

# Individuell mätning och debitering av komfortvärme och varmvatten

– Analys av Helsingborgshems utförda IMD installation



LUNDS  
UNIVERSITET

Lunds Tekniska Högskola

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg  
Institutionen för Bygg- & Miljöteknologi

Examensarbete:  
Fredrik Nilsson  
Robert Magnusson

© Copyright Fredrik Nilsson, Robert Magnusson

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg  
Lunds universitet  
Box 882  
251 08 Helsingborg

LTH School of Engineering  
Lund University  
Box 882  
SE-251 08 Helsingborg  
Sweden

Tryckt i Sverige  
Media-Tryck  
Biblioteksdirektionen  
Lunds universitet  
Lund 2015

## Sammanfattning

Kraven från EU och regeringen på att minska energianvändningen för byggnader blir allt strängare. Lagen om energimätning (SFS 2014:267) utfärdades 30 april 2014. Lagen handlar om energimätning i ny- och ombyggnad, under 2015 kommer ett beslut om hur energimätning ska utföras i befintliga byggnader. Individuell mätning och debitering kan vara ett verktyg för att minska energianvändningen. Och de boende får ett incitament att spara pengar.

Syftet med denna rapport var att göra en efterkalkyl på ett befintligt system för individuell mätning och debitering. Tidigare rapporter visar på en möjlig energiminskning för värme och varmvatten. En analys av om installationen gett förväntat resultat har genomförts. Metoden som används för värmemätning är komfortvärme. Komfortvärmemätning är den teknik som är vanligast i Sverige och innebär att debitering sker efter vilken innetemperatur lägenheten har. För varmvattnet användes en vattenmätare som registrerar flödet i pulser.

Arbetet började med en litteraturstudie, för att se vad som har gjorts och vad som håller på att ske i området. Ett stort antal data har bearbetats för att undersöka hyresgästers beteende genom att analysera hur användningen har ändrats sedan installationen av mätsystemet gjordes. Värden som nyttjats är de samma som har använts för att debitera för värme och varmvatten. Linjär regression används för att jämföra hur energianvändningen ser ut före respektive efter installationen.

Arbetet visar på en ökad inomhustemperatur sedan införandet av individuell mätning. En stadig minskning kan ses i varmvattenanvändningen, vilket även följer det förväntade resultatet. Totalt har energianvändningen minskat med fem procent sedan införandet av IMD.

Nyckelord: IMD, komfortvärme, varmvattenmätning, energibesparing, miljöpåverkan, kostnadsfördelning, individuell mätning och debitering.



## **Abstract**

EU and the Swedish government demands to lower the energy consumption for buildings are getting higher. In April 30 2014 the law on energy metering (SFS 2014: 267) was issued. The law deals with energy metering in new construction and reconstruction, during 2015 a decision must be taken on how measurement in existing buildings should be handled. Individual metering and charging (IMC) could be a tool to reduce energy consumption. And the residents get an incentive to save money.

The purpose of this report was to do a cost accounting for an existing system of individual metering and charging. Earlier reports state that it's possible to lower energy consumption for heat and hot water. The installation is getting analysed and the result compared to expectation. The building is using thermal comfort as heat measurement method. Thermal comfort measurement is commonly used in Sweden and charge depends on the apartment's heat temperature. Hot water uses a meter that's measures water flow passing through it. This report examines result of an already existing system, it isn't analysing on a possible outcome of an installation.

The work starts with a literature review to see what has been done and also examine what's happening in this area of field. A great number of data has been sorted too make this report. The purpose of the data sorting is to examine residents behaviour through analyse of changes in energy consumption since installation. Values that have been used for the analysis are the same readings as heat and hot water charging is based on. To get a depiction on energy consumption before and after installation linear regression is being used.

The report shows that since introduction of individual measure, there has been an increase of the indoor temperatures. The hot water consumption shows a steady decrease which also follows the expectations. Since the introduction of IMC there has been a decline in energy use by five percent.

**Keywords:** IMC, thermal comfort, hot water, energy savings, environmental effect, cost allocation, individual metering and charging.



## Förord

Examensarbetet omfattar 22,5 högskolepoäng och genomförs vid institutionen för Bygg- & Miljöteknologi med Helsingborgshem som uppdragsgivare. Rapporten avslutar studierna för högskoleingenjörsutbildningen Byggt teknik och Arkitektur på LTH vid Campus Helsingborg.

Från institutionen har Petter Wallentén varit handledare och Mats Dahlblom examinator, Stort tack för material, vägledning och stöd.

Tack till Britt Bengtsson och Bengt Gustavsson vid Helsingborgshem för hjälp med bollande av idéer och förståelse hur IMD systemen fungerar. Särskilt tack till Jane Kylberg för feedback och kunskap.

Vi vill även tacka Johan Westerberg, Anna-Karin Magnusson och Andreas Nilsson för korrekturläsning.

Lund, Maj 2015

Fredrik Nilsson & Robert Magnusson





## Nomenklatur

$q_v$	Nettoenergianvändning (kWh)
$Q_T$	Transmissionsförluster (kWh)
$Q_V$	Ventilationsförluster (kWh)
$G$	Gratisvärme (sol-, personvärme, hushållsel) (kWh)
$U_i$	U-värde för byggnadsdel ( $W/m^2K$ )
$A_i$	Area för byggnadsdel ( $m^2$ )
$T_i$	Innetemperatur ( $^{\circ}C$ )
$T_u$	Utetemperatur ( $^{\circ}C$ )
$n$	Omsättning per timme
$V$	Volym ( $m^3$ )
$\rho$	Luftens densitet ( $1,2\text{ kg}/m^3$ )
$c$	Luftens värmekapacitet ( $1000\text{ J}/\text{kg K}$ )
MATLAB	Matrix laboratory, beräkningsprogram som med hjälp av skript kan automatisera beräkningar



# Innehållsförteckning

<b>1 Inledning</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 Bakgrund</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2 Syfte</b> .....	<b>1</b>
<b>1.3 Problemställningar</b> .....	<b>2</b>
<b>1.4 Avgränsningar</b> .....	<b>2</b>
<b>2 Litteraturstudie</b> .....	<b>3</b>
<b>2.1 Tekniker för mätning</b> .....	<b>3</b>
2.1.1 Tillförd värme .....	4
2.1.2 Komfortvärme .....	6
2.1.3 Besparing och rättvisa med mätning .....	7
2.1.4 Mätning av varmvatten .....	7
<b>2.2 Tidigare studier</b> .....	<b>8</b>
2.2.1 Värmemätningens utredningen .....	8
2.2.2 De boendes inställning till system med individuell värmehäbitering .....	8
2.2.3 Utvärdering av Hälsingborgshems system för komfortdebitering. ....	8
2.2.4 Skillnader Tyskland Sverige .....	8
2.2.5 2012/27/EU .....	9
2.2.6 SFS 2014:267 .....	9
2.2.7 Individual Metering and Charging of Heat and Hot Water in Multi-Apartment Buildings .....	9
2.2.8 Individuell mätning och debitering vid ny- och ombyggnad... ..	9
2.2.9 Individuell mätning och debitering i flerbostadshus .....	10
2.2.10 Individuell mätning och debitering av energianvändning i flerbostadshus. ....	10
<b>3 Metod</b> .....	<b>13</b>
<b>3.1 Hälsingborgshems komfortvärmesystem</b> .....	<b>13</b>
<b>3.2 Beskrivning av objekten</b> .....	<b>15</b>
<b>3.3 Mätnoggrannhet</b> .....	<b>16</b>
3.3.1 Temperatur .....	16
3.3.2 Varmvatten.....	19
<b>3.4 Statistik</b> .....	<b>20</b>
3.4.1 Beräkningar.....	20
3.4.2 Linjär regression .....	21
3.4.3 Variationer kring regressionslinjen .....	22
<b>3.5 Data</b> .....	<b>22</b>
3.5.1 Energistatistik.....	22
3.5.2 Mätsystem.....	22
3.5.3 Ritningar .....	22

3.5.4 Fastighetsinformation .....	22
3.5.5 Fakturor .....	22
<b>4 Resultat .....</b>	<b>23</b>
4.1 Val av temperatur .....	23
4.2 Värme .....	25
4.3 Värmekurvor .....	26
4.4 Varmvatten .....	27
4.5 Värmeenergianvändning före & efter .....	28
4.5.1 Modell och parameterskattning .....	28
4.5.2 Emanuel .....	29
4.5.3 Emil .....	30
4.5.4 Engelbrekt .....	31
4.5.5 Rosenknoppen .....	32
4.6 Ekonomi .....	33
4.7 Felanmälningar .....	34
<b>5 Diskussion .....</b>	<b>35</b>
<b>6 Slutsatser .....</b>	<b>37</b>
<b>7 Referenser .....</b>	<b>39</b>
7.1 Böcker och publikationer .....	39
7.2 Hemsidor .....	40
<b>8 Bilagor .....</b>	<b>41</b>
8.1 Bilaga A, Energiförbrukning före och efter installation. ....	41
8.2 Bilaga B, Varmvattenanvändning per månad .....	57

# 1 Inledning

Denna rapport redovisar en studie på de installationer av individuell mätning och debitering (benämns här efter IMD) för värme och varmvatten som Helsingborgshem gjorde i cirka 4000 lägenheter perioden 2011-2013. Rapporten analyserar mätningar som gjorts med detta system mellan 2012-2014 för att utreda för Helsingborgshem vilket resultat denna installation har gett.

## 1.1 Bakgrund

För att gå mot ett samhälle som använder mindre energi så behöver något göras med de befintliga byggnaderna i Sverige. Ett sätt att minska energianvändningen är att göra de boende medvetna om sin energianvändning. Ett hjälpmedel för att uppnå detta kan vara IMD. Efter installationen så läggs kostnaden för användningen på individen och därmed får denna ett incitament för ett mer energisnålt beteende. EU har skickat ut direktiv (direktiv 2012/27/EU) om att IMD ska installeras när det anses vara lönsamt. Boverket håller under 2015 på med en utredning om individuell mätning av värme, tappvarmvatten och kyla är kostnadseffektivt för befintliga byggnader. Helsingborgshem var tidiga med installationer av IMD, de började med ett system redan på 1990-talet.

Helsingborgshems incitament till installationen av IMD för varmvatten var att de ville spara energi i sitt fastighetsbestånd, och för komfortvärme ville de erbjuda en valfrihet för hyresgästerna. Det finns en hel del rapporter och EU-direktiv som tar upp frågan om IMD (Berndtsson 1999, Boverket, 2006 Boverket, 2014 Siggelsten, 2015). Många andra länder inom EU har lagstiftat att byggnader ska ha IMD, exempelvis har Tyskland haft obligatorisk mätning sedan 1981 medan Sverige har varit något mer restriktiv med att lagstifta. Det har tidigare gjorts en rapport för Helsingborgshem (dåvarande Hälsingborgshem) som utvärderar mätdata från tidsperioden 981001–990331 (Jensen, 1999) och en rapport som undersöker de boendes inställning till system med individuell värmedebitering (Nordquist, 1999). Resultatet visar att de boende är positivt inställda till och att det finns bra förutsättningar för IMD. Tanken med detta examensarbete är att analysera IMD då det är ett relevant ämne och en god idé som med rätt omständigheter har bra potential för att minska energianvändningen.

## 1.2 Syfte

Helsingborgshem har gjort många IMD installationer men inte undersökt resultatet av dessa. Målet med rapporten är att undersöka resultatet av värme- och varmvattenmätningarna. Rapporten undersöker även om det har gett någon ekonomisk lönsamhet, samt ger en ökad kunskap om hyresgästernas beteende baserat på deras energi- och varmvattenanvändning.

### **1.3 Problemställningar**

- Minskar IMD värme energianvändningen?
- Minskar IMD varmvatten användningen?
- Vilken inomhustemperatur väljer hyresgästerna att använda?
- Har Helsingborgshems IMD installation varit kostnadseffektiv?

### **1.4 Avgränsningar**

Helsingborgshem har installerat IMD i många av sina fastigheter, i detta arbete undersöks bara utvalda fastigheter som använder sig av system ifrån Bostendekomfort AB (BKAB) vilka är installerade under perioden 2011-2013. Arbetet avser mätning av värme och varmvatten från perioden 2012-2014. Ingen beaktan har tagits till bostädernas utformning, ej heller till vilka som bor i lägenheterna. Eventuell avräkningsränta är inte medtagen i ekonomiberäkningen.

## 2 Litteraturstudie

Sedan 1920-talet, då de statliga hyresregleringarnas införde, har hyran för lägenheterna baserats på byggnadens värme och vattenkostnad delat på golvarean för byggnaden. IMD är ett system för att varje bostadslägenhet själv ska få stå för sin användning. Boendet liknar då mer förhållandena i småhus som ofta har IMD. Individuell mätning av el har sedan länge varit självklart i Sverige medan kostnad för värme och vatten ingått i hyran. I många länder inom EU är individuell mätning för värme och vatten obligatoriskt som t.ex. i Tyskland där mätning varit obligatoriskt sedan 1981 (Boverket, 2006).

Tillverkare och tidigare erfarenheter hävdar att en energiminskning för värme med 10-20 procent och för vatten med 15-30 procent är möjlig att uppnå (Berndtsson, 1999). Fastighetsägare ser möjligheterna att sänka sina driftkostnader samtidigt som hyresgästen erbjuds möjligheten att genom sitt beteende styra energi- och varmvattenanvändningen. Då Sverige till stor del använder fjärrvärme för uppvärmning kommer EU-direktivet, att minska koldioxidutsläppen genom IMD, i Sverige att ge högst 1 procent i minskning. Användning av energi- och varmvatten skulle kunna bli hela 20 procent lägre och är ett motiv som är starkare och påverkar miljön positivt. IMD är ett sätt för hyresvärden att kunna förbättra sin ekonomi utan att behöva höja hyrorna. Stor del av driftkostnaderna går till uppvärmning och genom att låta hyresgästen vara med och själva reglera och betala sin uppvärmning går det att minska denna kostnadspost. Åtgärden ger samtidigt hyresgästen en möjlighet att sänka sin boendekostnad. Människors beteende kan influeras genom att göra det möjligt för brukarna att se sin vatten- och energianvändning. Därigenom får individen en överblick av sin användning (Jagemar, Olsson 2009).

### 2.1 Tekniker för mätning

Det finns huvudsakligen två sätt att mäta värme till en lägenhet.

- Tillförd värme
  - Värmemängdmätning (kilowattimmätare)
  - Radiatormätare (fördelningsmätare)
- Mätning av rumstemperatur (Komfortmätning)

### 2.1.1 Tillförd värme

Med värmemätning menas att endast den energi som tillförs lägenheten mäts. Detta system är oftast bara möjligt i nyproduktion eller större ombyggnad på grund av att lägenheterna av kostnadsskäl behöver få sin värme från en anslutningspunkt (om det är vattenburen värme). Från anslutningspunkten går en värmeledning till samtliga radiatorer. Värmemängdmätaren placeras på värmeledningen som registrerar den tillförda energin i kWh. I många befintliga byggnader delar lägenheterna på ett rörsystem, detta skulle innebära en värmemängdsmätare för varje radiator med höga kostnader som följd. I byggnader med gemensamma lodräta värmestammar nyttjas radiatormätning. Radiatormätning går att använda i alla byggnader med radiatorer. Mätaren monteras mitt på respektive radiator där den mäter radiatorns ytemperatur vilket tillsammans med rumstemperaturen ger tillförd värme. Radiatormätning ger inte värde i kWh utan i en skala som sedan kan omräknas till kWh med hänsyn tagen till radiatorns storlek. Tillförd värme är det sättet som används vanligen i Europa (Berndtsson, 1999).

I tabell 2.1 redovisas en sammanställning av fördelar och nackdelar med tillförd värme.



Tabell 2.1 Tillförd värme, fördelar och nackdelar.  
(Berndtsson 1999 s8; Boverket 2008 s35)

<b>Tillförd Värme</b>	
Fördelar	Nackdelar
Mätningen avser tillförd värme, vilket kan tyckas vara det som skall mätas, om man ska fördela värmekostnader.	Värmemängdsmätning är av ekonomiska skäl endast möjligt vid nybyggnation.
Radiatormätning är möjligt i alla hus med radiatorer.	I hus med ventilationssystem med förvärmad tilluft (FT) kan vissa lägenheter få mer värme ”gratis” än andra.
Fönstervädning ger högre värmekostnader enbart för den som vädrar.	Värmeströmmar mellan lägenheter medför att man kan ”stjäla värme” från grannar som t.ex. av hälsoskäl behöver ha hög temperatur.
Solvärme, hushållsel och annan intern värmeförsel sänker värmekostnaderna.	De boende kan sänka sina uppvärmningskostnader genom att manipulera med ventilationsanläggningen och därmed minska luftväxlingen med risk för hälsoproblem och skador på byggnaden.
Tekniken med värmekostnadsfördelning med radiatormätning är etablerad i Europa och det finns DIN- och CEN-normer för mätutrustning.	Lokala brister i klimatskärmens isolering och täthet drabbar den som bor i lägenheten i form av ökade uppvärmningskostnader. Fastighetsägarens incitament för åtgärder minskar
Mätning sker av all värmeförsel i hela lägenheten	Korrigerig av mätvärden för att få en rättvisare värmekostnadsfördelning är svår att förstå, varför de boendes motiv för att spara värme skulle minska.

### 2.1.2 Komfortvärme

Det andra sättet, som är vanligast i Sverige, är att man mäter värme i vistelse- rum eller centralt i en lägenhet. Detta system kallas komfortvärme och är det system som används i de byggnader som denna studie avser. Inget av syste- men är helt rättvist som Tabell 2.1 och 2.2 visar. Läget på lägenheten påverkar hur mycket energitillförsel lägenheten behöver. Läget påverkar även hur mycket värme flöde som går igenom lägenheterna. Lägenheter som har väldigt låg rumstemperatur kommer ”stjäla” värme ifrån omgivande lägenheter. De kringliggande lägenheterna kommer alltså att behöva använda mer energi för att värma upp intilliggande lägenheter med lägre temperatur. Hörnlägenheter kommer att behöva använda mer energi än lägenheter som ligger centralt i byggnaden. Komfortvärmesystemet påverkas dock inte av lägenhetens place- ring och heller inte av värmetransmissioner. Debiteringen sker efter vilken temperatur rummet har och inte efter tillförd energi. Komfortvärmesystemet kan bli orättvist då vädring kan sänka temperaturen och hushåll med många värmekällor som t.ex. människor, sol och hushållsapparater kan höja tempera- turen (Berndtsson 1999).

Tabell 2.2 Komfortvärme, fördelar och nackdelar.  
(Berndtsson 1999 s9; Boverket 2008 s35)

<b>Komfortvärme</b>	
Fördelar	Nackdelar
Värmeströmmar mellan lägenheterna medför inte att grannar kan ”stjäla värme”	Mätningarna sker endast i en del av lägenheten och inte i kök och bad- rum
Lokala brister i klimatskärmens iso- lering och täthet drabbar inte den som bor i lägenheten i form av ökade värmekostnader. Fastighetsägaren har intresse av att åtgärda bristerna.	Solvärme, värme från hushållsappa- rater och annan intern värmeutveckl- ing höjer rumstemperaturen och kan därför medföra ökande värmekost- nader.
Innetemperaturen skulle även kunna användas för styrning av rumstempe- raturen om en sådan funktion instal- lerades.	Fönstervädring drabbar hela kollek- tivet och inte bara den som vädrar.
Det finns inga motiv för de boende att manipulera ventilationsanlägg- ningen.	Det finns inga vedertagna normer i Europa för vilka krav som kan ställas på komponenter som används för mätningarna.
	I de fall man kompletterar med tek- nik som gör att man undviker värme- slöseri vid vädring finns risk för högre underhållskostnader.

### 2.1.3 Besparing och rättvisa med mätning

Den potentiella minskningen i energianvändning vid sänkning av innetemperaturen ligger på 5-6 procent per grad. Har man tidigare haft ett dåligt injusterat värmesystem skulle medeltemperaturen kunna ligga uppåt 24°C istället för det normala 21°C. Om man på grund av värmemätning sänker sin temperatur till 20°C skulle besparingen kunna bli 20 procent (Berndtsson 1999). Möjligtvis är detta en förklaring till att många rapporter visar en så pass hög besparing. Ingen av mätningarna är 100-procentigt rättvis. Som det visas i Tabell 2.1 och Tabell 2.2 finns det för- och nackdelar med de olika mätsystemen. Vilket som är mest rättvist kan variera beroende på byggnadens skick och utformning. Om en lägenhet centralt i byggnaden stänger av sin värme får lägenheten värme från omgivande lägenheter till följd att dessa lägenheter får en högre energikostnad (Jensen, 1999).

För befintliga byggnader med hög energianvändning kan komfortvärme vara att föredra eftersom det betalas för rumstemperaturen. En fördel med denna metod är att det inte spelar någon roll var lägenheten är placerad eller hur bra klimatskal byggnaden har då hyresgästen debiteras efter temperatur och inte tillförd energi. Komfortvärme genererar ingen extra kostnad vid vädring även om det tillförs mer energi. Olika system har varierande åtgärder när temperaturen når en viss gräns. I det system LKF (Lunds kommuns fastighets AB) används höjs debitering till 24°C ifall hyresgästen har en temperatur som är lägre än 17°C (Dahlbom, Jensen, Nordqvist, 2015). Helsingborgshem sätter debiteringen till 21°C om temperaturen i lägenheten blir lägre än 18°C. En lägenhet med stor internvärmeproduktion kan istället få betala dubbelt, dels genom hyra men också el. Felkällor i systemet kan vara sabotage, t.ex. avklippt sladd till sändare för varmvattnet så debitering inte kan ske eller att givare är placerad på sådant sätt att mätvärdena blir felaktiga.

### 2.1.4 Mätning av varmvatten

För varmvatten är systemet att mäta mängden betydligt lättare att avläsa och förstå då det är den verkliga användningen. Det som kan innebära problem är hur och vid vilken temperatur man ska börja mäta varmvatten. Lägenheter som ligger högt upp i en byggnad utan varmvattencirkulation behöver tappa mer vatten innan det blir varmt. System som mäter allt vatten på varmvattenledningen leder i dessa fall till en orättvis debitering. Mätare kan förses med temperaturgivare och på så sätt bara debiteras för vatten över en viss temperatur. Byggnader med vvc-system minskar detta problem då varmvatten cirkulerar hela tiden.

## 2.2 Tidigare studier

### 2.2.1 Värmemätningens utredningen

På 1980-talet utfördes en statlig utredning som undersökte möjligheten att minska värmebehovet för bostadshus genom individuell debitering av kostnader för värme och varmvatten. Kontentan av utredningen var att tappvarmvatten skulle mätas men att värmemätning inte ansågs vara ekonomiskt försvarbart. Utredningen ledde inte till någon lagstiftning (Berndtsson, 2005).

### 2.2.2 De boendes inställning till system med individuell värmedebitering

Med hjälp av frågeformulär har undersökts vad de boende tycker om IMD. Undersökningen tyder på att hyresgästerna är positiva till systemet. Större delen av målsättningarna är uppfyllda och problem såsom oförmåga att ha den temperaturskillnad man önskar mellan rummen och upplevt drag är ganska få. Slutsatsen i rapporten är att det finns förutsättningar att expandera användningen av IMD. Frågeformuläret antyder att boende med IMD är mer driftiga att påverka sin energianvändning (Nordquist, 1999).

### 2.2.3 Utvärdering av Hälsingborgshems system för komfortdebitering.

Rapporten redovisar bland annat en undersökning av värmeflödet mellan lägenheterna. En slutsats som nämns är att en mittlägenhet då värmen stängs av maximalt kan sänka sin temperatur med 2°C gentemot omgivande lägenheter. Temperaturflödet påverkar också möjligheten för temperaturhöjning då omgivande lägenheter kan vara kallare och därmed ”stjäla” värme (Jensen, 1999).

### 2.2.4 Skillnader Tyskland Sverige

I Tyskland har det sedan länge varit lag på IMD. Sverige har varit något mer restriktiva och först den 30:e april 2014 genomfördes lagen om energimätning i byggnader (SFS 2014:267). Orsaken till varför det gått mycket trögare i Sverige kan bero på energipriserna varit låga i jämförelse med många andra länder, samt ett fastighetsbestånd som är förhållandevis välisolerat (Berndtsson, 2005). Från mitten av 1800-talet till början av 1900-talet hade lägenheterna individuella kakelugnar som uppvärmningskälla. På 1920-talet började centralvärmen komma och kakelugnarna förlorade sin huvudfunktion. Detta ledde i Tyskland till starten för individuell mätning av värme och varmvatten, metoden för mätning som de använder i Tyskland idag är mätning av tillförd värme. Tyskland lagstodgade 1981 individuell mätning av värme och varmvatten och 1989 skärptes lagen ytterligare (Boverket, 2006). Sverige valde en annan väg när centralvärmen infördes, det infördes två system. Det ena kallas inkluderingssystem och det andra exkluderingssystem. Exkluderingssystemet hade ett bränsletillägg som kompenserade fastighetsägarna för värmekostnaderna. Bränsletillägget baserades på de faktiska kostnaderna för uppvärmning. Sedan, baserat på boytan, delades kostnaden upp mellan lägenheterna. I inkluderingssystemet är kostnaden för värme, precis som det låter, inkluderad i hyran. Användningen för huset mäts under en längre tid och genomsnittet ligger

till grund för kostnaden av värmeanvändningen. I Sverige är idag inkluderingsystemet det vanligaste (Siggelsten, 2010).

#### 2.2.5 2012/27/EU

Som medlem i EU måste Sverige följa de direktiv som sätts. Följande kursiva text är hämtad ur artikel 9.3 i direktiv 2012/27/EU.

*I flerfamiljshus och byggnader med flera användningsområden som har en central värme-/kylkälla, eller som försörjs från ett fjärrvärmenät eller från en central källa som försörjer flera byggnader, ska individuella mätare senast den 31 december 2016 också ha installerats för att mäta användningen av värme eller kyla eller varmvatten i varje enhet, när detta är tekniskt genomförbart och kostnadseffektivt. När användningen av individuella mätare inte är tekniskt genomförbar eller kostnadseffektiv för värmemätning, ska individuella värmekostnadsfördelare användas för att mäta användningen i respektive radiator, om inte medlemsstaten i fråga visar att det inte skulle vara kostnadseffektivt att installera sådana värmekostnadsfördelare. I dessa fall får alternativa kostnadseffektiva metoder för mätning av användningen övervägas (direktiv 2012/27/EU).*

#### 2.2.6 SFS 2014:267

Den 30:e april 2014 genomfördes lagen som behandlar energimätning i byggnader. Lagen går ut på att under nyproduktion och vid ombyggnad ska det möjliggöras att mätning av värme, tappvarmvatten, elektricitet, naturgas och kyla går att göra på lägenhetsnivå. Mätning av el och naturgas ska gå att utföra. För värme, tappvarmvatten och kyla ska mätning kunna utföras om det är kostnadseffektivt (SFS 2014:267).

#### 2.2.7 Individual Metering and Charging of Heat and Hot Water in Multi-Apartment Buildings

Fastighetsägarens incitament för att installera IMD för värme och varmvatten är ofta energi- och miljöbesparingar, låg kostnadseffektivitet är samtidigt en anledning för fastighetsägare att inte installera IMD. Debiteringen för energikostnaden är viktigt att tänka på för om energisnålt beteende inte är tillräckligt lönsamt så riskerar hyresgästerna att börja spendera mer energi. I rapporten nämns SOU 2008:25 som var en utredning som gjordes på grund av direktivet 2006/32/EC och ledde till ett förslag om obligatorisk mätning av varmvatten vid nybyggnation samt renovering. Att debitering inte skulle vara obligatoriskt berodde på de administrativa kostnaderna det skulle innebära. Utredningen påpekade dock att individuell debitering är nödvändigt för att maximera energiminskningen (Siggelsten, 2015).

#### 2.2.8 Individuell mätning och debitering vid ny- och ombyggnad

Installation av IMD av värme är för det mesta inte lönsamt i nyproduktion eller ombyggnad. Beräkningarna tyder på att en sänkning av temperaturen med en grad inte är lönsamt. Det är heller inte säkert att två graders temperatursänkning resulterar i någon lönsamhet. För att få ut lönsamhet av mätningarna

måste installationskostnaderna vara låga. Att husets medeltemperatur ska sänkas med två grader genom att införa individuell mätning är en effekt som inte anses sannolik. Att sänka sin temperatur och därigenom spara 20 kronor per månad och lägenhet anses vara ett för svagt motiv.

För att få en lönsamhet i IMD av tappvarmvatten behövs en minskning med 20 procent för att se en effekt. Om installationen är dyr (3500) behövs en tappvarmvatten minskning med 30 procent (Boverket, 2014). Eksta Bostads AB har dragit lärdom från sin installation för värmemätning. Då resultatet är negativt är installationen för värmemätning inget som kommer att fortsätta. Den största orsaken till dåliga resultat är att huvudparten av hyresgästerna fortsätter att ha 21-22°C. Ett fåtal väljer även att ha en högre temperatur med följd att framledningstemperaturen höjs (Boverket, 2014).

### 2.2.9 Individuell mätning och debitering i flerbostadshus

Vid mätning av rumstemperatur saknas allmänna krav på hur givarna ska placeras ut i ett rum för att kunna mäta korrekt. När t.ex. Socialstyrelsen ställer ett krav på temperatur avses alltid operativ temperatur. Temperaturgivare mäter vanligen lufttemperatur så för att mäta operativ temperatur behövs speciella givare. Operativa temperaturgivare tar hänsyn till strålning från rumsytor och fönster. Alla givare påverkas av direkt solstrålning och placeringen av givare bör vara så att den inte utsätts för direkt solinstrålning. Givaren ska även placeras så att den inte utsätts för luftströmningar. Beträffande vattenmätning finns det flera olika faktorer som påverkar mätnoggrannheten.

- Raksträckor främst innan mätare, men även efter denna.
  - Mätarens montering, avvikelser från horisontellt eller vertikalt montage
  - Smutslagring och eller kalkavlagring på vinghjulets delar
  - Små flöden ger större utslag på mätnoggrannheten
  - ”Eftersnurr” kan uppkomma vid hastig avstängning i ledningen.
- (Jagemar och Olsson, 2009)

De två första punkterna kan motverkas genom att yrkeskunniga utför arbetet. De andra är svåra att gardera sig emot, utan kan göra att värdena för användningen skiftar upp och ner mot det faktiska värdet.

De flesta flödesmätare fungerar genom att de genererar en puls. När en viss mängd vatten mäts upp skickas en pulssignal vidare. Om pulsens vattenmängd är feluppmätt blir detta också bidrag till mätosäkerhet (Jagemar och Olsson, 2009).

### 2.2.10 Individuell mätning och debitering av energianvändning i flerbostadshus.

Det kan vara svårt för gemene man att greppa energi och kilowattimmar, att förstå hur länge en apparat kan användas för att motsvara en kilowattimme. För att ge de boende i flerfamiljshus en möjlighet att påverka sin energian-

vändning behövs verktyg som möjliggör att denna information blir åtkomlig (Siggelsten, 2010) Även EU-direktiv förespråkar användandet av IMD som ett hjälpmedel som kan minska energianvändandet (2002/91/EG). De olika förslagen grundas på att bostadssektorn och servicesektorn använder 38 procent utav Sveriges energianvändning. Hjälpmedel som kan minska energianvändningen behöver ses över. Då uppvärmningen står för 60 procent bostads- och servicesektorn användning finns möjligheter för IMD (Energimyndigheten, 2013). Med IMD finns möjligheten att mäta elenergi, komfortkyla, värmeenergi och mängd varmvatten. Elenergi och vattenmätning är mätmetoder som är avsevärt mycket lättare att utföra samt förstå. Det är antagligen därför de inte heller är lika ifrågasatta som mätning av värmeenergi, vilket är mer komplicerat. Mätningarna är ifrågasatta men ger ändå en mer rättvis fördelning utav kostnaderna än att bara fördela allt enligt en schablon (Berndtsson, 1999). Det är också svårigheterna med rättvisan i mätningarna samt att rapporterna visar låg ekonomisk lönsamhet. Kostnaderna för systemen blir större än vinsten som energibesparingen ger. Det har funnits förslag att mätning för varmvatten ska bli obligatoriskt så som den är för elen, men kritik mot förslaget gjorde att det stoppades. I Tyskland har det sedan 1981 varit lagstadgat att använda individuell mätning av värme och vatten (Siggelsten, 2010).

För att varje lägenhet ska kunna få sin energikostnad behövs ett mätsystem som kan skicka vidare informationen till en dator som gör en faktura av informationen. Systemen fungerar lite olika men t.ex. så registrerar givare i rummen ett mätvärde som skickas till en mottagare som är placerad ute i trapphuset. Mottagaren eller uppsamlingsenheten skickar därefter vidare informationen till en dator där fakturor och lagring kan ske. Det finns fall där uppsamlingsenheten kan lagra data i lång tid och överföring sker manuellt. Denna metod är dock riskabel då data kan gå förlorad om en uppsamlingsenhet skulle sluta fungera. Genom att skicka informationen till en dator dagligen går det även att erbjuda de boende att se sin användning på en hemsida (Siggelsten, 2010).

Undersökningar om vad boende tycker om individuell mätning har gjorts och huvudparten tycker t.ex. att lägenhetsinnehavare som väljer att hålla en högre temperatur ska få betala mer. Fler och fler har över tiden blivit mer positiva till individuell mätning. Vilken attityd de boende har mot miljön påverkar även hur deras energianvändning ser ut.

