

UTVÄRDERING AV FUNKTIONS- INTEGRERAD FJÄRRVÄRMECENTRAL



Sofie Andersson och Sven Werner
FVB Sverige ab

Forskning och Utveckling | 2005:125

UTVÄRDERING AV FUNKTIONSINTEGRERAD FJÄRRVÄRMECENTRAL

Forskning och Utveckling | 2005:125

Sofie Andersson
Sven Werner

FVB Sverige ab

ISSN 1401-9264
© 2005 Svensk Fjärrvärme AB
Art nr FOU 2005:125

I rapportserien publicerar projektledaren resultaten från sitt projekt.
Publiceringen innebär inte att Svensk Fjärrvärme AB tagit ställning till
slutsatserna och resultaten.

Sammanfattning FOU 2005:125 – Utvärdering av funktionsintegrerad fjärrvärmecentral

Funktionsintegrerade fjärrvärmecentraler innehåller en intelligent styrenhet som nyligen har utvecklats av NordIQ Göteborg AB. Syftet med detta projekt har varit att utvärdera eventuella förändringar och fördelar med en fjärrvärmecentral som har denna intelligenta styrenhet jämfört med en befintlig konventionell fjärrvärmecentral i samma byggnad. Detta utvärderingsprojekt har varit baserat på mätningar av levererad värmemängd, cirkulerad vattenmängd samt fram- och returtemperatur i sex fjärrvärmecentraler med en referensperiod på 12 månader för den befintliga konventionella fjärrvärmecentralen och en mätperiod på 12 månader för den funktionsintegrerade fjärrvärmecentralen.

Utvärderingen visar att:

- Den årliga värmeleveransen minskade med i genomsnitt med 10-11 % när en funktionsintegrerad fjärrvärmecentral ersatte den befintliga konventionella fjärrvärmecentralen i samma byggnad.
- Den årliga avkylningen av fjärrvärmevattnet ökade med 10-11°C, vilket ger lägre returtemperaturer i fjärrvärmenäten. I de 6 fjärrvärmecentralerna minskade den årliga cirkulerade vattenmängden tillsammans med 33200 m³ från 112800 m³ under referensåret.
- Dygnsvariationen i levererad värmeeffekt jämnades ut genom lägre morgontoppar varvid värmeanvändning och värmeleveranser flyttas till förmiddagar, eftermiddagar, kvällar och nätter.

Den ekonomiska nyttan för en fjärrvärmecentral med funktionsintegrerad styrning räknat som nuvärde är högre än kostnaden för nya konventionella fjärrvärmecentraler. Om denna nytta tillämpas på all svensk fjärrvärme, så uppgår den samlade nyttan till 1,6-2,0 miljarder kronor per år, vilket motsvarar 7-9 % av den nuvarande prisnivån, vilket anses kunna vara en betydande rationaliseringspotential för svenska fjärrvärmesystem.

Summary FOU 2005:125 - Evaluation of demand integrated substations

Demand integrated substations contain an intelligent control unit, which recently has been developed by NordIQ Göteborg AB. The purpose with this project has been to evaluate the benefits of this intelligent control unit. This evaluation project has been based on field measurement of hourly heat supply, circulated water, forward- and return temperatures in six substations with a 12 month reference period with the existing substation and another 12 month evaluation period with a demand integrated substation.

The results from the evaluation show that:

- The annual heat delivery was reduced by 10-11 % in average, when a new demand integrated substation replaced an existing conventional substation in the same building.
- The annual cooling of the district heat fluid increased by 10-11°C, giving lower return temperatures in the district heating systems. The annual volume of circulated water was reduced with 33200 m³ from the initial 112800 m³ during the reference year.
- The daily variation of the customer heat demand became less bumpy from lower morning peaks and heat demands moved to evenings and nights.

The financial benefit from the intelligent control unit estimated as net present value is higher than the cost for new conventional substations. Applied to the whole Swedish district heat sector, this benefit has an annual value of about 1,6-2,0 billion SEK (180-220 million Euro), corresponding to 7-9 % of the current price level for district heat in Sweden.

Sofie Andersson, FVB Sverige ab

Sven Werner, FVB Sverige ab

NordIQs beskrivning av styrning av fjärrvärmecentraler

Nedanstående text har inte skrivits av FVB utan kommer från NordIQ och beskriver översiktligt och säljmässigt fördelar och funktioner i det funktionsintegrerade systemet:

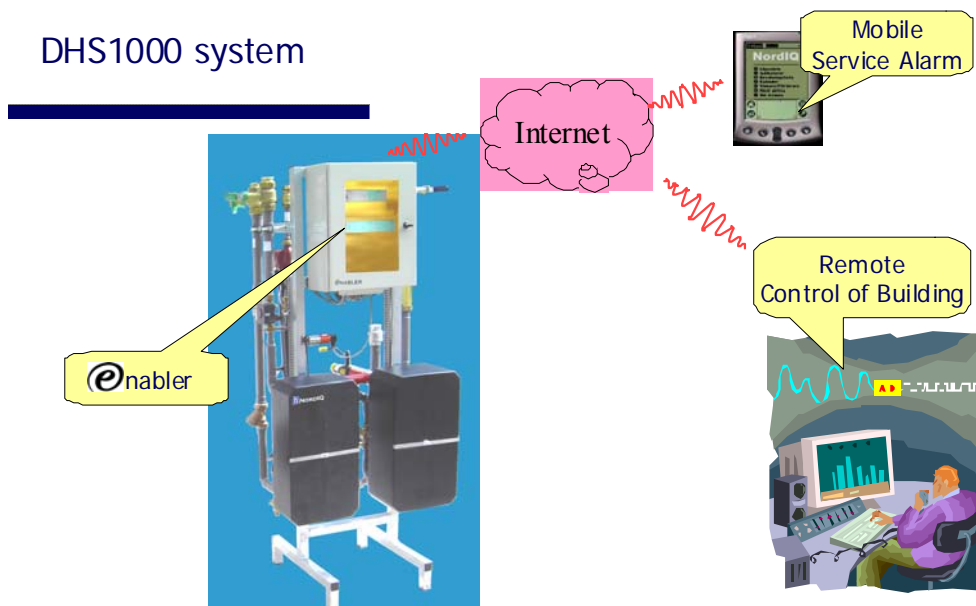
”Genom att systematiskt bygga in 20 års forskning och erfarenhet i elektronik och programvara har NordIQ skapat ett nytt koncept för fjärrvärmecentraler. Resultatet är 3 standardcentraler som täcker behov upp till minst 140 lägenheter. Findimensionering av centralen är inte nödvändig eftersom styrningen anpassar sig automatiskt. Det räcker att välja rätt storleksordning.

Hjärtat i konceptet är ”enablern” - styrutrustningen som lånat teknik från fordons- och telekomindustrin. När konventionella centraler med PID-reglering arbetar efter principen ”rätta felet” gör enablern rätt från början.

Översikt

Systemet består av en fjärrvärmecentral med i stort sett konventionella komponenter. Det unika ligger i styrningen implementerad i en konventionell DUC (DataUnderCentral). Dessutom finns betydligt fler sensorer. Alla temperaturer, flöden och differenstryck över centralen mäts. Det innebär att alla processparametrar beräknas, exempelvis effekt och energiförbrukning. Det innebär också att värmeväxlarens funktion och försmutsningsgrad kan beräknas.

En viktig del i systemet utgörs av webbuppkopplingen som gör att man kan övervaka funktionen och styra exempelvis börvärden och sätta effekt, flödes och ventilbegränsning från sin egen dator.

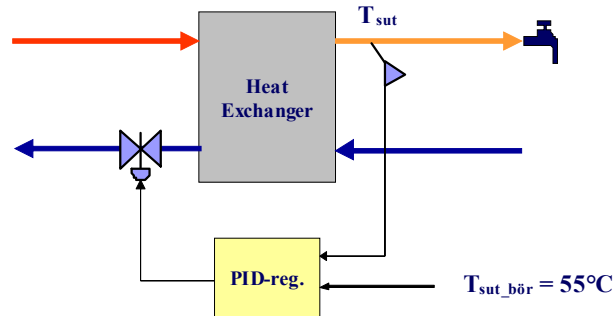


Styrprincip

Den förhärskande styrprincipen är PID-reglering, som innebär att man mäter temperaturfelet, dvs skillnaden mellan börvärde och ärvärde: $\varepsilon = T_{\text{bör}} - T_{\text{är}}$. Styrsignalen utgörs sedan av en proportionell P-del, en integrerad I-del och ibland även en

deriverande D-del. Oftast nöjer man sig med PI reglering eftersom D-delen är känslig och svår att ställa in, se figur.

Konventionell reglering



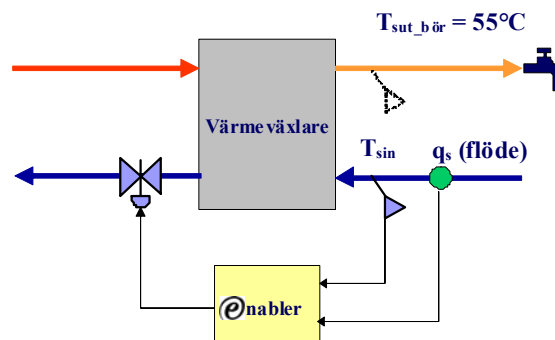
$$\text{Ventil-signal} = P * \left(\varepsilon + \frac{1}{T_i} * \int \varepsilon * dt \right) \quad \varepsilon = T_{sut} - T_{sut_bör}$$

"trial & error"

Systemet är alltså felrättande eller "trial-and-error"-baserat. Att systemet blivit så populärt beror delvis på att det är en standardiserad princip som kan användas på de flesta processer även om man inte känner till så mycket om det man styr.

Enablerprincipen baseras istället på den effekt som krävs för att höja temperaturen på vätskeflödet till börvärdet. Erforderlig effekt beräknas från vätskans specifika värmekapacitet, flöde och ingångstemperatur, se figur.

Enablerns styrprincip



$$P = c_{vH_2O} * q_s * (T_{sut_bör} - T_{sin})$$

"design for correctness"

Man kan kalla detta "styrning" medan termen "reglering" lämpligen används då systemet reagerar på en återkoppling av felet. I det aktuella fallet är det inte nödvändigt att mäta resultatet för att kunna utföra styrningen men det kan ändå vara lämpligt av diagnosskäl. Enablerprincipen bygger på kunskap om hur den styrda processen ser ut. Det är inte en generell princip såsom PID-reglering.

Resultatet är en styrning som är snabbare eftersom man inte behöver vänta på resultatet. Den kan inte heller bli instabil eftersom det inte finns någon återkoppling.

Däremot kan resultatet bli fel om det finns fel i exempelvis mätvärdena för ingående temperatur eller flöde.

Det kan också vara värt att notera att styrningen inte är beroende av växlarens egenskaper eller strömningsförhållanden så länge effekttillförseln är lika med den önskade.

Egenskaper

Systemets förbättrade egenskaper kan beskrivas under 5 punkter:

- 1) Effekttutjämning
- 2) Avkylning
- 3) Energibesparing
- 4) Plug & Run automatik
- 5) Mätning & styrning

Effekttutjämning

Den mjukare styrprincipen gör att effektbehovet minskar, d v s energiuttaget sker jämnare under dagen. Energibesparingen (som förklaras nedan) minskar givetvis även effekttuttaget i motsvarande grad. Som tredje effektreducerande egenskap finns den s k primeringsfunktionen vilken prioriterar och limiterar (begränsar).

