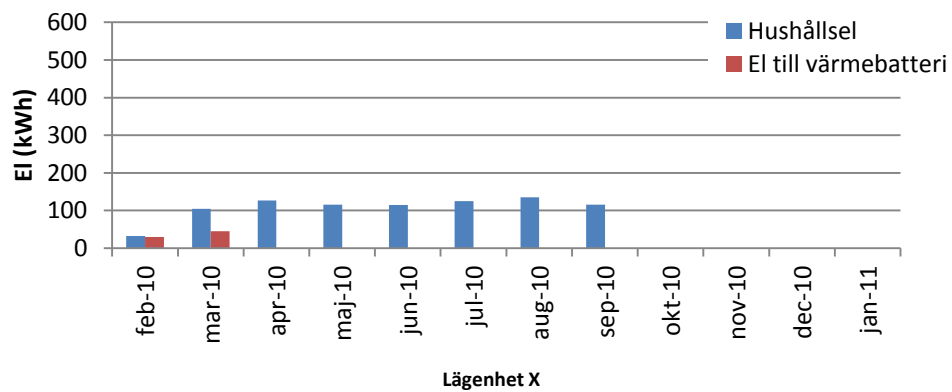


Figur 59. Temperaturer i lägenhet Y

Lägenhet X

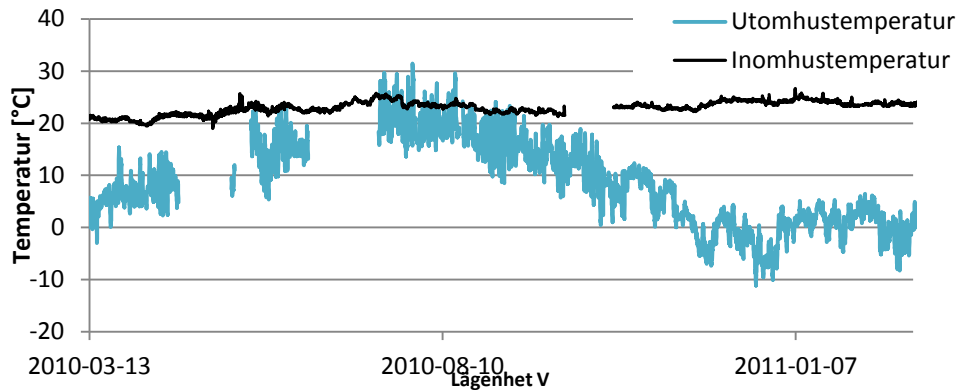


Figur 60. Temperaturer i lägenhet X

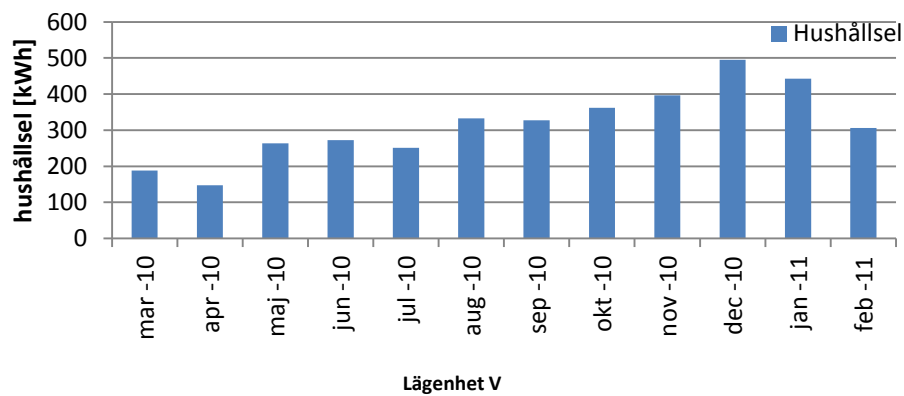


Figur 61. Användning av hushållsel och el till värmebatteri

Lägenhet V

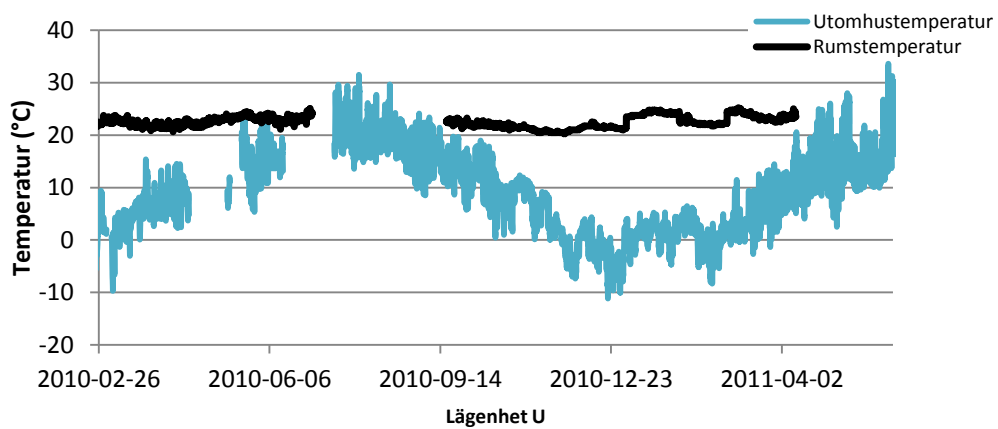


Figur 62. Temperaturer i lägenhet V

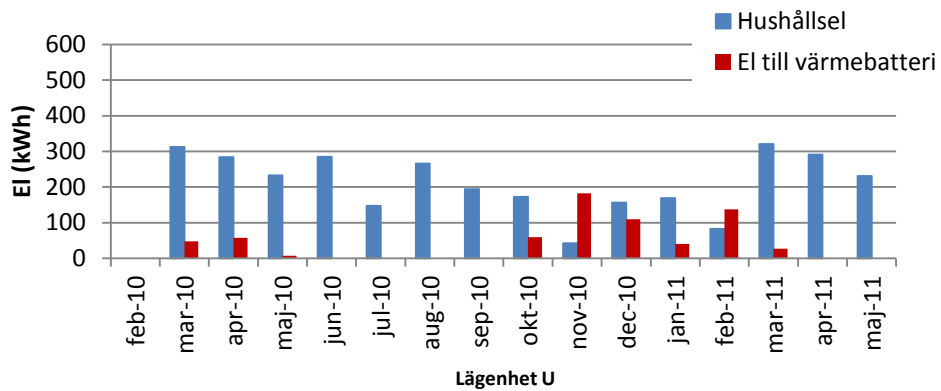


Figur 63. Användning av hushållsel och el till värmebatteri i lägenhet V. Hyresgästerna har inte använt värmebatteriet.