Det finns även negativa åsikter om individuell mätning, ofta handlar dessa om ifall mätningarna är rättvisa, då det finns många brister i hur mätningarna utförs. Många av dessa åsikter grundar sig i felaktig tolkning om hur systemet fungerar, det kan vara svårt att förstå hur hela förloppet av mätningar genomförs. Informationen om hur mätningarna fungerar kan också uppfattats som ringa eller otydlig. Det kan även vara läge att informera om vad begrepp som 1 kWh innebär, vilket inte är självklart för alla. Med denna information skulle

de boende lättare kunna jämföra produkter och därigenom göra ett energisnållare val (Siggelsten 2010).

För fastighetsägaren är det fyra motiv som är drivande för individuell mätning av värme och varmvatten. Motiven redovisas i tabell 2.3 (Siggelsten 2010).

*Tabell 2.3 Incitament för individuell mätning (Siggelsten, 2010. s50).*

<b>Antal fastighets-ägare</b>	<b>Incitament för individuell mätning</b>
14	Spara energi och därmed miljö
8	Skapa en rättvis fördelning av värme- och varmvattenkostnader
5	Att göra en ekonomisk vinst
5	Testa teknik, nyfikenhet
2	Annat eller vet ej

Då tidigare undersökningar visat sig kunna ge en besparingar i värme och varmvatten så går det följaktligen att spara energi och miljö. Men det finns även en möjlighet att minska sina kostnader. IMD gör det möjligt att skapa en rättvisare fördelning av kostnaderna då olika boende använder olika mycket. Det förekommer brister i systemen och klagomålen kan ibland innebära ökade administrativa kostnader för att kunna hantera dessa.

Dock är det inte säkert att en minskning av energianvändningen ger en ekonomisk vinst då det är många andra faktorer som påverkar. En utredning kom fram till att IMD för värme inte var lönsamt. Individuell mätning av varmvatten ansågs däremot vara något som skulle kunna vara obligatoriskt att mäta (Siggelsten, 2010).

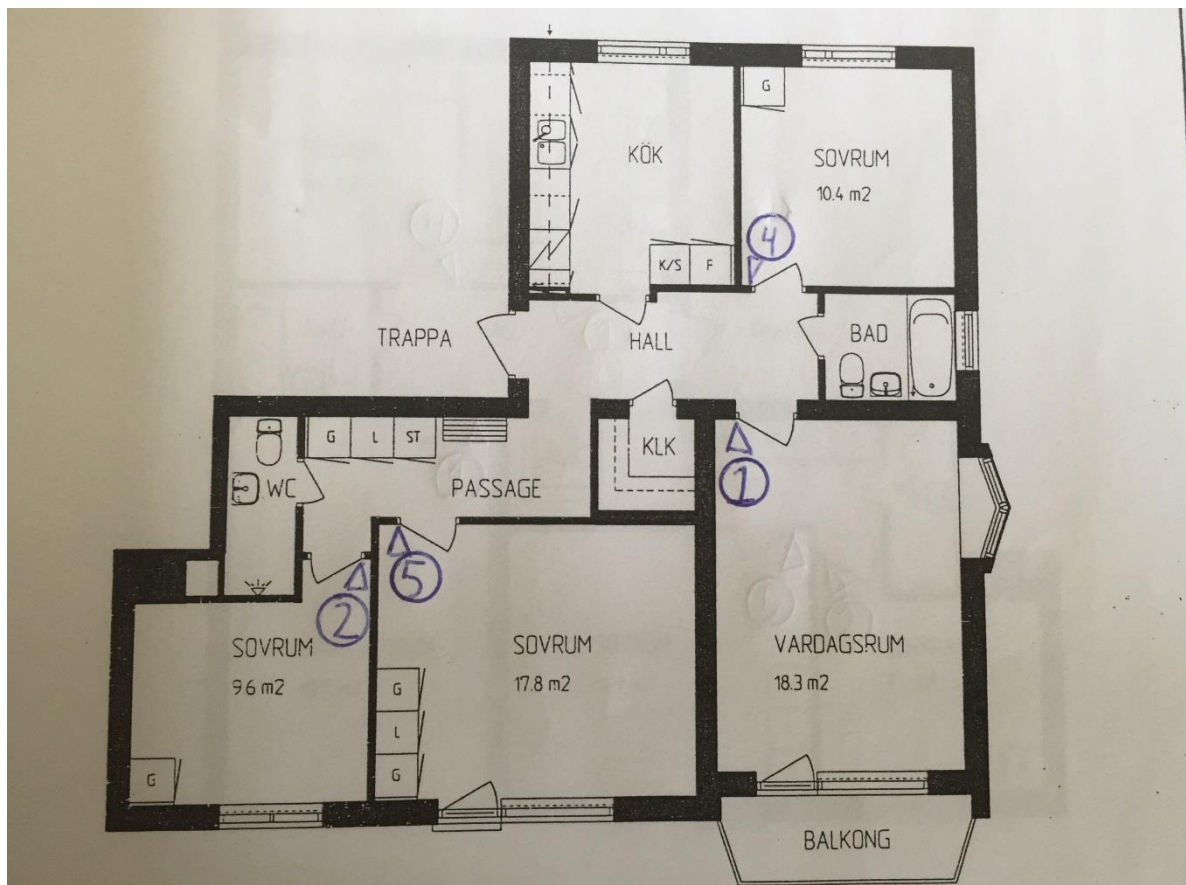


### 3 Metod

Detta kapitel beskriver befintligt system, objekten och metoder som används samt vilka dator- och beräkningsprogram som har använts.

#### 3.1 Helsingborgshems komfortvärmesystem

Helsingborgshem använder ett komfortvärmesystem från BKAB som mäter temperatur och varmvatten i lägenheter. Helsingborgshem ser detta som en möjlighet för sina hyresgäster att ha en större temperaturvalfrihet och inflytande på sin egen hyra, varmvattnet debiteras med självkostnadspris och värmen är en kostnad förhandlad med hyresgästföreningen där ett bruksvärde snitt ligger bakom kostnaden. Temperaturgivare placeras i vistelserum, till dessa räknas vardagsrum och sovrum, givaren har till uppgift att mäta temperaturen i rummet. Givare placeras på 1,2 meters höjd från golvet, på dörrkar- men till angränsande hall, se figur 3.1.



Figur 3.1 Placering givare.

Placeringen av givarna är gjord så att andra faktorer som kallas från fönster, vädring eller solvärme ska påverka mätningen så lite som möjligt. Givarna som studeras i denna rapport är trådlösa, men systemet kan även vara trådbundet. Givarna är utrustade med ett sabotagelarm som varnar om de öppnas. Varmvattenmätarna placeras på varmvattenledningen. Den mäter pulser där

varje puls består utav 10 liter varmvatten. Pulsmätaren kopplas med en kabel till en trådlös givare som skickar data till en uppsamlingsenhet utanför lägenheten. Givarna skickar data till en uppsamlingsenhet varannan timme och undercentralen skickar vidare var 15:e dag till en dator på Helsingborgshem. Med komfortvärmesystemet kan hyresgästerna själva välja en temperatur mellan 18-23°C, normaltemperaturen som ingår i hyran är 21°C. Skulle temperaturen gå under 18°C så sätter programmet automatiskt temperaturen till 21°C och därmed utgår mätningen. Detta för att det skall vara ett bra klimat för hyresgästerna och byggnaden. Väljer kunden att vrida upp sin temperatur till 23°C så medför detta en kostnad på 45 kronor per grad och månad för en normalstor 3:a på 75 m<sup>2</sup>. Väljer kunden istället att vrida ner sin temperatur görs ett avdrag på hyran med samma belopp. I likhet med temperaturen så är det möjligt att även få avdrag eller tillägg på sin hyra genom användningen av varmvatten. Beroende på hur stor lägenheten är så ingår det en viss mängd varmvatten, Tabell 3.1. Minskas varmvattenanvändningen med 500 liter per månad, sjunker månadshyran med 22 kronor (Helsingborgshem, 2014).

*Tabell 3.1 Tildelad varmvattenmängd (Helsingborgshem, 2014).*

Lägenhetsstorlek	1 rok	2 rok	3 rok	4 rok	5 rok
Liter varmvatten som ingår i hyran per år.	16 000	28 000	35 000	40 000	45 000

Debitering har skett i perioderna januari-mars, april-september och oktober-december. Från och med 2015 sker debiteringen varje månad.

Det sker en avräkning där lägenhetens medeltemperatur räknas ut för att sedan användas vid fakturering. Mätssystemet jämnar ut eventuella toppar som uppmäts under perioden, både uppåt och neråt. Detta görs därför det under kortare perioder kan bildas värmetoppar, t.ex. om det de boende har gäster så det sker en ökad värmeproduktion i lägenheten. Korrigering av mätvärdena på grund av lägenhetens placering behövs inte göras med komfortvärme. Värmen debiteras mellan första oktober till sista april, perioden där emellan mäts men någon debitering av värme sker ej. Debitering utgår när utetemperaturen är över 12°C. Debitering och mätning av varmvatten sker året runt. På Helsingborgshems hemsida kan hyresgästerna själva logga in och följa den temperatur de debiteras efter. Här ser även brukarna hur mycket varmvatten som används. Efter IMD installationen utförts flyttas i princip kostnadsposten för drift av lägenheterna utanför totalhyran. Totalhyran blir då till en grundhyra och en IMD-post. IMD-posten kan innebära en återbetalning eller en extra kostnad beroende på individens energianvändning (Helsingborgshem, 2014).

### 3.2 Beskrivning av objekten

Objekten som ingår i analysen delas in i grupper där områdena inom samma grupp har samma undercentral. Detta görs då mycket av informationen som analyserats baseras på värden som är uppmätta i undercentraler. I tabell 3.2–3.5 redovisas vilket nummer, undercentralens placering, antal lägenheter samt energianvändningen som de olika grupperna har.

Tabell 3.2 *Energianvändning områden i test etapp.*

Nr	Undercentral	Antal lgh	Area (m <sup>2</sup> )	Energianvändning (kWh/m <sup>2</sup> år)
1	Isbanan Liebäckskroken	112	5951	111-138
2	Isbanan Harlyckeg.	156	9023	111-138
3	Skrinnaren	82	4694	118

Tabell 3.3 *Energianvändning områden i etapp 2011*

Nr	Undercentral	Antal lgh	Area (m <sup>2</sup> )	Energianvändning (kWh/m <sup>2</sup> år)
4	Björnbäret och Hallonet	171	9651	157
5	Belgien S10 & S11	59	4262	133
6	Tyskland 25, 26 & 27	78	5735	120
7	Stenbiten 3,19,20	120	6688	159-163
8	Sköldenborg Hebsackersg.	134	9658	90-101
9	Sköldenborg Troiliusg.	30	2351	90-101
10	Edvard	135	9559	156
11	Edvin	142	10378	156
12	Elof	136	9999	194
13	Elias	169	11587	179

Stenbiten 3, 19, och 20 har valts att anges på samma rad i tabell 3.3 fast de utfördes i två olika etapper, detta på grund av att de har samma undercentral vilket gör det svårt att urskilja hur mycket energi vart och ett av områdena använde.

Tabell 3.4 Energianvändning områden etapp 2012.

Nr	Undercentral	Antal lgh	Area (m <sup>2</sup> )	Energianvändning (kWh/m <sup>2</sup> år)
14	Emanuel	40	3174	159
15	Emil	158	10804	181
16	Enar	123	8535	185
17	Erling	151	10421	190
18	Erland	133	9692	187
19	Erik	138	9745	185
20	Engelbrekt	97	7523	193
21	Ernst	194	12138	173
22	Oregano 2	26	2036	105-123
23	Oregano 1	43	3644	108-116
24	Rosmarinen 3	25	1686	65
25	Rosmarinen 2	25	1686	84
26	Dragonen	40	2653	94-98
27	Basilikan	40	2653	97
28	Maria park 24	8	588	209
29	Maria park 15 & 49	52	4482	94
30	Maria park 23	56	4836	94-129
31	Poppeln	24	1960	108
32	Vädermöllan S:a 2	78	5077	113-117

Tabell 3.5 Energianvändning områden etapp 2013.

Nr	Undercentral	Antal lgh	Area (m <sup>2</sup> )	Energianvändning (kWh/m <sup>2</sup> år)
33	Pinjen 11	88	7027	72-97
34	Klarälven	72	6033	133-161
35	Rosenknoppen Wienerg.	193	12202	108-158
36	Rosenknoppen V.F. 6	234	14911	120-126
37	Rosenknoppen V.F. 14	38	2077	120-158

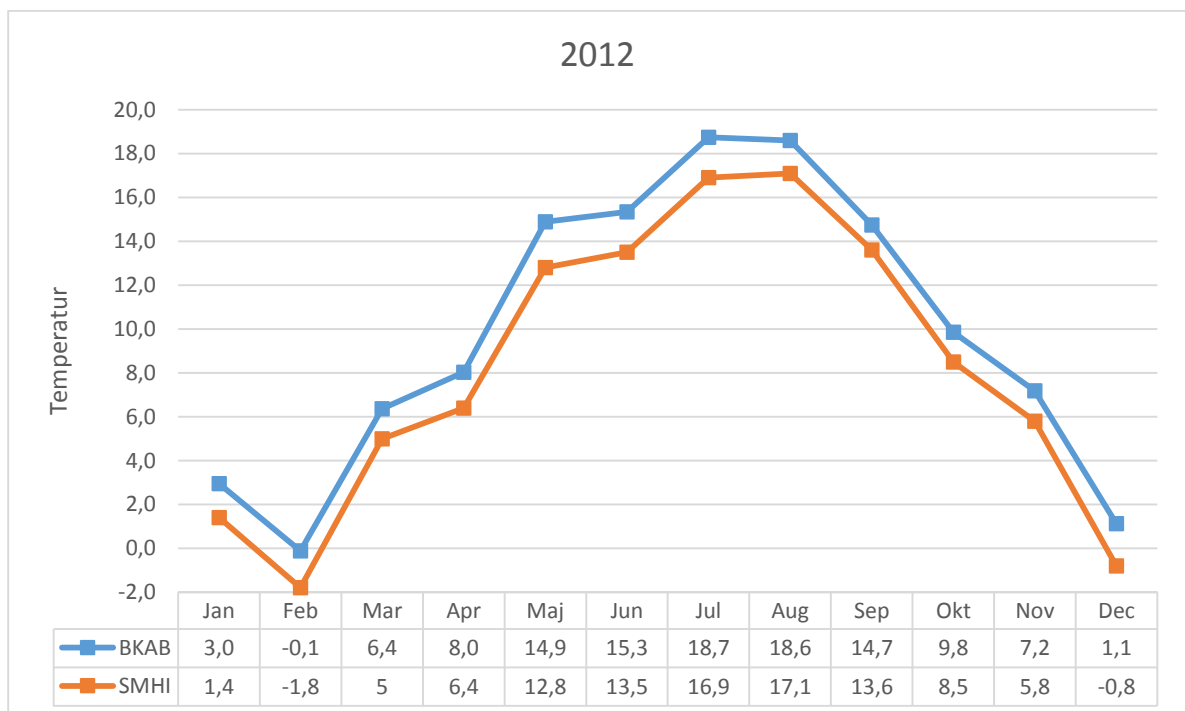
Kritik från hyresgäster ledde till en utredning av Klarälven. Denna utredning visade på tekniska brister, vilket fick följden att debitering av Klarälven stoppades. Mätningar för Klarälven pågår fortfarande även om det inte sker någon debitering utöver hyran.

### 3.3 Mätnoggrannhet

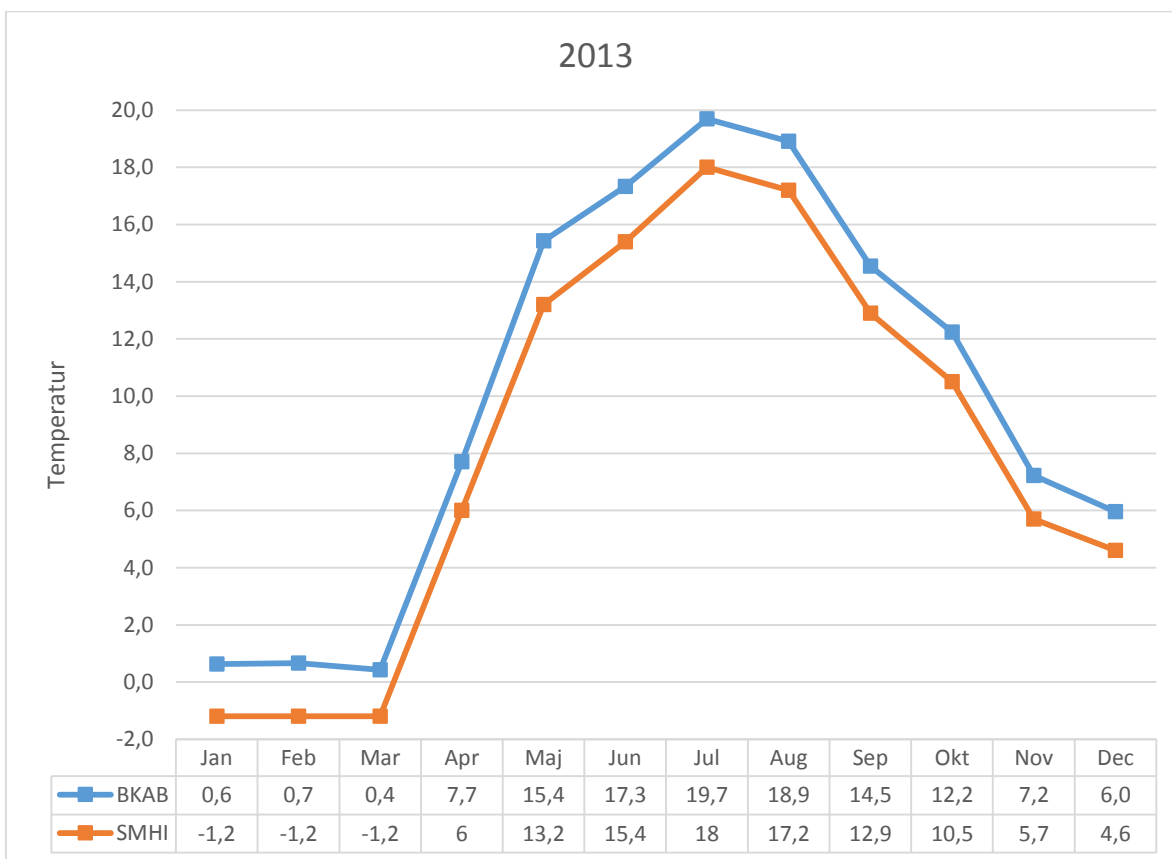
#### 3.3.1 Temperatur

Då utomhustemperaturen från BKAB:s alla utomhusmätare inte gick att få tillgång till i tid för att få detta arbete klart, så valdes SMHI:s mätvärden från deras station i Helsingborg. En anledning var att de har mätvärden längre

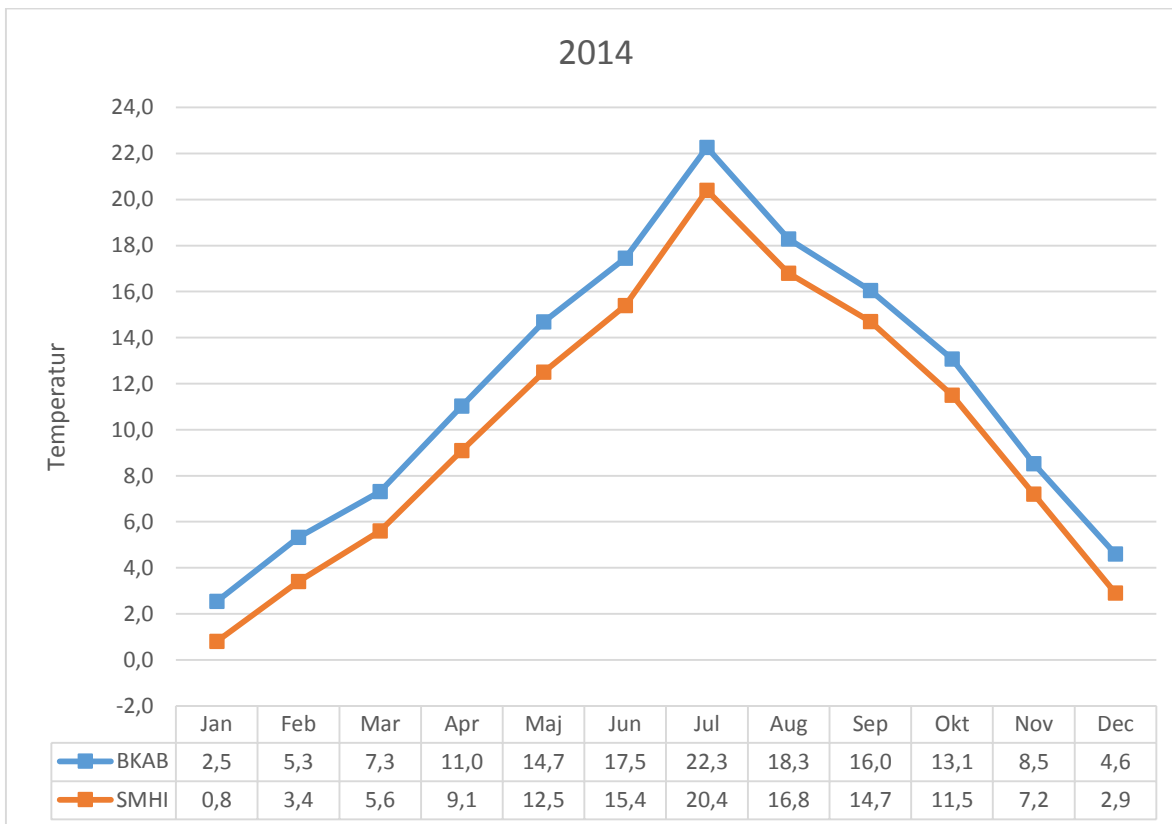
bakåt i tiden, ett annat skäl var att BKAB:s värden som mäter varannan timme ibland saknar värden. Detta är dock något man kunde kommit förbi ifall man haft alla deras mätstationer och sedan gjort medelvärden utav dem. Detta hade också inneburit mätningar ifrån olika geografiska platser i Helsingborg vilket hade varit bra för att utesluta små lokala variationer samt att få ett medelvärde som beskriver hela staden. Mätvärdena som är för varannan timme bildar ett månadsmedel.



*Figur 3.2 Medeltemperatursjämförelse mellan BKAB och SMHI 2012.*



Figur 3.3 Medeltemperatursjämförelse mellan BKAB och SMHI 2013.

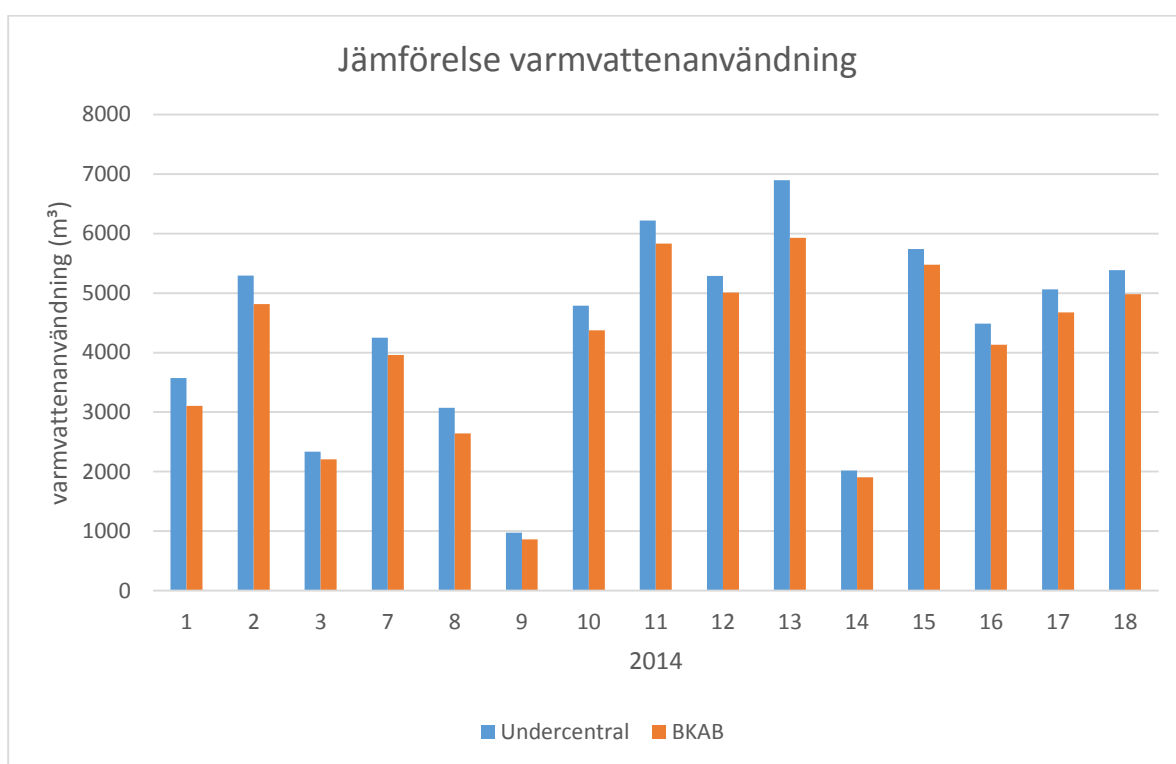


Figur 3.4 Medeltemperatursjämförelse mellan SMHI och BKAB 2014.

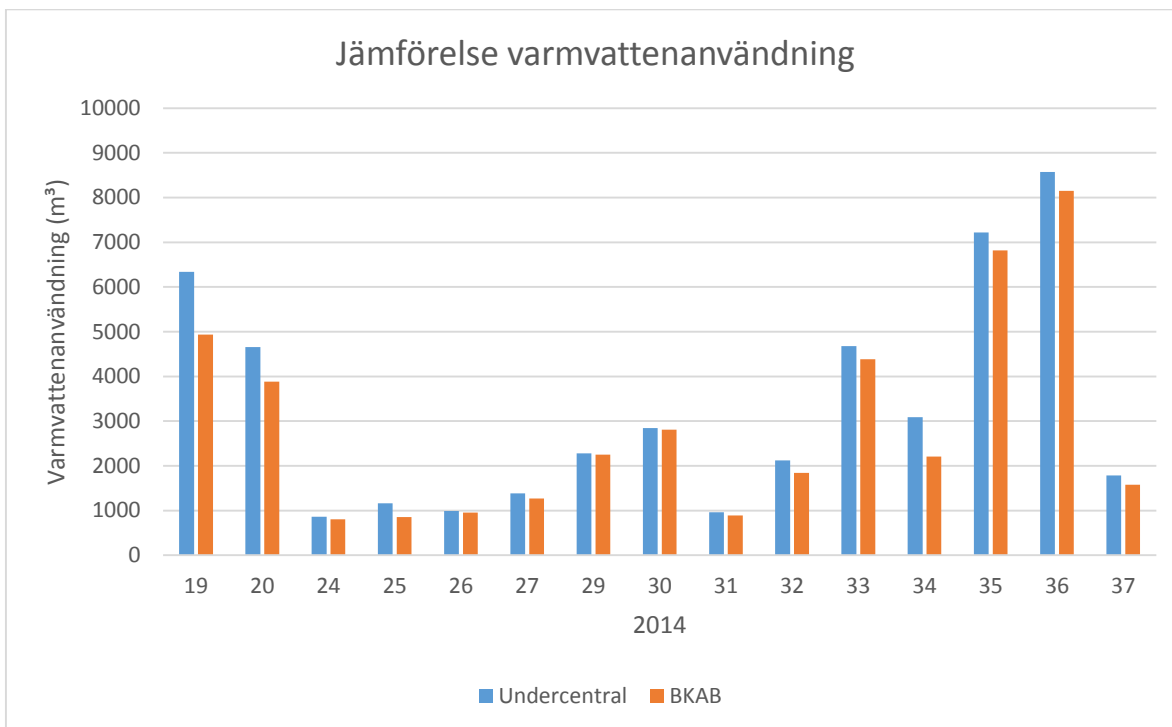
I figurerna 3.2–3.4 visar BKAB nästan två grader mer än värdena från SMHI. Anledningen till temperaturskillnaden är svår att veta, något som kan påverka är hur mätstationerna är uppförda men det kan också vara lokala temperaturvariationer som är anledningen. Det kan få en stor påverkan om uttemperaturen BKAB ger inte stämmer med den verkliga, då debitering inte sker när det blir mer än tolv grader ute.

### 3.3.2 Varmvatten

Vattenmätarna som skickar mätvärden till BKAB:s servrar saknar ibland värden vilket medför att det blir en skillnad mellan BKAB och de värdena som mäts i undercentralen. Detta kan bero på flera anledningar, t.ex. sabotage och fabrikationsfel vilket åtgärdas kontinuerligt. En varmvattenmätare registrerar pulser som givaren skickar varannan timme till en uppsamlingsenhet.



Figur 3.5 Jämförelse av varmvattenanvändning uppmätt i undercentral 1-18 och BKAB.



Figur 3.6 Jämförelse av varmvattenanvändning uppmätt i undercentral 19-37 och BKAB.

Figur 3.5 och 3.6 visar att det i de flesta fall endast är en liten skillnad mellan värdena från de utvalda undercentraler och BKAB. De undercentraler som redovisas i figuren är de fall där det fanns värde för både undercentralen och ifrån BKAB.

### 3.4 Statistik

#### 3.4.1 Beräkningar

Nettoenergianvändning kan skrivas som en summering av transmissionsförluster, ventilationsförluster och gratisvärmen.

$$q_v = Q_T + Q_V - G \quad (\text{kWh}) \quad (3.1)$$

Här är  $q_v$  nettoenergianvändning  
 $Q_T$  transmissionsförluster  
 $Q_V$  ventilationsförluster  
 $G$  gratisvärme

Ekvation (3.1) behöver anpassas för att bli i enheten Wh samt att det gäller en period på en månad.

$$q_v = (U_1 \cdot A_1 + U_2 \cdot A_2 + \dots U_n \cdot A_n) \cdot (T_i - T_u) \cdot 30 \cdot 24 + \frac{n \cdot V}{3600} \cdot \rho \cdot c \cdot (T_i \cdot T_u) \cdot 30 \cdot 24 - G \quad (\text{kWh}) \quad (3.2)$$



Här är  $U_n$  U-värdet för byggnadsdel n  
 $A_n$  area för byggnadsdel n  
 $T_i$  innetemperaturen  
 $T_u$  utetemperaturen  
 $n$  omsättning per timme  
 $V$  volym  
 $\rho$  luftens densitet  
 $c$  luftens värmekapacitet

I ekvation (3.2) så är endast  $q_v, T_i, T_u$  kända. Därför görs en omskrivning.

$$q_v = \left[ \sum U_i \cdot A_i \cdot 30 \cdot 24 + \frac{n \cdot V}{3600} \cdot \rho \cdot c \cdot 30 \cdot 24 \right] \cdot [T_i - T_u] - G \text{ (kWh)} \quad (3.3)$$

Då det finns många okända parametrar i ekvation (3.3) så krävs det för att göra en linjär regression att första hakparentesen ersätts med B.

$$q_v = (B \cdot T_i - G) - (B \cdot T_u) \quad \text{(kWh)} \quad (3.4)$$

Eftersom inomhustemperaturen varierar endast lite så antas uttrycket inom den första parentesen vara konstant. Då kan ekvation (3.4) skrivas som den räta linjens ekvation med utetemperaturen som beroende parameter. Denna ekvation kan nu med hjälp av MATLAB beräknas och skattade värden på  $K_0$  och  $K_1$  erhållas.

$$q_v = K_0 - K_1 \cdot T_u \quad \text{(kWh)} \quad (3.5)$$

Det kan vara svårt att jämföra energianvändningen för de olika undercentralerna då de har olika stor area. För att göra det mer jämförbart divideras nettoenergianvändningen med lägenhetsarean för områdena.

$$\frac{q_v}{A_{temp}} = \frac{(K_0 - K_1 \cdot T_u)}{A_{temp}} \quad \text{(kWh/m}^2\text{)} \quad (3.6)$$

Här är  $A_{temp}$  lägenhetsarean för respektive område.

### 3.4.2 Linjär regression

Med hjälp av minstakvadratmetoden är det möjligt att skatta konstanterna  $K_0$  och  $K_1$ . I rapporten kommer utetemperaturen analyseras för att få en modell som beskriver hur de ingående variablerna påverkar varandra. För att få de skattade värdena  $K_0$  och  $K_1$  plottas punkter med energianvändningen som är given i undercentralen mot utemedeltemperaturen för de månader då debite-

ring sker. MATLAB informerar även om determinationskoefficienten (R-kvadrat) vilket är hur pass väl regressionslinjen stämmer med de plottade punkterna.

### 3.4.3 Variationer kring regressionslinjen

För att kontrollera hur väl sambandet beskrivs av regressionslinjen så kan det uppmätta värdet jämföras med det uppskattade värdet. Ligger värdena nära varandra så beskriver sambandet regressionslinjen bra. Skillnaden mellan de uppmätta och uppskattade värdena kallas för residualer. Detta värde fås även genom MATLAB då plottning av regressionslinjen sker.

## 3.5 Data

### 3.5.1 Energistatistik

Programmet E4 är det energistatistikprogram som Helsingborgshem använt. Här visas all energianvändning som registreras i undercentralerna så som den verkliga värmeenergi- och vattenanvändning men även el, gas och kyla. Värdena går att få för olika tidsperioder samt normalårskorrigerade. Denna data har sammanställts för att jämföras med de individuella mätningarna, samt se om resultatet blivit så som man tänkt.