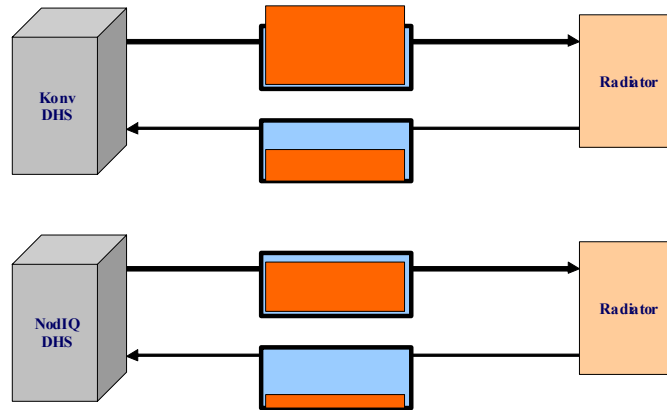
Varmvattenproduktionen prioriteras framför husuppvärmningen (förutsatt att huset är normalvarmt och inte utkylt). Den totala effekten begränsas så att när summan av de begärda effekterna långvarigt överstiger effektgränsen får varmvattnet den begärda effekten medan huset får vänta tills effekten räcker till. Husets tröghet gör att det inte spelar så stor roll om värmen kommer lite senare. Varmvattnet däremot kan inte vänta. Skulle huset vara eller bli märkbart kallare så vänds prioritet till husets fördel.

I bristsituationer fördelas tillgänglig effekt och flöde jämnare till olika konsumenter. Idag innebär bristsituationer ofta att de ”första” konsumenterna i nätet tar förhållandevis stor kapacitet eftersom deras centraler ofta är överdimensionerade och utan begränsning. Konsumenter i slutet på nätet kan i värsta fall bli utan värme, vilket bl a har med tillgängligt differenstryck att göra.

Avkylning

Med bättre styralgoritmer och bättre kontroll på energi och effektbehov kan marginalen som behövs för att täcka osäkerhet minskas. Om det finns en osäkerhet i styrningen måste man tillsätta ett överskott för att kompensera risken för underskott, se figur.

Avkylning



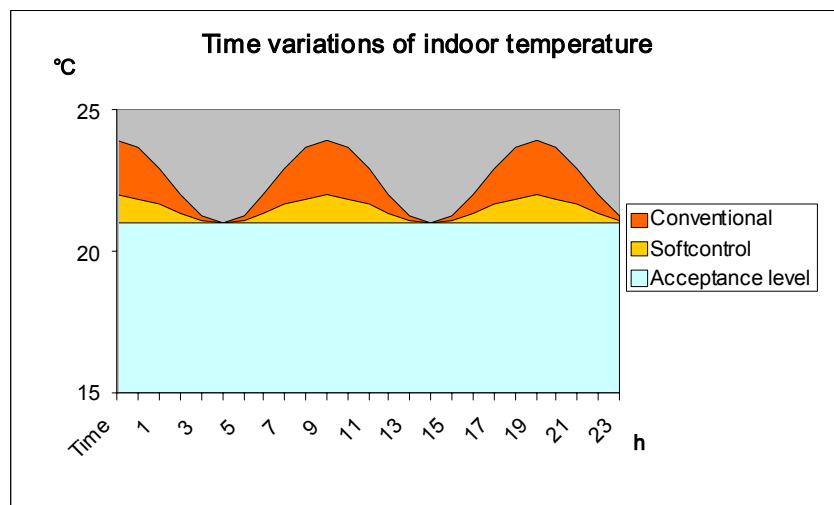
När konventionella system skickar ut ett värmeöverskott kommer också en del av överskottet tillbaka i returledningen.

Med bättre styrning minskar behovet av överskott och då minskar restvärmets som kommer tillbaka. Returtemperaturen bestäms då istället av innetemperaturen. Man kan jämföra med förhållandena i en vanlig värmeväxlare där primär returtemperatur bestäms av inkommande sekundärtemperatur (kallvattentemperatur). I det aktuella fallet utnyttjas förhållandet att radiatorytorna är väl tilltagna i de flesta hus.

Energibesparing

Även energibesparingen kan förklaras med att mindre marginal för att kompensera oprecis styrning minskar spillet. Mjukstyrningen ger jämnare inomhustemperatur på två sätt: mindre variationer i tiden och mindre variationer mellan olika delar i huset. Nästa figur illustrerar tidsvariationerna i ett hus.

Stabilt inomhusklimat = låg energikonsumtion

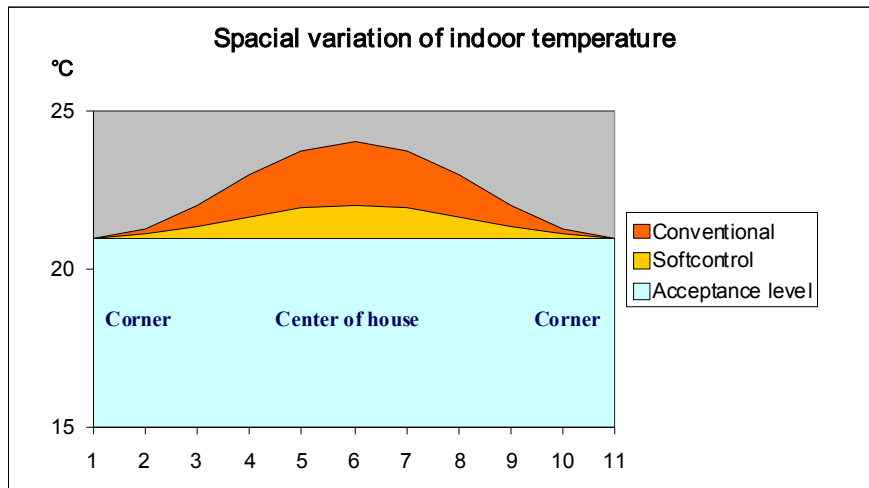


Den nivå som de boende accepterar som lägst är markerad med ljusblå färg. Skulle temperaturen understiga denna nivå ringer folk och klagar. Ett system med variationer måste då ställas in med ett något förhöjt börvärde för att temperaturen inte skall

understiga acceptansnivån. För höga temperaturer är lättare att acceptera (man kan alltid öppna ett fönster). Slutsats: ju jämnare temperaturen kan hållas ju lägre börvärde och energiförbrukning.

Nästa bild visar temperaturvariationer i rummet.

Korrekt inomhusklimat = låg energikonsumtion



Bilden illustrerar att om temperaturen är ojämn i huset så behöver man höja börvärdet så att de kallaste delarna håller acceptabel nivå. Kan man jämna ut fördelningen så spar man energi.

Dessa båda förklaringar är gemensamma för många energibesparande metoder. Injustering av radiatorsystem till exempel syftar till att jämna ut fördelningen i huset.

Den prövade mjukstyrningen har varvtalsstyrd pump och övervakad flödesbalansering vilket innebär lägre tryckfall i ledningarna och därmed minskad obalans. Behovet av radiatorsysteminjustering minskar därmed. Flödesbalanseringen kan vara ett billigt sätt att uppnå jämnare inomhustemperatur och därmed energibesparing och ökad komfort. Givetvis så uppnås fortfarande ytterligare besparingar om man gör injustering och rättar till brister i sekundärsystemet.

Plug & Run automatik

Med sin behovsstyrning och mätning av nätparametrarna, differenstryck och framledningstemperatur, kan enablerstyrningen anpassa sig efter rådande förhållanden. Variationer i framledningstemperatur, differenstryck och belastning (sekundäreffekt) tas om hand på ett naturligt sätt. Det gör att de problem med överdimensionering som normalt hänger samman med reglering inte längre finns. Systemet är aldrig instabilt och att ha reservkapacitet i växlare och ventilstorlekar utgör inget problem. Det är också möjligt att mjukvarubegränsa ventilöppningen så att ventilen fungerar som en mindre ventil med önskad storlek.

Fördelarna med detta är att:

- centralen "frikopplas" från nätförhållanden och belastning. Det är inte längre nödvändigt att dimensionera centralen efter det objekt den skall styra. Så länge man väljer en tillräckligt stor central behöver man inte bekymra sig för dimensioneringen. Risken för feldimensionering är mycket liten. En fördel för fjärrvärmebolaget är att man kan öka differenstrycket i nätet utan att det blir några problem.

- standardisering är möjlig. Man kan lagerföra ett fåtal komponenter eller hela centraler och leveranstiderna kortas. Service och lagerhållning förenklas. En tillverkare kan vi tillverka mot lager i stället för att skraddarsy varje central.
- Många traditionella problem som hänger samman med instabilitet försvinner. Exempelvis kan längre livslängd, mindre risk för förkalkning p g a övertemperaturer och sprickbildning i växlarna nämnas.

Mätning och styrning

De många sensorerna och fjärruppkopplingen gör att man får information om på både fjärrvärmenät och fastighet. Separat värmemängdsmätning på tappvarmvatten och radiatorkrets, mätning av flöden och returtemperaturer gör att varje förändring i fastigheten märks. Man kan se om radiatorventilerna fungerar eller inte (genom att titta på radiatorflödet). En fastighetsägare kan enkelt jämföra sig med andra fastigheter. Det gör det lättare att hitta brister i både primär och sekundärsystem och därmed konventionella förbättringsåtgärder.

Med styrningen kan man ställa in börvärden och sätta begränsning av effekt, flöde och/eller ventilstorlek. Man kan exempelvis tillämpa mjukvarustyrd behovsanpassad dimensionering d v s bristdimensionering av tappvarmvattenventilen med lugnare belastning av nätet som resultat. Man eliminerar risken att behöva byta till en större ventil igen om man tagit till för snålt.

I systemet finns en stor mängd information som ännu inte utvärderats. Som exempel visas i figuren antal parametrar i systemet och några exempel på information.

Mätning & Styrning

Exempel på parametrar i systemet:

| | Primärnät | Tappsystem | Radiatorssystem | Primitering |
|-------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------|
| Antal parametrar | 10 | 87 | 107 | 30 |
| Exempel: effekt | total momentan total medeffekt | begärd effekt levererad effekt | begärd effekt levererad effekt | |
| Energi | totalt levererad | totalt levererad | totalt levererad | |
| Flöde | begärt flöde levererat flöde | begärt flöde levererat flöde | begärt flöde levererat flöde | |
| Volym/vikt | pumpad volym/vikt | förbrukning | pumpad volym/vikt | |
| Tryck | differenstryck | | | |
| Temperaturer | primär in primär ut | sekundär in sekundär ut | sekundär in sekundär ut | |
| Ventilläge | | begärd öppning accepterad öppning | begärd öppning accepterad öppning | |
| Akkumulerad ventilslaglängd | | | | |
| Försmutningsgrad värmväxlare | | | | |

Att det finns många sensorer innebär redundans och möjlighet till feltolerans och diagnos. Skulle någon sensor gå sönder märks det på övriga mätvärden och styrningen kan gå in i reservmode samtidigt som ett larm utfärdas så att problemet kan åtgärdas. Flera nivåer av reservmoder kan antas. Som sista utväg kan man styra centralen med konventionell PID-reglering.