Lägenhet U

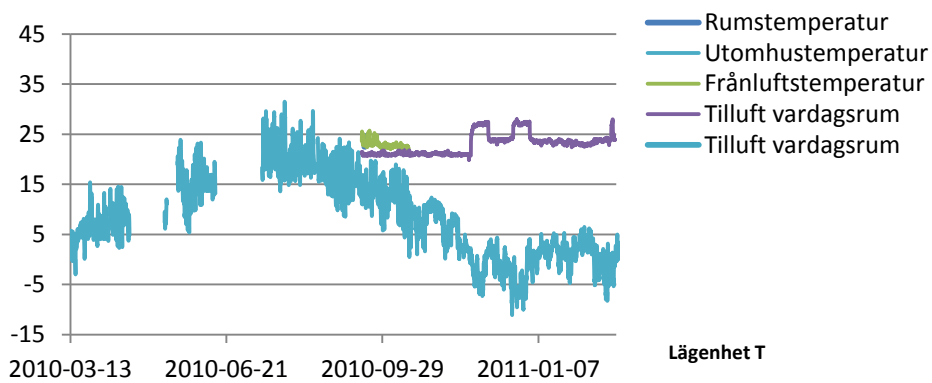


Figur 64. Temperaturer i lägenhet U

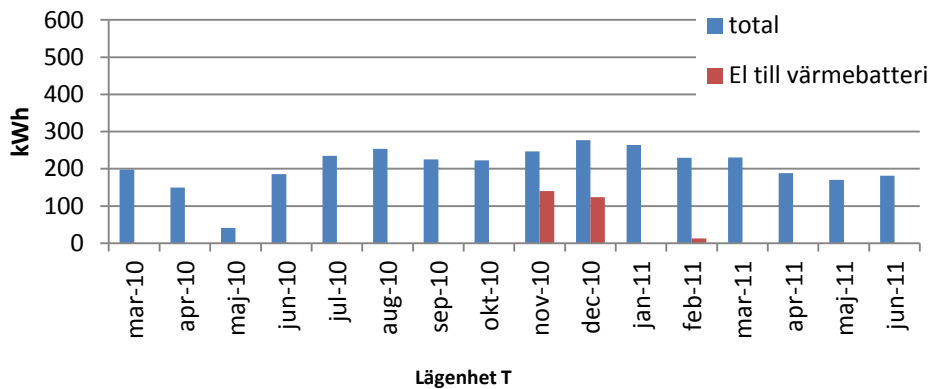


Figur 65. Användning av hushållsel och el till värmebatteri i lägenhet U

Lägenhet T

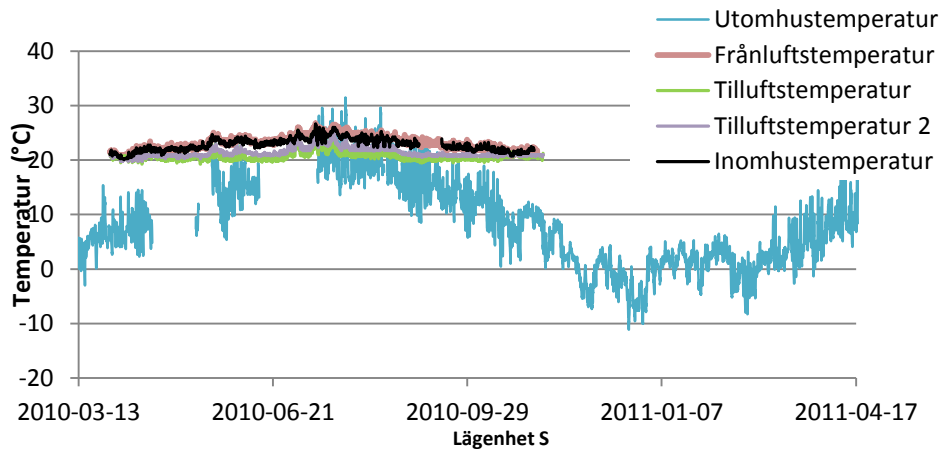


Figur 66. Temperaturer i lägenhet T. Data saknas för rumstemperaturer, och frånluftstemperaturer.

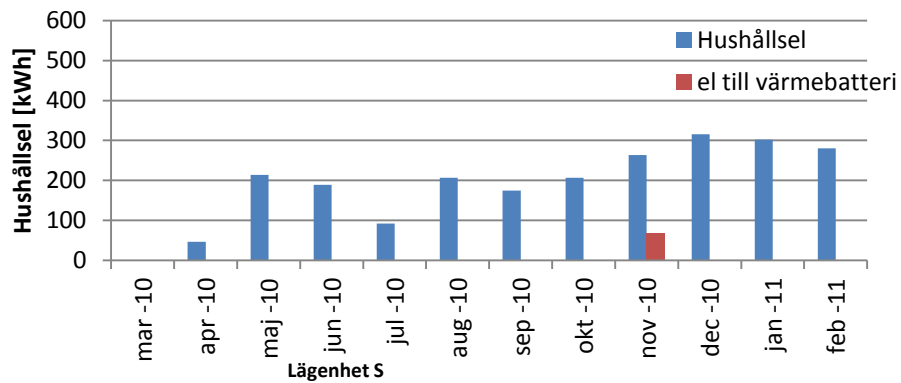


Figur 67. Användning av hushållsel och el till värmebatteri i lägenhet T.