### 3.5.2 Mätsystem

Programmet från BKAB visar de olika lägenheternas uppmätta inomhustemperatur för vistelserum varannan timme. Här visas även mängden varmvatten som mätts upp i lägenheterna. Programmet räknar ut en kostnad baserad på varmvattenanvändningen och temperatur. Data för kortare tidsperioder går snabbt att hämta hem från servern, vid långa tidsperioder blir hämtning av data tidskrävande.

### 3.5.3 Ritningar

I hyperdoc går det att utläsa ritningarna som går att mäta, zooma och skriva ut skalenligt. för varje lägenhet och dessa användes bland annat för att uppföra dokument som innehöll area, lägenhetstyp och antal lägenheter för de olika fastigheterna.

### 3.5.4 Fastighetsinformation

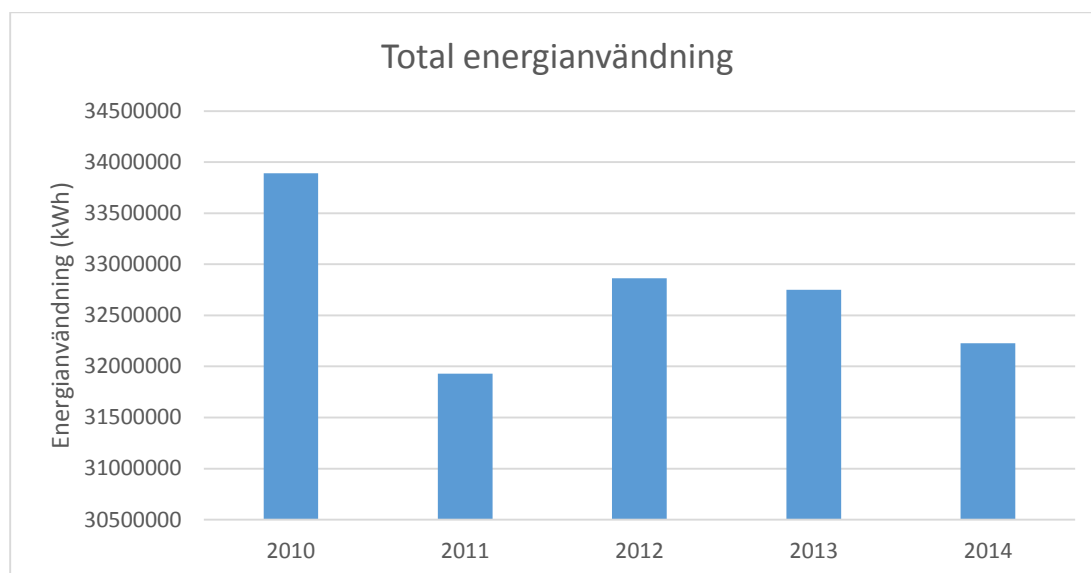
Fastdata används för att få information om objekten. Informationen består av t.ex. hyra, storlek, adress och lägenhetsinnehavare.

### 3.5.5 Fakturor

I programmet efakt lagras alla fakturor. Det användes för att se hur mycket som fakturerats från BKAB angående installationerna som rapporten omfattar. I efakt identifierades kostnader som tillkommit utöver installationskostnaderna. Kostnaderna kan exempelvis vara byte av batteri eller mätare. Årskostnaderna är en summering av vad Helsingborgshem betalar till BKAB varje månad som serviceavtal.

## 4 Resultat

Den totala energianvändningen har minskat med fem procent sedan införande av IMD, se figur 4.1. Den energianvändningen som registreras i undercentralen är en total energianvändning av både värme och varmvatten.



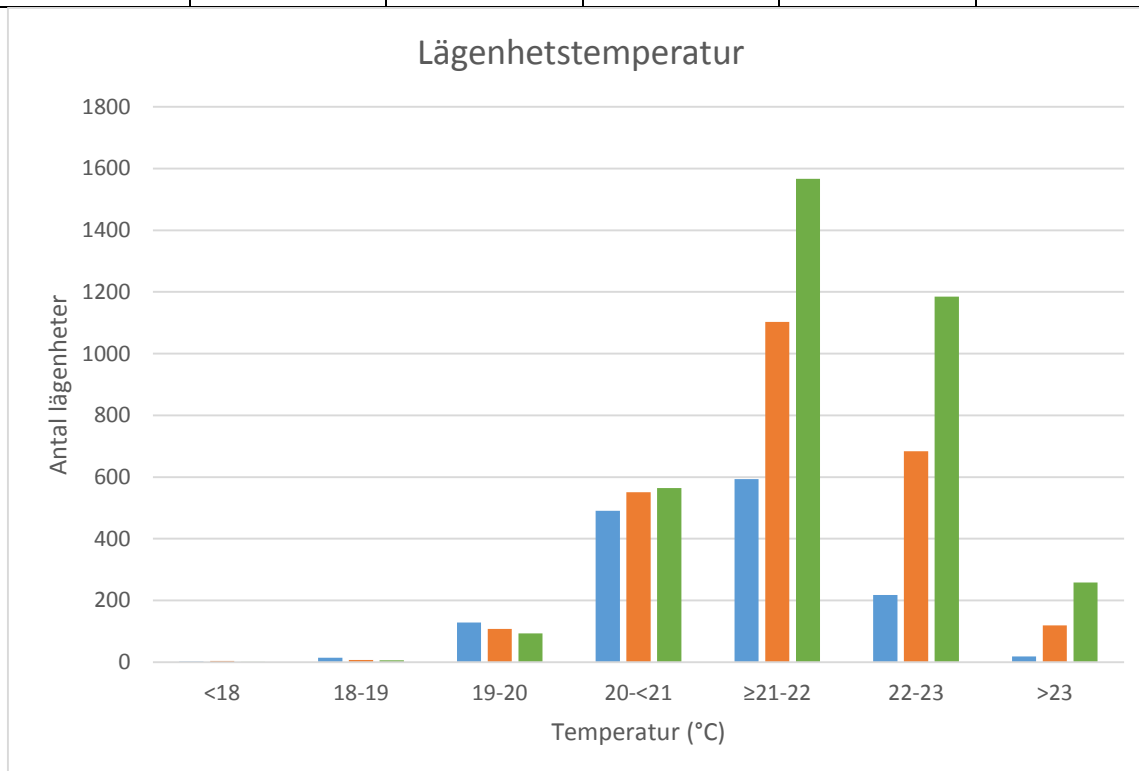
Figur 4.1 Total energianvändning värme och varmvatten, normalårskorrigerad.

### 4.1 Val av temperatur

Genom att erbjuda hyresgästen temperaturer mellan 18-23°C ges hyresgästen en större valmöjlighet att kunna styra sin värmekostnad. Hyresgästen får också ett ekonomiskt incitament att ändra sitt beteende genom att minska sin energianvändning. För att en energiminskning ska kunna vara möjlig genom IMD måste hyresgästerna beteende vara att sänka sin innetemperatur. Görs detta i hela husets sänks medelinetemperatur och energianvändningen minskar. Väljer hyresgästen att istället höja sin medelinetemperatur så kommer energianvändningen för värme att öka. IMD installeras i etapper 2011, 2012 och 2013 och när möjligheten ges väljer hyresgästerna en högre inomhustemperatur vilket visas i Figur 4.2. Temperatureerna som redovisas i Tabell 4.1 är uppmätta under de åren individuell mätning har debiterats.

Tabell 4.1 Medeltemperatur i lägenheter under uppvärmningssäsong.

Medeltemperatur i 1464 lägenheter 2012		Medeltemperatur i 2576 lägenheter 2013		Medeltemperatur i 3674 lägenheter 2014	
Temp (°C)	Antal lägenheter	Temp (°C)	Antal lägenheter	Temp (°C)	Antal lägenheter
<18	2	<18	4	<18	1
18-19	14	18-19	7	18-19	6
19-20	128	19-20	108	19-20	93
20-<21	491	20-<21	551	20-<21	564
≥21-22	593	≥21-22	1103	≥21-22	1567
22-23	218	22-23	684	22-23	1185
>23	18	>23	119	>23	258

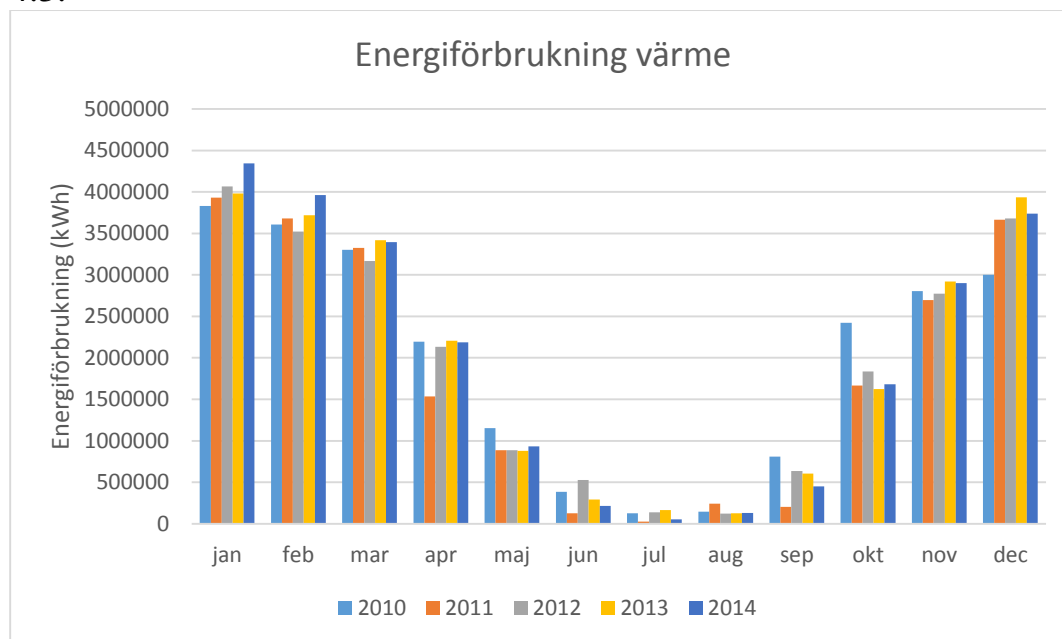


Figur 4.2 Jämförelse mellan antal lägenheter med "viss" temperatur.

Årsmedeltemperaturerna låg under 2012 på 21,22°C men redan 2013 har den höjts till 21,55°C. Årsmedeltemperaturerna fortsatte att öka under 2014 till en temperatur på 21,72°C. En ökad medeltemperatur leder till att energianvändning också ökar. Av hyresgästerna 2014 väljer 18 procent att ha en temperatur som är lägre än 21°C. Energianvändningen för värme har ökat varje år sedan installationen vilket följer valet av inomhustemperatur.

## 4.2 Värme

Den totala energianvändningen för värme har varierat lite under åren se Figur 4.3.



Figur 4.3 Månadsenergianvändning exklusive varmvattenenergi. Normalårskorrigerade värden över 2010-2014.

Programmet E4 som energianvändningen är hämtad från använder graddagar för att normalårskorrigera värdena. Ju fler graddagar ett år använder desto kallare var det under året enligt tabell 4.4.

Tabell 4.2 Graddagar.

	Graddagar					
År	Normalår	2010	2011	2012	2013	2014
	3168	3727	2938	3216	3169	2663

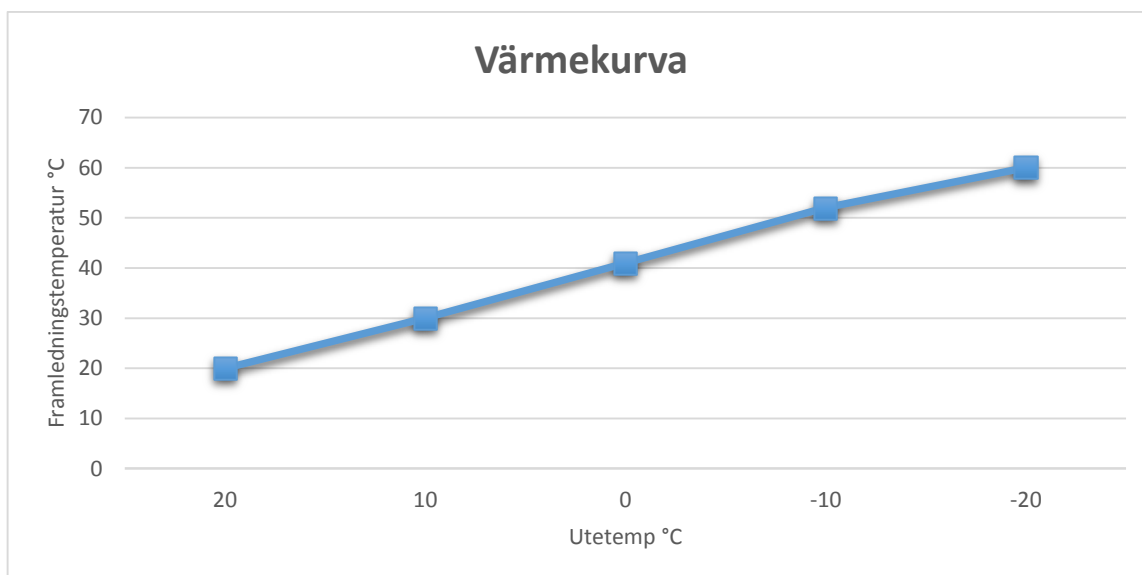
Under 2010 ligger energianvändningen högt, men 2010 var också ett ovanligt kallt år med många graddagar. Under 2011 började installationen på de första testlägenheterna göras. 2011 var ett varmt år med låg energianvändning. Framledningstemperaturen höjs för att kunna erbjuda 23°C vilket kräver mer energi och ger en större värmeförlust. Installationerna fortsatte under 2012 och 2013 var alla installationer klara. Sedan debiteringen startade oktober 2011 sker en ökning av energianvändningen då det successiv blir fler lägenheter som får IMD installerat, se Figur 4.4. Detta beror förmodligen på den ökade inomhustemperaturen och en högre framledningstemperatur. Då 80 procent av lägenheterna har en medelinnetemperatur som är högre än 21°C måste mer värme skickas ut i systemet.



Figur 4.4 *Energianvändning utan varmvatten registrerat i undercentraler (normalårs korrigerade).*

### 4.3 Värmekurvor

Värmekurvan används för att få en jämn inomhustemperatur, oavsett utomhustemperatur. Från värmekurvan anpassas framledningstemperaturen och genom den även inomhustemperaturen. En värmekurva kan se ut som i Figur 4.5.

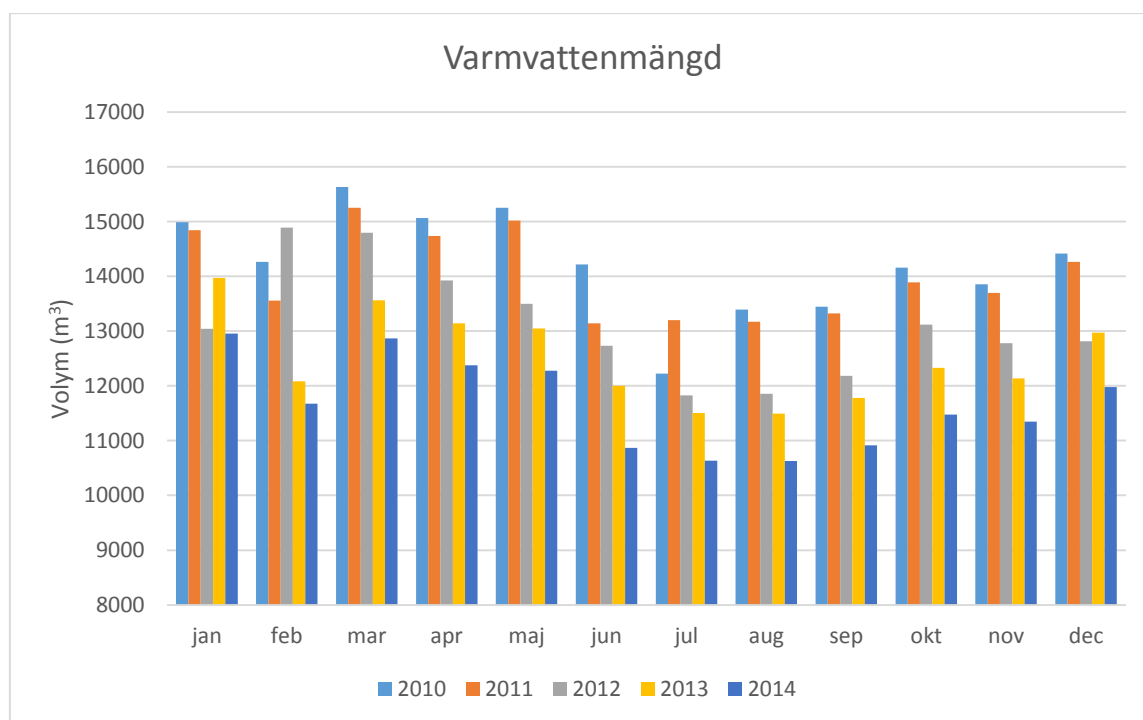


Figur 4.5 *Exempel på värmekurva.*

Då Helsingborgshem erbjuder hyresgästerna 23°C så måste värmekurvorna justeras för att säkerställa sitt kundlöfte. Att höja temperaturen i lägenheten med en grad motsvarar att höja kurvan cirka tre grader. Värmekurvor justeras efter utetemperatur, de kan även justeras för att säkerställa att hyresgästerna kan få erbjuden innetemperatur.

## 4.4 Varmvatten

Alla fjärrvärmecentraler har inte en undermätare som registrerar varmvatten. Av de 37 undercentraler som undersöks saknar fyra undermätare för varmvatten. I de fall då undermätare saknas för varmvatten antas en varmvattenanvändning på 40 procent av vattenanvändningen, detta är genomsnitt användningen av de undercentraler som har undermätare. Den uppmätta varmvattenanvändning från BKAB skiljer sig från den mängden som undercentralerna visar med i snitt 10 procent. Denna avvikelse skulle kunna bero på att andra förbrukare så som tvättstuga, trappstädning och eventuella lokaler i fastigheten använder varmvatten. Dessa har ingen mätning och gör att undercentralen och uppmätningen skiljer varandra åt. Det förekommer fabrikationsfel som åtgärdas kontinuerligt samt att sabotage kan göra att mätningarna utgår. Testområdet som installationen utfördes på har en uppmätt varmvattenanvändning genom IMD givarna som stämmer till ca 65 procent av det värdet som undercentralen registrerat. Dessa varmvattenmätare har ersatts och under 2014 överensstämmer värdena med 90 procent av det uppmätta. Många av de individuellt uppmätta varmvatten mängderna stämmer väldigt bra överens med användningen. Den totala varmvattenanvändningen har sedan 2010 fram till 2014 minskat med 30 919 m<sup>3</sup> eller 18,1 procent, se Tabell 4.3. Varmvattenmängden för åren 2010-2014 redovisas i Figur 4.6.



Figur 4.6 Varmvattenanvändning åren 2010-2014.

Tabell 4.3 Varmvattenanvändning.

År	Undercentral (m <sup>3</sup> )	Minskning (m <sup>3</sup> )	Minskning (%)
2010	170 918		
2011	168 102	2815	1,6
2012	157 460	10 642	6,3
2013	150 034	7425	4,7
2014	139 034	10 035	6,7
Total minskning		30 919	18,1

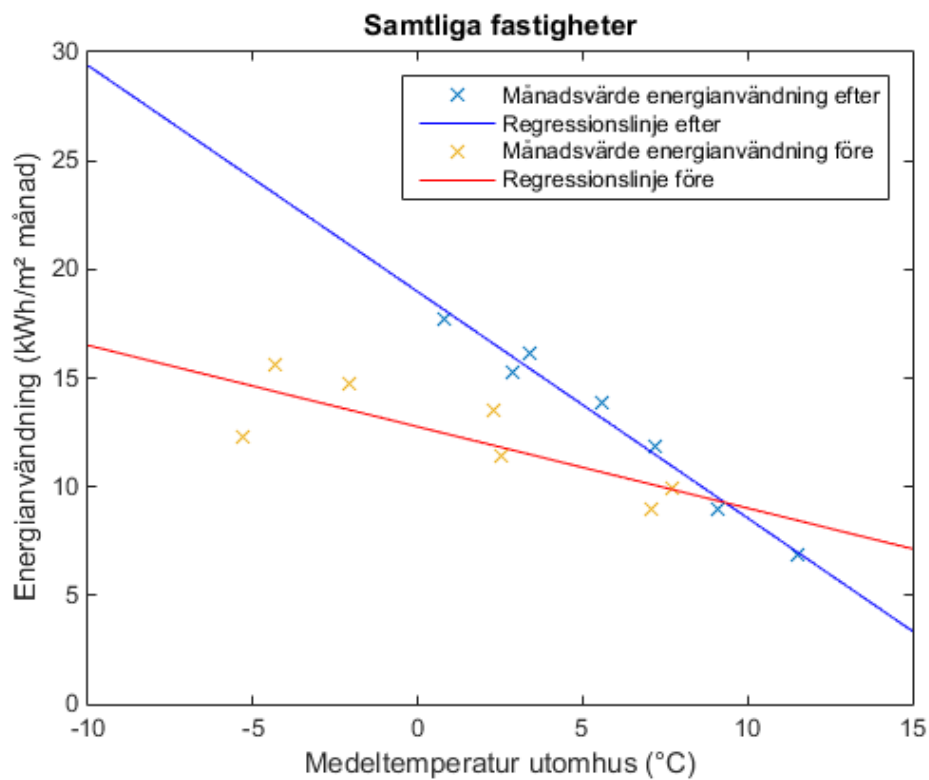
Även om det för varje etapp har skett en total minskning i varmvattenanvändningen skiljer sig de olika installationsperioderna åt. Fastigheterna i test etappen är den enda etapp där det först sker en minskning men som sedan ökat sin varmvattenanvändning igen. Uppmätningen med BKAB stämmer någorlunda väl överens med de värden som finns i undercentralen.

## 4.5 Värmeenergianvändning före och efter

### 4.5.1 Modell och parameterskattning

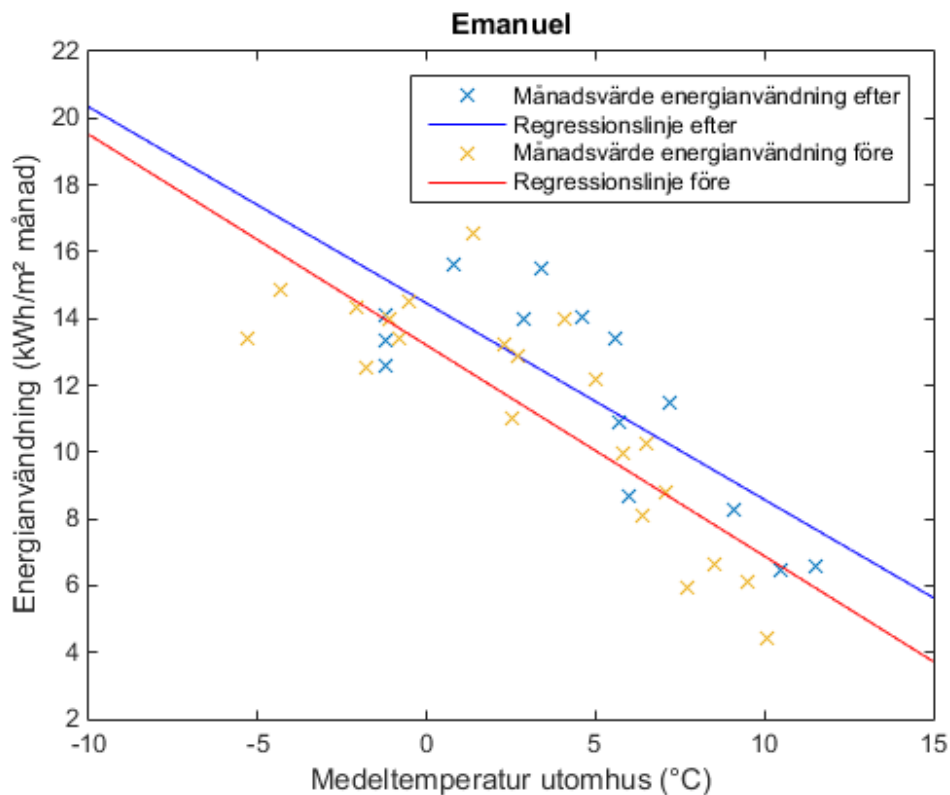
Beräkningar utförda i MATLAB indikerar på olika resultat i olika områden. Något som gäller alla fastigheter är att när utetemperaturen är noll grader eller lägre så har energianvändningen ökat efter installationerna 2011-2013. För den totala energianvändningen som visas i Figur 4.7 konstateras det att då utomhustemperaturen är cirka 10°C eller högre är energianvändningen lägre än före installationerna. Det resultat som hade varit bäst ur energisynpunkt vore om hela linjen efter installationerna låg under linjen för hur det såg ut före installationerna dvs. att det inte fanns någon skärningspunkt.





Figur 4.7 Total energianvändning före och efter IMD.

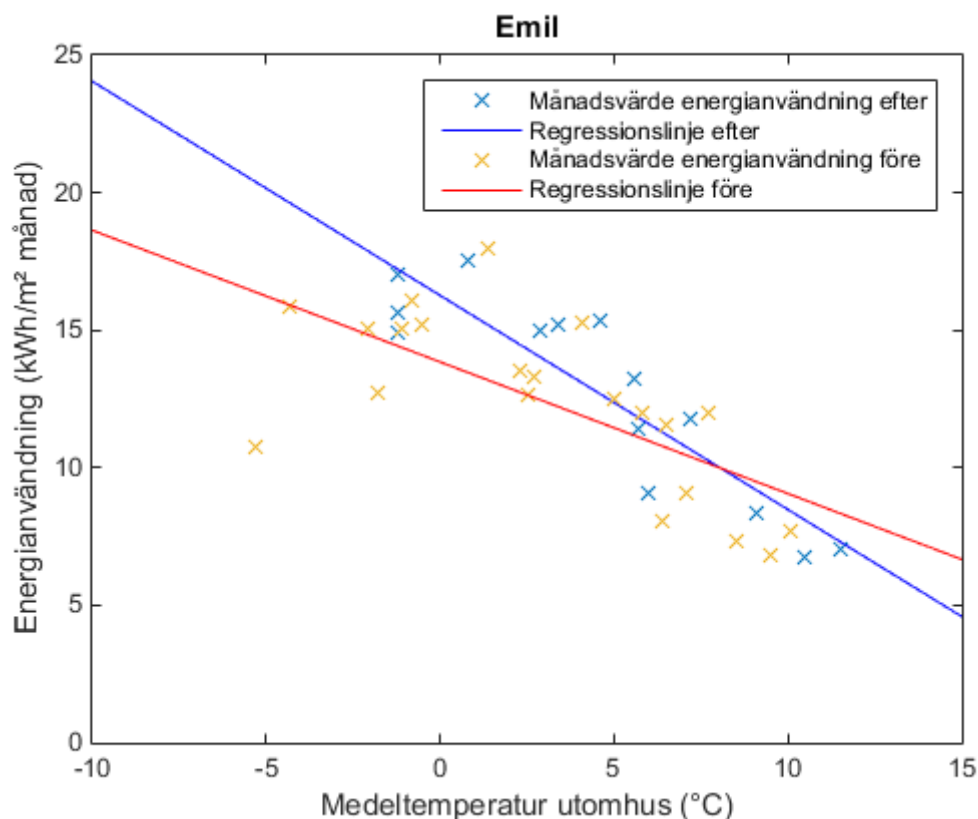
#### 4.5.2 Emanuel



Figur 4.8 Energianvändning Emanuel.

Fastigheten Emanuel som visas i Figur 4.8 är ett av få fall där hela linjen för energianvändningen efter installationen konstant ligger över vad den gjorde före installationen. Orsaken till detta är svår att veta, men då den korrigerade determinationskoefficienten är 0,687 före och 0,603 efter finns det en viss osäkerhet i hur korrekta linjerna är. Antalet mätvärden är dessutom endast 14 före och 21 efter, vilket inte är så många.

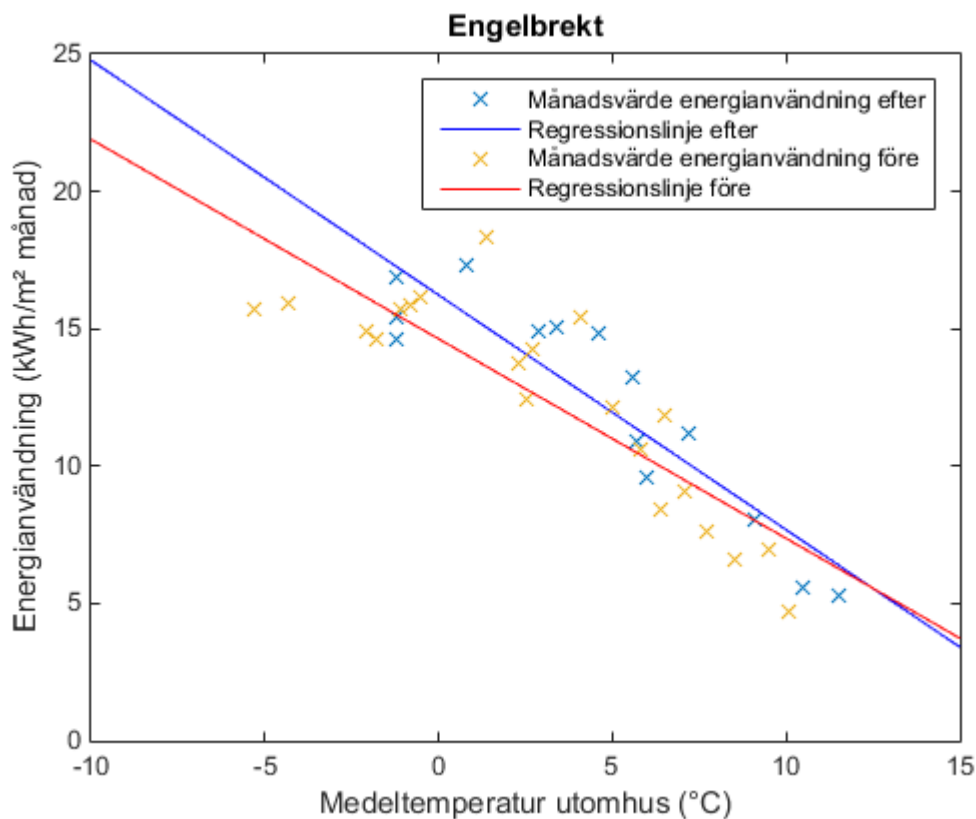
#### 4.5.3 Emil



Figur 4.9 Energianvändning Emil.

Fastigheten Emil har vid en utomhustemperatur på cirka sju grader och varmare en lägre energianvändning efter installationen. Vid lägre temperaturer är energianvändningen dock högre. De korrigerade determinationskoefficienterna så är värdet före 0,448 och efter 0,790. Alltså är det en ganska stor osäkerhet i linjen för hur det var före installationen jämfört med efter. Emil är i samma geografiska område som Emanuel men de skiljer sig väldigt mycket vilket är tydligt om man jämför Figur 4.8 och Figur 4.9. Detta fast de är geografiskt nära varandra och byggnaderna är uppförda under samma tidsperiod.

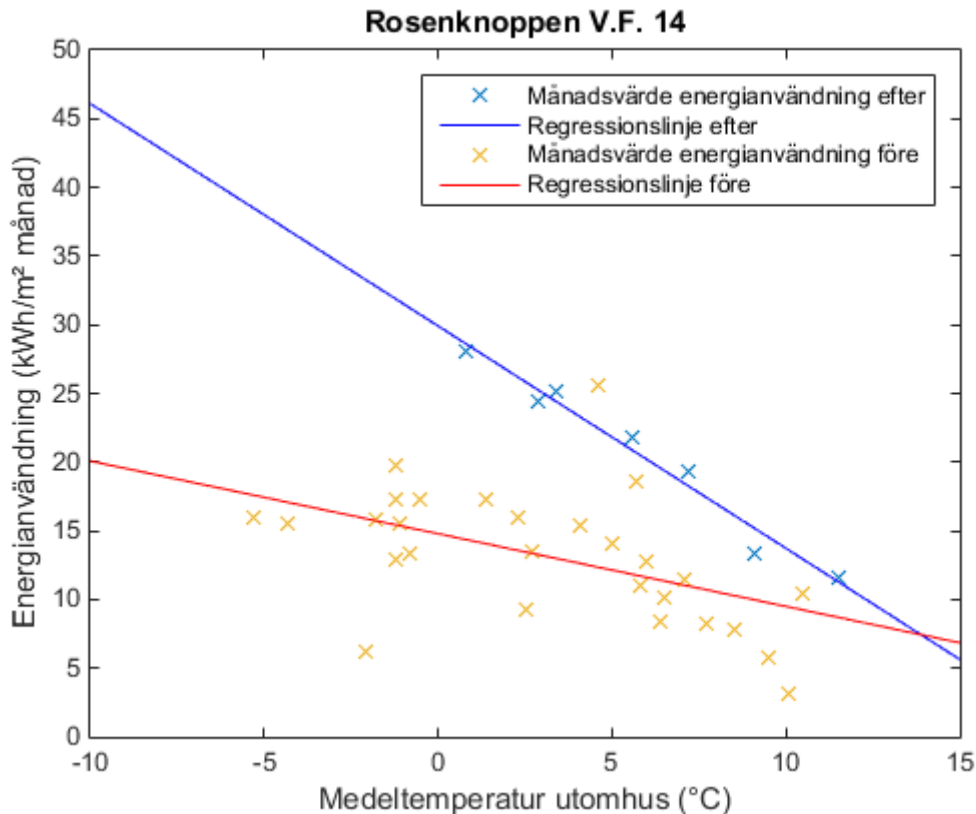
#### 4.5.4 Engelbrekt



Figur 4.10 *Energianvändning Engelbrekt.*

Fastigheten Engelbrekt Figur 4.10, som även den ligger i samma område som Emanuel och Emil visar tendensen att vid lägre utomhustemperatur ha en något högre energianvändning efter installationen. Den korrigerade determinationskoefficienten är före installation 0,727 och efter 0,813 så i detta fall är koefficienterna ganska höga vilket borde tyda på en ganska representativ bild.