Matts Lindgren, NordIQ Göteborg AB

Peter Gummérus, NordIQ Göteborg AB

Innehållsförteckning

| | | |
|------|--|----|
| 1. | Inledning | 12 |
| 2. | Metodik, indata och urval | 13 |
| 2.1. | Metodik | 13 |
| 2.2. | Indata | 13 |
| 2.3. | Urval..... | 14 |
| 3. | Objekt | 15 |
| 3.1. | Objektbeskrivning..... | 15 |
| 3.2. | Specifik värmeanvändning | 18 |
| 3.3. | Referens- och mätperioder..... | 19 |
| 3.4. | Utrustning i fjärrvärmecentralerna | 20 |
| 4. | Kvantitet – Värmeanvändning | 21 |
| 4.1. | Energisignatur | 21 |
| 4.2. | Normalårsleveranser | 23 |
| 4.3. | Slutsatser från kvantitetsanalysen | 25 |
| 5. | Kvalitet – Avkyllning av fjärrvärmevatten | 26 |
| 5.1. | Medelavkyllning av fjärrvärmevatten | 26 |
| 5.2. | Framtemperaturer | 28 |
| 5.3. | Genomsnittlig returtemperatur | 29 |
| 5.4. | Slutsatser från kvalitetsanalysen | 30 |
| 6. | Dygnsvariationer | 31 |
| 6.1. | Dygnsvariationer före och efter åtgärd..... | 31 |
| 6.2. | Slutsatser av dygnsvariationer..... | 31 |
| 7. | Analys av förändringar | 33 |
| 7.1. | Nytta med erhållna förändringar | 33 |
| 7.2. | Tänkbara förklaringar till erhållna förändringar | 34 |
| 8. | Slutsatser | 36 |
| 9. | Referenser | 37 |

Bilaga 1. Utrustning i fjärrvärmecentralerna före och efter åtgärder

Bilaga 2. Energisignaturer före och efter åtgärd för de 6 olika objekten

Bilaga 3. Avkyllning som funktion av utetemperatur för de 6 olika objekten

Bilaga 4. Returtemperatur som funktion av utetemperatur för de 6 olika objekten

Bilaga 5. Dygnsvariationer för de 6 olika objekten: Före, Efter och Skillnad

Bilaga 6. Frekvenser av olika dygnsmedeltemperaturer i Gävle och Göteborg

1. Inledning

FVB Sverige AB har av Svensk Fjärrvärme AB fått i uppdrag att utföra en oberoende utvärdering av sk funktionsintegrerade fjärrvärmecentraler där en ny metod för styrning av värmeanvändningen i en byggnad används. Metoden och produkten har utvecklats av NordIQ Göteborg AB. Utvärderingen har genomförts genom att värmeleveransens omfattning, avkylningen av fjärrvärmevatten och dygnsvariationerna i sex olika fjärrvärmecentraler har jämförts före och efter installation av sk funktionsintegrerad styrning i fjärrvärmecentralerna. Jämförelsen är gjord mot den befintliga fjärrvärmecentral som fanns i byggnaden före utbyte. Denna utvärderingsmetodik föreslogs av FVB efter en förfrågan från NordIQ i mars 2002. Efter förslag från NordIQ har Svensk Fjärrvärme valt att finansiera den oberoende utvärderingen genom sitt FoU-råd.

Utvärderingen har utförts på dels fem objekt från Gävle som ingår i ett separat utvecklings- och demonstrationsprojekt som Energimyndigheten har finansierat och dels ett objekt från ett projekt som Göteborg Energi har finansierat. Gävle-projektet har målsättningen att visa att tillämpning av systemintegration och integrerande funktioner kan leda till ett bättre resursutnyttjande. Tillämpningsapplikationen utgörs av det övergripande informationshanteringssystemet i en fjärrvärmecentral eftersom en stor del av värmeanvändningen kan påverkas av detta system. NordIQs egen beskrivning av det funktionsintegrerade styrsystemet återfinns efter den inledande sammanfattningen i denna rapport.

De sex objekten består av bostadshus i form av flerbostadshus och radhus. Bostadshus är en typisk fjärrvärmekund. I Sverige tar flerbostadshus emot drygt hälften av alla fjärrvärmeleveranser i Sverige. Det typiska för bostadshusen är den relativt höga andelen (från 25% i befintliga till 50% i nybyggda hus) värme som går åt att bereda varmvatten. Detta värmebehov är också svårt att reglera på grund av kraftiga variationer i efterfrågat varmvattenflöde.

I befintliga fjärrvärmecentraler finns det ofta felfunktioner som ger högre returtemperaturer och högre flöden av fjärrvärmevatten. Framst kan dessa felfunktioner hänföras till styr- och reglersystemen. Felfunktionerna ger högre produktionskostnader, högre värmeförluster och binder överföringskapacitet i näten. Kostnaderna för felfunktionerna uppgår i medeltal till 1 kr/MWh, °C i Sverige. Den totala potentialen ligger i en sänkning av returtemperaturen med 15°C från 48 till 33 °C som svenskt årsmedelvärde. För hela Sverige ger det en rationaliseringspotential på runt 700-800 miljoner kronor per år. Det finns således ett stort ekonomiskt värde om ny teknik och nya fjärrvärmecentraler kan tas fram som reducerar framtida felfunktioner.

NordIQ är inte ensamma om att ha identifierat denna möjlighet till förbättring av fjärrvärmecentraler. Exempel på andra projekt och entreprenörer återfinns i (EM 2002), (EM2004) och (Roth 2004). Det finns i alla dessa projekt en vision av att mer kompetens och intelligens ska användas i framtidens fjärrvärmecentraler. Förväntningarna ligger på nivån att framtidens fjärrvärmecentral blir av typen ”plug-and-play”. Med stigande relativkostnader för arbetstid måste det personintensiva underhållsarbetet minimeras för att säkerställa konkurrenskraften för framtidens fjärrvärme. Kvalitetssäkrade funktionsintegrerade fjärrvärmecentraler bör bidra till att detta framtida krav uppfylls.

2. Metodik, indata och urval

2.1. Metodik

Forskningsfrågan är således att fastställa om det finns en nytta med en funktionsintegrerad fjärrvärmecentral och hur stor denna nytta är. Nyttan fastställs relativt den befintliga konventionella fjärrvärmecentralen som satt i byggnaden innan utbyte till den funktionsintegrerade fjärrvärmecentralen verkställdes. En annan forskningsfråga är hur stor nyttan är jämfört med en ny konventionell fjärrvärmecentral på samma plats. Det är visserligen en intressant forskningsfråga, men ingår inte i detta projekt.

Metodikerna för utvärderingen i detta projekt bygger på att tre karakteristiska egenskaper (värmeleverans, avkylning och dygnsvariationer) mäts före och efter installation av det funktionsintegrerade styrsystemet inklusive andra modifieringar som gjordes i fjärrvärmecentralen i samband med installationen. Utvärderingen förutsätter således att varje fjärrvärmecentral är en ”svart låda” och tonvikten i utvärderingen ligger på en analys av de tre karakteristiska egenskaperna. D v s tonvikten ligger på att dokumentera den nytta en förändrad fjärrvärmecentral med ett funktionsintegrerat styrsystem har för ett fjärrvärmeföretag och dess kunder.

Utvärderingen av de funktionsintegrerade fjärrvärmecentralerna bygger på följande enkla metodik:

- Bestämning av varje objekts energisignatur före och efter åtgärd.
- Beräkning av avkylning av fjärrvärmevatten före och efter åtgärd.
- Redovisning av returtemperatur före och efter åtgärd
- Identifiering av objektens dygnsvariationer före och efter åtgärd.
- Analys och sammanfattning av förändringar efter åtgärd.
- Slutsatser från utvärderingen.

Sammantaget innebär den valda forskningsfrågan och medförande utvärderingsmetodik att:

- Ingen komponent kartläggs i detalj, varken i den utbytta befintliga fjärrvärmecentralen eller den funktionsintegrerade fjärrvärmecentralen.
- Därför har det inte varit möjligt att analysera vilken andel varje förändrad komponent eller funktion har i den totala förändringen.
- I utvärderingen görs ej heller någon genomgång eller kontroll av funktion eller annan produktspecifik information om det funktionsintegrerade styrsystemet.

Utvärderingen syftar enbart till att fastställa de verkliga drift- och leveranssituationerna före och efter installation av en fjärrvärmecentral med ett funktionsintegrerat styrsystem.

2.2. Indata

Indata består dels av referensdata för fjärrvärmecentralerna under ett år och dels ett års mätdata, d v s efter det att fjärrvärmecentralerna byggts om med ett funktionsintegrerat styrsystem. Syftet med att använda mätserier på ett år var att undvika att säsongsvariationer kom att påverka resultatet av utvärderingen.

Tidsmedelvärden av levererad värmemängd (MWh), cirkulerat flöde (m³), framtemperatur och returtemperatur har samlats in från de sex objekten för såväl referens- som mätperiod. I Göteborg fanns dock inte tillgång till tidsmedelvärden för referensperioden. Dessutom har dygnsmedelvärden på utetemperatur för dels Gävle och dels Göteborg köpts från SMHI.

Ordinarie värmemängdsmätare har använts för insamling av referens- och mätdata. I uppdraget har inte ingått någon kvalitetskontroll av mätutrustning, utan enbart utvärdering av insamlade mätvärden. Det har helt enkelt förutsatts att respektive fjärrvärmeföretag följt de kvalitetsrutiner som finns för värmemätare i Sverige.

I utvärderingen ingår statistik för utetemperatur för en 20-årsperiod för att kunna genomföra en fullständig normalårskorrigering (d v s klimatkorrigering görs inte med graddagar). Dessa redovisas i bilaga 4. Metoden används för att inte subjektiva val av parametrar i graddagsmetoden ska påverka utvärderingen av värmeleveransens omfattning.

2.3. Urval

Vid urvalsprocessen för framtagning av lämpliga objekt som skulle ingå i projektet från Gävle har följande beaktats:

- *Fjärravläsning:* Fastigheterna skulle redan innan projektstart ha fjärravläsning så att mätvärden fanns tillgängliga för referensperioden med en hög upplösning. Eftersom utvärderingen omfattar hur dygnsvariationerna hanteras av fjärrvärmecentralerna har insamling skett med upplösning på en timma. Om endast dygnsmedelvärden är tillgängliga kan inte dygnsvariationer analyseras.
- *Referensperiod:* Historiska värden för fastigheten skulle finnas tillgängliga bakåt i tiden under minst 12 månader utan bortfall av mätdata. Genom detta krav behövde inte projektet starta med insamling av data för en referensperiod, utan den skulle då redan vara uppmätt.
- *Mätperiod:* Utvärderingsperioden skulle vara minst 12 månader för att alla olika årssäsonger ska finnas med i utvärderingen och vara lika lång som referensperioden. Den planerade utvärderingsmetodiken kan dock hantera att det fanns tillfälliga korta bortfall av mätdata.