Lägenhet S

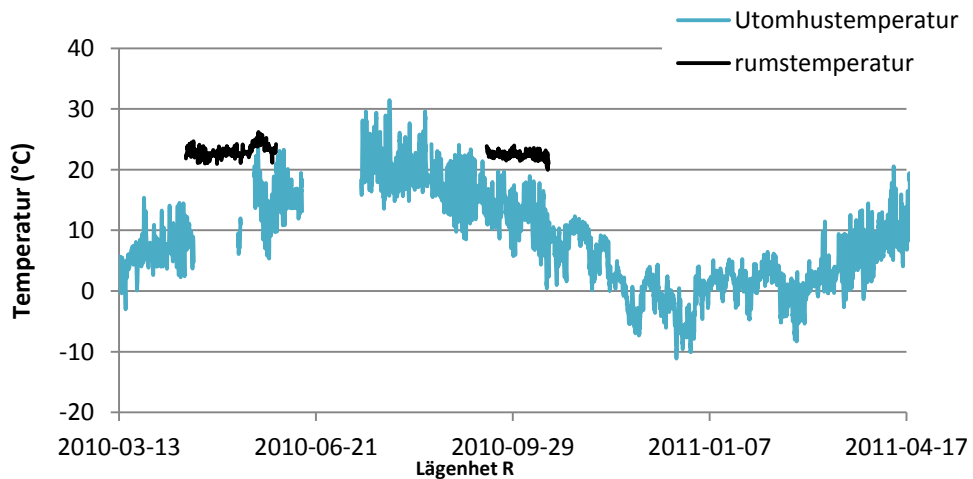


Figur 68. Temperaturer i lägenhet S

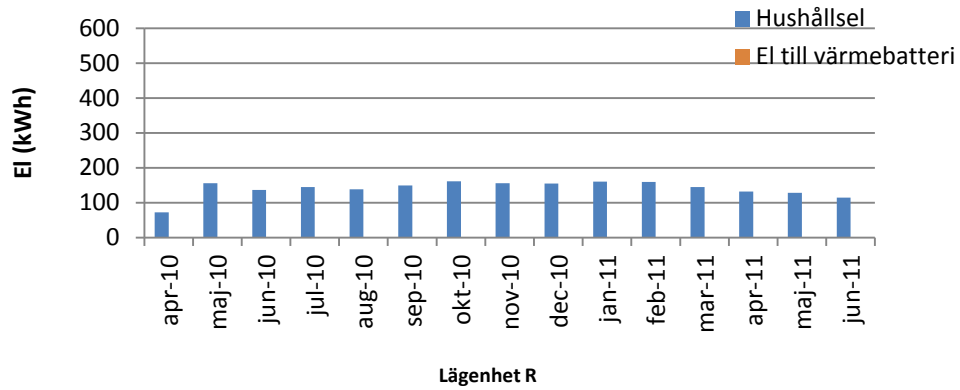


Figur 69. Användning av hushållsel och el till värmebatteri i lägenhet S

Lägenhet R

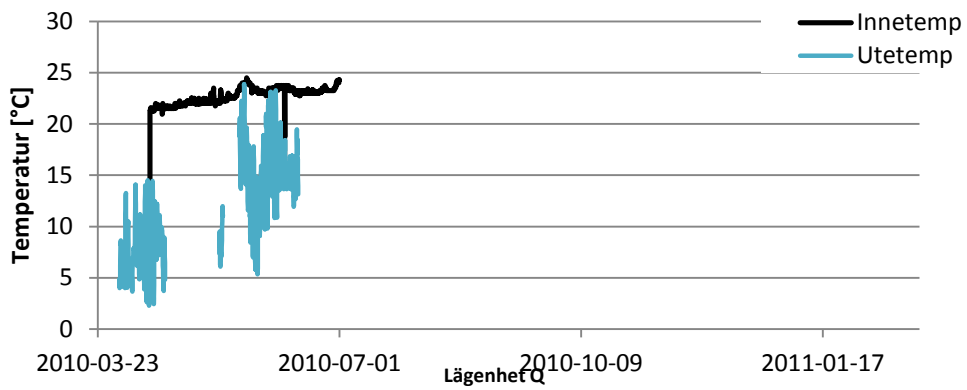


Figur 70. Temperaturer i lägenhet R

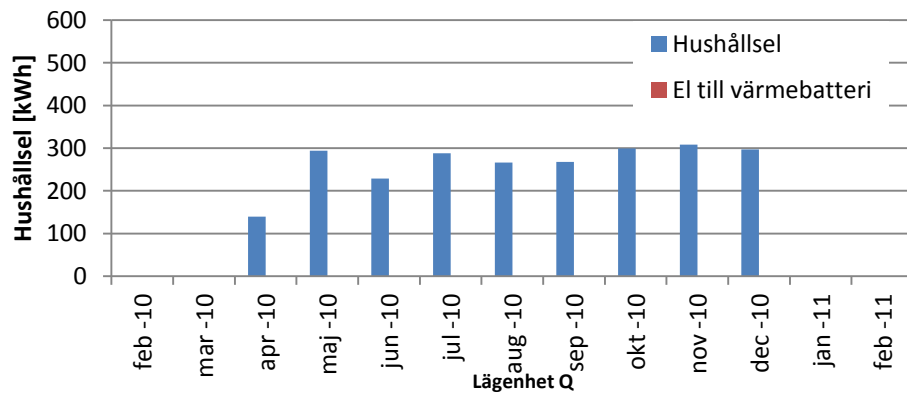


Figur 71. Användning av hushållsel och el till värmebatteri i lägenhet R

Lägenhet Q

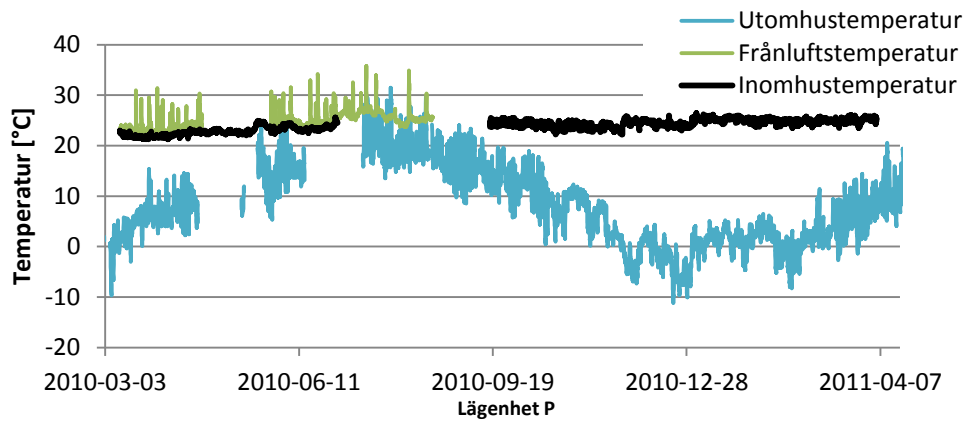


Figur 72. Temperautrer i lägenhet Q

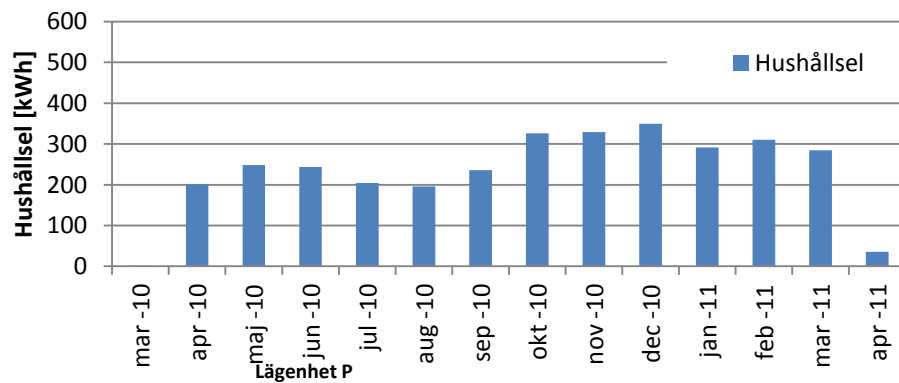


Figur 73. Användning av hushållsel och el till värmebatteri i lägenhet Q

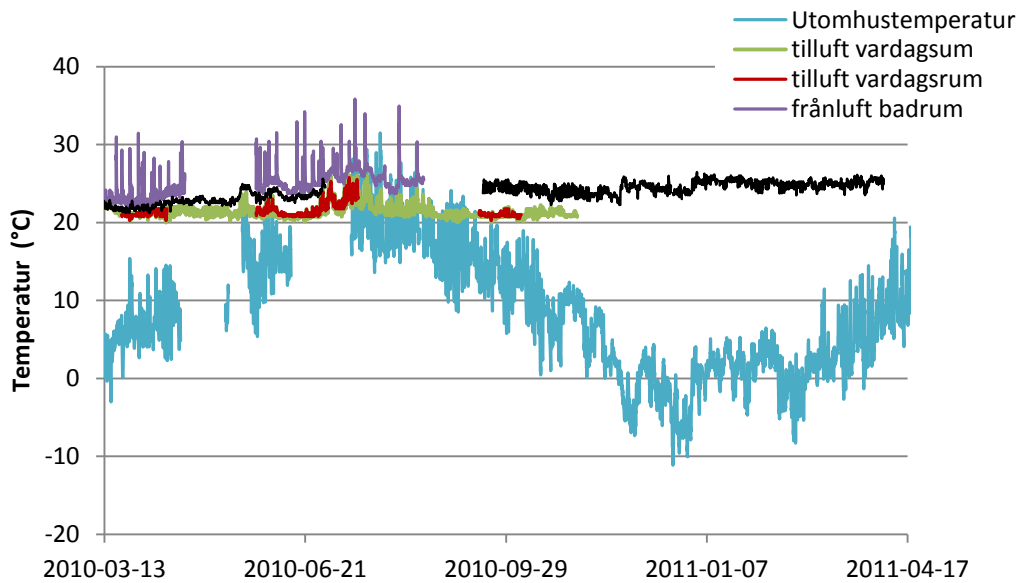
Lägenhet P



Figur 74. Temperaturer i lägenhet P

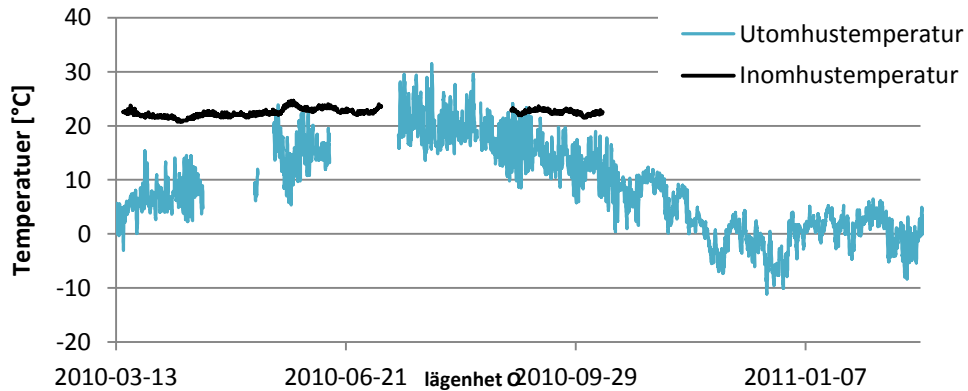


Figur 75. Användningen av hushållsel och el till värmebatteri

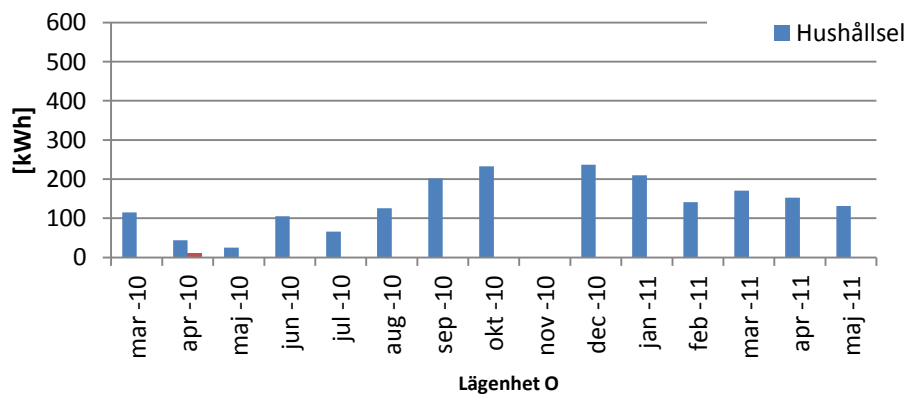


Figur 76. Tillufts och frånluftstemperaturer i lägenhet P. Topparna i temperatur i frånluften beror på att det i badrummet finns tvättmaskin och torktumlare.