### 4.5.5 Rosenknoppen



Figur 4.11 *Energianvändning Rosenknoppen V.F. 14.*

Fastigheten Rosenknoppen är en fastighet som har ökat sin energianvändning varje år sedan 2011. De korrigerade determinationskoefficienterna skiljer sig mycket i detta fall, före installation var det 0,211 och 0,963 efter. Även om linjen för hur det såg ut före inte beskriver punkterna så bra så vid en jämförelse av de plottade punkterna i Figur 4.11 så är det tydligt att vid ungefär samma temperatur så visar punkterna som motsvarar efter installation i nästan alla fall på en högre energianvändning.

## 4.6 Ekonomi

Installationskostnaderna för de 3682 lägenheterna som rapporten innefattar ligger på 24 480 671 kronor. Summerat per år ser kostnadsfördelningen ut enligt Tabell 4.4

Tabell 4.4 IMD kostnader.

IMD kostnader (kr)				
År	2011	2012	2013	2014
Installation	9 276 304	9 704 456	5 499 911	
Reparationer	10 642	47 207	78 722	126 420
Service avtal	16 201	67 861	137 712	170 472
Summa	9 303 147	9 819 524	5 716 345	296 892

Under tiden som mätningar pågått har reparationer av olika slag utförts. Reparationerna infattar t.ex. byte av givare och arbete efter sabotage. Reparationskostnaderna under 2011-2014 ligger i genomsnitt på 30 kronor per lägenhet och år. Utöver detta så tar även BKAB ut en kostnad på 46 kronor per lägenhet och år. Kostnaderna är inklusive moms då Helsingborgshem är sista kund. När alla lägenheter är klara landar de genomsnittliga underhållskostnaderna på 279 832 kronor per år, inklusive moms. Utöver underhållskostnaderna tillkommer interna kostnader för kontoret på 318 420 kronor per år. IMD för värme möjliggör att en del av kostnadsposten för värmen ligger på hyresgästen, dessa kostnader redovisas i Tabell 4.5.

Tabell 4.5 Värme debitering.

Värme debitering				
År	Medelinnetemperatur (°C)	Debiterat extra (kr)	Återbetalat (kr)	Netto (kr)
2012	21,22	110 263	220 183	- 109 920
2013	21,55	305 032	241 339	63 693
2014	21,72	630 238	215 386	414 852

I de fall där hyresgäster har fått pengar återbetalade på hyran blir kostnaden för hyresvärden oförändrad. Detta då hyran är den samma som innan IMD installerades. Då hyresgästen istället valt att hålla en högre innetemperatur med följd att de debiteras extra för värmen är detta en kostnad som tillkommit efter IMD installerats. Förr erbjöds 21°C och kostnaden täcktes då av hyran. När medelinnemetemperaturen nu höjs så debiteras hyresgästen för den ökade energikostnaden. Dock blir det i detta fall ingen besparing för hyresvärden, då detta är en kostnad som uppkommit genom att en högre temperatur erbjuds.

Varmvattenanvändningen har sedan installationen stadigt minskat. Jämfört med varmvattenanvändningen innan införandet av IMD för varmvatten så har

mängden varmvatten minskat med 30 919 m<sup>3</sup> under 2014. Den tilldelade mängden varmvatten som ingår i hyran 2014 är 113 628 m<sup>3</sup>. Om minskningen utav varmvattenanvändningen antas stanna kvar på samma nivå som 2014 så innebär det en besparing på 57 290 m<sup>3</sup> per år jämfört med användning före IMD. Uppskattat pris för varmvatten från Helsingborgshem är 45,1 kronor per kubikmeter. Besparingen för varmvattnet blir då 2 583 779 kronor.

Tabell 4.6 Varmvatten debitering

Varmvatten debitering				
År	Mängd (m <sup>3</sup> )	Debiterat extra (kr)	Återbetalat (kr)	Netto (kr)
2012	41 566	554 232	466 347	87 885
2013	73 892	982 587	728 937	253 650
2014	124 041	1 790 289	1 290 157	500 132

Hyresgästerna har även fått 1 290 157 kronor återbetalt på hyran då varmvattenanvändningen understeg lägenheternas tilldelade varmvatten Tabell 4.6. Förutsatt att varmvattenanvändningen utan IMD skulle vara kvar på samma nivå som 2010 blir besparingen för varmvattnet 57290 m<sup>3</sup>. Besparingen blir då 994 541 kronor, beräknas genom varmvattnen minskningen minus den återbetalda summan, halva underhållskostnader och halva interna kostnader. Halva underhåll- och internkostnaden antas gå till värme respektive varmvatten. Anta att denna årliga besparing håller i sig över tiden så blir återbetalningstiden 24 år. Incitamentet att spara 45 kronor per grad och månad är för svagt för att hyresgästen ska känna sig manad att sänka sin inomhustemperatur. Driften att istället få det lite varmare för en lika stor kostnad lockar mer.

## 4.7 Felanmälningar

Helsingborgshem har upplevt en ökning av felanmälningar efter att IMD installerades. Detta medför en ökad arbetsbelastning då en undersökning många gånger måste utföras på plats i lägenheten. I datorsystemet på kontoret kan en undersökning av användningen göras för att eventuellt lösa problemet utan att någon behöver åka ut och kontrollera. Anmälningarna som studerats är registrerade från 2013 och framåt. Totalt är det 2933 felanmälningar som analyserats. Av dessa felanmälningar har 1384 IMD installerat och 468 stycken har någon koppling som påverkar komfortvärmesystemet och därigenom kan ha ökat antalet felanmälningar. De flesta av felrapporterna hävdar att temperaturen är för låg eller för hög på grund av något fel på radiatorerna som t.ex. trasig termostat. Anmälningar handlar också om att hyresgästen upplever temperaturen som för låg eller att den inte överensstämmer med deras egna uppmätta temperatur.

## 5 Diskussion

IMD är något som anses ha besparingsmöjligheter. I denna rapport redovisas en studie av fastigheter där hyresgästerna erbjuds en innetemperatur mellan 18-23°C. Genom detta val möjliggörs en valfrihet för hyresgästerna men även en risk för ökad energianvändning. Den möjliga energibesparingen på 10-20 procent som presenteras i flera rapporter är möjlig om en byggnad skulle sänka sin medeltemperatur från t.ex. 23°C till 19°C. Då man räknar med en energibesparing på 5 procent per grad så skulle 20 procent vara möjligt att uppnå förutsatt att brukarna sänker sin inomhustemperatur. Att få en ekonomisk lönsamhet i IMD för värme är svårt men det är möjligt att minska energianvändningen om medeltemperaturen sänks till under 21°C. Under åren med IMD installerat ses en ökning av värmeenergianvändningen på ca 2,2 procent då medeltemperaturen höjs 0,5 grader. Vilket ungefär motsvarande fem procent per grad.

Det har observerats en temperaturökning sedan installationen, vilket författarna anser tyda på att hyresgästerna vill ha det varmare.

När det erbjuds en valfrihet för innetemperatur så är det också troligt att energianvändningen kommer att öka. Regressionslinjerna visar att hyresgästerna väljer att ha varmare. I koefficienten  $K_0$  ingår innetemperaturen som en skattad parameter, när den ökar så ökar  $K_0$  vilket betyder att energianvändningen vid en viss temperatur ökar enligt modellen.  $K_1$  varierar mycket mellan fastigheterna och en kraftig lutning pekar på ett högre U-värde eller mer ventilation. Eftersom klimatskalet i fastigheterna inte ändrats så borde detta alltså peka på att ventilationen ökats. Detta verkar lite tveksamt men inte omöjligt. Antalet mätpunkter är inte så många så detta kan endast ses som ett indikativt resultat.

Varmvattenenergin räknas bort genom att multiplicera varmvattenmängden med 58,1 kWh/m<sup>3</sup>, vilket är den energi Helsingborgshem beräknar krävs för att värma en kubikmeter varmvatten.

IMD för varmvatten anser författarna är lönsamt då det skett en minskning på nästan 20 procent, vilket följer det förväntade resultatet. Varmvattenmätning möjliggör en besparing för både hyresvärd och hyresgäst. Incitamentet för varmvattenmätning är starkare då en större kostnadsbesparing är möjlig. Varmvattenanvändningen hålls också nere då det inte finns något kostnadstak.

En anledning till att installera IMD i fastigheter är ur rättvis synpunkt. Författarna anser att det blir en rättvisare fördelning av kostnaderna om hyresgästen själv får betala för sin användning. Rättvisan ligger i att brukare med en låg temperatur eller vattenanvändning inte behöver bekosta storkonsumenternas konsumtion.

Vid installation av IMD bör hyresvärden räkna med mer administrativt arbete och även en större belastning för fastighetsvärdarna. Av de 1384 felanmälningar som rapporterats har 468 stycken en koppling till komfortvärmesystemet. Att Helsingborgshem upplever att felanmälningar för värme har ökat efter IMD installationen är då inte oväntat. En del av felen skulle kunna åtgärdas genom att skicka ut tydlig information för att alla ska kunna förstå hur mätningarna fungerar. Då kunden kan följa sin användning är det viktigt att rätt mängd redovisas på rätt tid då det annars kan påverka systemets trovärdhet negativt.

Genom att man i IMD-systemet lägger mer ansvar på brukaren finns det ett större intresse från dessa att meddela brister i systemet. En sådan brist skulle kunna vara en droppande dusch eller kran som i det långa loppet leder till många liter vatten. Vid mätning av kallvatten skulle t.ex. en läckande toalett identifieras då en konstant lägsta vattenanvändning skulle ske under hela dygnet.



## 6 Slutsatser

Att räkna med en lönsamhet som grundas på att alla sänker sin temperatur är knappast trolig, då majoriteten väljer en temperatur över 21°C. Under 2014 väljer lägenhetsinnehavarna att öka innetemperaturen, färre väljer en temperatur under 20 grader och antalet som har över 21 grader ökar. Hyresgästen vill ha det varmare och incitamentet att kunna spara 45 kronor per grad och månad är inte tillräckligt för att välja en lägre temperatur. IMD för värme har inte gett någon minskad energianvändningen då medelinetemperaturen har ökat.

Även regressionslinjerna visar på en ökad värmeenergianvändning sedan installationerna gjordes. Totalt sett är värmeenergianvändningen enligt regressionslinjen större från det att utetemperaturen understiger 10°C se Figur 4.7. Den linjära regressionen pekar på att sannolikheten att göra en energibesparing genom att installera IMD är osannolikt.

I varmvattenanvändningen är en stadig nedgång observerad. Från att IMD installerades har mängden varmvatten minskat med ca 20 procent. En sådan minskning är ett bra incitament för att fortsätta installera IMD för varmvatten. Varmvatten mätning möjliggör en effektiv energi- och kostnadsminskning.

Minskningen av varmvattenanvändningen blir en vinst för Helsingborgshem både ekonomiskt och miljömässigt. I värmen ses ingen energivinst då 80 procent av hyresgästerna väljer att använda en högre temperatur än 21°C. För att få en minskad energianvändning genom IMD för värme måste beteendet hos hyresgästen ändras så att medelinetemperaturen för byggnaderna minskar till under 21°C.

Systemet möjliggör en helt annan service till hyresgästerna. Det går väldigt snabbt och smidigt att ta fram en lägenhetsanvändning av t.ex. varmvatten och på så sätt se om någon inte stämmer eller ser konstigt ut.



## 7 Referenser

### 7.1 Böcker och publikationer

Berndtsson, L. (1999). *Utredning angående erfarenheter av individuellmätning av värme och varmvatten i svenska flerbostadshus (Rapport ER24:1999)*. Stockholm: Statens Energimyndighet.

Berndtsson, L. (2005). *Individuell mätning av värme och varmvatten i lägenheter*. Boverket, projekt 22101/311/5111.

Boverket (2002). *Hushållning med kallt och varmt tappvatten. Individuell mätning och temperaturstyrning*. Karlskrona: Boverket. Tillgänglig: [http://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2002/hushallning\\_med\\_kallt\\_och\\_varmt\\_tappvatten.pdf](http://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2002/hushallning_med_kallt_och_varmt_tappvatten.pdf). Nedladdad april 2015.

Boverket (2006). *Individuell mätning av värmeförbrukning i flerbostadshus i Tyskland - författningar, tekniker och erfarenheter*. Karlskrona: Boverket. Tillgänglig: [http://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2006/individuell\\_matning\\_av-varmeforbrukning\\_i\\_flerbostadshus\\_i-\\_tyskland.pdf.pdf](http://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2006/individuell_matning_av-varmeforbrukning_i_flerbostadshus_i-_tyskland.pdf.pdf). Nedladdad april 2015.

Dahlblom, M., Nordqvist, B. och Jensen, L. 2015. Distribution and variation of indoor temperatures in apartment blocks with individual metering and billing of space heating costs - on building, apartment, and room level. *Energy Efficiency*. Tillgänglig: <http://dx.doi.org/10.1007/s12053-015-9328-4>. Nedladdad mars 2015.

Energimyndigheten (2013). *Energiläget 2013*. ET 2013:22. Tillgänglig: <https://energimyndigheten.a-w2m.se/Home.mvc?ResourceId=2785>. Nedladdad 4 maj 2015.

Europaparlamentets och rådets direktiv 2002/91/EG av den 16 december 2002 om byggnaders energiprestanda. Tillgänglig: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:32002L0091&from=SV>. Nedladdad den 10 maj 2015.

Europaparlamentets och rådets direktiv 2012/27/EU av den 25 oktober 2012 om energieffektivitet, om ändringar av direktiven 2009/125/EG och 2010/30/EU och om upphävande av direktiven 2004/8/EG och 2006/32/EG. Tillgänglig: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/PDF/?uri=CELEX:32012L0027>. Nedladdad 20 april 2015.

Helsingborgshem (2014). *Individuell mätning av värmekomfort och varmvatten*. Tillgänglig: <http://svdocz.com/doc/14412/individuell-m%C3%A4tning>. Nedladdad 19 maj 2015.

Jagemar, L. och Olsson, M. (2009). *Individuell mätning och debitering i flerbostadshus. Underlag för offentlig upphandling*. Göteborg: Chalmers Energi-Centrum CEC.

Jensen, L. (1999). *Utvärdering av Helsingborgshems system för komfortdebitering*. Lund: Avdelningen för installationsteknik, Lunds Tekniska Högskola.

Körner, S. och Wahlgren, L. (2002). *Praktisk statistik, upplaga 3:8*. Lund: Studentlitteratur.

Nordquist, B. (1999). *De boendes inställning till system med individuell värmedebitering*. Lund: Avdelningen för installationsteknik, Lunds tekniska högskola.

SFS 2014:267. *Lag om energimätning i byggnader*. utfärdat den 30 april 2014.

Siggelsten, S. (2010). *Individuell mätning och debitering av energianvändning i flerbostadshus*. Lund: Avdelningen för byggproduktion, Lunds tekniska högskola.

Siggelsten, S. (2015). *Individual Metering and Charging of Heat and Hot Water in Multi-Apartment Buildings*. Diss. Lund: Construction Management, Lund university.

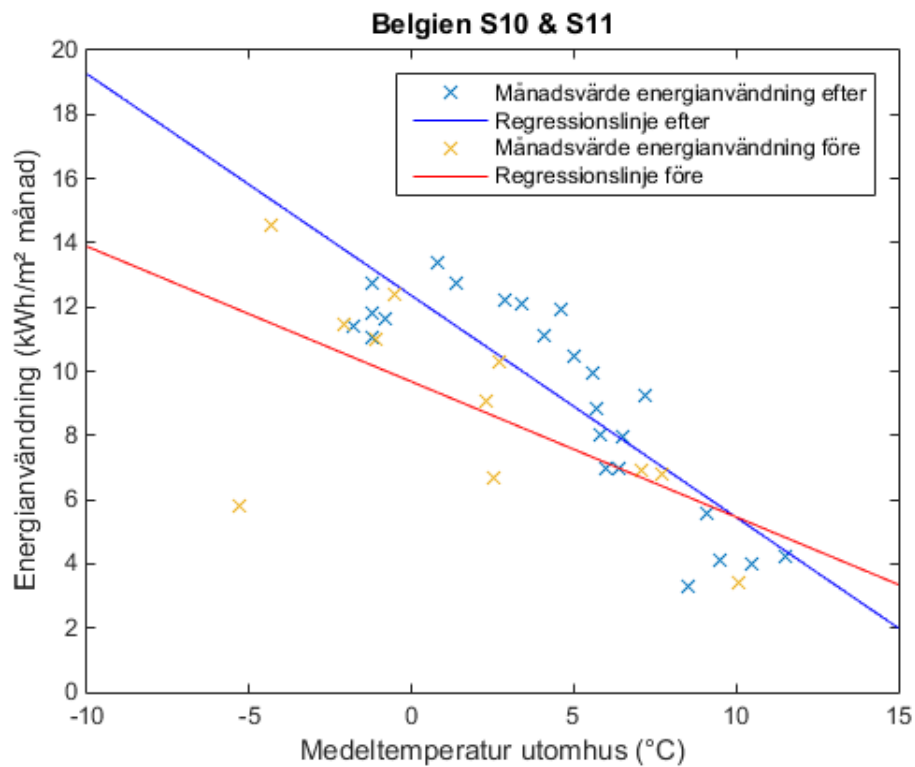
## **7.2 Hemsidor**

SMHI (2015) nedladdat april 8, 2015:

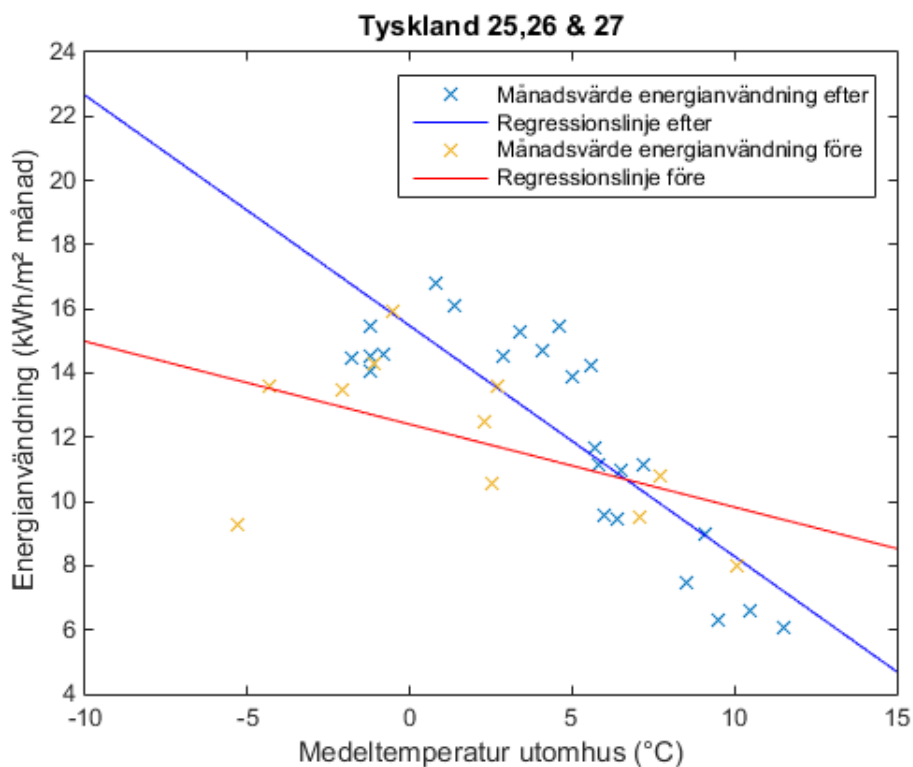
<http://www.smhi.se/klimatdata/meteorologi/temperatur/2.1240>

## 8 Bilagor

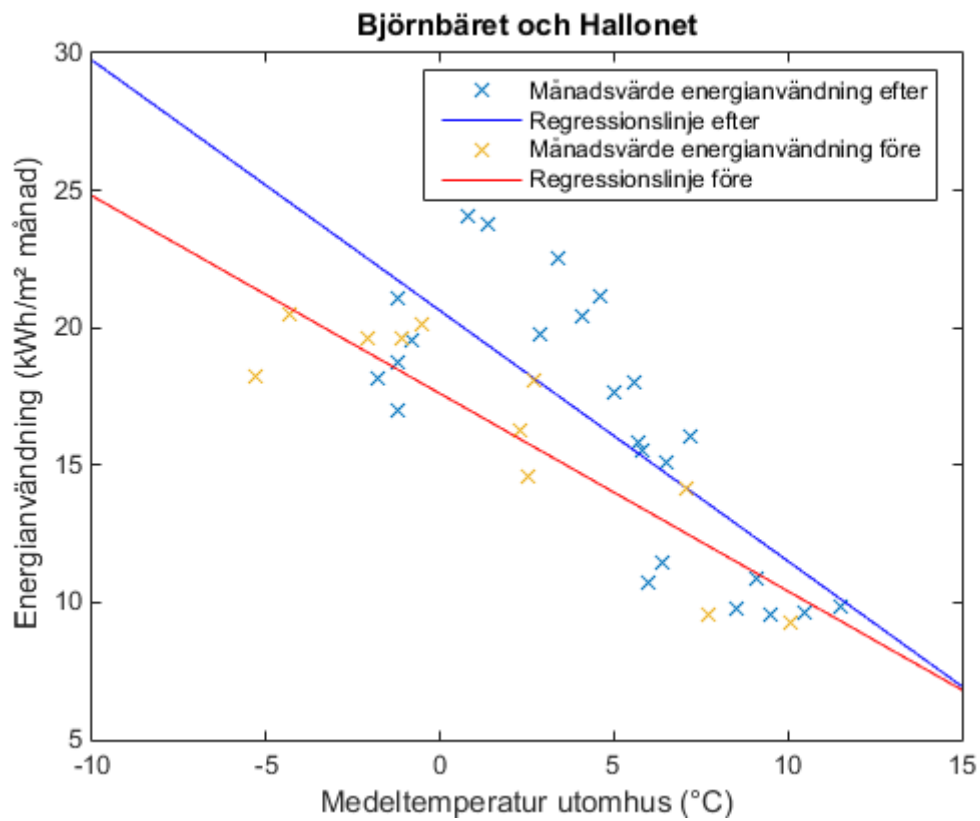
### 8.1 Bilaga A, Energiförbrukning före och efter installation.



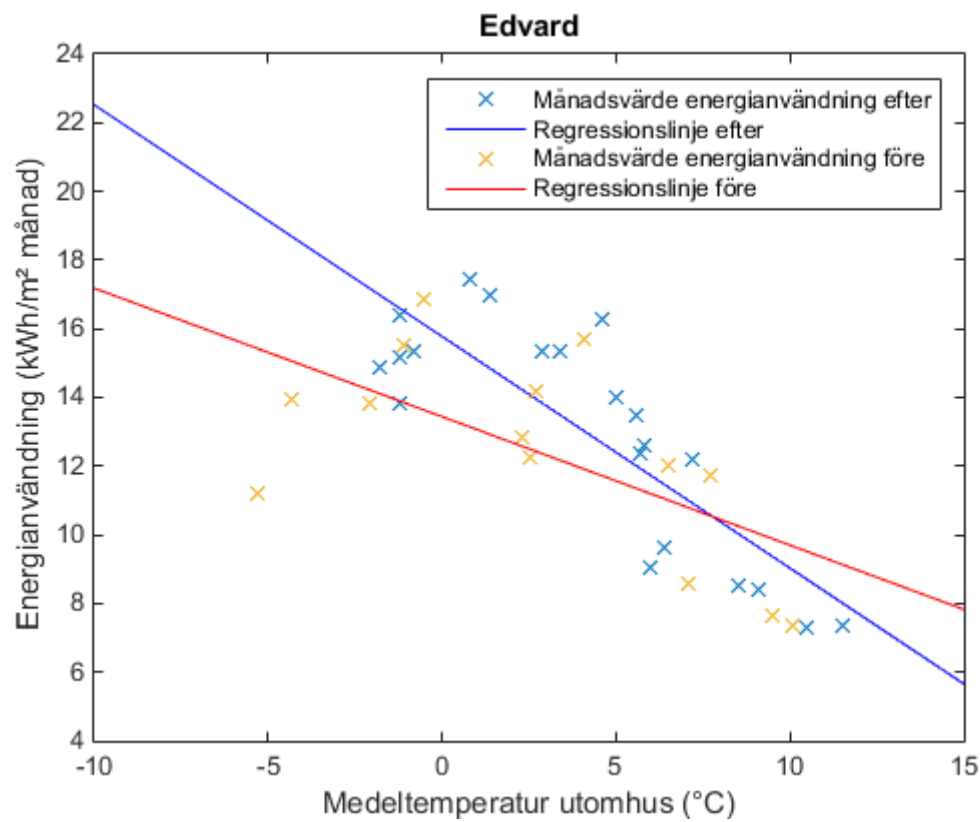
Figur 8.1 Energianvändning Belgien södra 10 & 11.



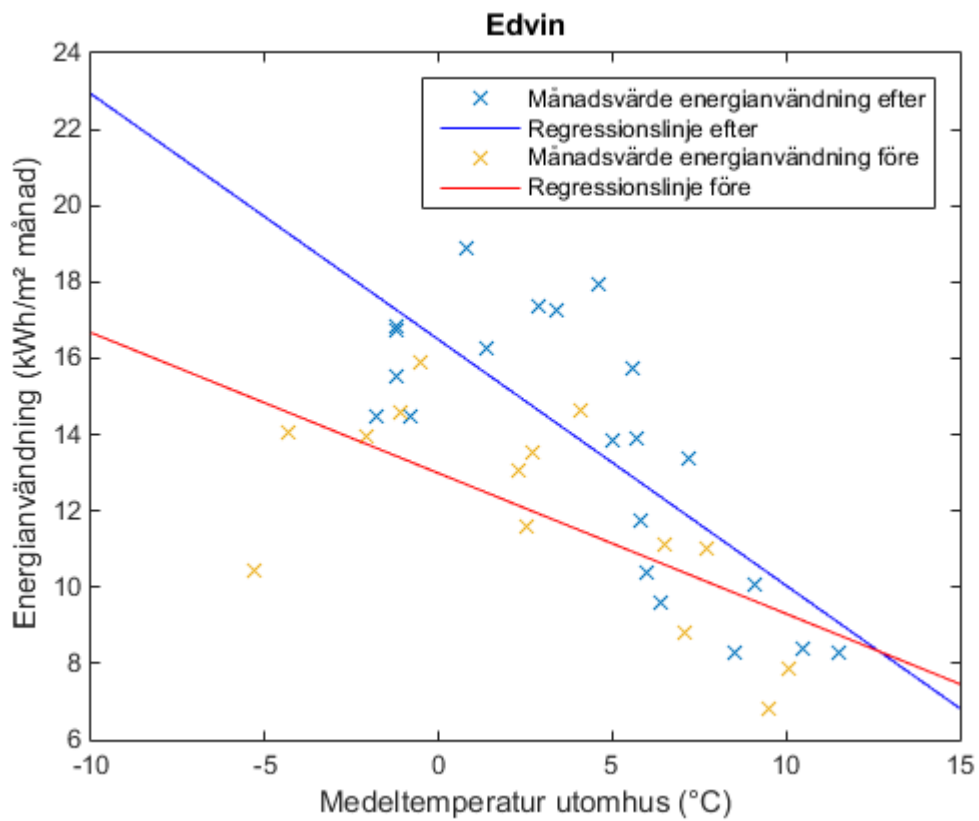
Figur 8.2 Energianvändning Tyskland 25, 26 och 27.



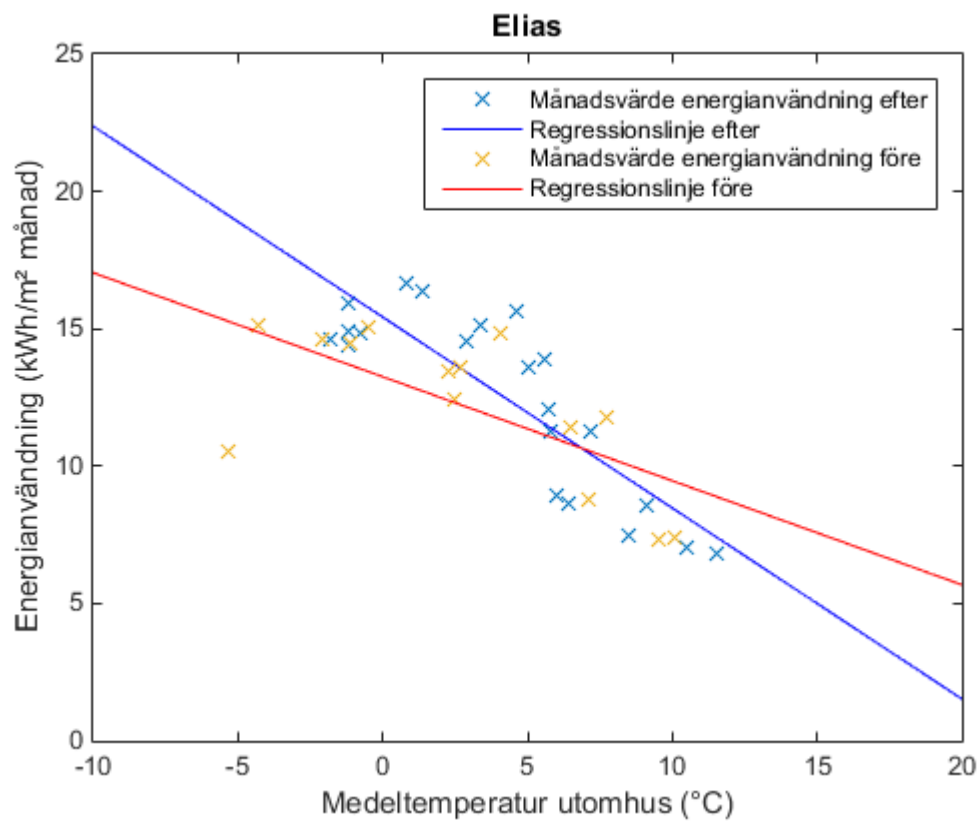
Figur 8.3 *Energianvändning Björnbäret & Hallonet.*



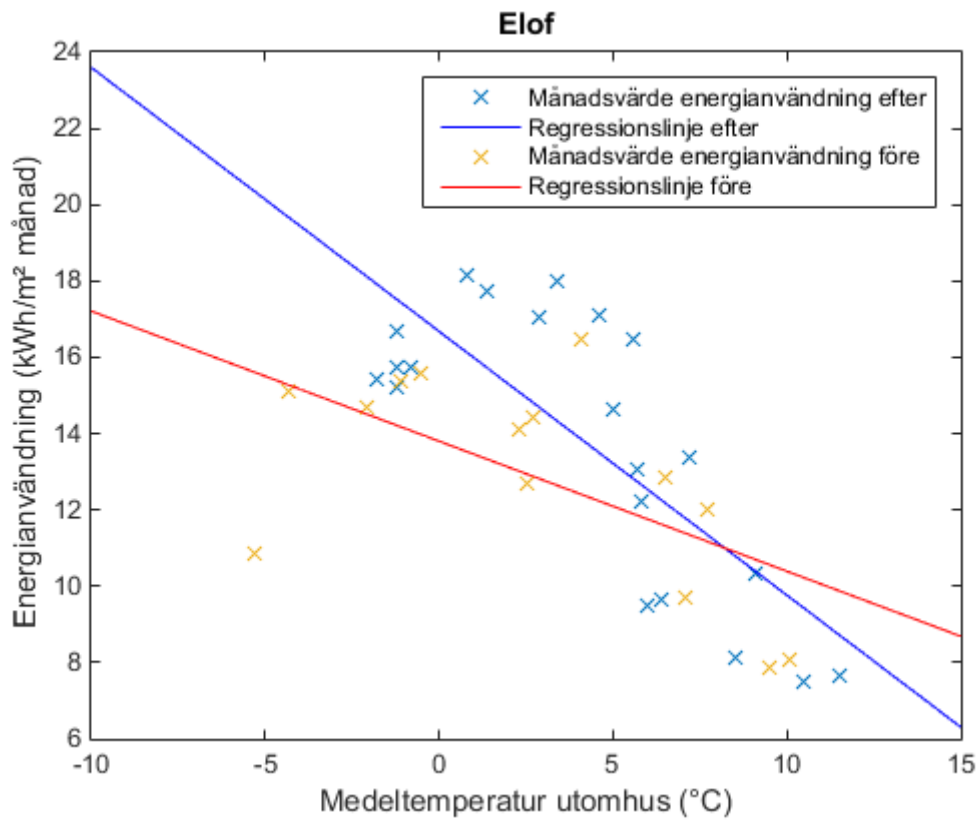
Figur 8.4 *Energianvändning Edvard.*



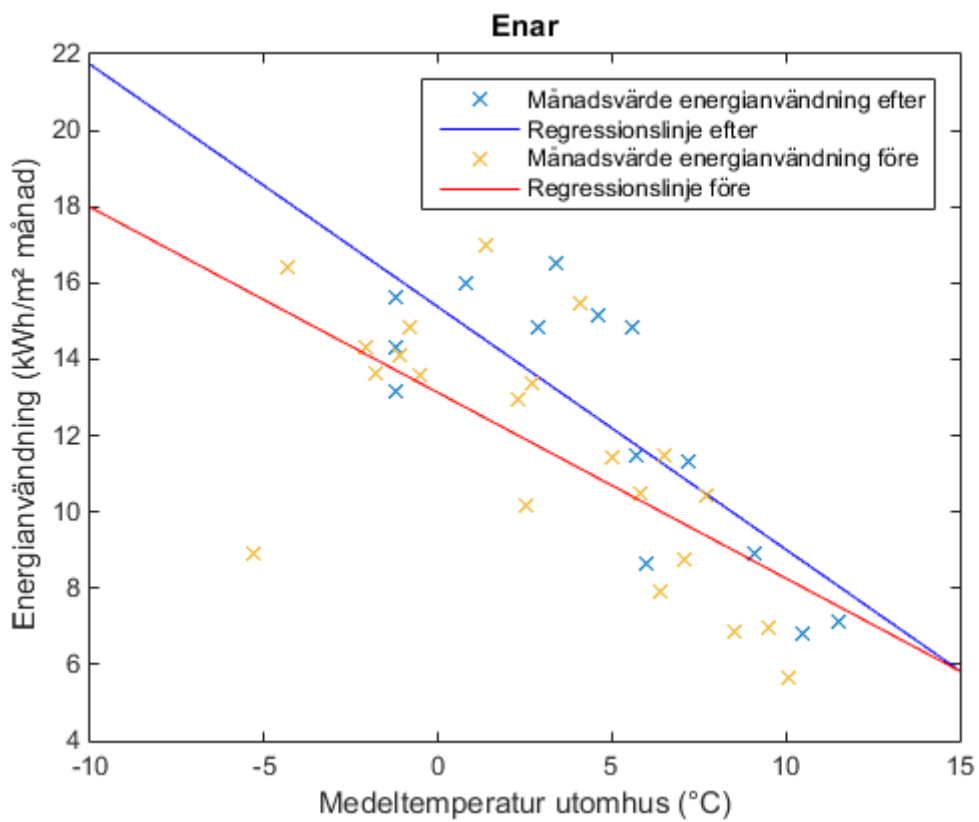
Figur 8.5 Energianvändning Edvin.