Totalt valdes 10 fjärrvärmecentraler ut i Gävle under hösten 2002 som möjliga mätobjekt. Mätdata från referensperioderna gick igenom för att bedöma dess kvalitet. Om kvaliteten var dålig har objektet inte godkänts som ett mätobjekt. De 10 fjärrvärmecentraler som initialt valdes ut i Gävle blev efter slutlig kvalitetskontroll i december 2002 till slut 5 objekt som skulle utrustas med fjärrvärmecentraler med funktionsintegrerade styrsystem.

Göteborgsobjektet tillkom i projektet först i maj 2003. Objektet valdes av Göteborg Energi och enbart ordinarie mätavläsningar i varje månad fanns tillgängliga som referensperiod. Med dessa avläsningar kunde endast månadsmedelvärden genereras. Denna begränsning medförde att jämförelsen inte blev helt fullständig för Göteborgsobjektet.

Sammantaget innebär detta att FVB deltog i urvalsprocessen för de fem fjärrvärmecentraler som valdes ut i Gävle. FVB deltog inte i motsvarande urvalsprocess i Göteborg.

3. Objekt

3.1. Objektbeskrivning

De sex objekten presenteras i Tabell 1 med storlekar och antal lägenheter i flerbostadshus och radhus. En genomsnittlig svensk lägenhet i flerbostadshus har en bostadsyta på 75 m², vilket innebär att lägenheterna i Gävle är något större (7-12 %) än den svenska medellägenheten. Göteborgslägenheterna är betydligt mindre (33 %) och avviker mycket från ett typiskt flerbostadshus. Radhus klassas som småhus, som har en genomsnittlig storlek på 120 m². Således har båda radhusgrupperna i Gävle bostadsytor som är mindre än det svenska medelhuset.

Tabell 1. De sex fastigheter som ingår i projektet och vissa storleksmått.

Table 1. The six buildings included in this project and some key parameters.

| Leveransadress för fjärrvärmeleverans | Antal | Typ | Uppvärmd bostadsyta, m ² | m ² per enhet |
|---------------------------------------|-------|------------|-------------------------------------|--------------------------|
| Södra Köpmansgatan 13, Gävle | 39 | lägenheter | 3125 | 80 |
| Kaplansgatan 11, Gävle | 47 | lägenheter | 3936 | 84 |
| Jägargatan 14-16, Gävle | 28 | radhus | 2300 | 82 |
| Jökelvägen 22, Gävle | 76 | lägenheter | 6159 | 81 |
| Rävpasset 6A, Gävle | 60 | radhus | 6570 | 110 |
| Gröna vallen 6, Göteborg | 120 | lägenheter | 5981 | 50 |

I övrigt är inget känt kring antal boende, ålder eller vattenförbrukning för fastigheterna. Information om de senaste årens värmeleveranser och den specifika värmeanvändningen lämnas dock i nästa avsnitt. Bilder som visar de sex objekten återfinns på de tre följande sidorna.

Bild 1. Södra Köpmansgatan, Gävle



Bild 2. Kaplansgatan, Gävle



Bild 3. Jägargatan, Gävle



Bild 4. Jökelvägen, Gävle



Bild 5. Rävpasset, Gävle



Bild 6. Gröna vallen, Göteborg

3.2. Specifik värmeanvändning

Som information lämnas här uppgifter om hur stora värmeleveranserna varit till de sex objekten under åren 2000-2003. Dessa uppgifter används inte för utvärderingen utan syftet är att göra en bedömning av hur mycket värme dessa fastigheter har använt jämfört med andra fastigheter på de två orterna. Som jämförelseår valdes 2002.

Enligt Tabell 2 var 2002 ett år som nästan var ett normalår i Gävle, medan det var betydligt varmare i Göteborg. En normalårskorrigerad utförs dock inte utan jämförelsen görs med faktiska utfall. I Tabell 4 återfinns specifik värmeanvändning för de sex objekten. De är baserade på levererade värmemängder från Tabell 3 och objektens bostadsytor från Tabell 1. Genomsnittlig värmeleverans till ett svenskt flerbostadshus med fjärrvärme var 624 MWh under 2002. Så i detta avseende varierar objektens värmeleveranser kring det svenska medelvärdet.

För hela Sverige finns länsuppdelade specifika värmeanvändningar för flerbostadshus som använde fjärrvärme under 2002 redovisade i (SCB 2003b). Motsvarande uppdelning finns inte för småhus. I detta fall jämförs alla objekten som om de vore flerbostadshus. För Gävleborgs län var genomsnittlig värmeanvändning 177 kWh/m², medan motsvarande värde för Västra Götalands län var 162 kWh/m². Snittet för hela Sverige var 169 kWh/m². Detta betyder att Köpmansgatan har lägst värmeanvändning med 63 % av det lokala medelvärdet för 2002. Näst bäst är Rävpasset och Jökelvägen som ligger på nivåerna 79 % respektive 85 %. Nära det lokala medelvärdet ligger Kaplansgatan och Jägargatan på 96 % respektive 98 %. Högst specifika värmeanvändning har Gröna Vallen som ligger på nivån 115 % av det lokala medelvärdet.

Detta betyder att det finns en god spridning i specifik värmeanvändning hos de studerade objekten. Det finns således både hög- och lågförbrukande byggnader med bland de sex objekten.

Tabell 2. Årsmedeltemperaturer för de två städerna 2000-2003.

Table 2. The annual average temperatures in Gävle and Göteborg during 2000-2003.

| Årsmedeltemperatur, °C | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 |
|------------------------------|------|------|------|------|
| Gävle | 6,6 | 5,4 | 5,9 | 5,7 |
| Normalår (19820101-20011231) | 5,8 | 5,8 | 5,8 | 5,8 |
| Avvikelse, °C | 0,8 | -0,4 | 0,1 | -0,1 |
| Göteborg | 9,5 | 8,0 | 9,1 | 8,6 |
| Normalår (19830401-20011231) | 8,1 | 8,1 | 8,1 | 8,1 |
| Avvikelse, °C | 1,4 | -0,1 | 1,0 | 0,5 |

Tabell 3. Leverans av värmemängder till de 6 objekten.

Table 3. Annual heat deliveries to the 6 buildings.

| Leveransadress för fjärrvärmeleverans | Värmeleverans 2000, MWh | Värmeleverans 2001, MWh | Värmeleverans 2002, MWh | Värmeleverans 2003, MWh |
|---------------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Södra Köpmansgatan 13, Gävle | 329 | 356 | 347 | 330 |
| Kaplangatan 11, Gävle | 559 | 671 | 672 | 628 |
| Jägargatan 14-16, Gävle | 353 | 399 | 399 | 374 |
| Jökelvägen 22, Gävle | 808 | 909 | 924 | 940 |
| Rävpasset 6A, Gävle | 854 | 940 | 919 | 907 |
| Gröna vallen 6, Göteborg | 1071 | 1279 | 1115 | 1030 |

Tabell 4. Specifika värmebehov för de 6 objekten.

Table 4. Specific heat demands for the 6 buildings.

| Leveransadress för fjärrvärmeleverans | Specifikt värmebehov 2000, kWh/m ² | Specifikt värmebehov 2001, kWh/m ² | Specifikt värmebehov 2002, kWh/m ² | Specifikt värmebehov 2003, kWh/m ² |
|---------------------------------------|---|---|---|---|
| Södra Köpmansgatan 13, Gävle | 105 | 114 | 111 | 105 |
| Kaplangatan 11, Gävle | 142 | 171 | 171 | 160 |
| Jägargatan 14-16, Gävle | 153 | 173 | 173 | 163 |
| Jökelvägen 22, Gävle | 131 | 148 | 150 | 153 |
| Rävpasset 6A, Gävle | 130 | 143 | 140 | 138 |
| Gröna vallen 6, Göteborg | 179 | 214 | 186 | 172 |

3.3. Referens- och mätperioder

Använda referens- och mätperioder för de sex objekten återfinns i Tabell 5.

För de 5 fem Gävle-objekten startade mätperioden den 1 maj 2003, men genom ett missöde kom inte mätningen igång för Kaplangatan förrän den 18 augusti. Därför har istället perioden 1 september 2003 – 31 augusti 2004 genomgående använts som utvärderingsperiod för Gävle-objekten.

För Gröna vallen i Göteborg finns ingen fullständigt uppmätt referensperiod, utan månatliga ordinarie avläsningar har använts för skattning av månadsmedelvärden under en treårsperiod (2000-2002). Korrekt insamling av tidsmedelvärden för mätperioden kom efter ett misstag igång först den 28 november 2003. Genom användning av NordIQs egen mätserie har perioden 1 oktober – 27 november rekonstruerats. Som utvärderingsperiod har då perioden 1 oktober 2003 – 30 september 2004 använts.

Tabell 5. Referens- och mätperioder för de sex objekten.**Table 5. Reference and measurement periods for the 6 buildings.**

| Leveransadress för fjärrvärmeleverans | Referensperiod startdatum | Referensperiod slutdatum | Mätperiod startdatum | Mätperiod slutdatum |
|---------------------------------------|---------------------------|--------------------------|-------------------------|---------------------|
| Södra Köpmansgatan 13, Gävle | 2001-08-01 | 2002-07-31 | 2003-09-01 | 2004-08-31 |
| Kaplansgatan 11, Gävle | 2001-08-01 | 2002-07-31 | 2003-09-01 | 2004-08-31 |
| Jägargatan 14-16, Gävle | 2001-08-01 | 2002-07-31 | 2003-09-01 | 2004-08-31 |
| Jökelvägen 22, Gävle | 2001-08-01 | 2002-07-31 | 2003-09-01 | 2004-08-31 |
| Rävpasset 6A, Gävle | 2001-08-01 | 2002-07-31 | 2003-09-01 | 2004-08-31 |
| Gröna vällen 6, Göteborg | januari 2000 | december 2002 | 2003-11-28 ² | 2004-09-30 |

2) Mätning av timsmedelvärden startade först den 28 nov och inte den 1 sep som planerat. Hösten 2003 har rekonstruerats för att slippa en förlängning av mätperioden.

3.4. Utrustning i fjärrvärmecentralerna

I samband med installation av funktionsintegrerad styrning gjordes även andra förändringar av utrustningen i fjärrvärmecentralerna för att bättre passa med den nya styrningen. I Bilaga 1 presenteras en detaljerad tabell med beteckningar på de reglercentraler, värmeväxlare och styrventiler som fanns i respektive fjärrvärmecentral före installationen samt motsvarande utrustning som installerades med den nya styrningen.

Alla reglercentraler togs bort för att ersättas med den nya styrningen. Likaså byttes alla styrventiler för såväl värmekretsar som varmvattenberedning. Dessutom byttes alla befintliga gamla rörvärmeväxlare ut mot nya plattvärmeväxlare. Vidare ändrades kopplingsprincip genomgående från 2-stegskoppling till parallellkoppling i alla sex fjärrvärmecentralerna.

Grundtanken var att alla befintliga värmemängdsmätare i fjärrvärmecentralerna skulle behållas vid utbyte till funktionsintegrerad fjärrvärmecentral. Motivet var att inte ändra förutsättningarna för värmemätningen. Tyvärr passade Gävle Energi på att sätta in nya värmemätare i Köpmansgatan, Kaplansgatan och Jägargatan. Det är givetvis svårt att uttala sig om hur dessa byten har påverkat utvärderingen.