Lägenhet O

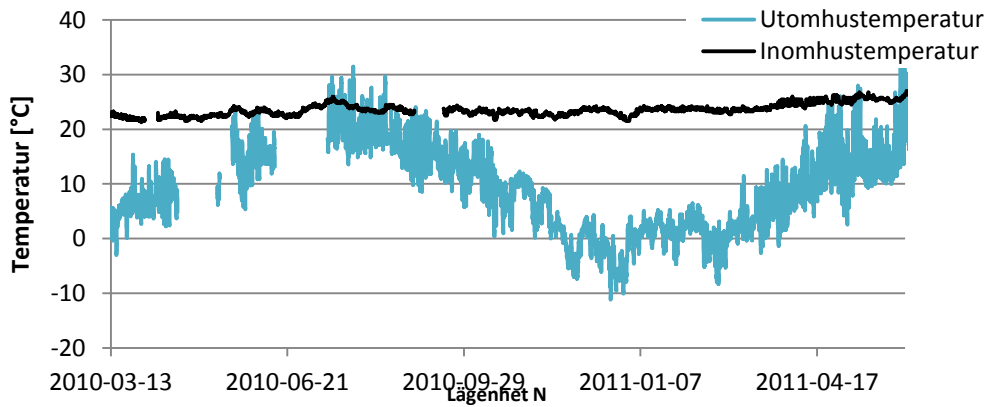


Figur 77. Temperatur i lägenhet O

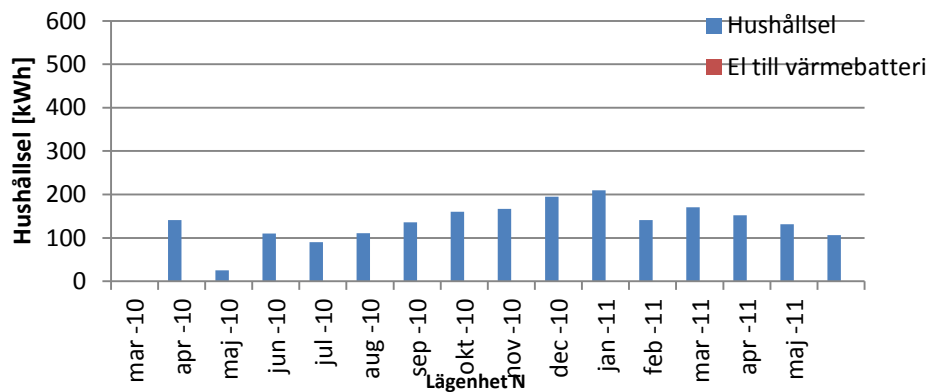


Figur 78. Användning av hushållsel i lägenhet O. Data saknas för november

Lägenhet N

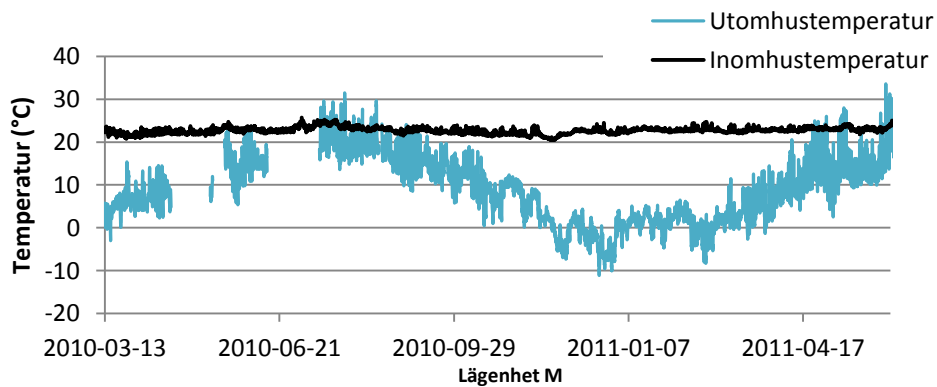


Figur 79. Temperaturer i lägenhet N

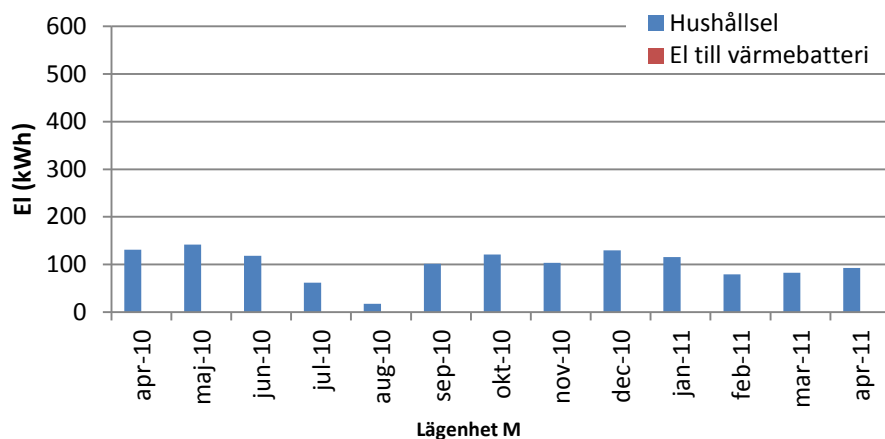


Figur 80. Användning av hushållsel och el till värmebatteri i lägenhet N. Data saknas för april 2010 därför låg energianvändning.

Lägenhet M



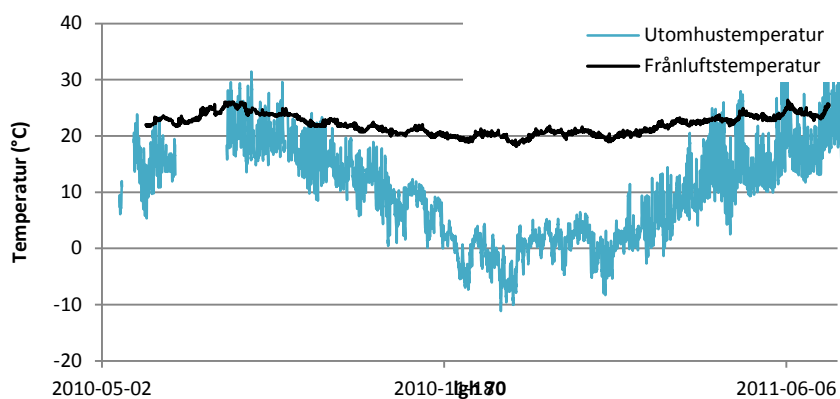
Figur 81. Temperaturer i lägenhet M



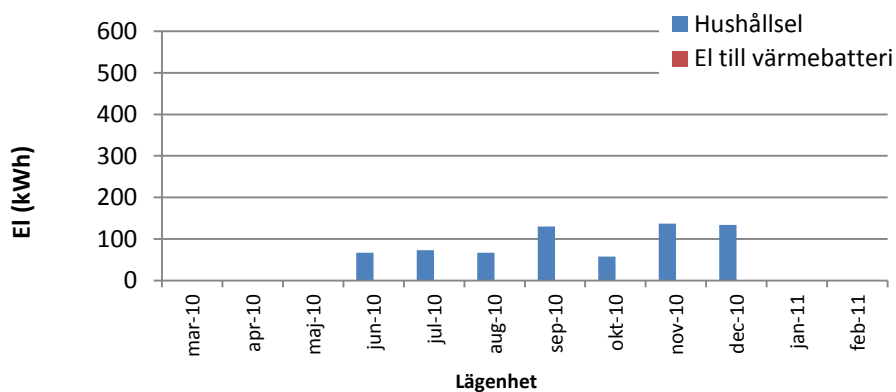
Figur 82. Användningen av hushållsel och el till värmebatteri i lägenhet M

Lägenhet L

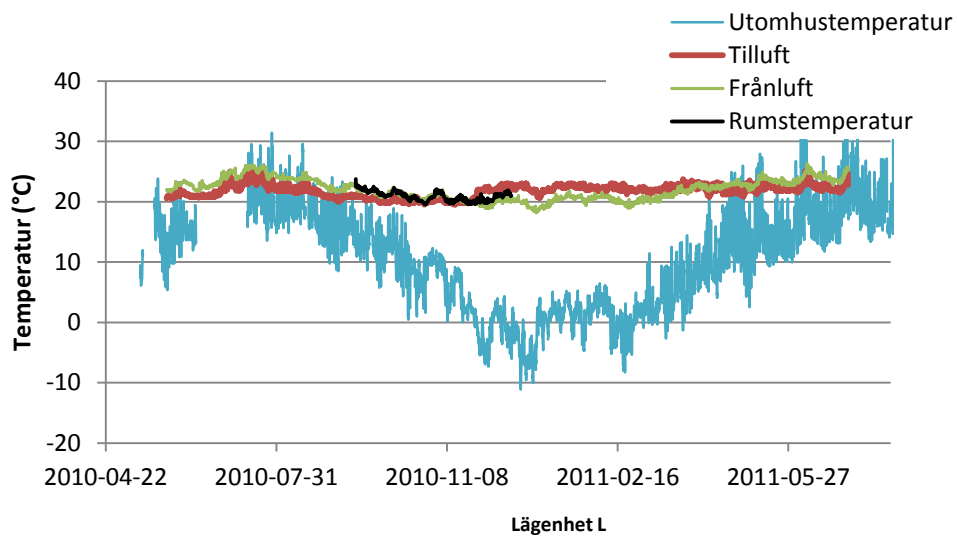
Lägenhet L är lägenheten med omställbar ventilation



Figur 83. Rumstemperatur och utomhustemperatur i lägenhet L. Frånluftstemperaturen i lägenhet L kan approximativt sägas vara lika med rumstemperaturen.