Figur 8.6 Energianvändning Elias.

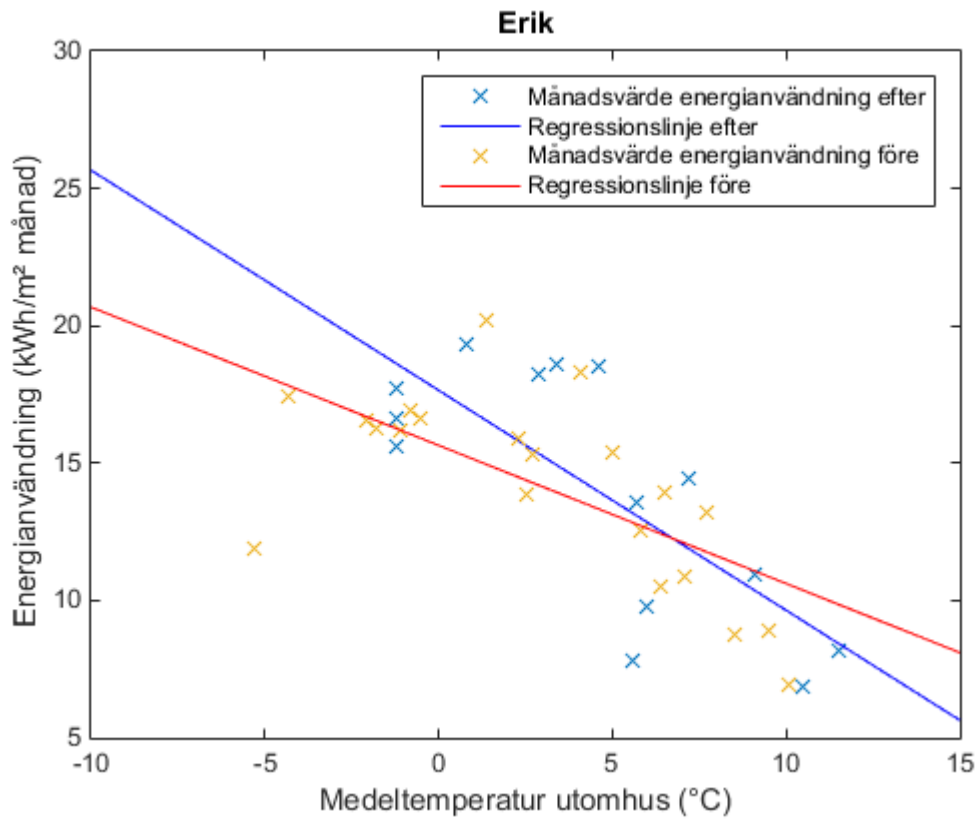


Figur 8.7 Energianvändning Elof.

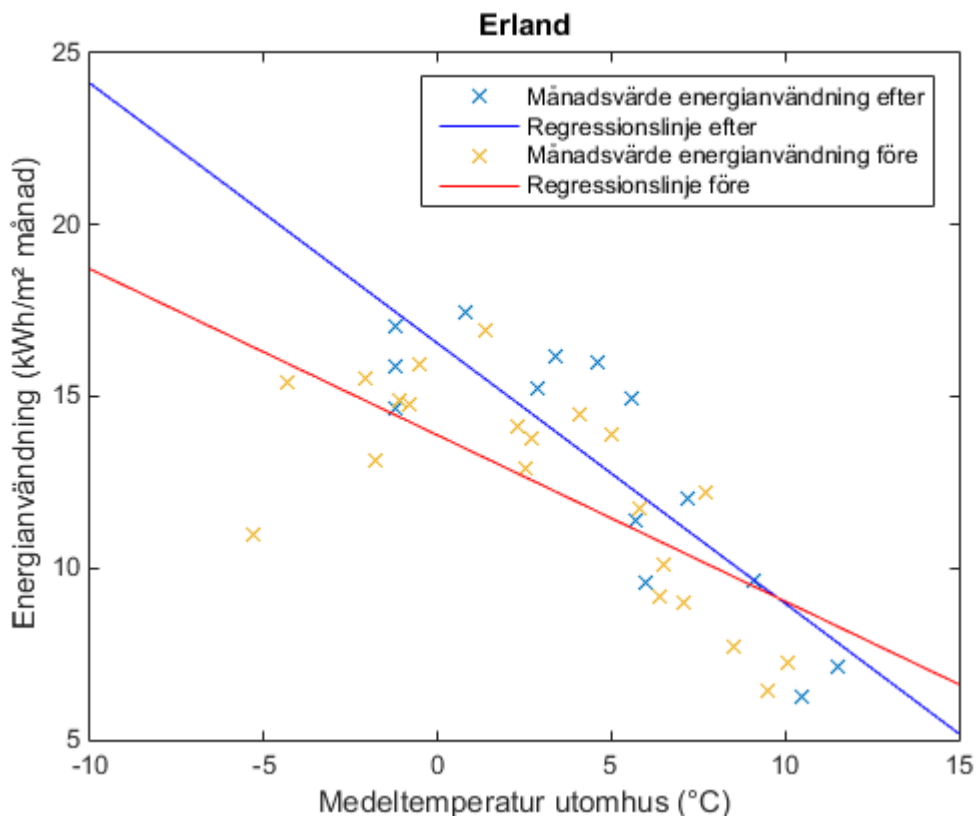


Figur 8.8 Energianvändning Enar.

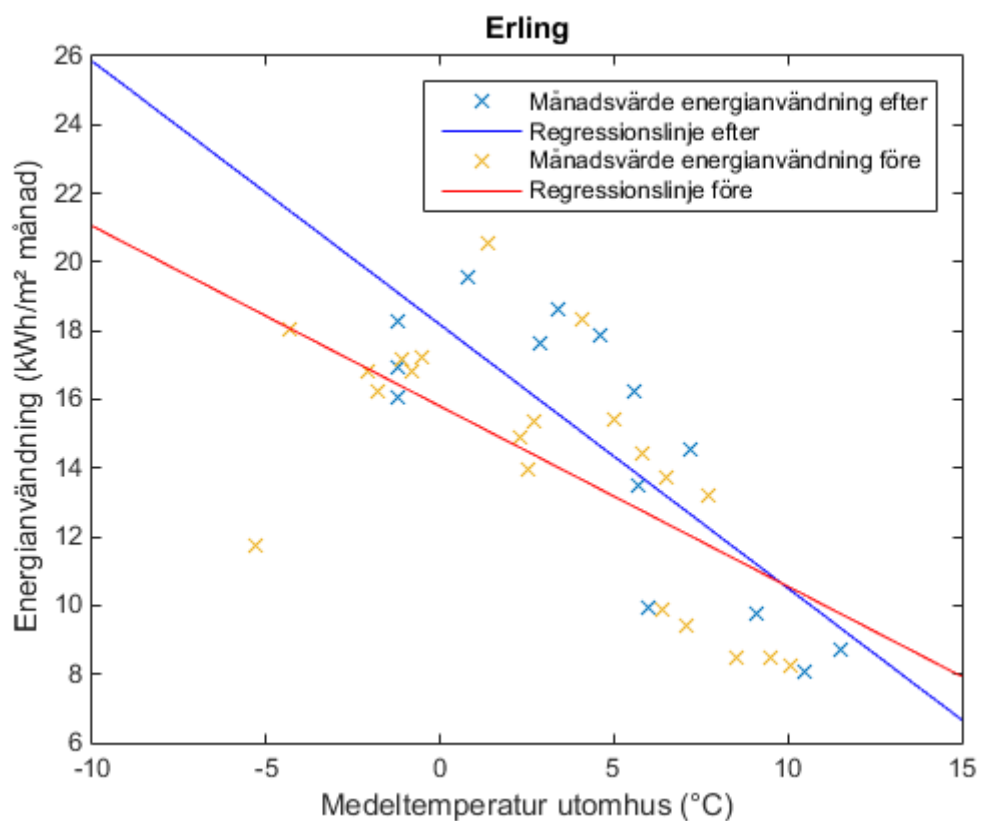




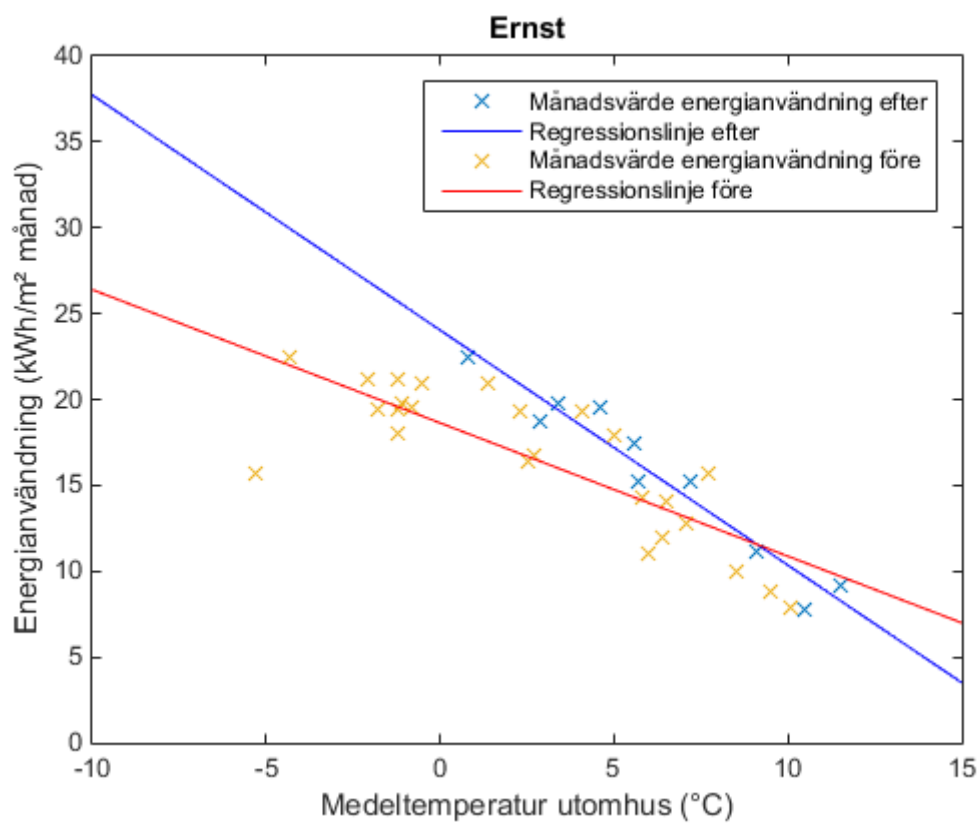
Figur 8.9 Energianvändning Erik.



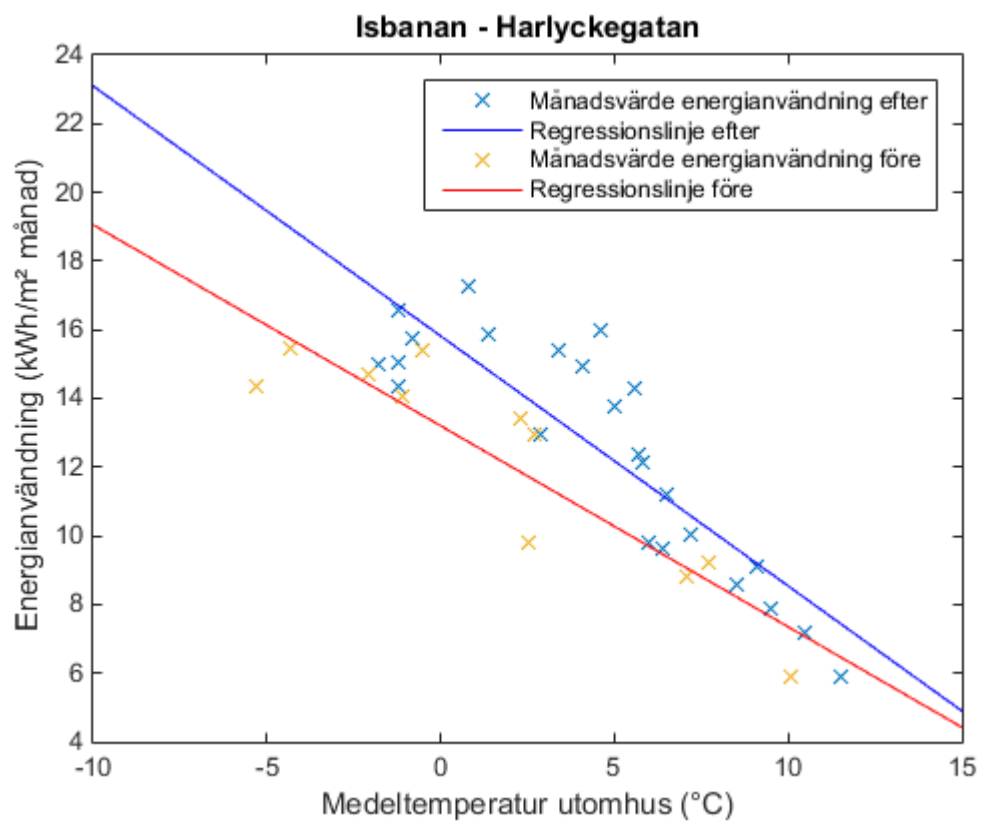
Figur 8.10 Energianvändning Erland.



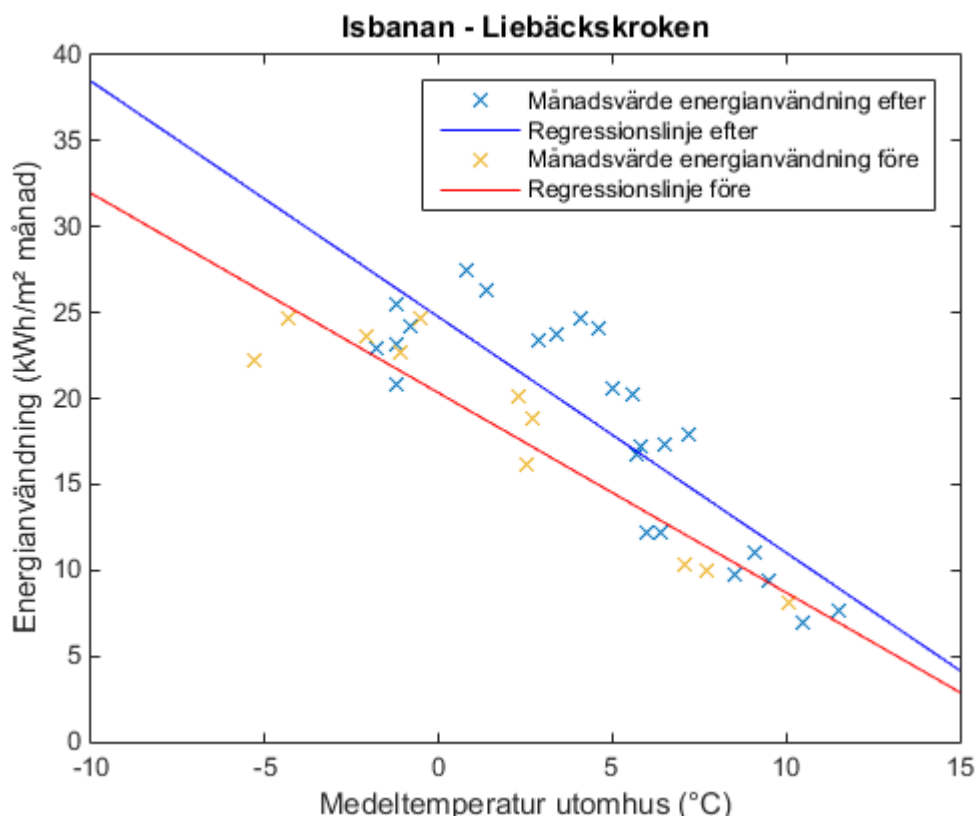
Figur 8.11 Energianvändning Erling.



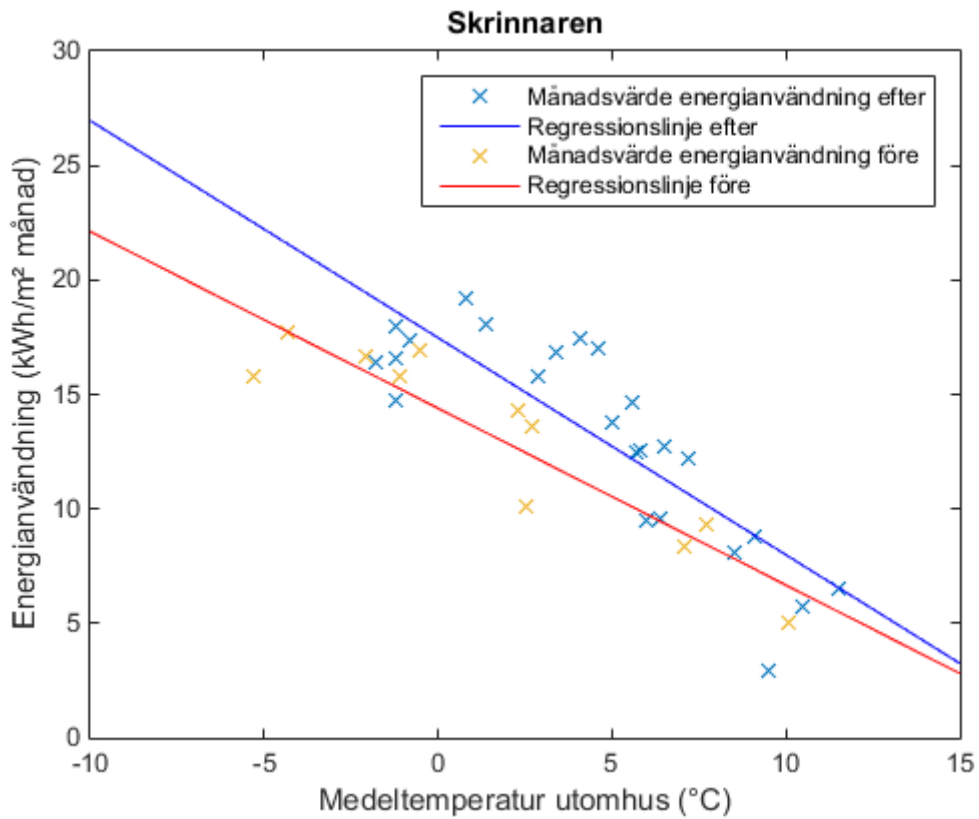
Figur 8.12 Energianvändning Ernst.



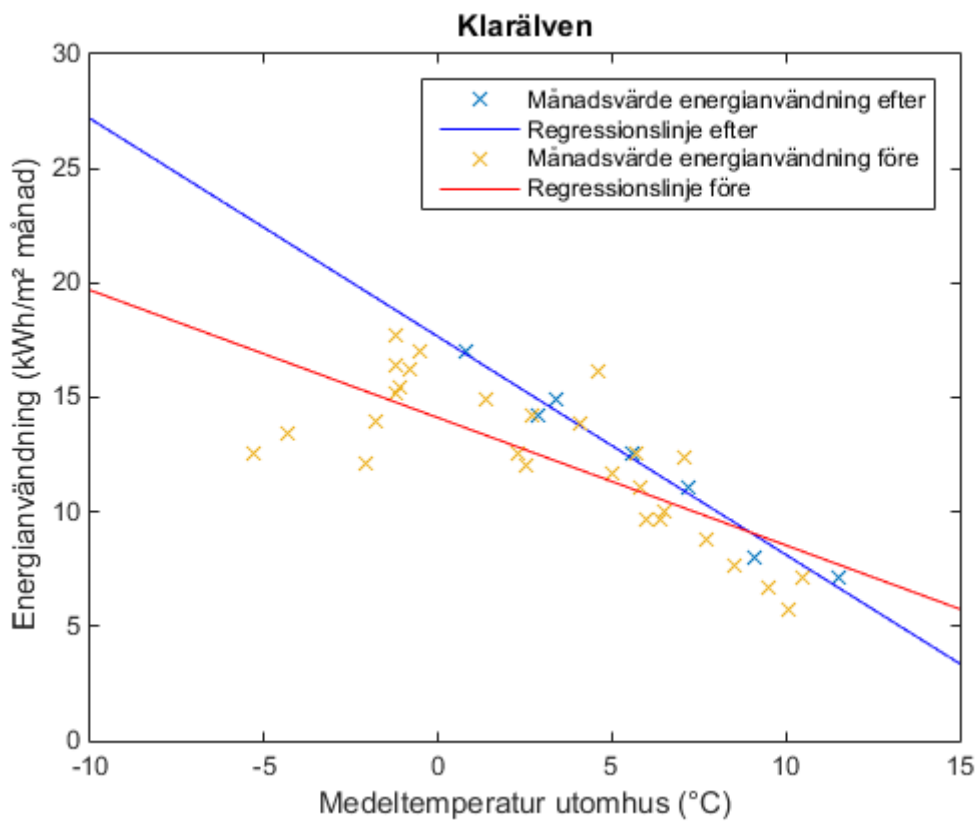
Figur 8.13 Energianvändning Isbanan – Harlyckegatan 5.



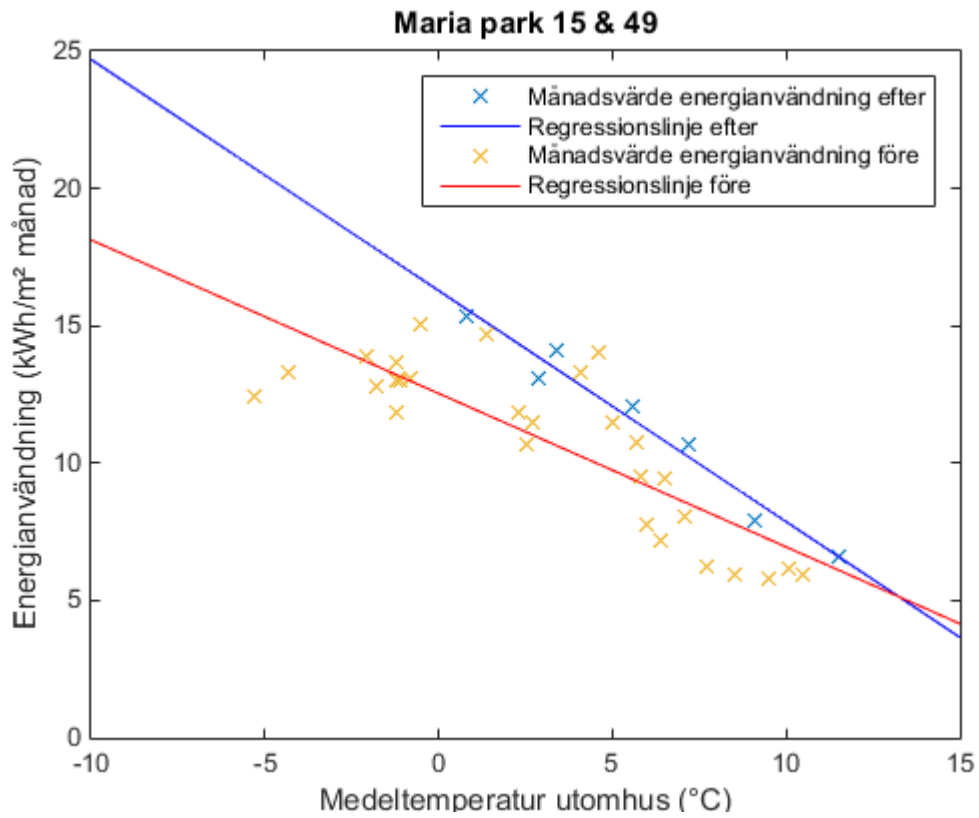
Figur 8.14 Energianvändning Isbanan – Liebäckskroken 4 A.



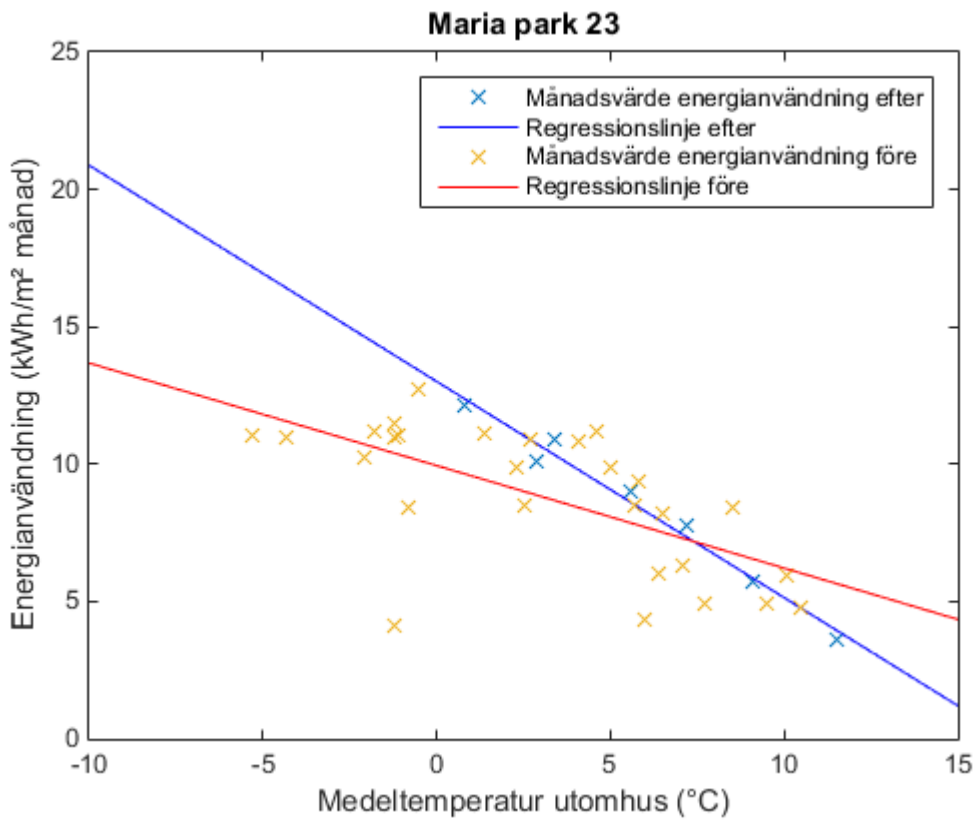
Figur 8.15 Energianvändning Skrinaren.



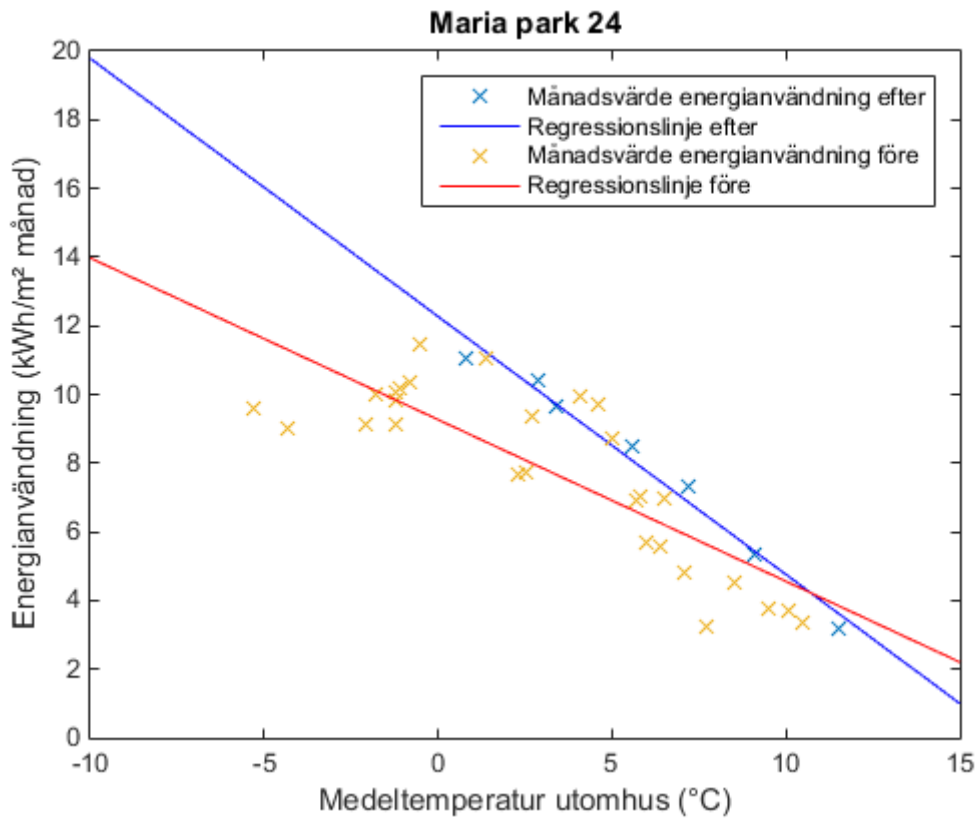
Figur 8.16 Energianvändning Klarälven.



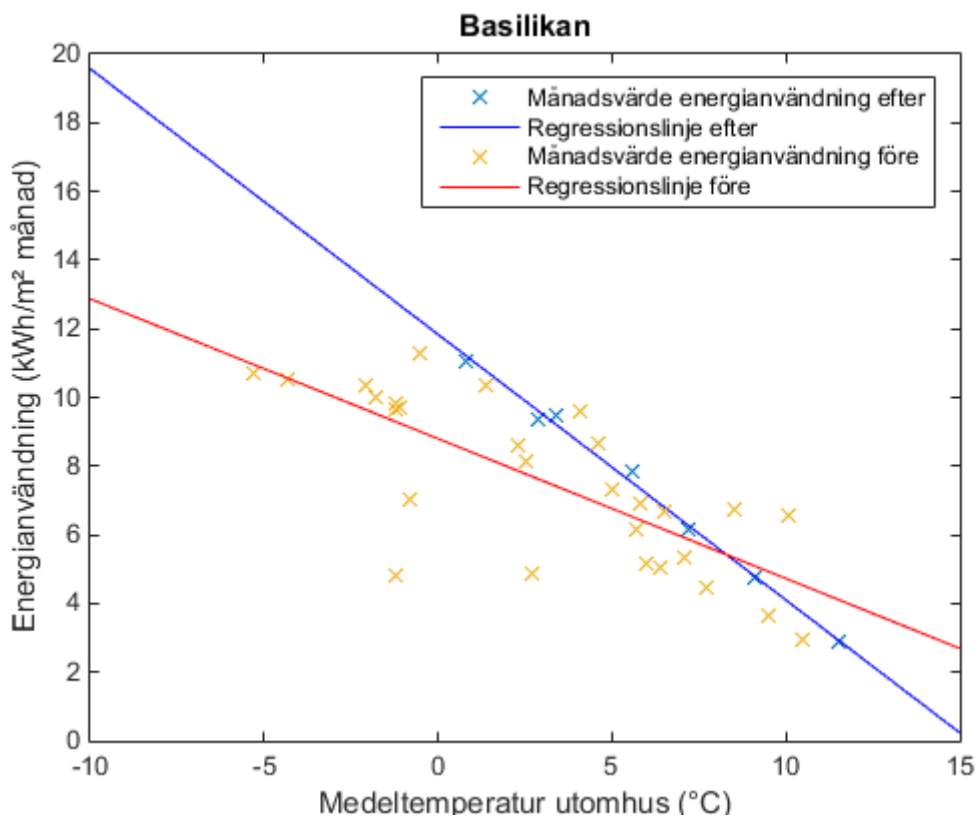
Figur 8.17 Energianvändning Maria Park 15 & 49.