Genom att mer utrustning än själva styrningen byttes ut i demonstrationsprojektet, så kan inte inverkan av själva bytet av styrningen isoleras ut som en egen företeelse. Därför kommer konstaterade förändringar att avse hela förändringen inklusive styrventiler, värmeväxlare och ny kopplingsprincip. Läs mer om detta i utvärderingen.

4. Kvantitet – Värmeanvändning

En väsentlig frågeställning med avseende på kvantitet är: Kommer effektuttag och levererad värmemängd att påverkas och eventuellt sänkas med en funktionsintegrerad fjärrvärmecentral? Om svaret på denna fråga är ja, så kommer det att finnas ett motiv för fjärrvärmekunderna att skaffa sig en sådan styrning.

För att svara på denna fråga redovisas nedan en analys av objektens s k ”energisignaturer” och värmeanvändningen under ett normalår.

4.1. Energisignatur

En energisignatur är en rät medelvärdeslinje som anpassas till objektets effektuttag vid olika utetemperaturer. Metoden har använts sedan 1920- och 30-talen som en utveckling av graddagsmetoden för uppföljning av såväl värmeproduktion som värmeleveranser, (Schulz 1933). I Sverige namngavs metoden som ”energisignatur” av en forskningsgrupp vid dåvarande Statens Institut för Byggnadsforskning, (Hammarsten & Hjalmarsson 1983). En enkel sammanfattning av metodens användning återfinns i (Schulz 2003).

Två räta linjer måste definieras i energisignaturen, en för de tillfällen när uppvärmning sker (uppvärmningssäsongen) och en för de tillfällen som endast varmvattenberedning sker (sommaren). Varje energisignaturlinje kännetecknas av en konstant, som anger uttaget av värmeeffekt vid 0°C, och en lutningskoefficient, som justerar uttaget för aktuell utetemperatur. Skärningspunkten mellan dessa två linjer kallas gränstemperaturen, som vi har antagit till 15°C. Över denna utetemperatur föreligger således ingen uppvärmning. Antagandet om en fix gränstemperatur låser dock upp analysen något och ger ett litet skattningsfel, men har gjorts för att förenkla utvärderingen utan tidsödande iterationer. För att filtrera bort dygnsvariationerna används bara dygnsmedelvärden vid bestämning av varje objekts energisignatur.

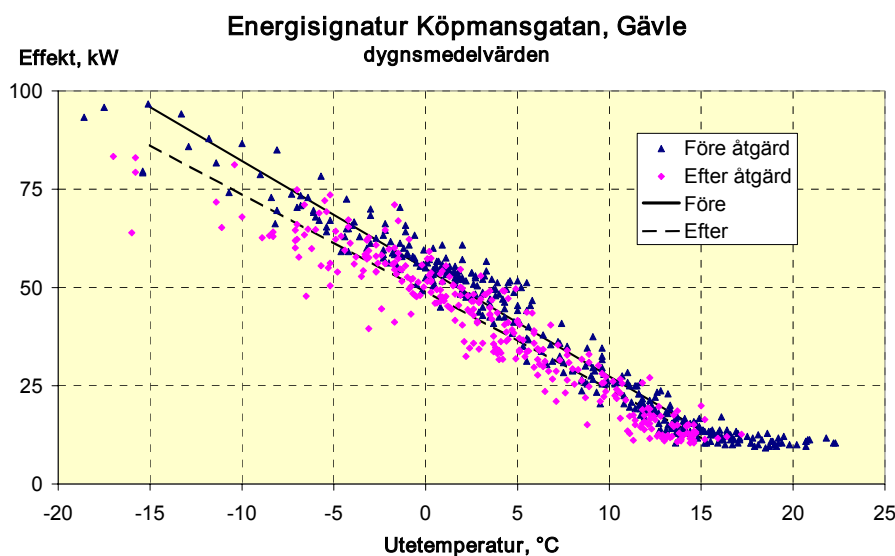


Bild 7. Energisignatur, d v s effekt som funktion av utetemperatur, före respektive efter installationen av det övergripande styrsystemet.

Figure 7. Energy signature, heat delivery as a function of the outdoor temperature, before and after exchanging the substation.

Energisignatur före och efter åtgärd redovisas i Bild 7 för objektet Köpmansgatan i Gävle. Motsvarande figurer med energisignaturer för alla objekten återfinns i Bilaga 2. För Köpmansgatan framgår att energisignaturen efter åtgärd ligger under energisignaturen före åtgärd. Detta betyder att den funktionsintegrerade styrningen har sänkt effektuttagen och värmeleveransens omfattning. Energisignaturens konstanter och lutningskoefficienter för enbart uppvärmningssäsongen före och efter åtgärd återfinns i Tabell 6.

Tabell 6. Energisignaturer före och efter åtgärd, utetemperaturer < 15°C (uppvärmningssäsongen).

Table 6. Energy signatures before and after exchanging the substations, outdoor temp <15°C (the heating season).

| Leveransadress för fjärrvärmeleverans | Effekt vid 0°C före åtgärd, kW | Effekt vid 0°C efter åtgärd, kW | Förändring |
|---------------------------------------|--|---|------------|
| Södra Köpmansgatan 13, Gävle | 54,8 | 48,9 | -11% |
| Kaplansgatan 11, Gävle | 111,8 | 96,5 | -14% |
| Jägargatan 14-16, Gävle | 63,3 | 57,0 | -10% |
| Jökelvägen 22, Gävle | 151,5 | 153,1 | 1% |
| Rävpasset 6A, Gävle | 154,5 | 145,6 | -6% |
| Gröna vällen 6, Göteborg | 237,9 | 198,8 | -16% |
| Leveransadress för fjärrvärmeleverans | Lutningskoefficient före åtgärd, kW/°C | Lutningskoefficient efter åtgärd, kW/°C | Förändring |
| Södra Köpmansgatan 13, Gävle | -2,7 | -2,5 | -9% |
| Kaplansgatan 11, Gävle | -6,4 | -5,7 | -10% |
| Jägargatan 14-16, Gävle | -3,1 | -3,2 | 4% |
| Jökelvägen 22, Gävle | -8,9 | -9,2 | 3% |
| Rävpasset 6A, Gävle | -9,2 | -8,4 | -8% |
| Gröna vällen 6, Göteborg | -12,2 | -11,6 | -5% |

Tabell 7. Energisignaturer före och efter åtgärd, utetemperaturer > 15°C (sommaren).

Table 7. Energy signatures before and after exchanging the substations, outdoor temp >15°C (the summer).

| Leveransadress för fjärrvärmeleverans | Effekt vid 0°C före åtgärd, kW | Effekt vid 0°C efter åtgärd, kW | Förändring |
|---------------------------------------|--|---|------------|
| Södra Köpmansgatan 13, Gävle | 18,0 | 16,7 | -7% |
| Kaplansgatan 11, Gävle | 25,1 | 19,6 | -22% |
| Jägargatan 14-16, Gävle | 25,5 | 14,7 | -43% |
| Jökelvägen 22, Gävle | 28,2 | 23,8 | -16% |
| Rävpasset 6A, Gävle | 33,0 | 38,4 | 16% |
| Gröna vällen 6, Göteborg | 55,3 | 37,9 | -31% |
| Leveransadress för fjärrvärmeleverans | Lutningskoefficient före åtgärd, kW/°C | Lutningskoefficient efter åtgärd, kW/°C | Förändring |
| Södra Köpmansgatan 13, Gävle | -0,4 | -0,3 | -23% |
| Kaplansgatan 11, Gävle | -0,7 | -0,4 | -49% |
| Jägargatan 14-16, Gävle | -0,8 | -0,3 | -61% |
| Jökelvägen 22, Gävle | -0,7 | -0,5 | -31% |
| Rävpasset 6A, Gävle | -0,7 | -1,0 | 43% |
| Gröna vällen 6, Göteborg | -1,5 | -0,7 | -54% |

Genomförda åtgärder har sänkt såväl konstant som lutningskoefficient för alla objekt utom Jökelvägen, som har höjt båda parametrarna. Dessutom har lutningskoefficienten höjts något för Jägarvägen.

Sänkning av lutningskoefficient indikerar att den funktionsintegrerade styrningen kan ta till vara de dynamiska värmelagringseffekterna, speciellt vid kalla dagar som

föregåtts av varma dagar. Sänkning av konstanten i energisignaturen avslöjar en möjlig generell sänkning av innetemperaturen. Denna sänkning kan inte verifieras, då tillgång till mätningar av innetemperaturer före och efter åtgärd saknas. För objekten Köpmansgatan, Kaplansgatan, Rävpasset och Gröna vallen har båda dessa förändringar skett. Dock är förändringen mindre för Rävpasset. För Jägarvägen har endast en sänkning av innetemperaturen uppnåtts.

NordIQ har anmält störningar i styrningen av två objekt: Jökelvägen och Rävpasset. För Jökelvägen var referensgivaren för innetemperatur först placerad i en tom lägenhet. Senare flyttade det in en familj som ville ha en låg innetemperatur. Det låga ärvärdet medförde att styrningen skickade ut en relativt hög framtemperatur på radiatorsystemet. Troligen har inte termostatventilerna klarat av att strypa ner flödet, vilket gett en högre värmeanvändning. För Rävpasset har det varit ett fel i den interna flödesmätningen, vilket medfört att ett något för högt flöde skickats ut på radiatorsystemet innan felet upptäcktes i april 2004.

Detta betyder att det finns ett samband mellan de objekt som har avvikelser i utfall och de som haft störningar.

Den funktionsintegrerade styrningen ger också en större spridning av driftpunkterna (dygnsmedelvärden) runt energisignaturerna. För Köpmansgatan i Bild 7 ökar standardavvikelsen från 4,0 till 5,1 kW för skillnader mellan dygnsmedeleffekterna och energisignaturen. Alla dessa standardavvikelser redovisas i Tabell 8.

Ökande spridning från energisignaturen beror troligen på att värmodynamiken får slå igenom i styrningen. Detta är positivt för värmeproduktionsanläggningarna, som inte behöver svara upp mot onödiga virtuella värmelaster. Virtuella värmelaster är skillnader mellan producerad värmeeffekt och verkligt värmebehov i ett fjärrvärmesystem, se vidare (Werner 1997).

Tabell 8. Standardavvikelser för skillnad mellan dygnsmedeleffekt och energisignaturen före och efter åtgärd.

Table 8. Standard deviation of the difference between the daily variation of the customer heat demand and the energy signature, before and after exchanging the substations.

| Leveransadress för fjärrvärmeleverans | Standard-avvikelse, före åtgärd, kW | Standard-avvikelse, efter åtgärd, kW | Förändring |
|---------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|------------|
| Södra Köpmansgatan 13, Gävle | 4,0 | 5,1 | 26% |
| Kaplansgatan 11, Gävle | 10,1 | 11,5 | 13% |
| Jägargatan 14-16, Gävle | 4,3 | 4,6 | 6% |
| Jökelvägen 22, Gävle | 11,9 | 19,4 | 62% |
| Rävpasset 6A, Gävle | 10,9 | 14,5 | 33% |
| Gröna vallen 6, Göteborg | 9,0 | 15,5 | 71% |

4.2. Normalårsleveranser

Normalårskorrigerad värmeanvändning före och efter åtgärd används som mått för att skatta den förändring som den funktionsintegrerade styrningen förväntas få. För normalårskorrigerad används inte graddagsmetoden, som är för oprecis p g a de många fixa antaganden som krävs. Istället används energisignaturerna från Tabell 6 och de lokala temperaturfrekvenserna som återfinns i Bilaga 6. Skattade normalårsleveranser återfinns i Tabell 9. Lägst förändring har Jökelvägen och Rävpasset, som troligen kan hänföras till de störningar som inträffat. För Köpmansgatan, Kaplansgatan och Jägargatan ligger förändringen på en minskning av värmeanvändningen med 11-14 %. Högst minskning har skattas för Gröna Vallen som minskat med 21 %.