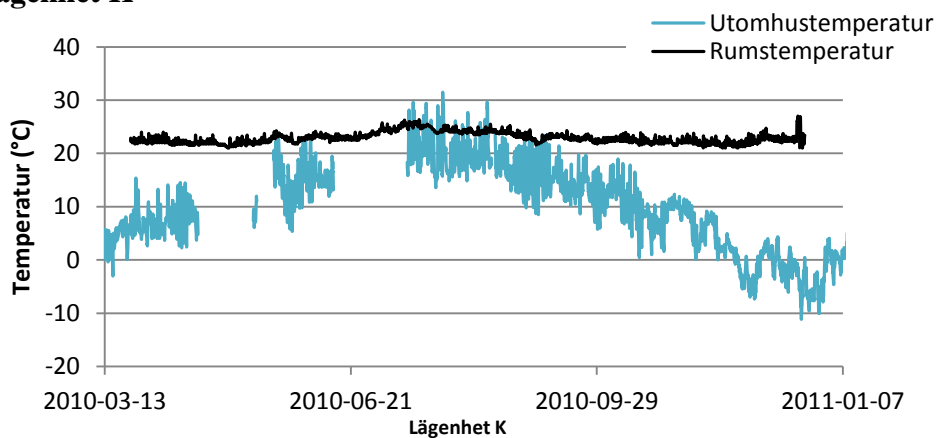


Figur 84. Användning av hushållsel och el till värmebatteri i lägenhet L

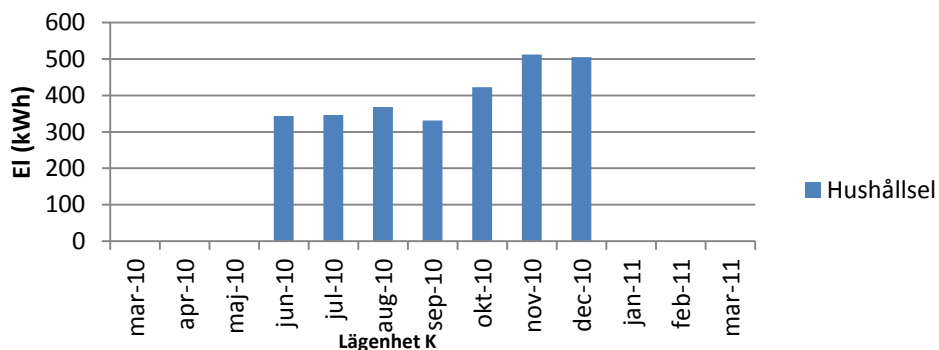


Figur 85. Temperaturer i lägenhet L.

Lägenhet K

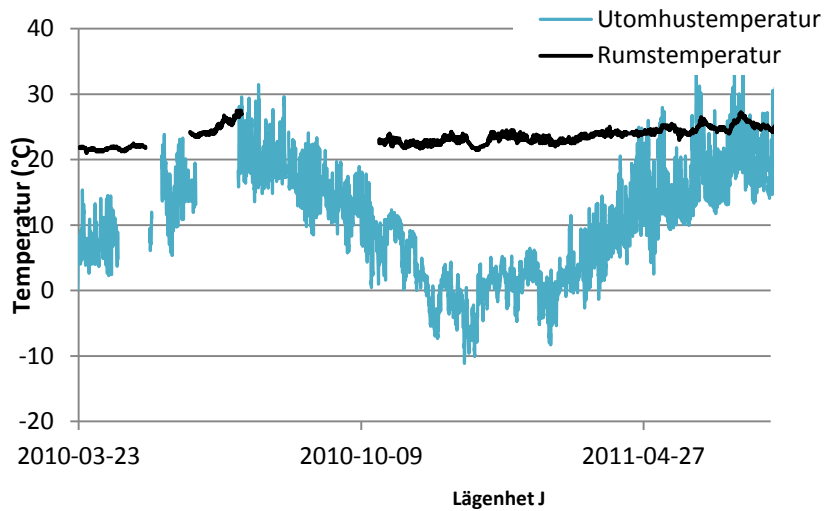


Figur 86. Temperaturer i lägenhet K

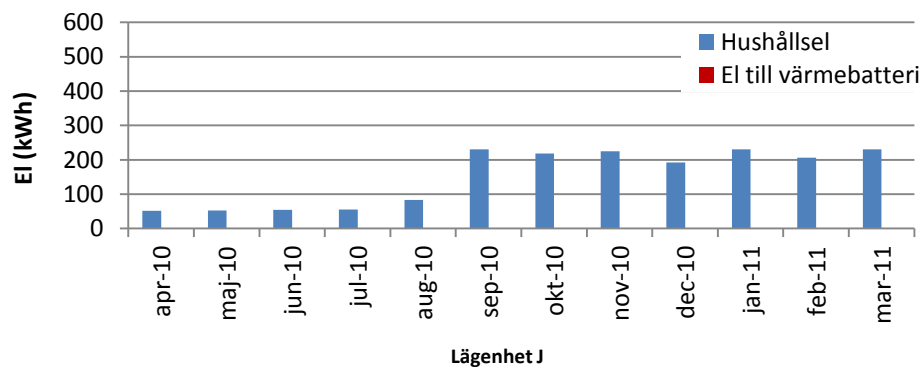


Figur 87. Användningen av hushållsel i lägenhet K. Data saknas för några månader.

Lägenhet J

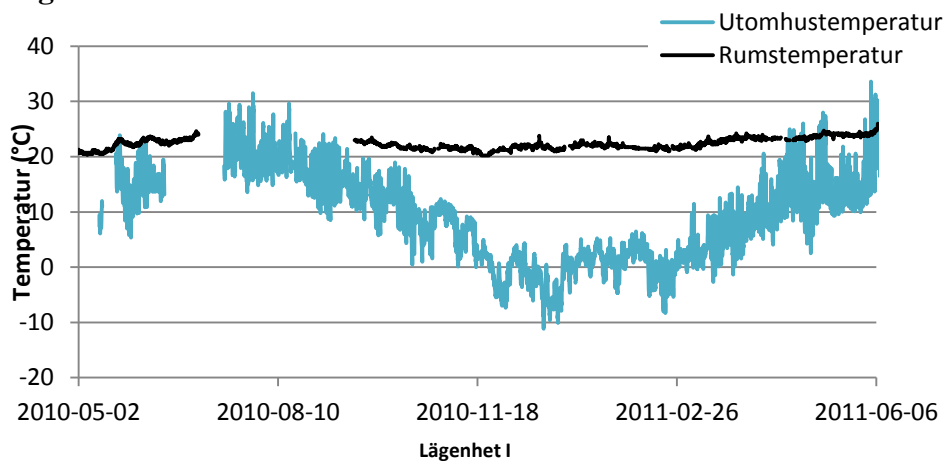


Figur 88. Temperatur i lägenhet J.