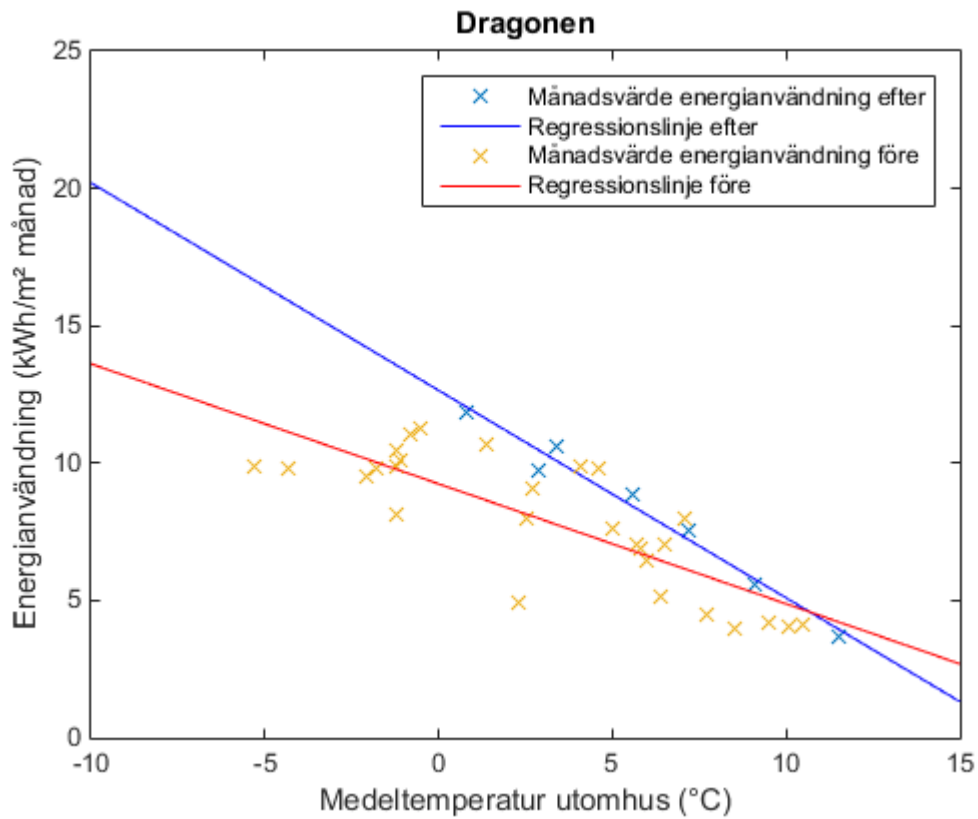
Figur 8.18 Energianvändning Maria Park 23.



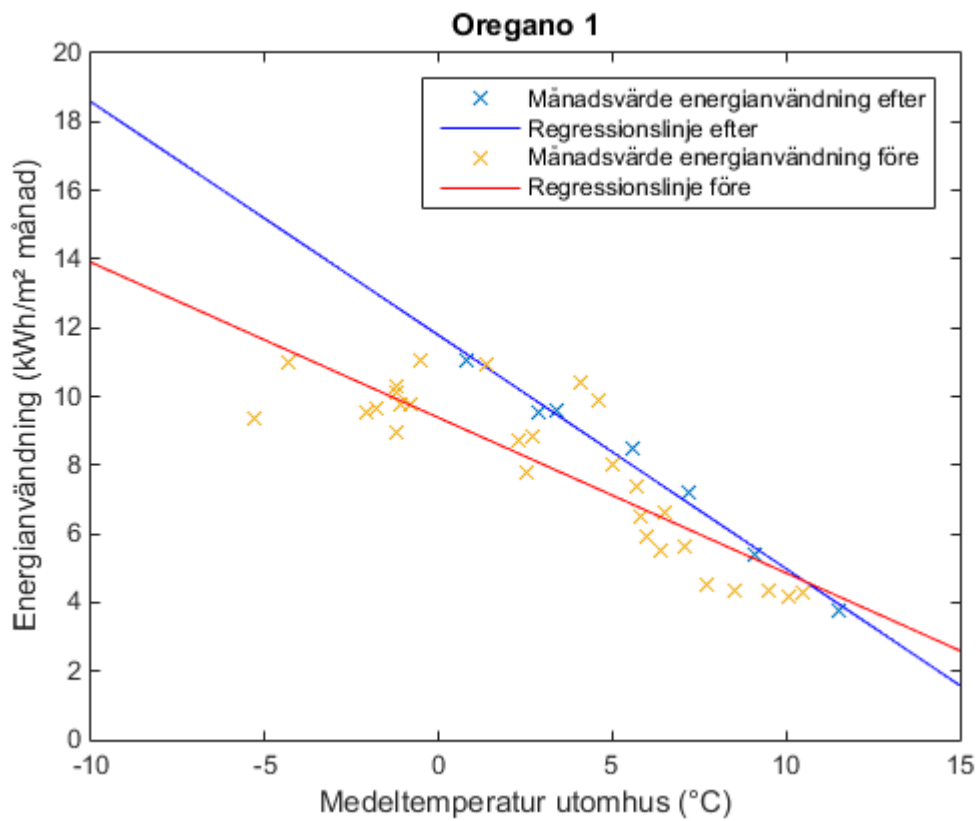
Figur 8.19 Energianvändning Maria Park 24.



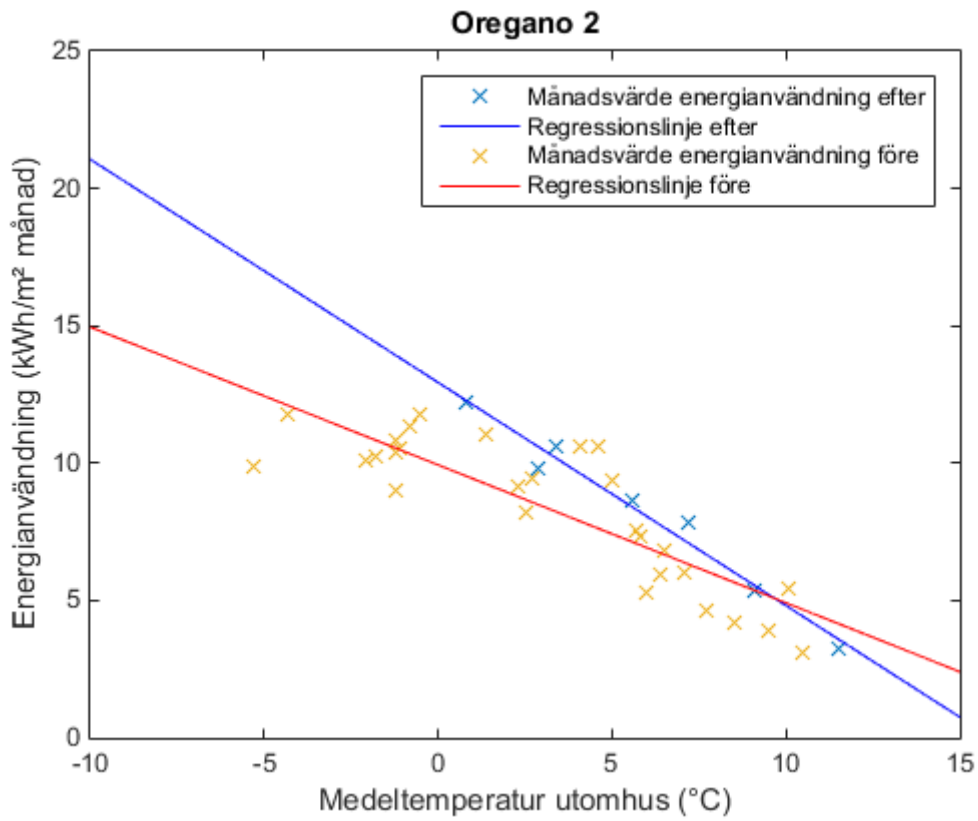
Figur 8.20 Energianvändning Basilikan.



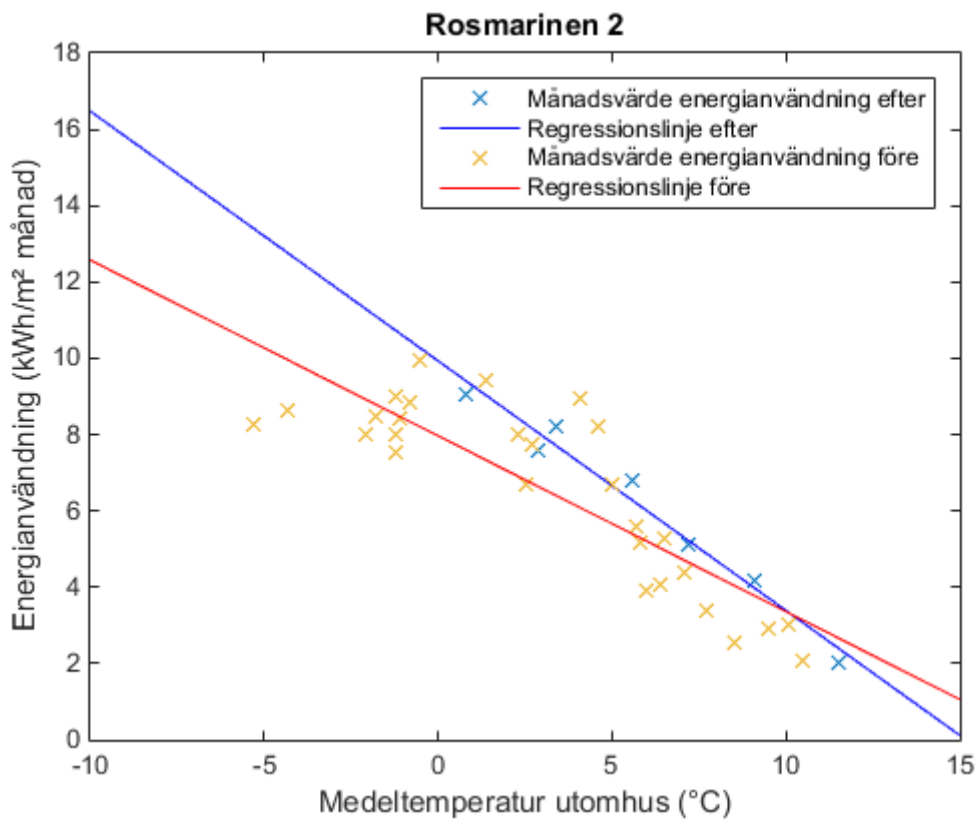
Figur 8.21 Energianvändning Dragonen.



Figur 8.22 Energianvändning Oregano 1.

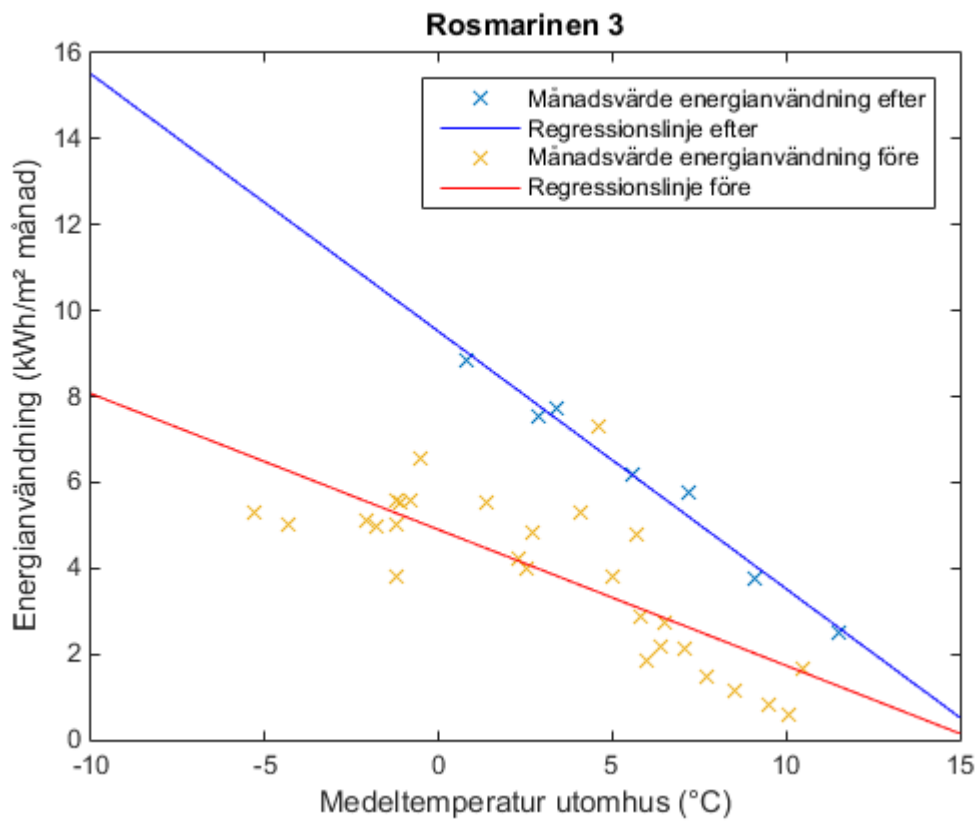


Figur 8.23 Energianvändning Oregano 2.

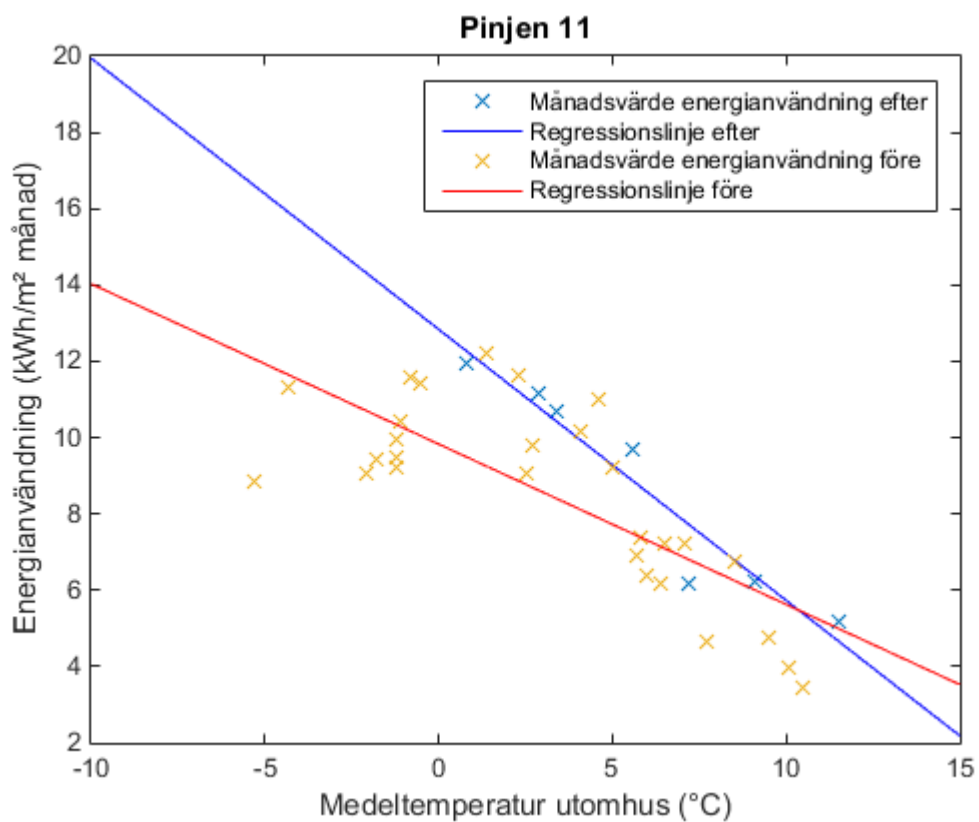


Figur 8.24 Energianvändning Rosmarinen 2.

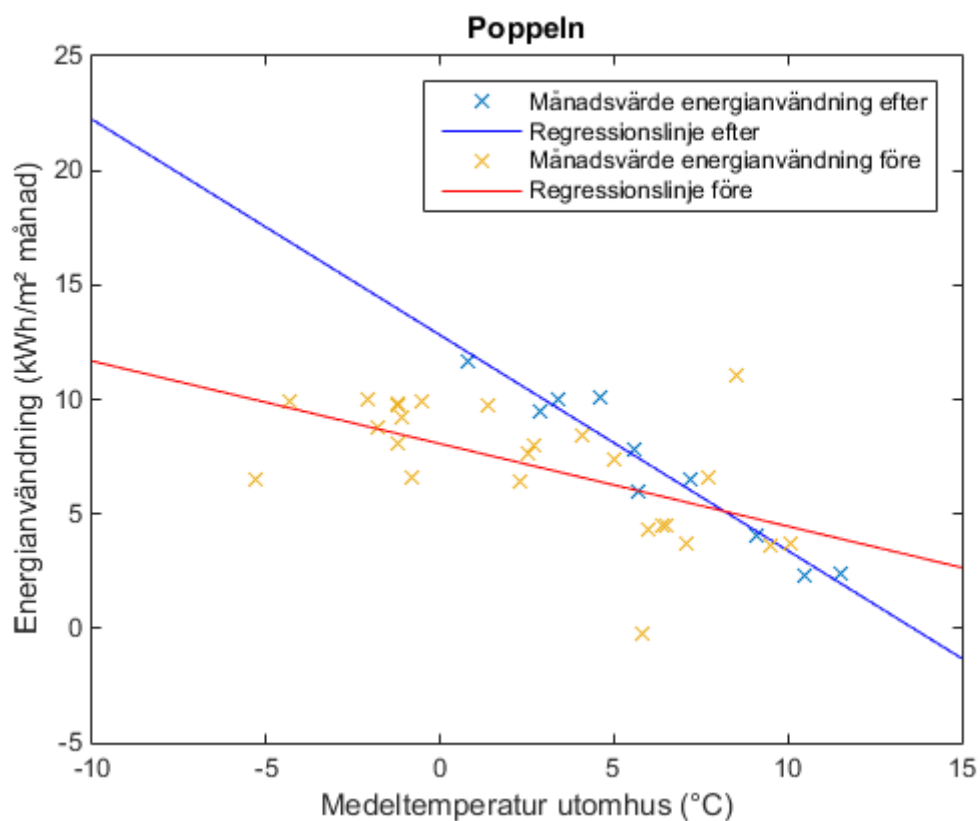




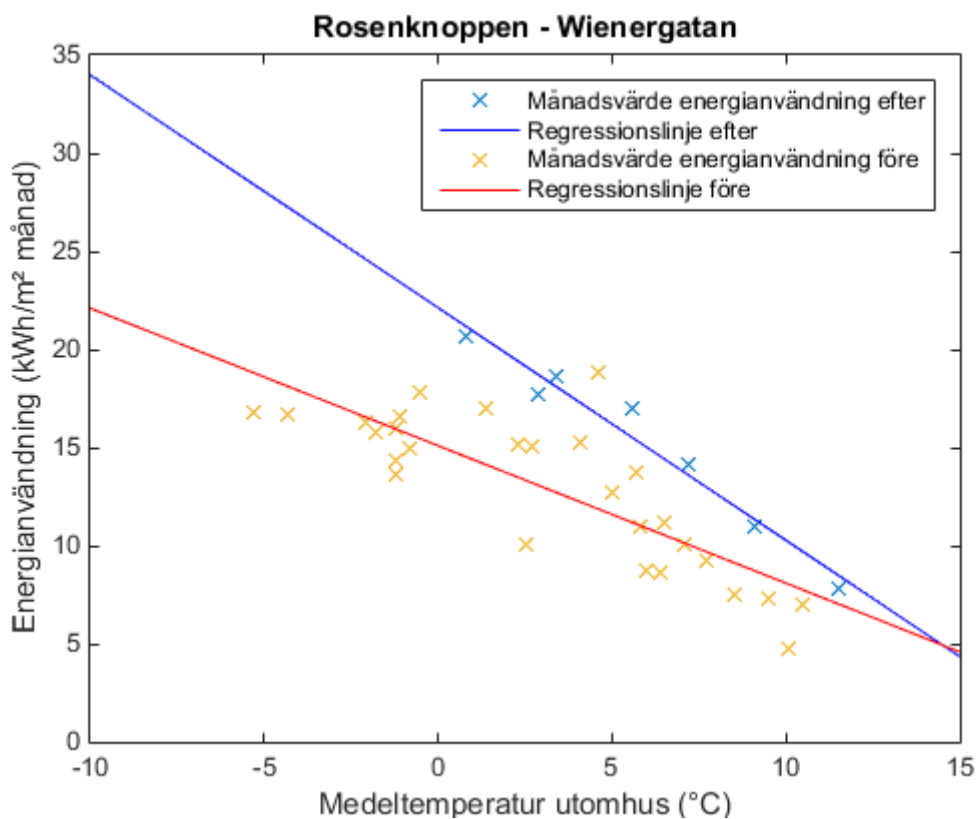
Figur 8.25 Energianvändning Rosmarinen 3.



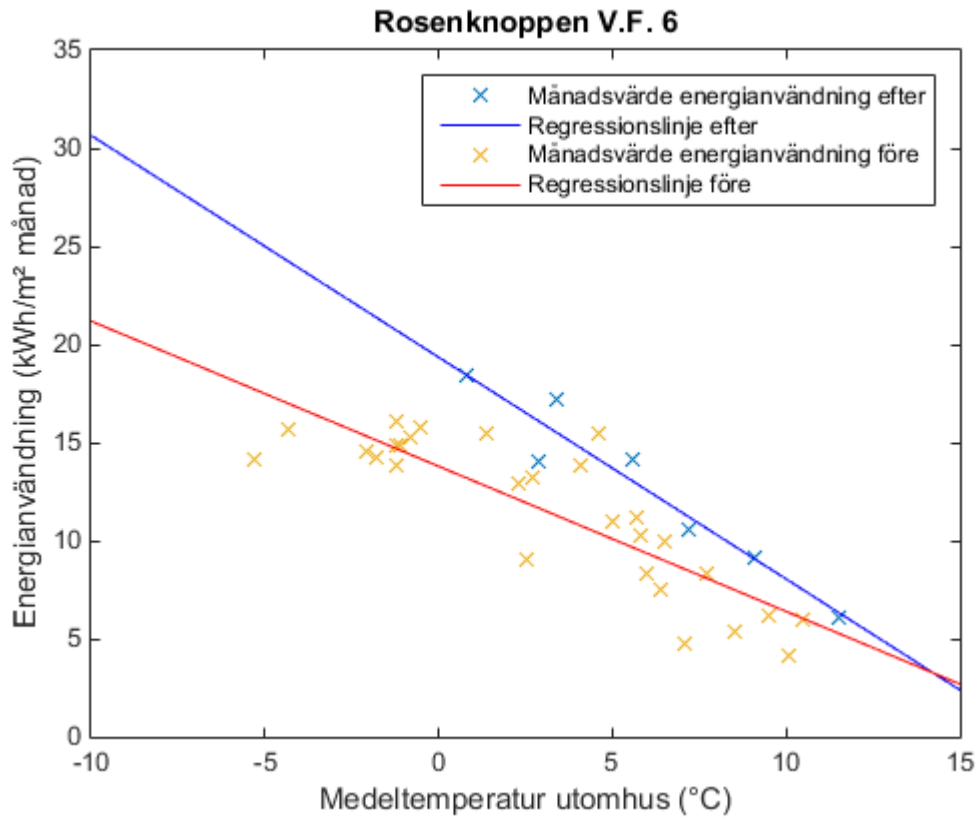
Figur 8.26 Energianvändning Pinjen 11.



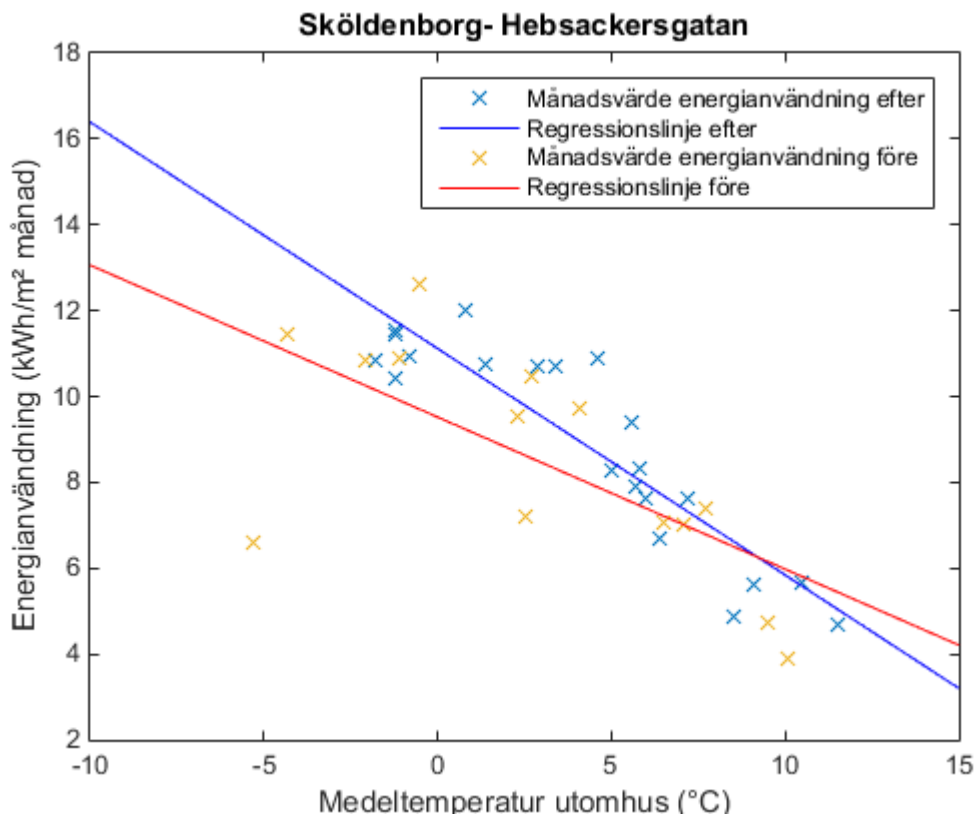
Figur 8.27 Energianvändning Poppeln nya delen.



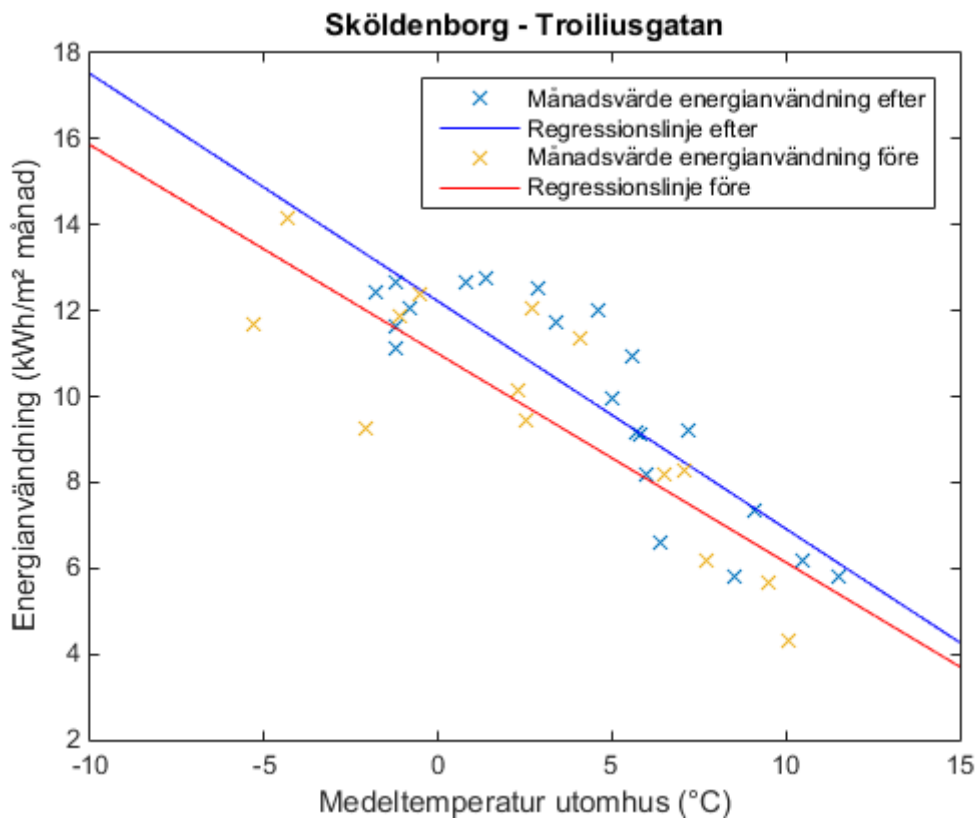
Figur 8.28 Energianvändning Rosenknoppen – Wienergatan.



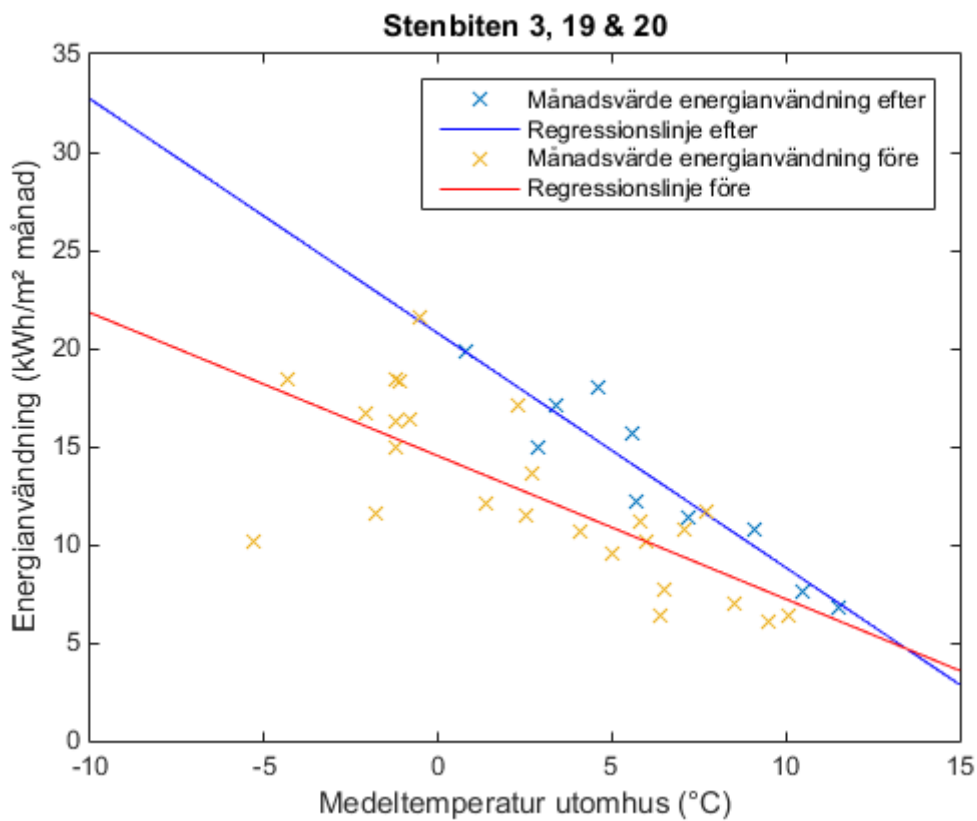
Figur 8.29 Energianvändning Rosenknoppen V. Fridhemsgatan 6.



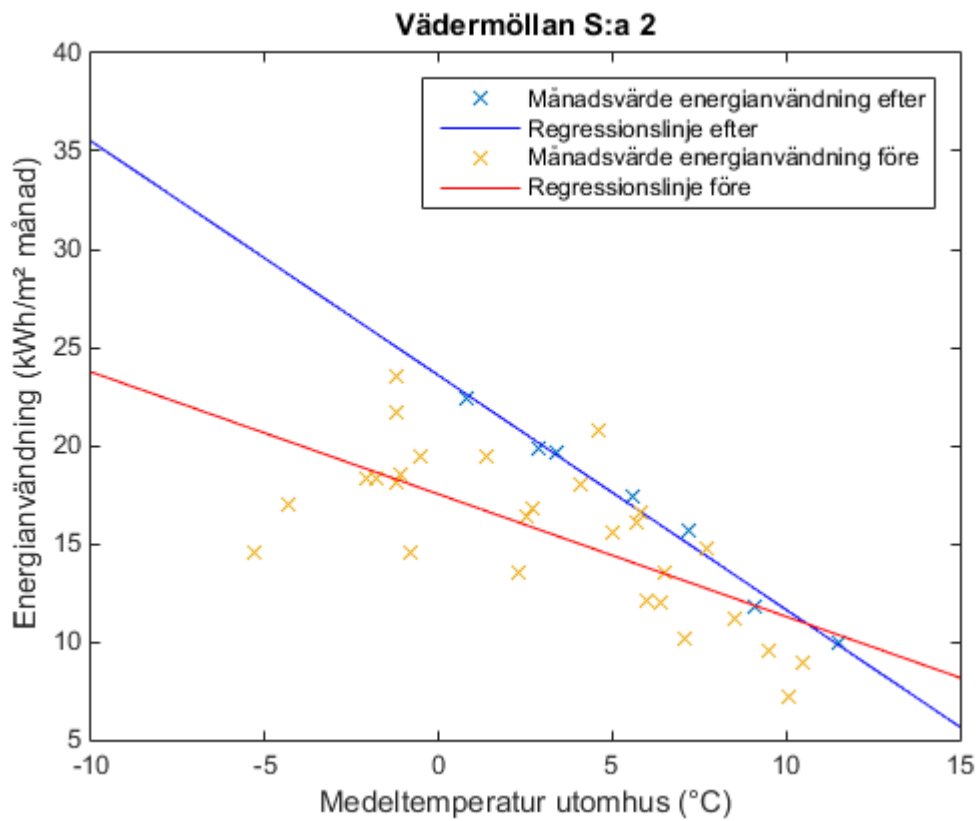
Figur 8.30 Energianvändning Sköldenborg – Hebsackersgatan 4.