Tabell 9. Årlig värmeleverans vid ett normalår före och efter åtgärd.
Table 9. Annual heat delivery during a normal climate year before and after exchanging the substations.

| Leveransadress för fjärrvärmeleverans | Normalårs- leverans före åtgärd, MWh | Normalårs- leverans efter åtgärd, MWh | Förändring |
|---------------------------------------|--|---|---------------|
| Södra Köpmansgatan 13, Gävle | 348 | 310 | -11% |
| Kaplansgatan 11, Gävle | 674 | 578 | -14% |
| Jägargatan 14-16, Gävle | 400 | 347 | -13% |
| Jökelvägen 22, Gävle | 903 | 907 | 0% |
| Rävpasset 6A, Gävle | 926 | 880 | -5% |
| Gröna vällen 6, Göteborg | 1228 | 972 | -21% |
| <i>Summa</i> | <i>4479</i> | <i>3994</i> | <i>-10,8%</i> |

En naturlig följdfråga är givetvis: Hur fördelar sig förändringarna mellan hög- och låganvändare hos objekten? Det är ju en gammal sanning att den som slösar mest kan spara mest.

I Bild 8 återges förändringarna som funktion av den relativa nivån på värmeanvändningen före åtgärd. Bilden visar att den höganvändande Gröna Vallen har störst besparing. Låganvändande Köpmansgatan har också uppnått en betydande minskning, vilket kan förbrylla något. Om det finns en låg användning, så ska det inte finnas så mycket kvar att reducera. Mellan dessa ytterligheter ligger de små förändringar hos Jökelvägen och Rävpasset som stör utvärderingen med sina observerade fel i styrningen.

Energibesparing efter åtgärd

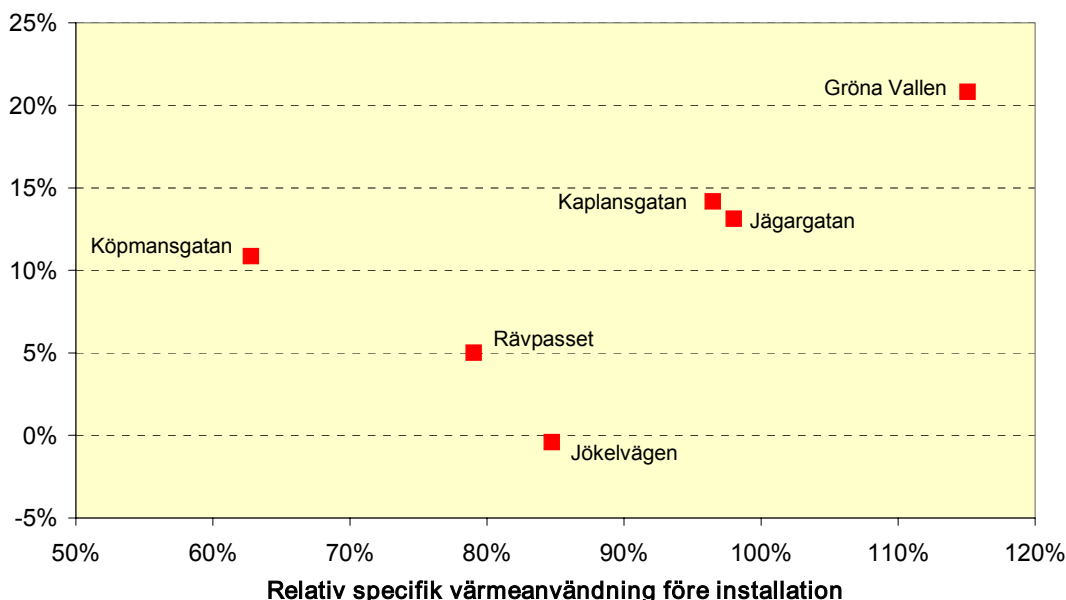


Bild 8. Samband mellan nivån på den tidigare värmeanvändningen, som andel av den lokala specifika värmeanvändningen, och erhållen förändring av värmeanvändningen.
Figure 8. Combinations of the previous use of heat, shown as part of the local specific heat demand, and the resulting change of heat usage.

Totalt sett ligger minskningen på 10,8 %, men spridningen i utfall är stor. Standardavvikelsen för de sex utfallen är hög (7,4 %). Ett 95-procentigt

konfidensintervall kommer då att ligga inom gränserna 4,3 % (lätt ökning) och -25,5 % (stor sänkning). D v s det kan inte sägas att minskningen är statistiskt signifikant. Det beror på att underlaget är för litet med de störningar som inträffade på Jökelvägen och Rävpasset. Om den kända störningen i Jökelvägen tas bort blir dock minskningen statistiskt signifikant med gränserna -1,4 % och -24,2 % för ett 95 procentigt konfidensintervall. Men i detta läge kan det inte avgöras om störningen är uttryck för slump eller en förväntad störningsnivå.

Parallellt med detta projekt har ett annat forskningsprojekt med finansiering från FoU-rådet genomförts där nio större fjärrvärmecentraler analyserats i detalj under en längre period (Walletun & Lindqvist 2005). Dessa objekt avser visserligen endast fjärrvärmecentraler som överför värme till småhusråden med fyrrörssystem, men sju av dessa nio centraler har bytts ut och värmeleveransen före och efter utbyte har sammanställts. I rapporten skrivs att: ”Även samfälligheternas energianvändning har studerats dels före och dels efter nyinstallation. Denna skiljer sig inte nämnvärt före och efter, vilket helt är rimligt, eftersom anläggningens status inte bör påverka energianvändningen”. Tyvärr redovisas inga värden i rapporten som stöder denna slutsats.

I övrigt känner vi inte till några dokumenterade förändringar av värmeleveransen vid byte från en befintlig till en ny konventionell fjärrvärmecentral. Den genomförda jämförelsen i (Walletun & Lindqvist 2005) skulle då stödja tesen att det är den funktionsintegrerade fjärrvärmecentralen som enbart ger en reduktion av värmeleveransen. En motsvarande reduktion skulle då inte uppnås med en ny konventionell fjärrvärmecentral vid utbyte. Men jämförelsen är för dåligt dokumenterad i (Walletun & Lindqvist 2005) för att man säkert ska kunna dra denna slutsats.

4.3. Slutsatser från kvantitetsanalysen

Slutsatsen blir att värmeleveranserna i genomsnitt har reducerats med 10-11 % efter installation av funktionsintegrerade fjärrvärmecentraler. Men spridningen i utfall är stor på grund av störningar i ärvärden till den funktionsintegrerade styrningen som inträffade i Jökelvägen och Rävpasset.

Störningar förekommer i utvecklingen av all ny teknik. Det är upp till varje producent och leverantör att minimera funktionsstörningar hos ny teknik för att kvalitetssäkra funktion och uppnå en hög repeterbarhet i produktion och installation.

5. Kvalitet – Avkylning av fjärrvärmevatten

Graden av avkylning av det fjärrvärmevatten som passerar en fjärrvärmecentral är en viktig kvalitetsparameter. Dålig avkylning av fjärrvärmevattnet ger som tidigare nämnts högre produktions- och distributionskostnader i ett fjärrvärmesystem.

En väsentlig frågeställning med avseende på kvantitet är således: Kommer avkylningen att vara bättre efter installation av den funktionsinriktade styrningen? Om svaret på denna fråga är ja, så kommer det att finnas ett motiv för fjärrvärmeföretagen att skaffa sig en sådan styrning. Om flödesavgifter finns i den lokala prismodellen, kommer detta motiv att förflyttas till fjärrvärmekunderna.

För att svara på frågan redovisas nedan en analys av den genomsnittliga avkylningen och genomsnittlig returtemperatur före och efter åtgärd.

5.1. Medelavkylning av fjärrvärmevatten

Den genomsnittliga avkylningen under perioderna beräknas med hjälp av kvoten mellan levererade värmemängder och cirkulerade vattenmängder varvid hänsyn tas till vattnets mediestorheter vid en medeltemperatur mellan fram- och returtemperaturerna. Detta ger skattningsformeln:

$$\text{Genomsnittlig avkylning} = 880 * \frac{\text{Levererad värmemängd i MWh}}{\text{Cirkulerad vattenmängd i m}^3} \quad [^{\circ}\text{C}]$$

Som underlag till skattningen används levererade värmemängder från Tabell 10 och cirkulerade vattenmängder från Tabell 11. Skattade årsvärden av avkylningen återfinns sedan i Tabell 12.

Tabell 10. Levererade värmemängder under referens- och mätperioderna.

Table 10. Heat delivered during the reference and measurement periods.

| Leveransadress för fjärrvärmeleverans | Levererad värmemängd före åtgärd, MWh | Levererad värmemängd efter åtgärd, MWh | Förändring |
|---------------------------------------|---------------------------------------|--|------------|
| Södra Köpmansgatan 13, Gävle | 328 | 312 | -5% |
| Kaplansgatan 11, Gävle | 628 | 579 | -8% |
| Jägargatan 14-16, Gävle | 377 | 341 | -10% |
| Jökelvägen 22, Gävle | 840 | 893 | 6% |
| Rävpasset 6A, Gävle | 862 | 862 | 0% |
| Gröna vallen 6, Göteborg | 1148 | 916 | -20% |
| <i>Summa</i> | <i>4183</i> | <i>3903</i> | <i>-7%</i> |

Tabell 11. Cirkulerade vattenmängder under referens- och mätperioderna.

Table 11. Amounts of water circulated during the reference and measurement periods.

| Leveransadress för fjärrvärmeleverans | Cirkulerad vattenmängd före åtgärd, m ³ | Cirkulerad vattenmängd efter åtgärd, m ³ | Förändring |
|---------------------------------------|--|---|-------------|
| Södra Köpmansgatan 13, Gävle | 9554 | 6959 | -27% |
| Kaplansgatan 11, Gävle | 21814 | 11627 | -47% |
| Jägargatan 14-16, Gävle | 14027 | 7402 | -47% |
| Jökelvägen 22, Gävle | 21664 | 18467 | -15% |
| Rävpasset 6A, Gävle | 22097 | 18609 | -16% |
| Gröna vällen 6, Göteborg | 23674 | 16579 | -30% |
| <i>Summa</i> | <i>112830</i> | <i>79643</i> | <i>-29%</i> |

Tabell 12. Genomsnittlig avkylning före och efter åtgärd.