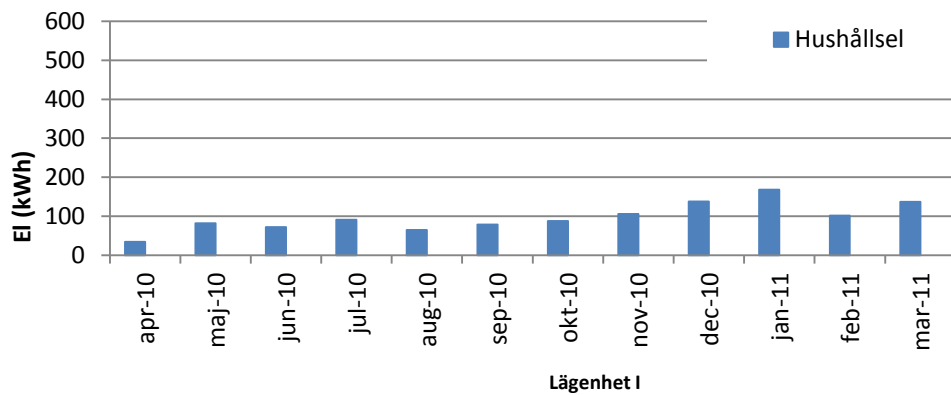


Figur 89. Användningen av hushållsel och el till värmebatteriet i lägenhet J

Lägenhet I

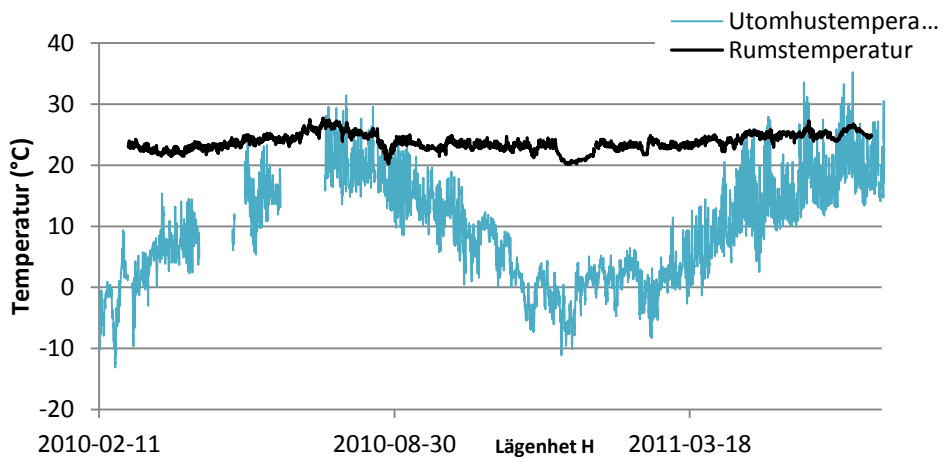


Figur 90. Temperatur i lägenhet I.

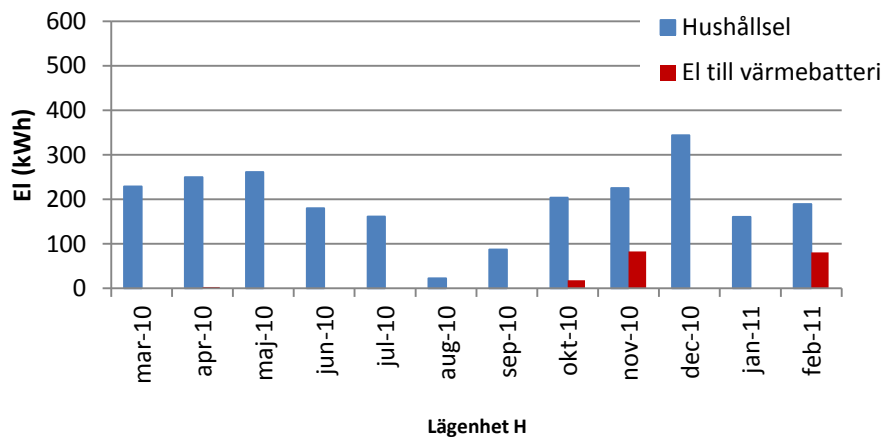


Figur 91. Användningen av hushållsel i lägenhet I. Hyresgästen har inte använt någon el till eftervärm.

Lägenhet H

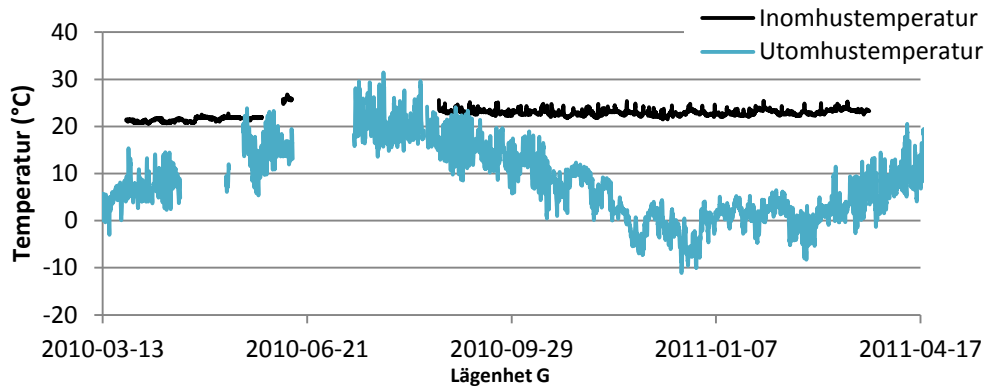


Figur 92. Temperaturer i lägenhet H

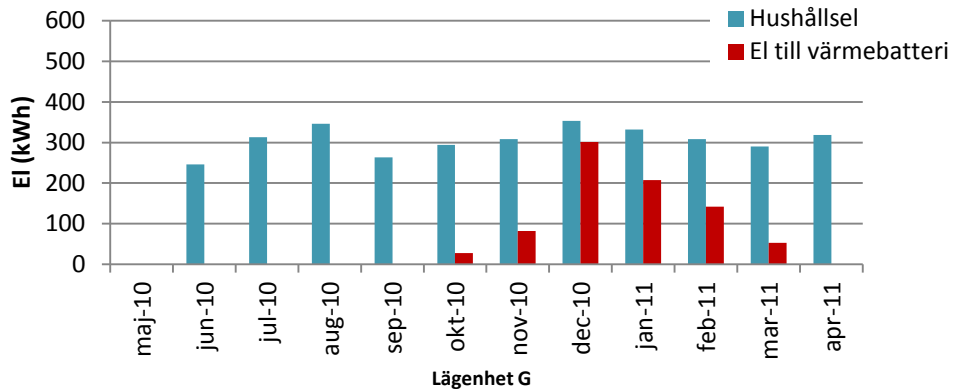


Figur 93. Användning av hushållsel och el till värmebatteri i lägenhet H

Lägenhet G

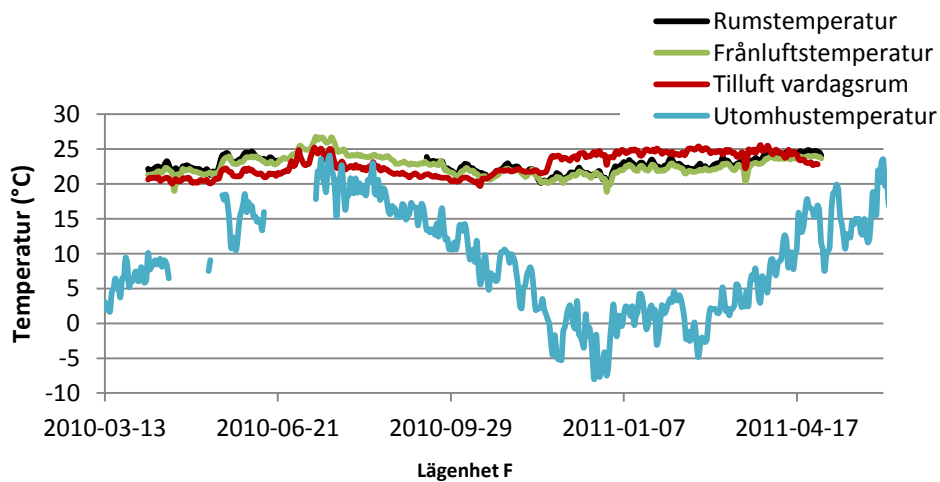


Figur 94. Temperaturer i lägenhet G

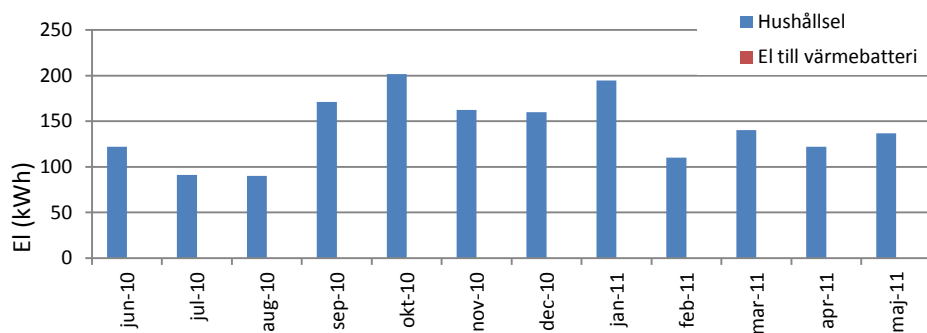


Figur 95. Användningen av hushållsel och el till värmebatteri i lägenhet G

Lägenhet F



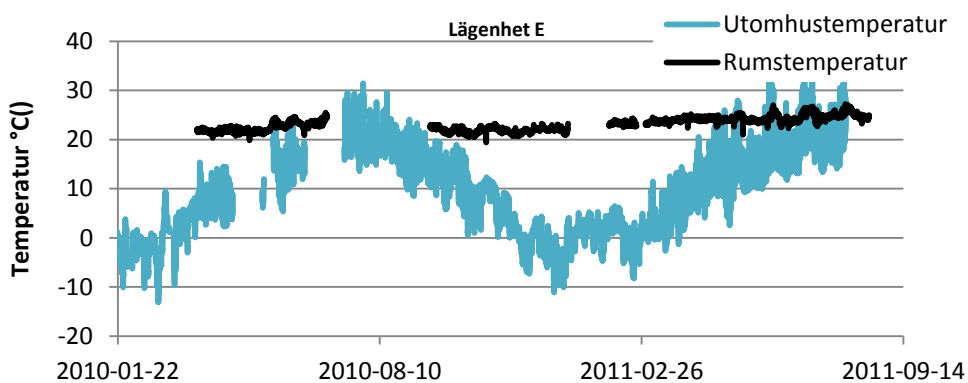
Figur 96. Temperaturer i lägenhet F.