Figur 8.31 Energianvändning Sköldenborg – Troiliusgatan 5.

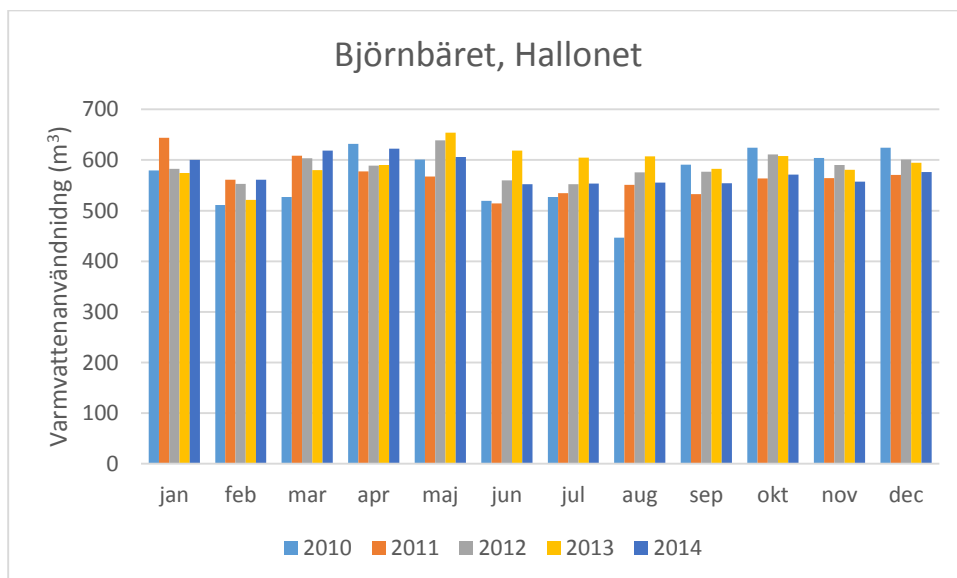


Figur 8.32 Energianvändning Stenbiten 3, 19 & 20.

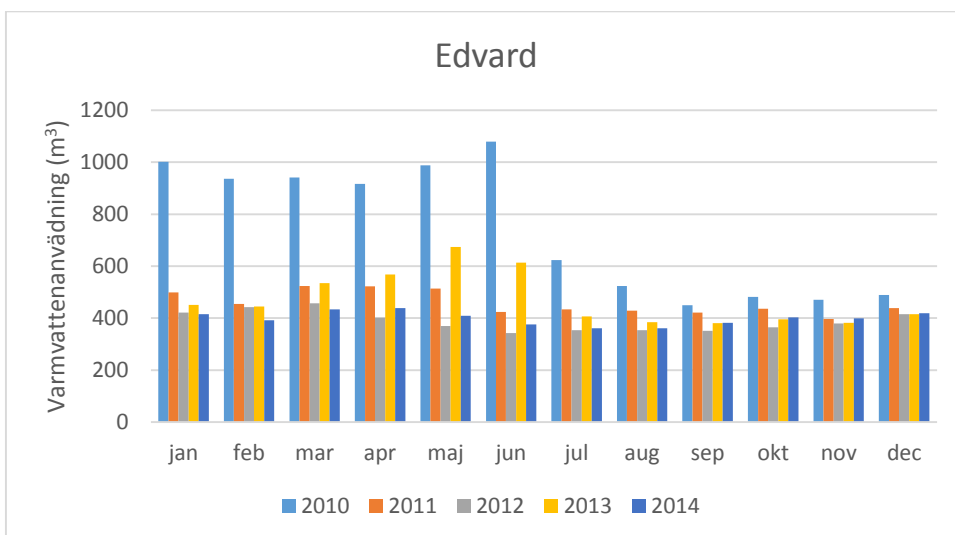


Figur 8.32 *Energianvändning Vädermöllan.*

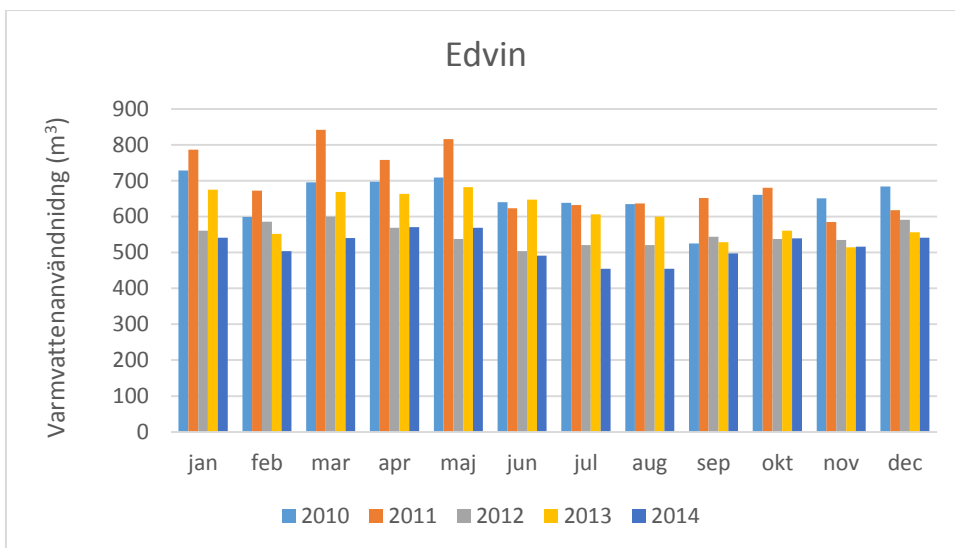
## 8.2 Bilaga B, Varmvattenanvändning per månad



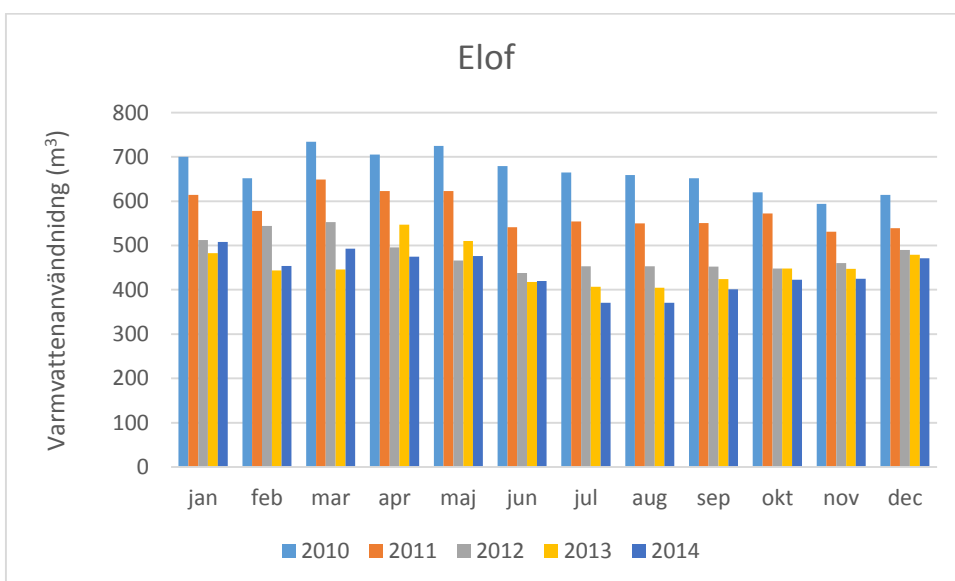
Figur 8.34 *Varmvattenanvändning Björnbäret, Hallonet.*



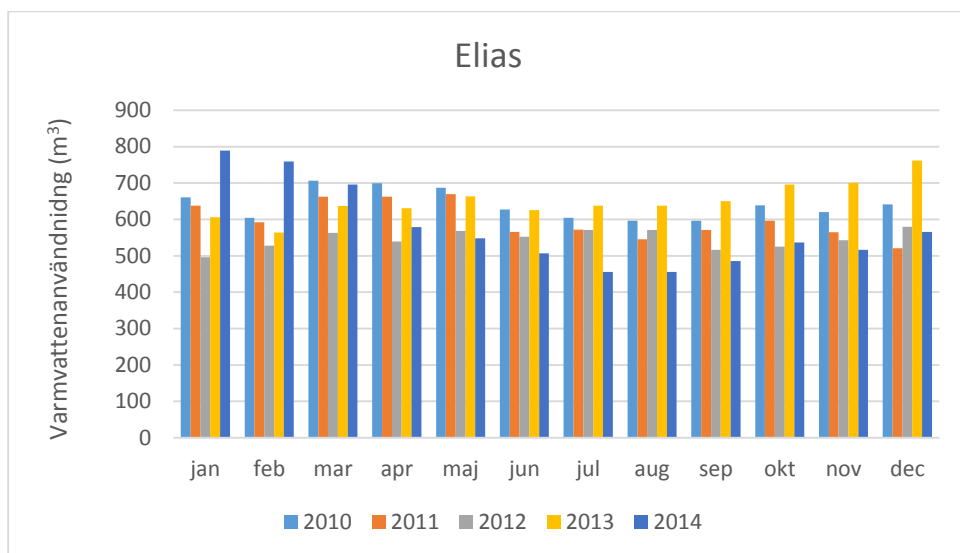
Figur 8.35 Varmvattenanvändning Edvard.



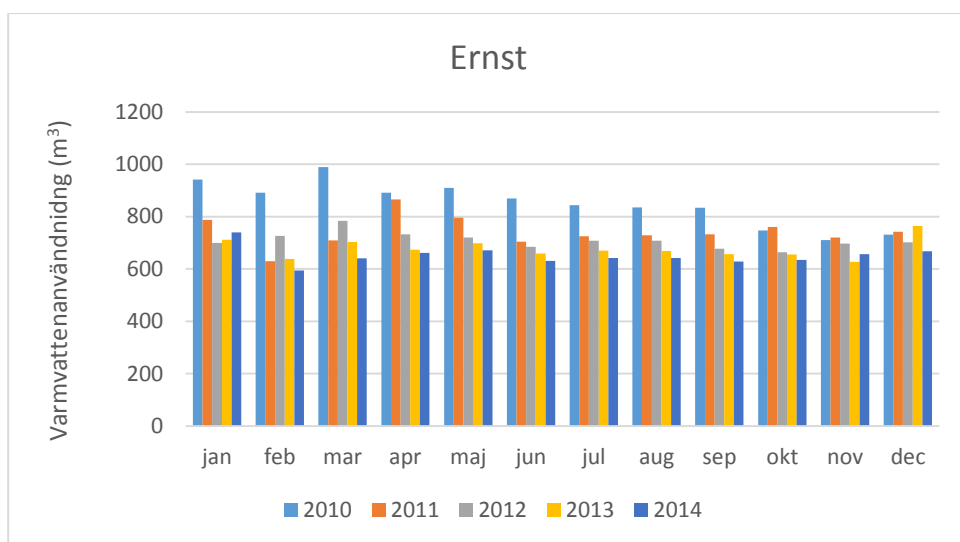
Figur 8.36 Varmvattenanvändning Edvin.



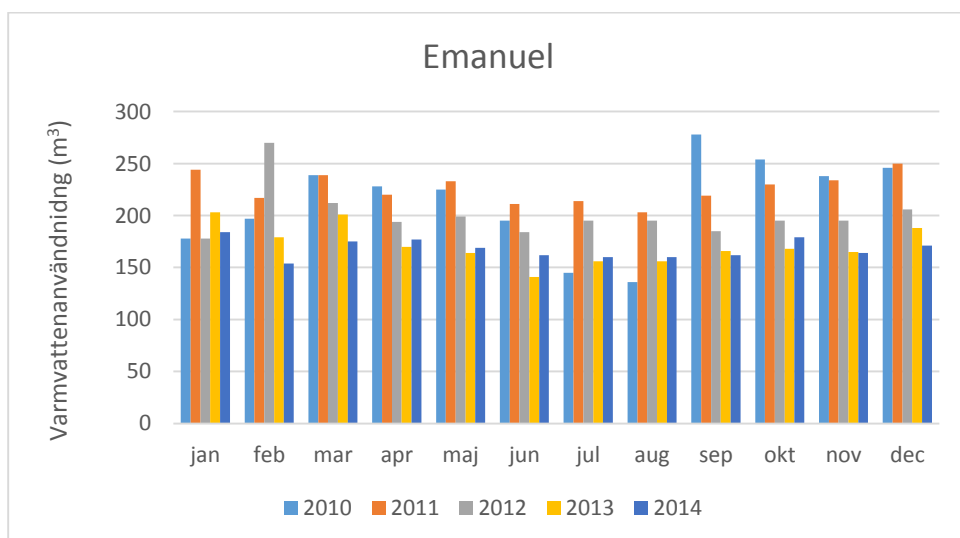
Figur 8.37 Varmvattenanvändning Elof.



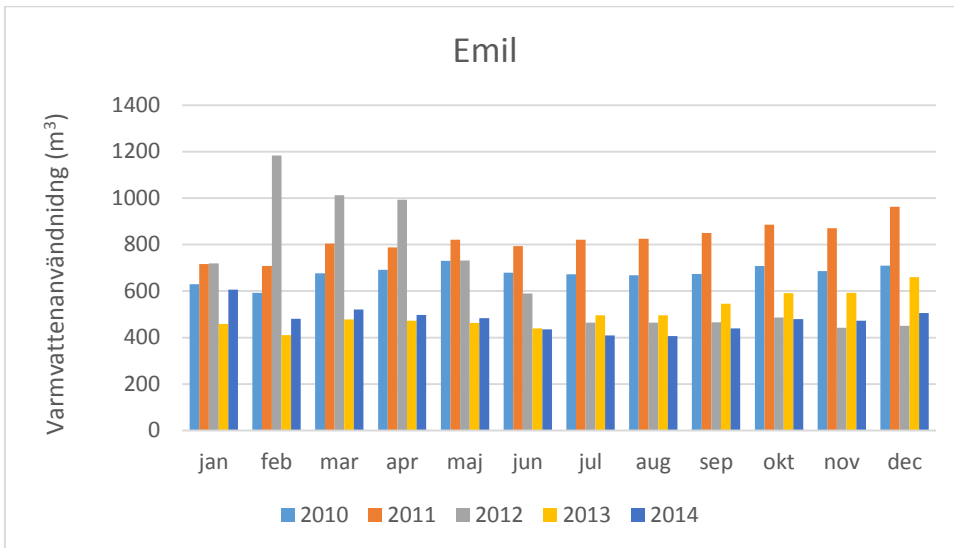
Figur 8.38 Varmvattenanvändning Elias.



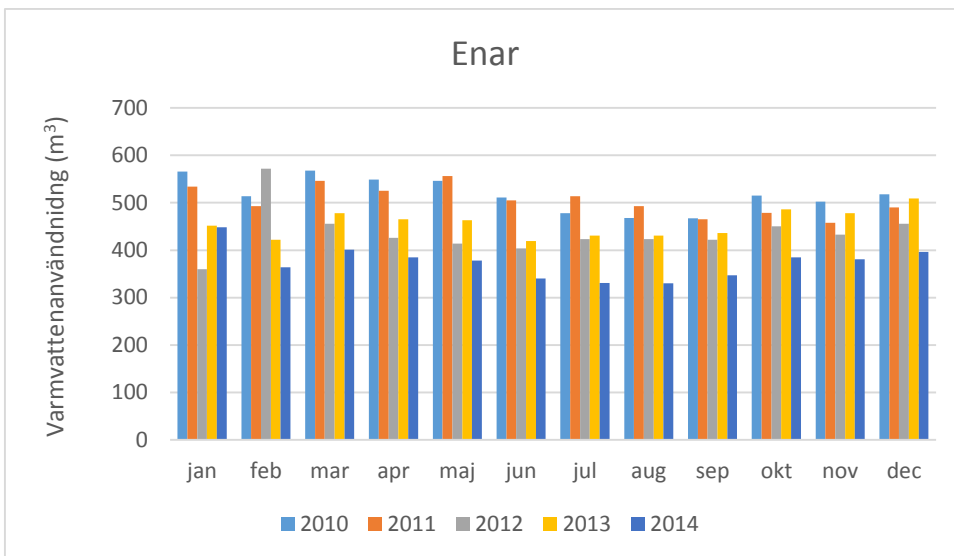
Figur 8.39 Varmvattenanvändning Ernst.



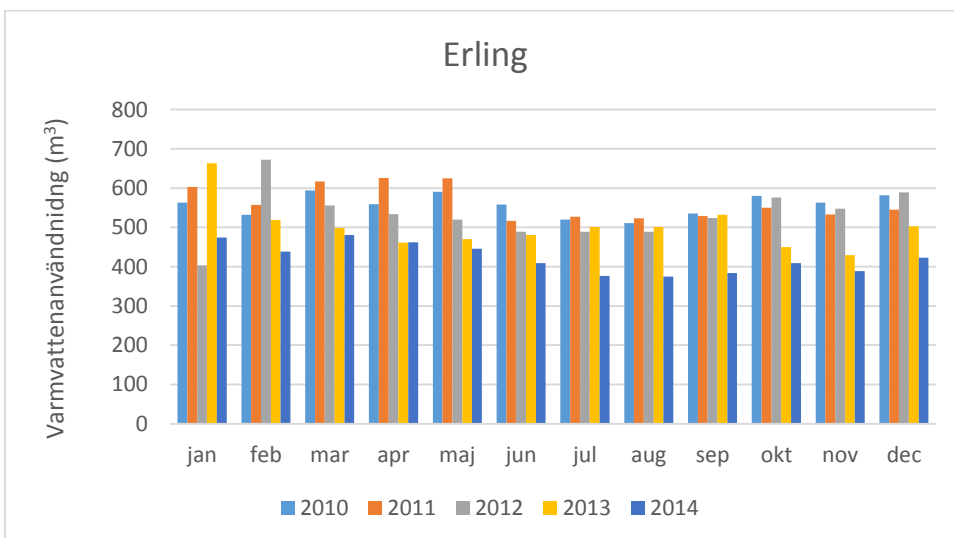
Figur 8.40 Varmvattenanvändning Emanuel.



Figur 8.41 Varmvattenanvändning Emil.

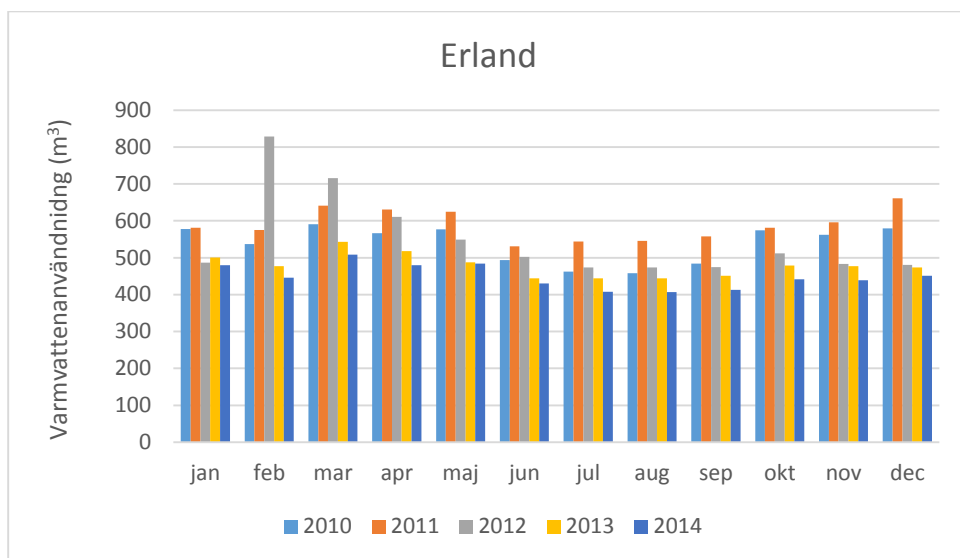


Figur 8.42 Varmvattenanvändning Enar.

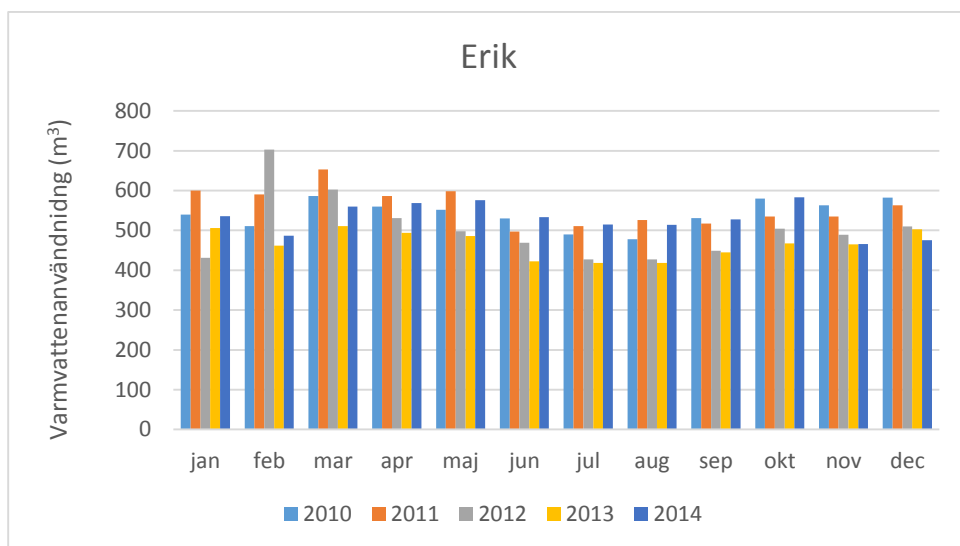


Figur 8.43 Varmvattenanvändning Erling.

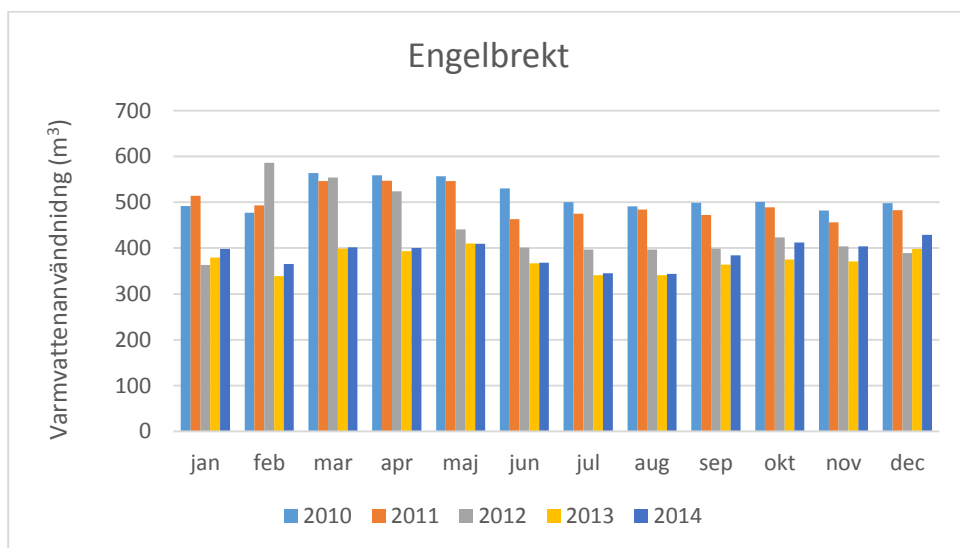




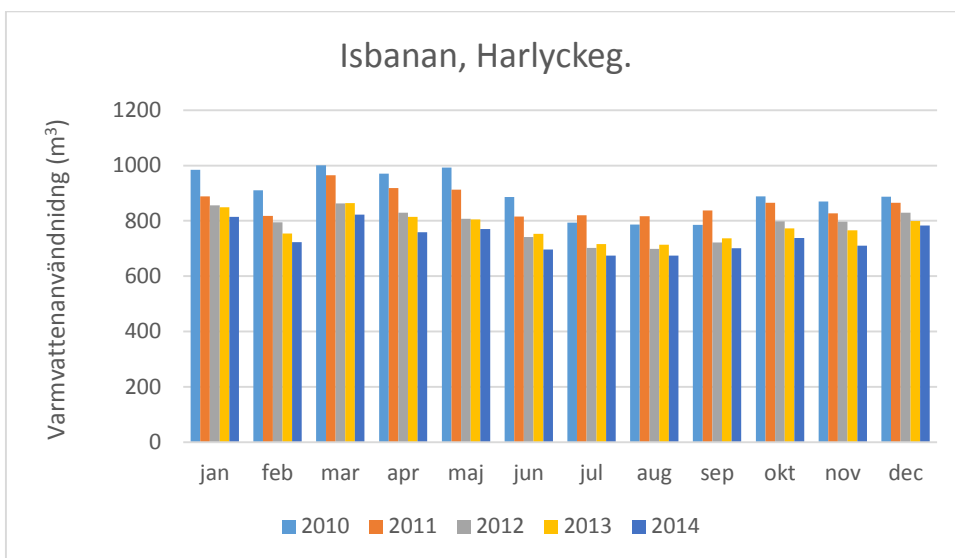
Figur 8.44 Varmvattenanvändning Erland.



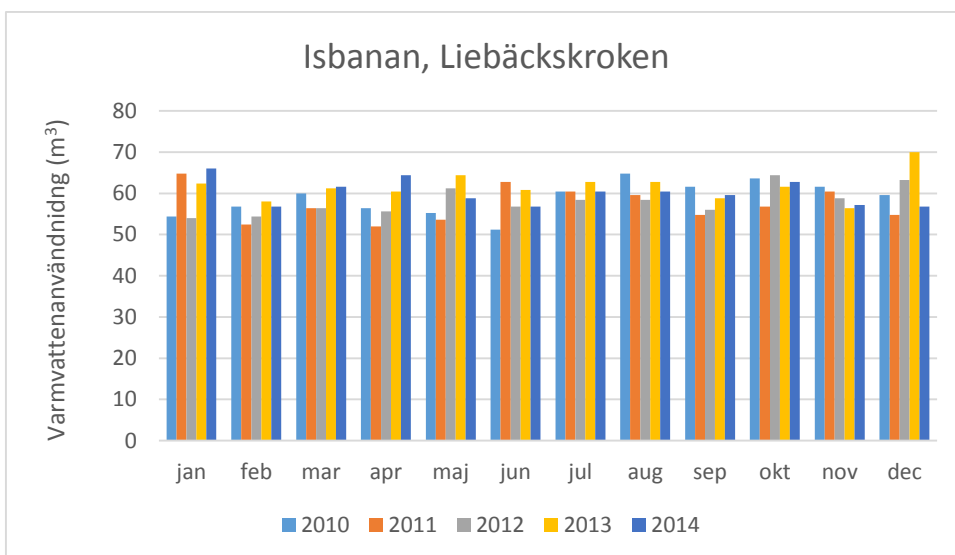
Figur 8.45 Varmvattenanvändning Erik.



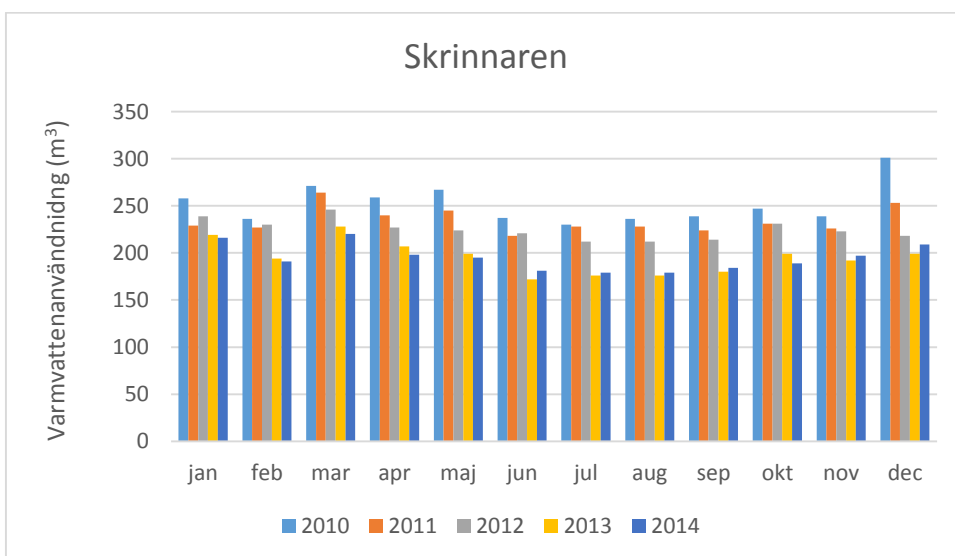
Figur 8.46 Varmvattenanvändning Engelbrekt.



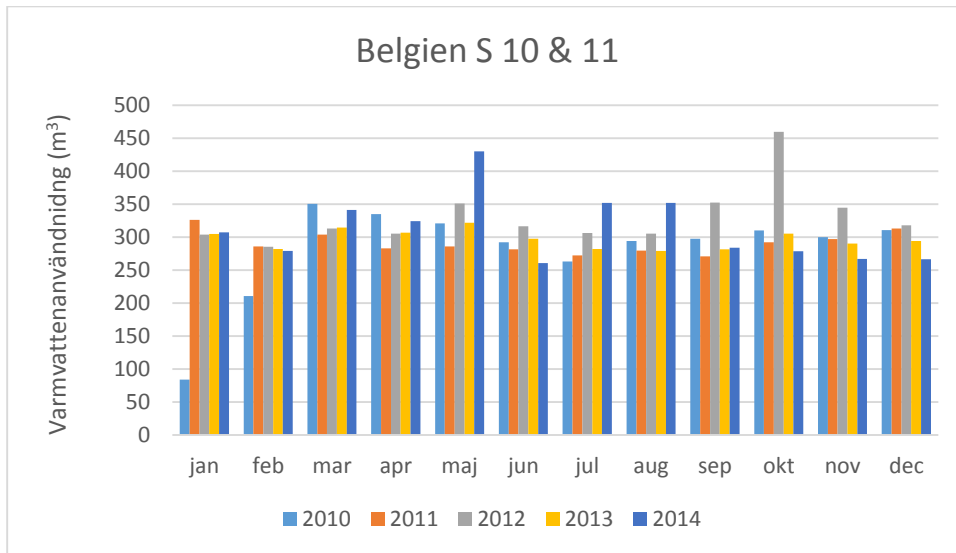
Figur 8.47 Varmvattenanvändning Isbanan, Harlyckeg.



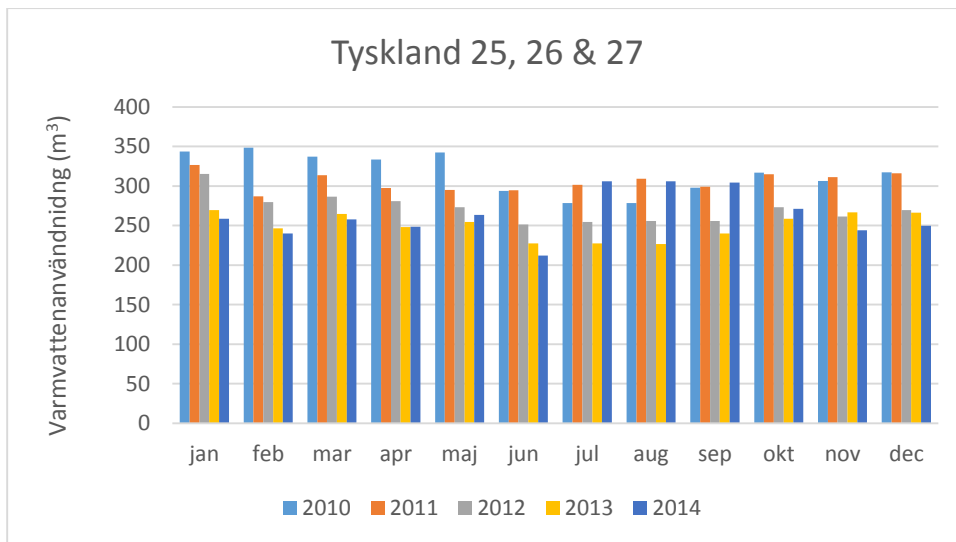
Figur 8.48 Varmvattenanvändning Isbanan, Liebäckskroken



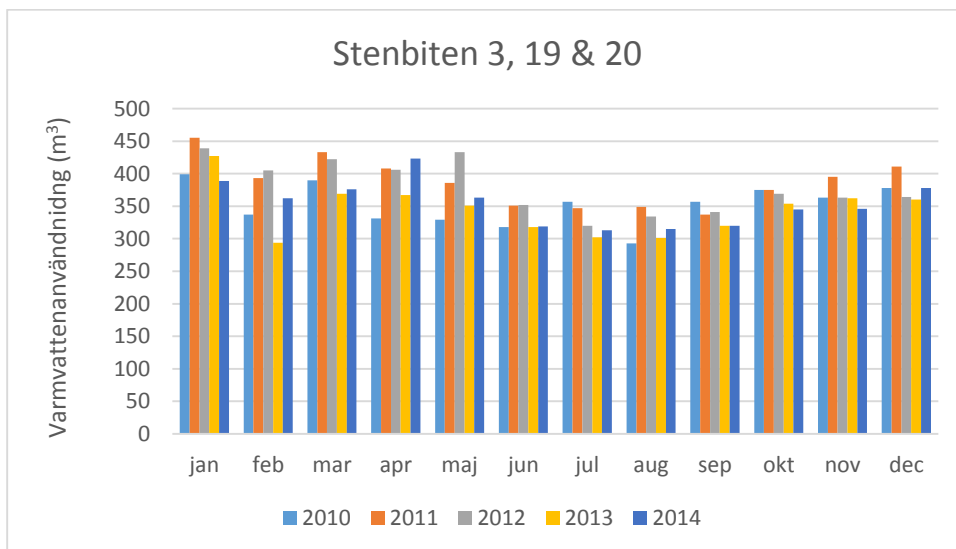
Figur 8.49 Varmvattenanvändning Skrinnaren.