Table 12. The annual average cooling of the district heat fluid, before and after exchanging the substations.

| Leveransadress för fjärrvärmeleverans | Arsmedel-avkylning före åtgärd, °C | Arsmedel-avkylning efter åtgärd, °C | Förändring, °C |
|---------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|----------------|
| Södra Köpmansgatan 13, Gävle | 30,2 | 39,4 | 9,2 |
| Kaplansgatan 11, Gävle | 25,3 | 43,8 | 18,5 |
| Jägargatan 14-16, Gävle | 23,6 | 40,5 | 16,9 |
| Jökelvägen 22, Gävle | 34,1 | 42,6 | 8,4 |
| Rävpasset 6A, Gävle | 34,3 | 40,8 | 6,4 |
| Gröna vällen 6, Göteborg | 42,7 | 48,6 | 6,0 |
| <i>Effektivt medelvärde</i> | <i>32,6</i> | <i>43,1</i> | <i>10,5</i> |

Som framgår av Tabell 12, så har avkylningen förbättrats för alla objekten, men det är stor spridning i utfallen. Jökelvägen hade tidigare injusterats med en lågflödesmetod, varför möjligheterna till ytterligare förbättring av avkylningen kan antas vara begränsad. Trots detta har avkylningen ökat med 8,4°C. Genomsnittlig förbättring av avkylningen ligger på i storleksordningen 10-11°C.

Avkylningen har förbättrats betydligt vid låga och normala utetemperaturer, vilket visas för Köpmansgatan i Bild 9. Däremot har avkylningen blivit sämre vid högre utetemperaturer. Denna förändringsprofil är dock mycket gynnsam totalt sett, då nyttan med bättre avkylning är som störst vid hög- och mellanlast. Sämre avkylning under sommaren kan vara bra för att hålla uppe flöde och framtemperatur så att varmvatten med rätt kvalitet kan beredas snabbt hos kunderna.

Av Bilaga 3 framgår att samma mönster gäller för de övriga fem objekten, även om storleken på förändringen varierar. Jägargatan och Rävpasset får faktiskt aningen bättre avkylning även på sommaren.

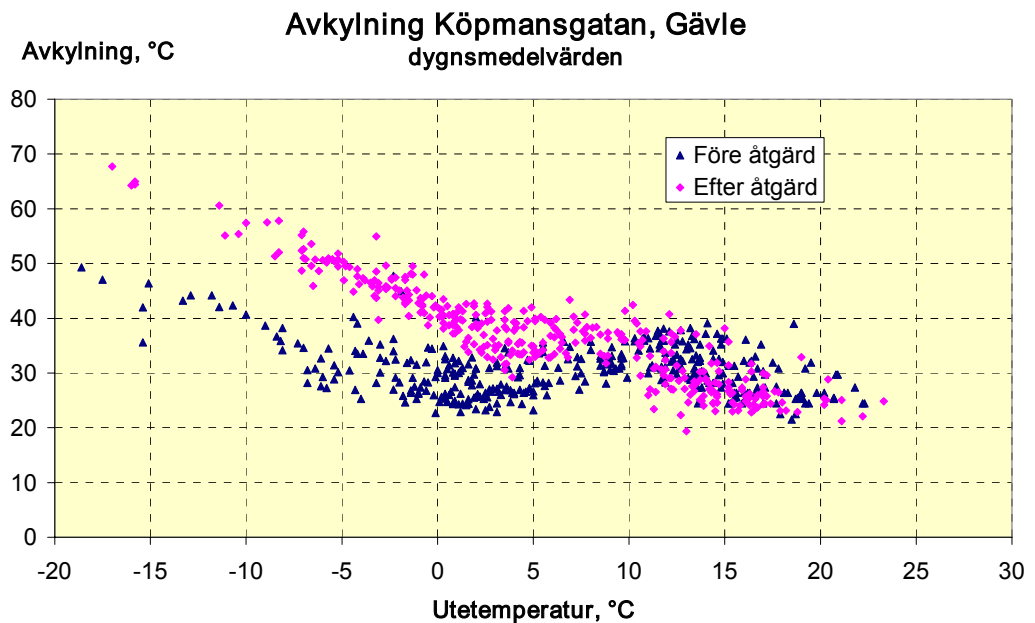


Bild 9. Dagensmedelvärden av avkylning av fjärrvärmevatten före respektive efter åtgärd.

Figure 9. The daily average cooling of the district heat fluid, before and after exchanging the substation for Köpmansgatan.

5.2. Framtemperaturer

Som kontroll av att förbättrad avkylning inte kommer från en förhöjd framtemperatur, redovisas här samhörande månadsmedelvärden av framtemperatur och utetemperatur före och efter åtgärd för Gävles och Göteborgs fjärrvärmenät. Dessa redovisas i Bild 10 och Bild 11.

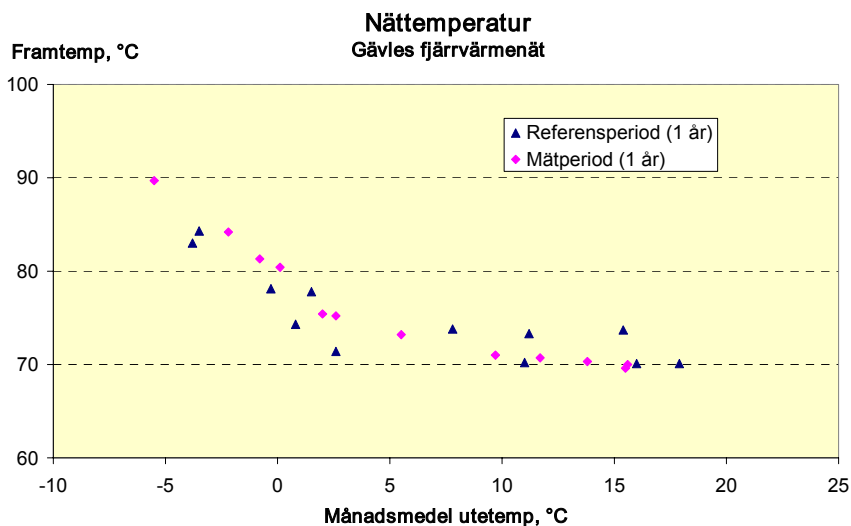


Bild 10. Framtemperaturer för Gävle.

Figure 10. Forward temperatures in the Gävle district heat system.

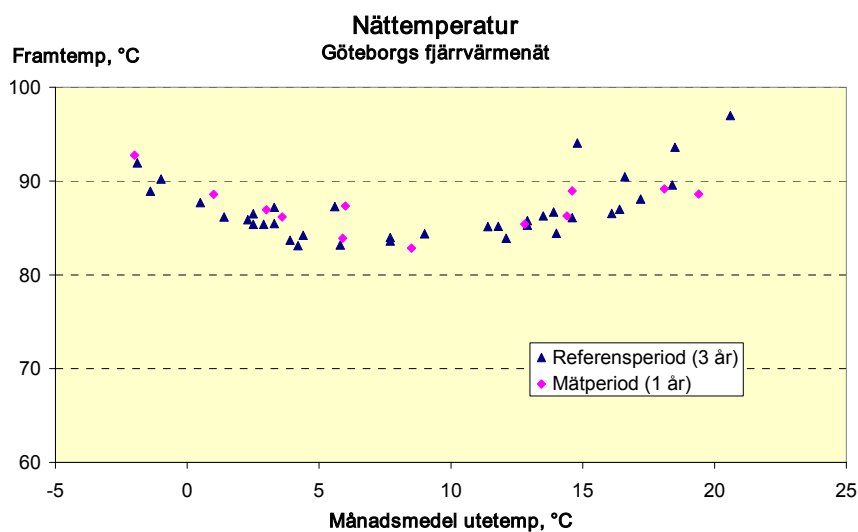


Bild 11. Framtemperaturer för Göteborg.

Figure 11. Forward temperatures in the Göteborg district heat system

Varken i Gävle eller i Göteborg har det under perioden genomförts någon drastisk omläggning av körstrategierna för hur fjärrvärmenäten ska köras. Därför kan förhöjd framtemperatur inte vara en förklaring till konstaterad förbättrad avkylning.

5.3. Genomsnittlig returtemperatur

Som en följd av den förbättrade avkylningen har genomsnittlig returtemperatur sänkts. I Tabell 13 redovisas tidsmedelvärden för respektive fjärrvärmecentral under referens- och mätperioderna. Värdena är dock inte normalårskorrigerade, då temperaturfrekvenserna skiljer sig åt mellan referens- och mätperioderna. Värdena ligger dock något över den nivå på 28-32°C som är praktiskt möjlig att uppnå på returtemperatures årsmedelvärde, (Petersson 2000).

Genomsnittlig returtemperatur före åtgärd saknas för Gröna Vallen, då fram- och returtemperaturer inte är tillgängliga för referensperioden.

Tabell 13. Genomsnittlig returtemperatur från respektive fjärrvärmecentral.

Table 13. The annual average return temperatures before and after exchanging the substations.

| Leveransadress för fjärrvärmeleverans | Genomsnittlig returtemperatur före åtgärd, °C | Genomsnittlig returtemperatur efter åtgärd, °C | Förändring, °C |
|---------------------------------------|---|--|----------------|
| Södra Köpmansgatan 13, Gävle | 43,2 | 37,4 | 5,8 |
| Kaplansgatan 11, Gävle | 43,5 | 34,7 | 8,8 |
| Jägargatan 14-16, Gävle | 48,6 | 35,9 | 12,8 |
| Jökelvägen 22, Gävle | 39,3 | 35,7 | 3,6 |
| Rävpasset 6A, Gävle | 41,6 | 36,9 | 4,6 |
| Gröna vallen 6, Göteborg | - | 38,4 | - |

Hur returtemperaturerna varierar med olika utetemperatur framgår av Bild 12 och Bilaga 4. Returtemperaturen har främst sänkts under vinterperioden. Under varma dagar har returtemperaturen höjts för Köpmansgatan, Kaplansgatan och Jökelvägen. Ingen jämförelse kan göras för Gröna vallen, då returtemperaturen inte är tillgänglig före åtgärd. Alla objekt har returtemperaturer efter åtgärd som ligger mellan 30 och

40°C för utetemperaturer mellan -5 och 10°C. För Rävpasset ligger returtemperaturen dock mellan 45 och 35°C för utetemperaturer mellan -5 och 0°C. Vid riktigt låga utetemperaturer ligger de flesta objekten kring 40°C, utom Rävpasset som har ett flertal dygn med returtemperaturer mellan 40 och 46°C.