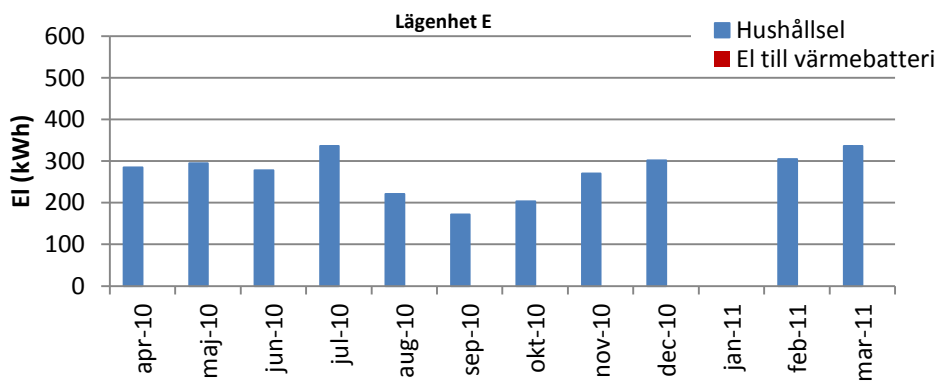
Lägenhet F

Figur 97. Användningen av hushållsel och el till värmebatteri lägenhet F

Lägenhet E

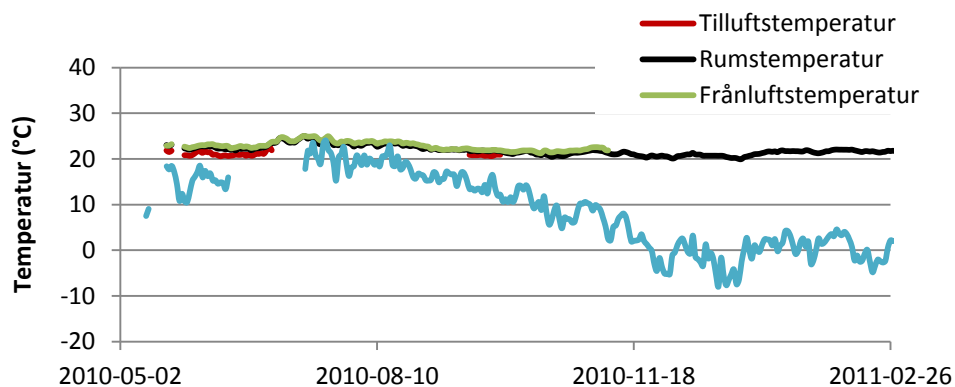


Figur 98. Temperaturer i lägenhet E

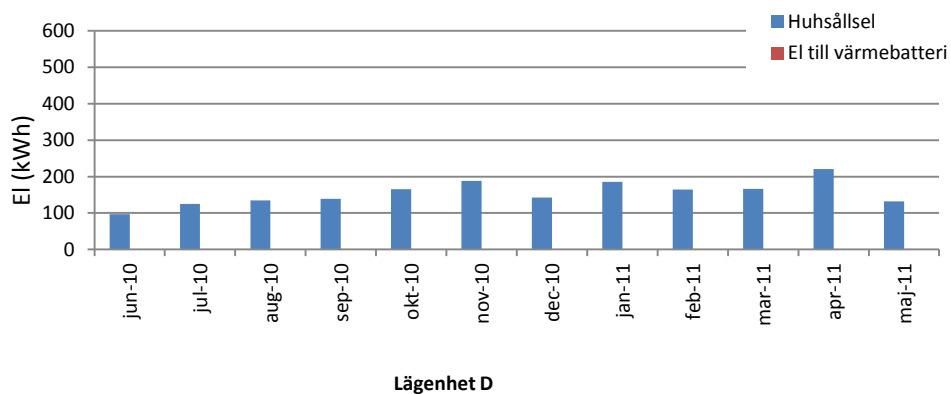


Figur 99. Användningen av hushållsel och el till värmebatteri i lägenhet E

Lägenhet D



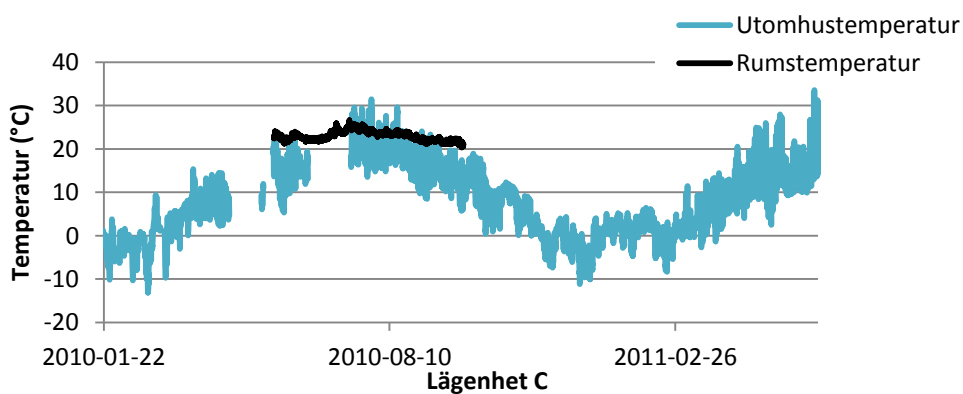
Figur 100. Temperaturer i lägenhet D



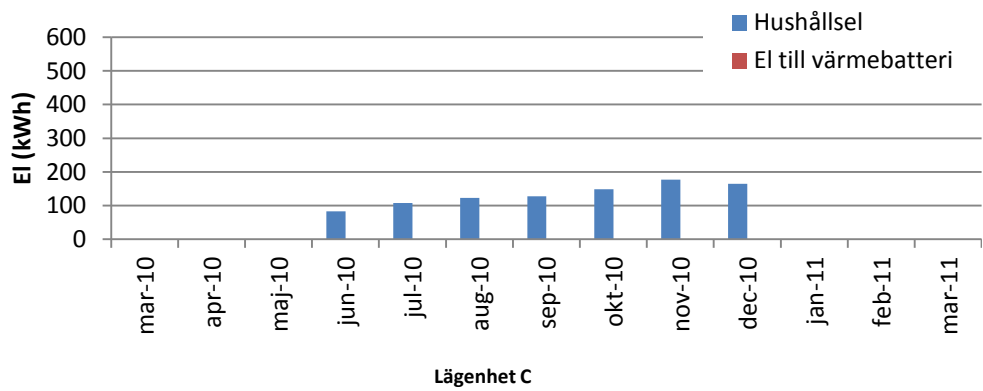
Lägenhet D

Figur 101. Användning av hushållsel och el till värmebatteri i lägenhet D.