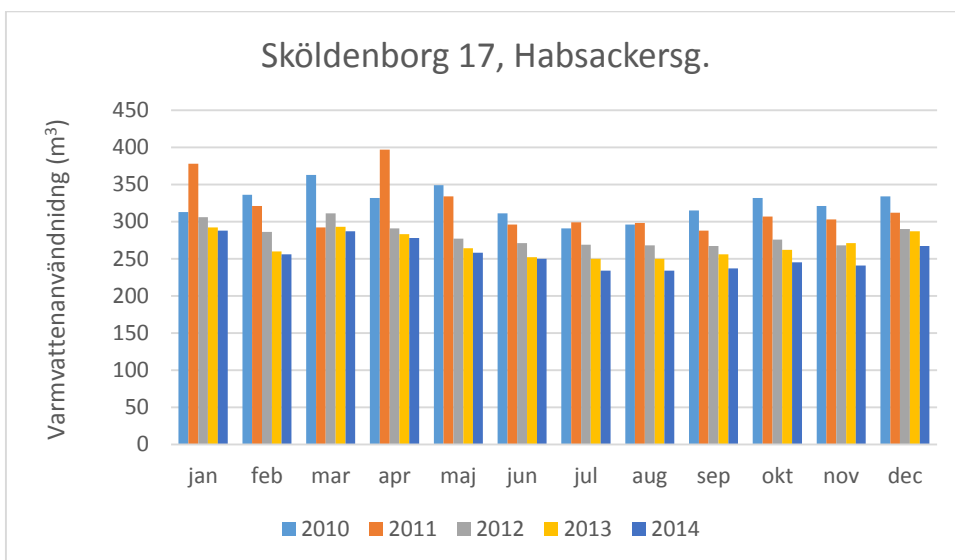
Figur 8.50 Varmvattenanvändning Belgien S 10 & 11.



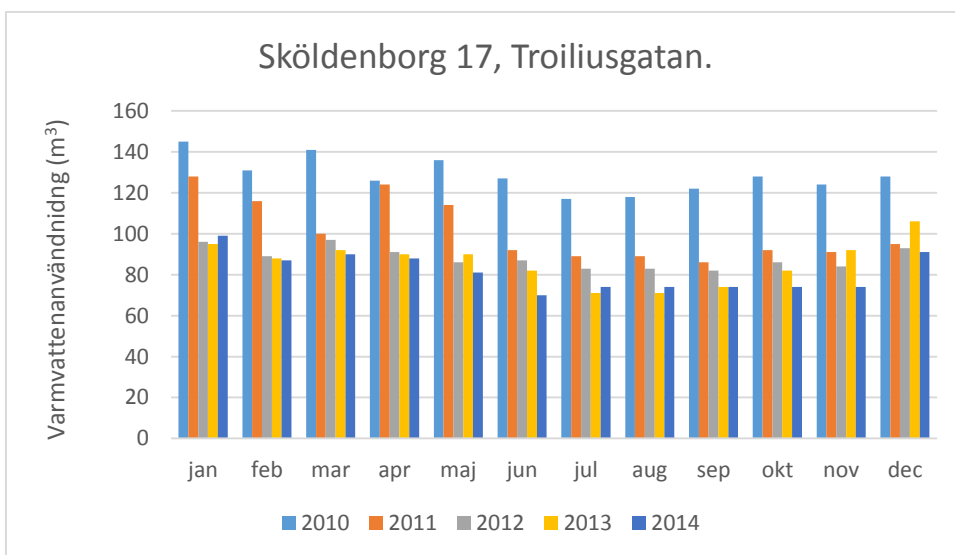
Figur 8.51 Varmvattenanvändning Tyskland 25, 26 & 27.



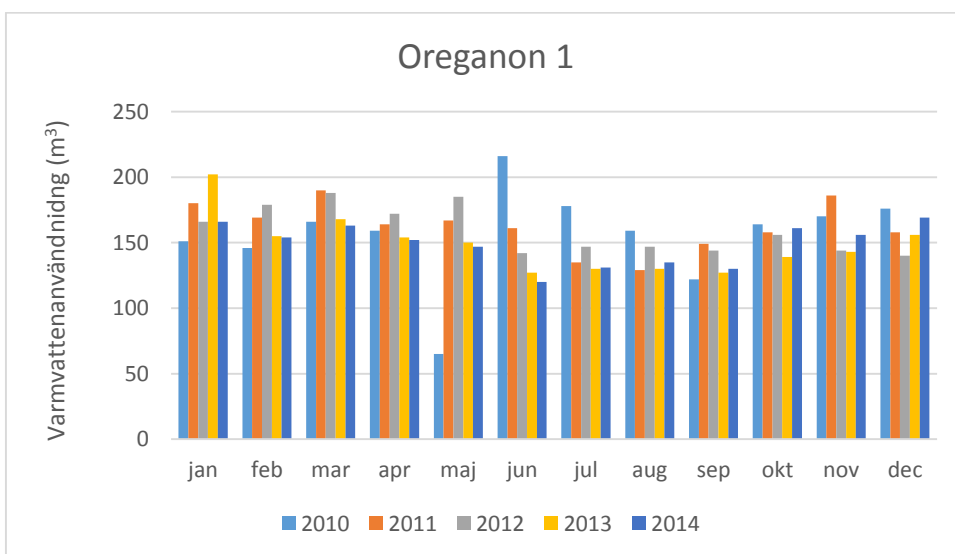
Figur 8.52 Varmvattenanvändning Stenbiten 3, 19 & 20



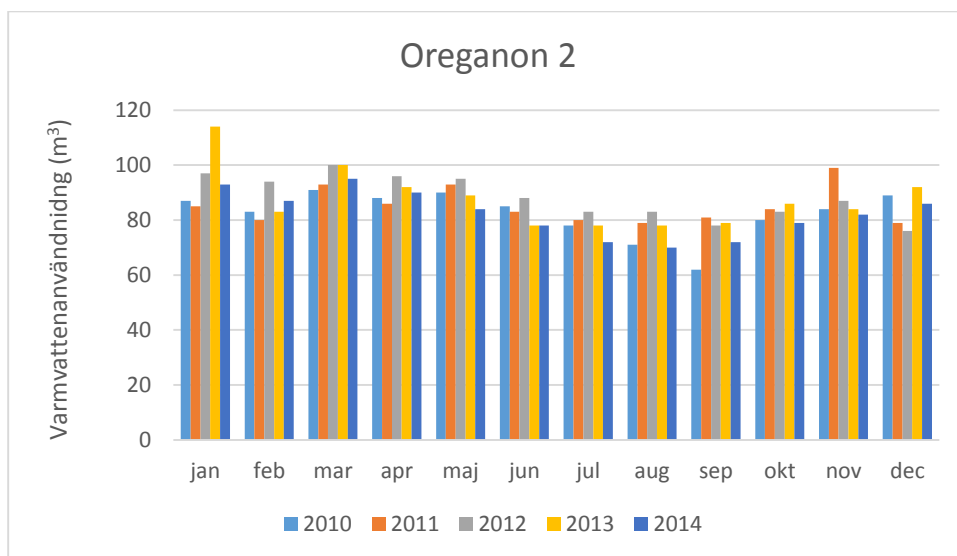
Figur 8.53 Varmvattenanvändning Sköldenborg 17, Habsackersg.



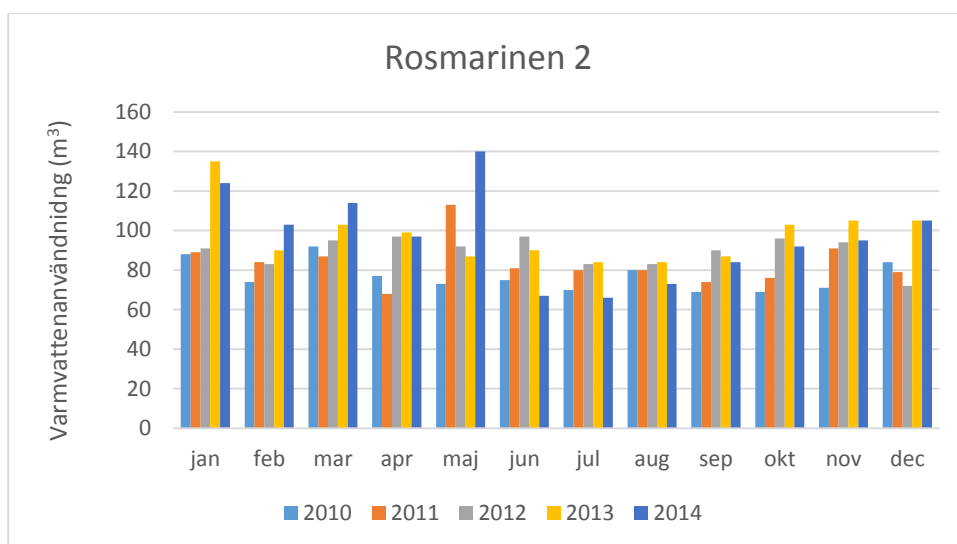
Figur 8.54 Varmvattenanvändning Sköldenborg 17, Troiliusg.



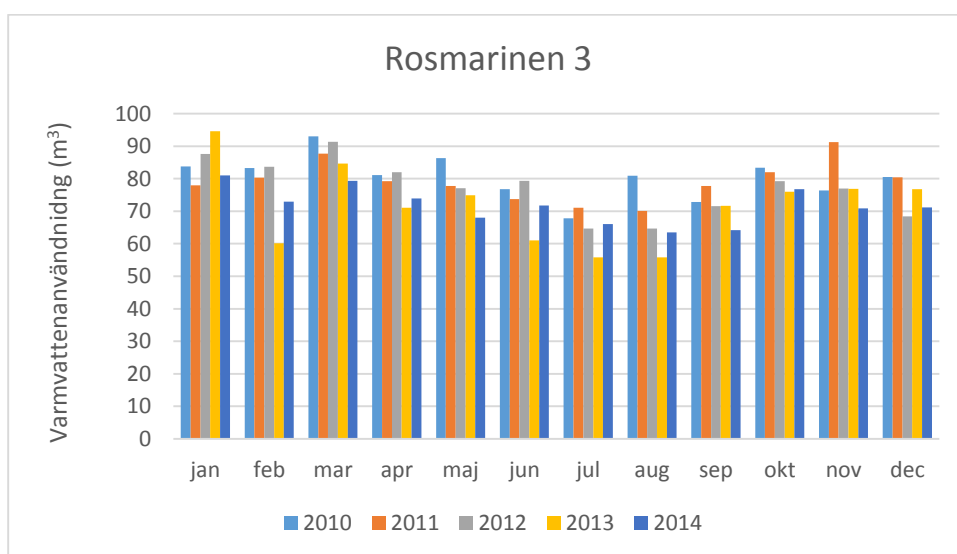
Figur 8.55 Varmvattenanvändning Oregon 1.



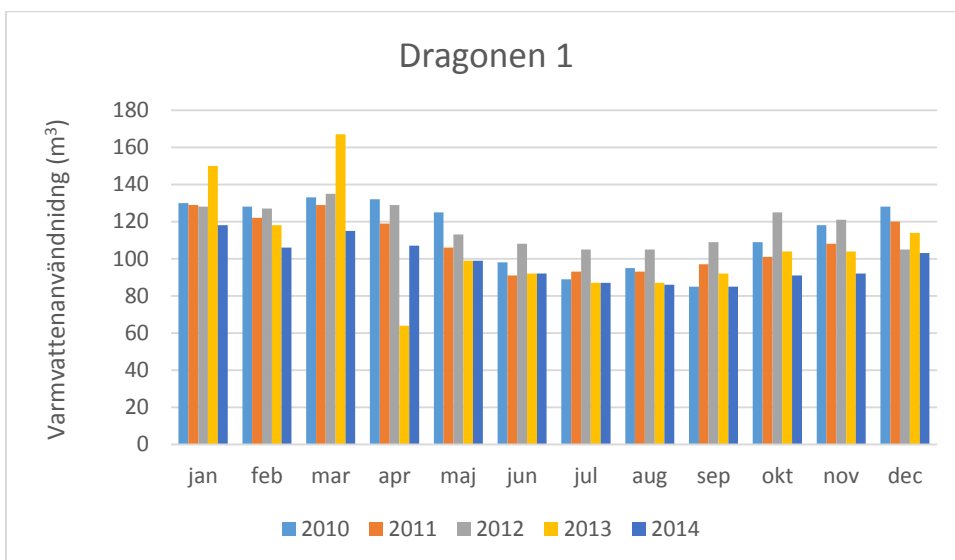
Figur 8.56 Varmvattenanvändning Oregonon 2.



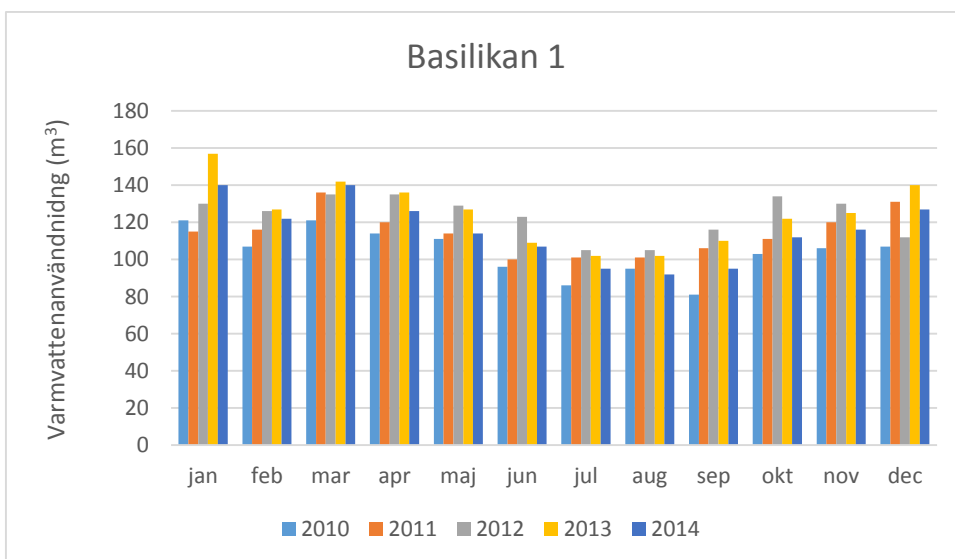
Figur 8.57 Varmvattenanvändning Rosmarinen 2.



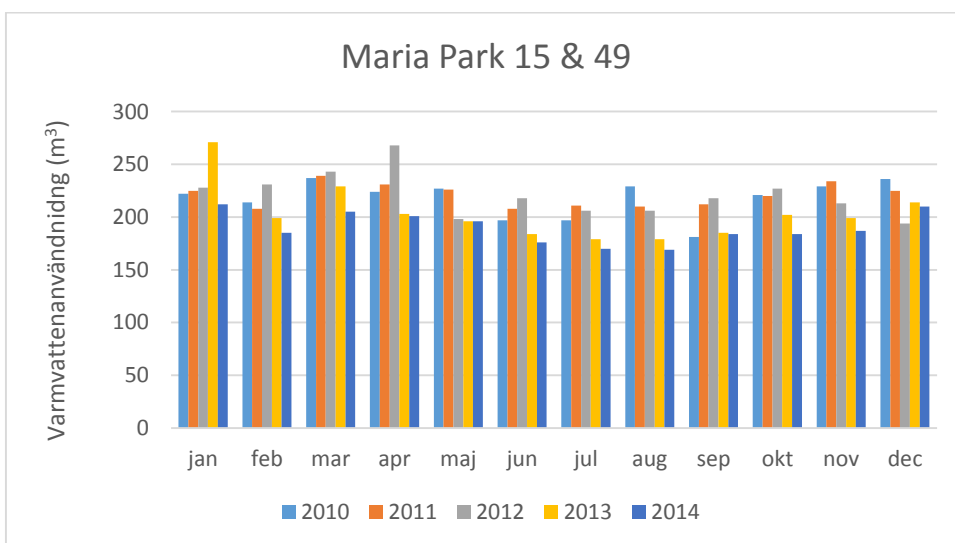
Figur 8.58 Varmvattenanvändning Rosmarinen 3.



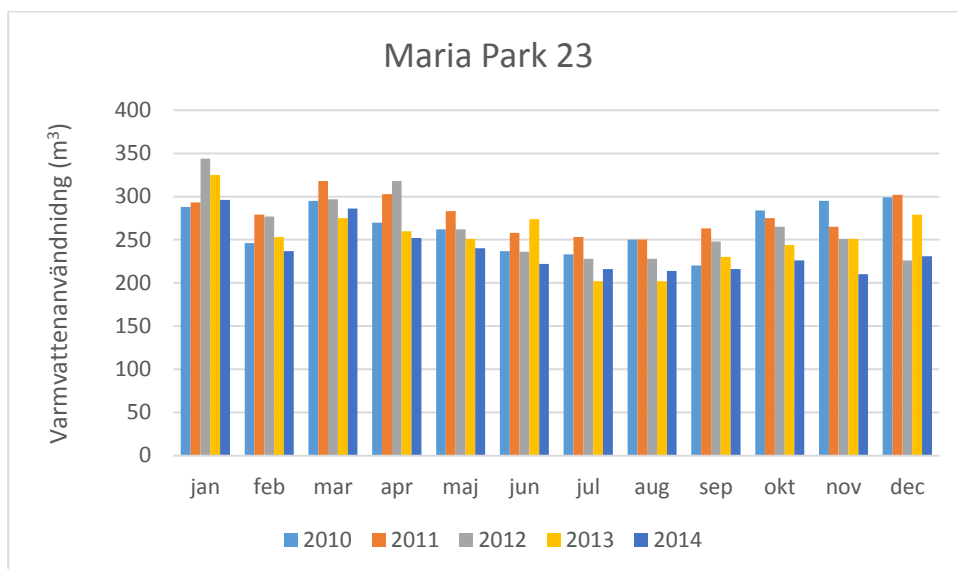
Figur 8.59 Varmvattenanvändning Dragonen 1.



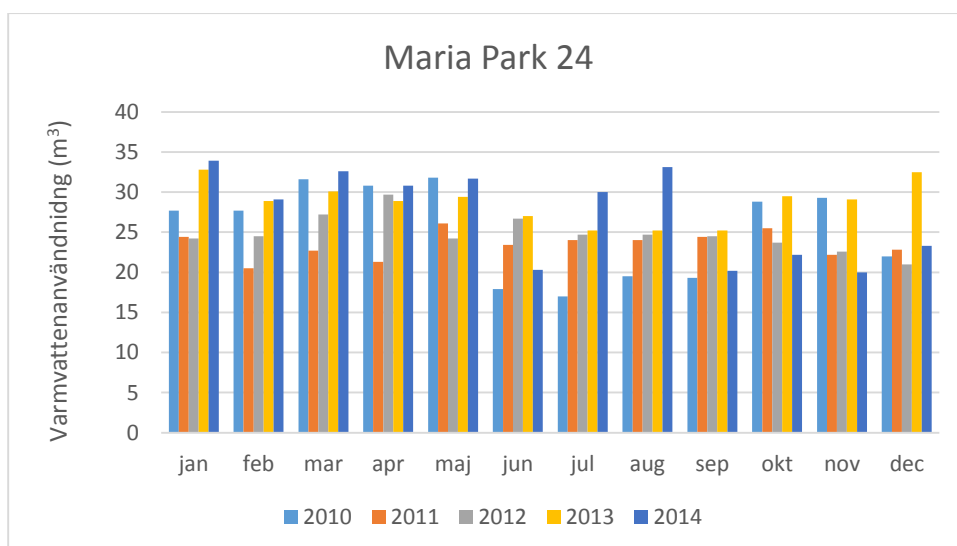
Figur 8.60 Varmvattenanvändning Basilikan 1.



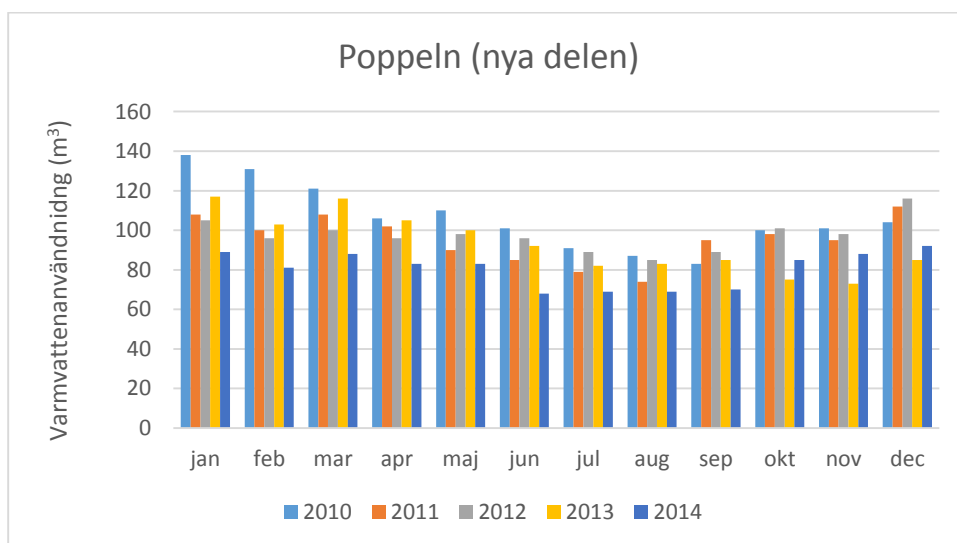
Figur 8.61 Varmvattenanvändning Maria Park 15 & 49.



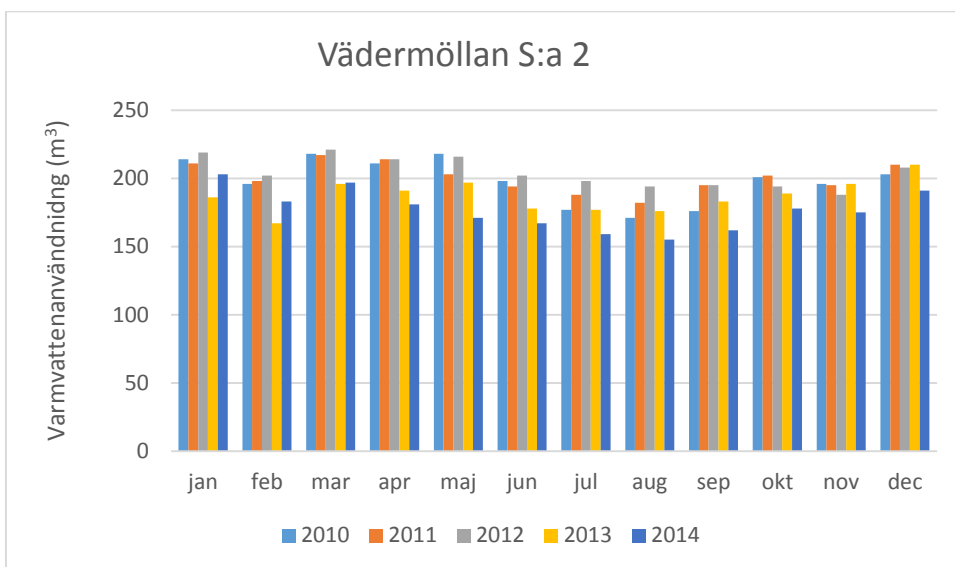
Figur 8.62 Varmvattenanvändning Maria Park 13.



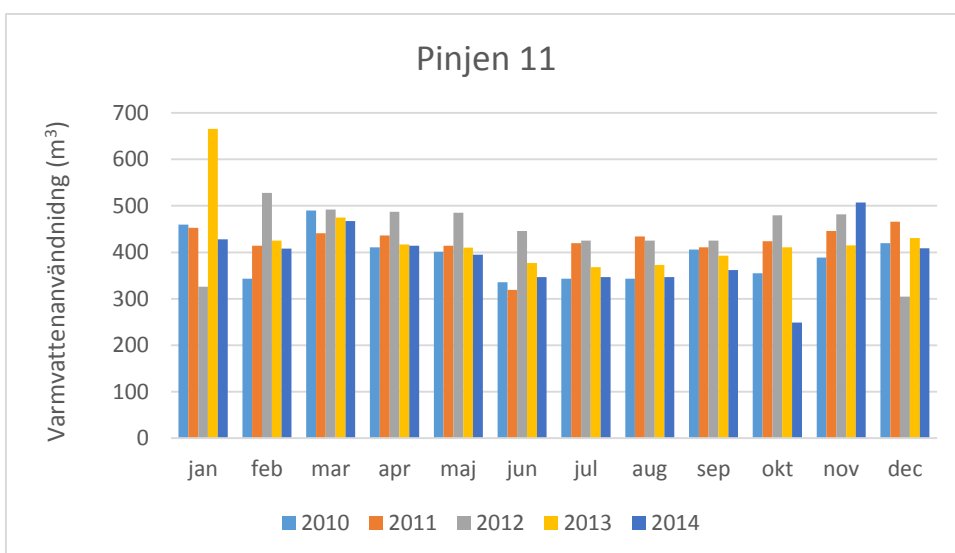
Figur 8.63 Varmvattenanvändning Maria Park 24.



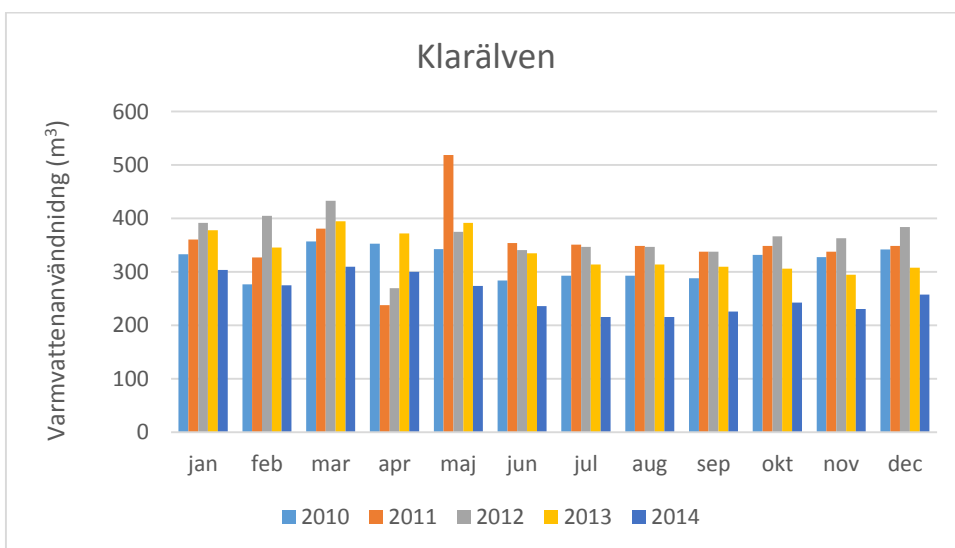
Figur 8.64 Varmvattenanvändning Poppeln (nya delen).



Figur 8.65 Varmvattenanvändning Vädermöllan.

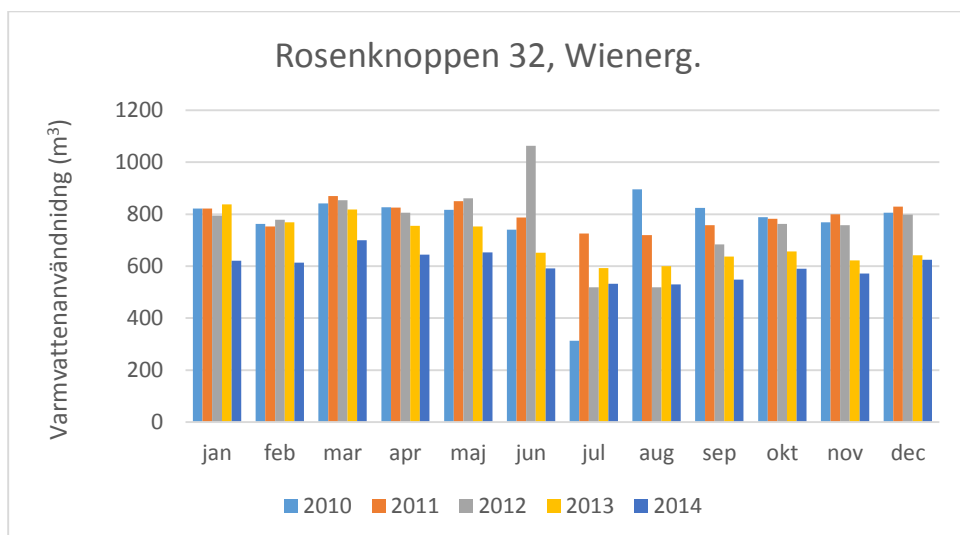


Figur 8.66 Varmvattenanvändning Pinjen 11.

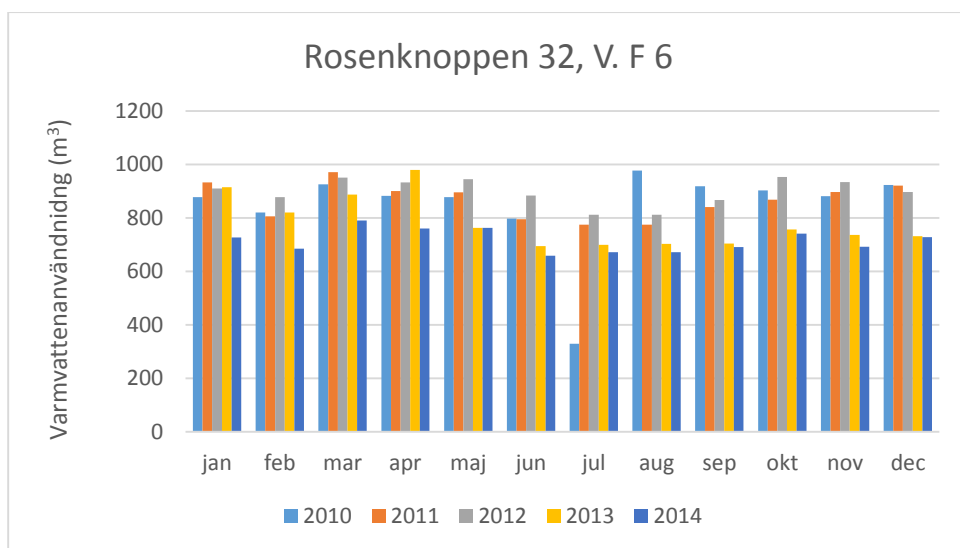


Figur 8.67 Varmvattenanvändning Klarälven.

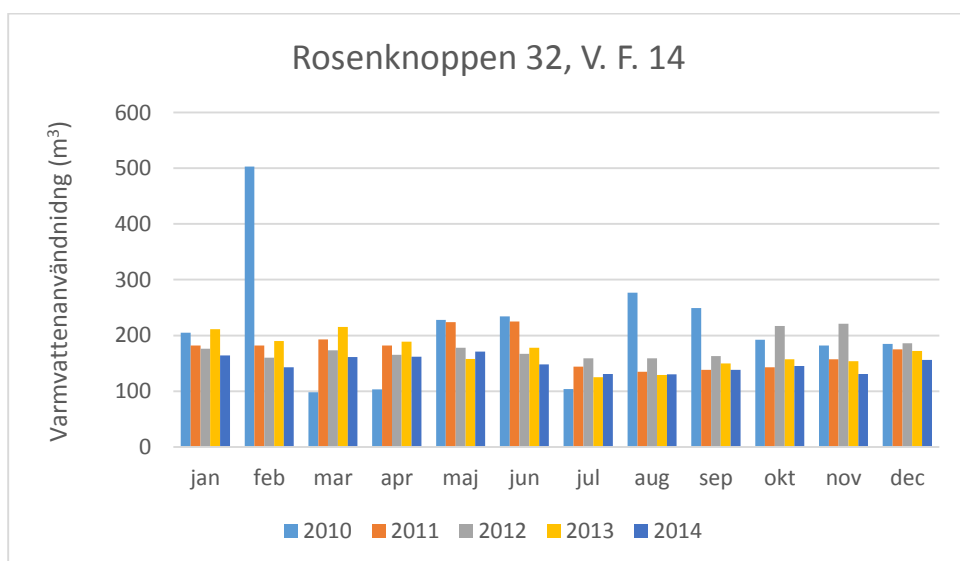




Figur 8.68 Varmvattenanvändning Rosenknoppen 32, Wienerg.



Figur 8.69 Varmvattenanvändning Rosenknoppen 32, V. F. 6.



Figur 8.70 Varmvattenanvändning Rosenknoppen 32, V. F. 14.