Lägenhet C

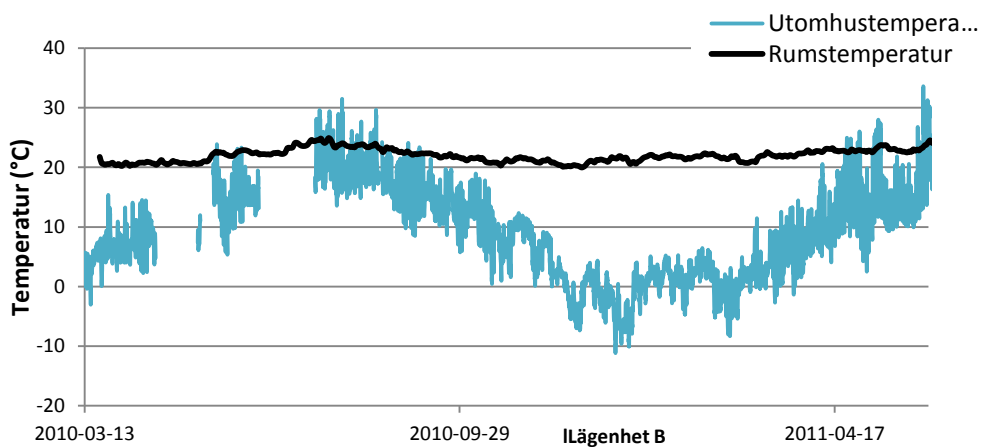


Figur 102. Temperatur i lägenhet C

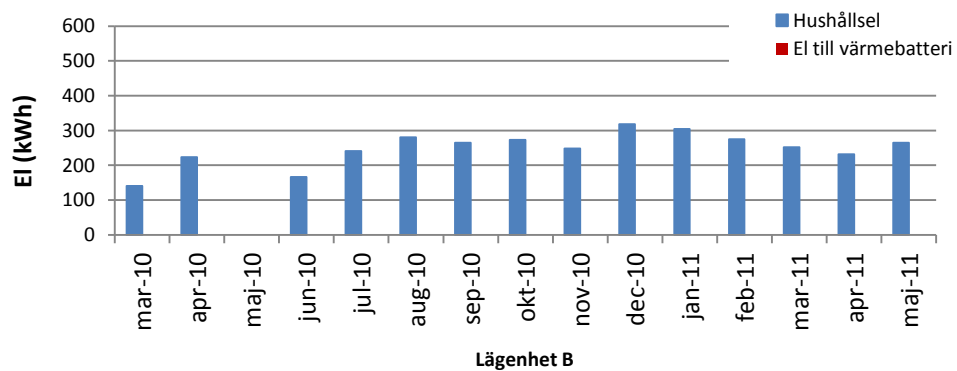


Figur 103. Användningen av hushållsel och el till värmebatteri

Lägenhet B

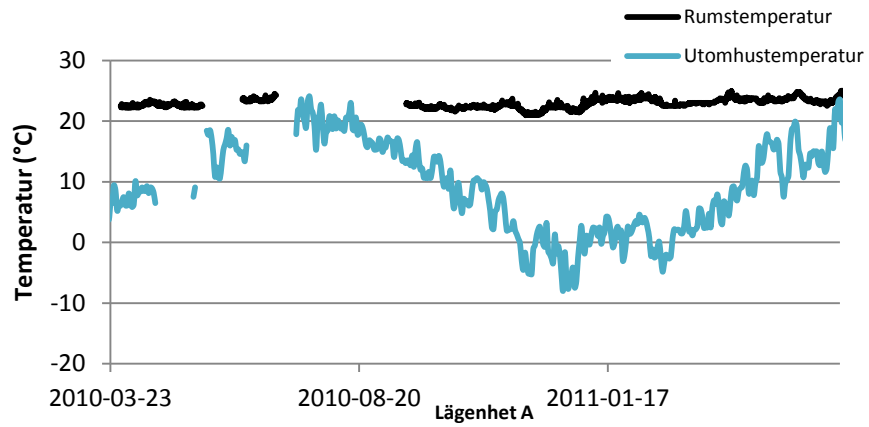


Figur 104. Temperatur i lägenhet B

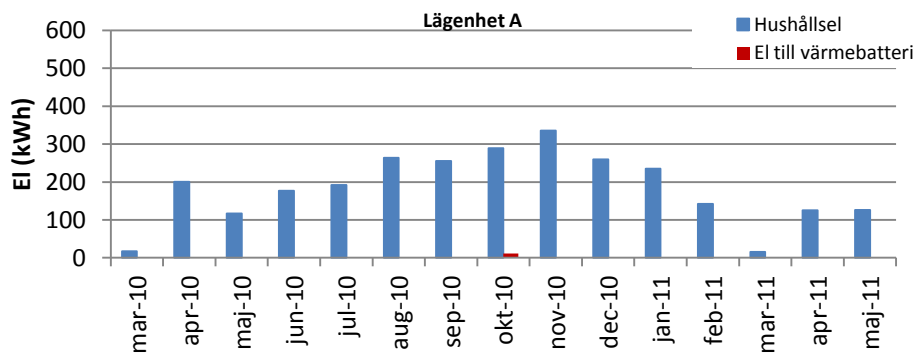


Figur 105. Användningen av hushållsel och el till värmebatteri i lägenhet B

Lägenhet A



Figur 106. Temperatur i lägenhet A



Figur 107. Användning av hushållsel och el till värmebatteri i lägenhet A

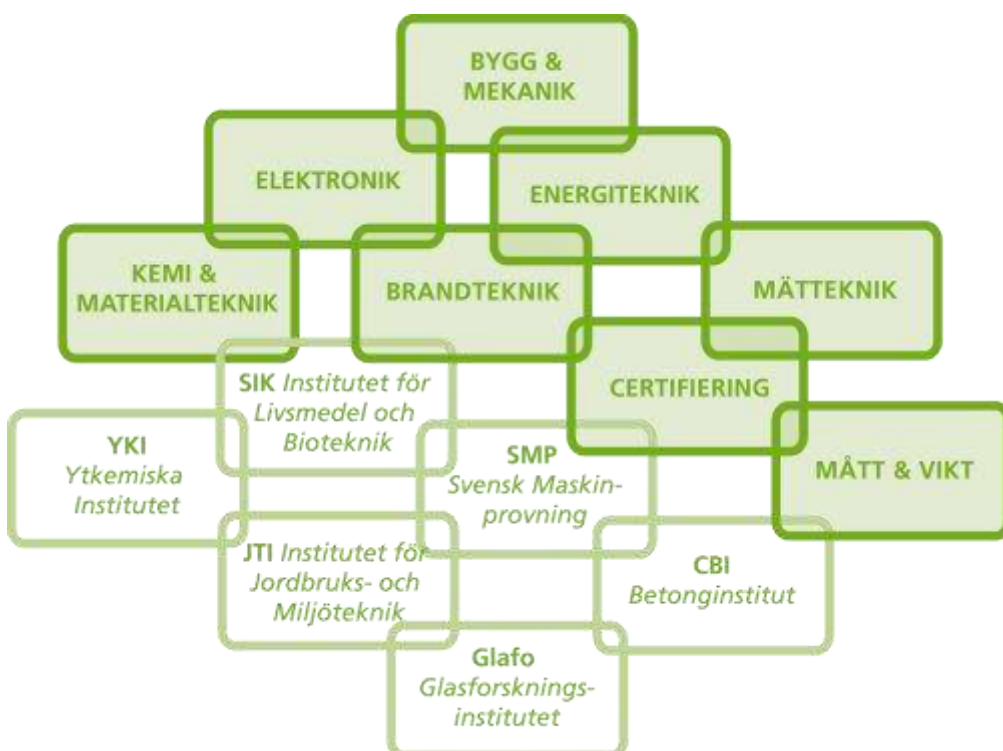
Bilaga 3 - Uppmätta energimängder centrala systemet

Tabell 11 Uppmätta energimängder i MWh månadsvis över den redovisade perioden.

År-Månad	Solvärme till ack-tankar	Solvärme till Tappvarmvatten	Uppvärmning från fjärrvärme	Använd mängd fjärrvärme
2010-Juli	14,8	14,0	0,1	4,3
2010-Augusti	9,6	9,1	0,2	9,7
2010-September	9,5	9,4	1,8	12,9
2010-Oktober	5,9	6,5	6,5	34,8
2010-November	2,4	2,8	50,1	74,7
2010-December	0,9	1,6	112,0	139,6
2011-Januari	2,4	3,1	85,3	112,0
2011-Februari	6,4	5,5	79,8	101,8
2011-Mars	9,0	-0,3	59,3	79,8
2011-April	13,8	13,6	30,5	43,6
2011-Maj	14,1	14,3	14,2	24,3
2011-Juni	15,1	14,3	0,6	7,3
Summa 12-månader	104 MWh	94 MWh	440 MWh	645 MWh

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, Internet: www.sp.se

www.sp.se

Mer information om SP:s publikationer: www.sp.se/publ

Energiteknik

SP Rapport : 2011:79

ISBN 978-91-87017-11-7