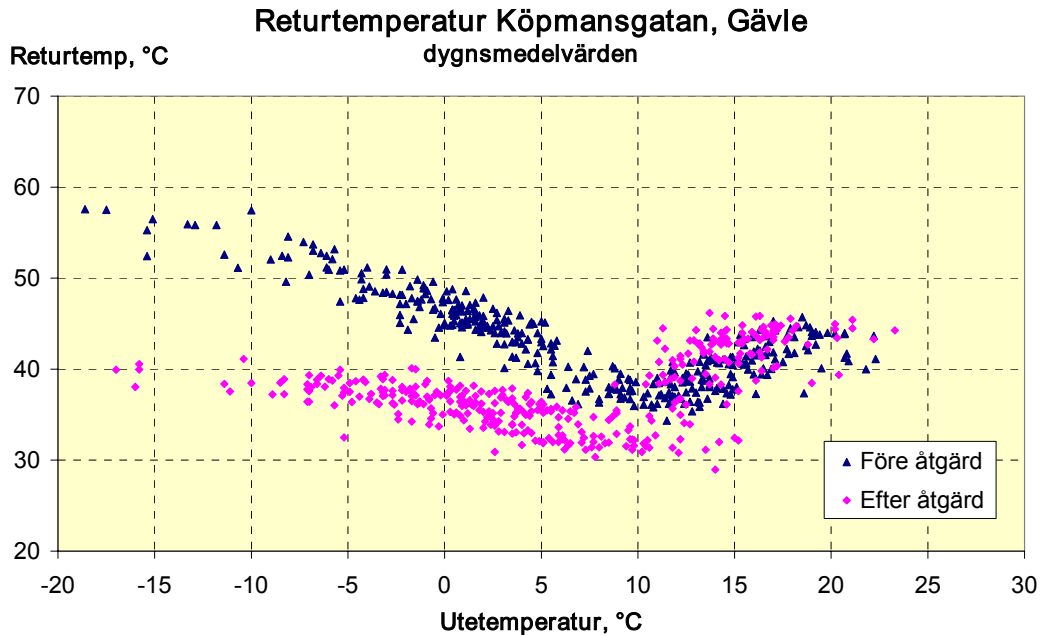


Bild 12. Dygnsmedelvärden av returtemperaturer för Köpmansgatan som funktion av utetemperatur före och efter åtgärd.

Figure 12. The daily average return temperature as a function of outdoor temperature for Köpmansgatan before and after exchanging the substation.

5.4. Slutsatser från kvalitetsanalysen

Slutsatsen blir att avkylningen har blivit betydligt bättre. Det är ställt utom allt tvivel att avkylningen förbättras med den funktionsintegrerade styrningen. Genomsnittlig förbättring ligger på nivån 10-11°C, men spridningen är stor på grund av olika lokala förutsättningar. Även en funktionsintegrerad fjärrvärmecentral i en fastighet som tidigare har injusterats med en lågflödesmetod har förbättrat avkylningen och sänkt returtemperaturen.

6. Dygnsvariationer

Dygnsvariationer i efterfrågad värmeeffekt hos kunderna måste följas av värmeproduktionen för att inte överskott eller brister ska uppstå i fjärrvärmesystemet. Kopplingen är dock inte lika stark som för elsystemet då fjärrvärmenätet utgör en buffert mellan produktion och användning av värme. Vid kraftiga dygnsvariationer kan momentana avvikelser mellan verkligt värmebehov och producerad värmeeffekt uppstå. Dessa avvikelser kan kallas virtuella värmelaster och har sitt ursprung i att flödes- och temperaturändringar sprider sig med två helt olika hastigheter i fjärrvärmenäten. En tryckförändring fortplantar sig med ljudhastigheten i vatten, omkring 1000 m/s, medan en temperaturförändring sprider sig med flödeshastigheten i ledningarna, dvs 1-2 m/s. Konsekvensen kan bli att värmeproduktionsanläggningarna tvingas producera mer värme vid effekttoppar fast det inte behövs. Detta driftproblem är definierat och diskuterat i (Werner 1997). Ett annat angreppssätt på detta fenomen är att aktivt ändra framtemperaturen i en flödesutjämnande körstrategi (Larsson 2003) för att använda nätet som ett värmelager.

Mer dämpade dygnsvariationer ger således färre effekttoppar som inte behöver mötas med dyr spetslastproduktion. Detta ger något lägre produktionskostnader.

En väsentlig frågeställning med avseende på dygnsvariationer är då: Kommer dygnsvariationen att dämpas efter installation av den funktionsinriktade styrningen? Om svaret på denna fråga är ja, så kommer det att finnas ett motiv för fjärrvärmeföretagen att skaffa sig en sådan styrning.

För att svara på frågan redovisas nedan en analys av genomsnittliga dygnsvariationer under varje månad före och efter åtgärd.

6.1. Dygnsvariationer före och efter åtgärd

Dygnsvariation definieras här som den genomsnittliga kvoten mellan genomsnittlig tidsmedeleffekt och genomsnittlig dygnsmedeleffekt för varje månad och timma under dygnet. Denna dygnsvariation kommer då att karakteriseras av $12 * 24 = 288$ värden för varje referens- och mätperiod. Grafiskt framställs informationen som konturdiagram, dvs med samma metod som markhöjder presenteras på en karta. I Bild 13 redovisas dygnsvariationerna före och efter åtgärd samt skillnaden mellan dessa för Köpmansgatan. För samtliga objekt redovisas motsvarande information i Bilaga 5.

Genom definitionen av dygnsvariation filtreras säsongsvariationen bort. Härigenom betonas de relativa förändringarna under varje månad. Det är de som är viktiga att beakta och följa för värmeproduktionsanläggningarna.

Skillnaden i dygnsvariation mellan efter och före åtgärd visar att den nya styrningen sänker effekttopparna på morgonen och höjer uttagen under kvällarna under låg- och mellanlastperioder.

6.2. Slutsatser av dygnsvariationer

Slutsatsen blir att dygnsvariationerna dämpas något med den funktionsintegrerade styrningen under sena vårmånader och tidiga höstmånader när de relativa förändringarna inom dygnsvariationen är som störst. I stort sett flyttas värmelast från morgontoppar till dagar och kvällar. Denna förändring är positiv för fjärrvärmeföretagen som slipper ändra effektnivån så mycket i produktionsanläggningarna.

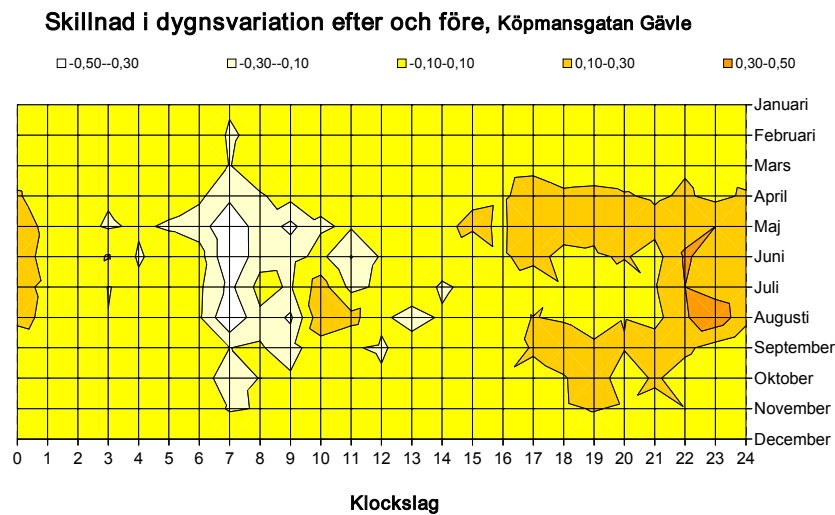
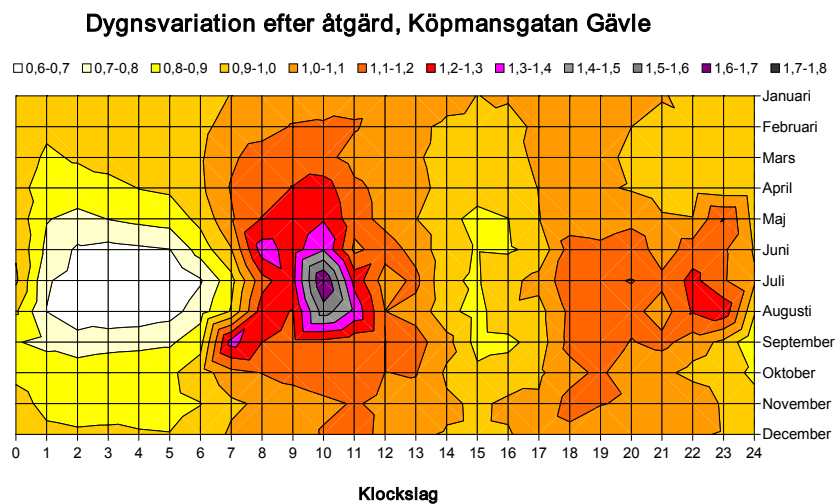
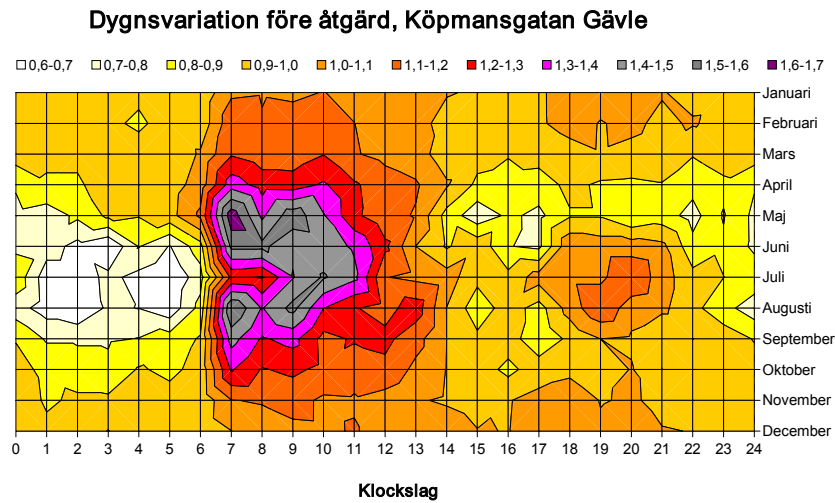


Bild 13. Dygnsvariationer för Köpmansgatan före och efter åtgärd samt skillnad mellan efter och före åtgärd.

Figure 13. The daily variation in the customer heat demand for Köpmansgatan, before, after, and difference after exchanging the substation .

7. Analys av förändringar

7.1. Nyttan med erhållna förändringar

I nedanstående figur redovisas samhörande värden av specifik värmeanvändning och årlig avkylning av fjärrvärmevatten före och efter åtgärd för de sex objekten. Samhörande punkter för samma objekt har en förbindelselinje. Figuren visar att alla objekt (utom den felaktiga Jökelvägen) samtidigt har uppnått lägre kvantitet (värmeanvändning) och högre kvalitet (bättre avkylning). Detta är en ny egenskap som oss veterligt aldrig tidigare har dokumenterats för fjärrvärmecentraler i Sverige. Tidigare har det varit en allmän uppfattning att det varit ett fullständigt oberoende mellan värmeleveransens omfattning å ena sidan och fjärrvärmecentralens och byggnadens förmåga att kyla fjärrvärmevattnet å andra sidan.

En fråga är då: Är denna fördelaktiga förändring unik för den funktionsintegrerade styrningen eller uppnås samma eller delvis samma effekt när avkylningen förbättras med andra metoder?

FVB har i andra uppdrag sett tendens till att det finns ett samband mellan kvalitet och kvantitet. I ett stort fastighetsbestånd identifierades sambandet som att 10°C bättre avkylning gav en specifik värmeanvändning som var 7-15 % lägre. D v s av samma storleksordning som för funktionsorienterad styrning i denna utvärdering. Denna indikation skulle tyda på att sambandet inte skulle vara unikt för den funktionsintegrerade styrningen. Men sambandet bör verifieras i en större population för att bli mer än en indikation. FVB har också ett flertal gånger försökt väcka intresse för att skatta hur stort detta samband är i andra populationer av fjärrvärmecentraler, men hittills utan framgång.

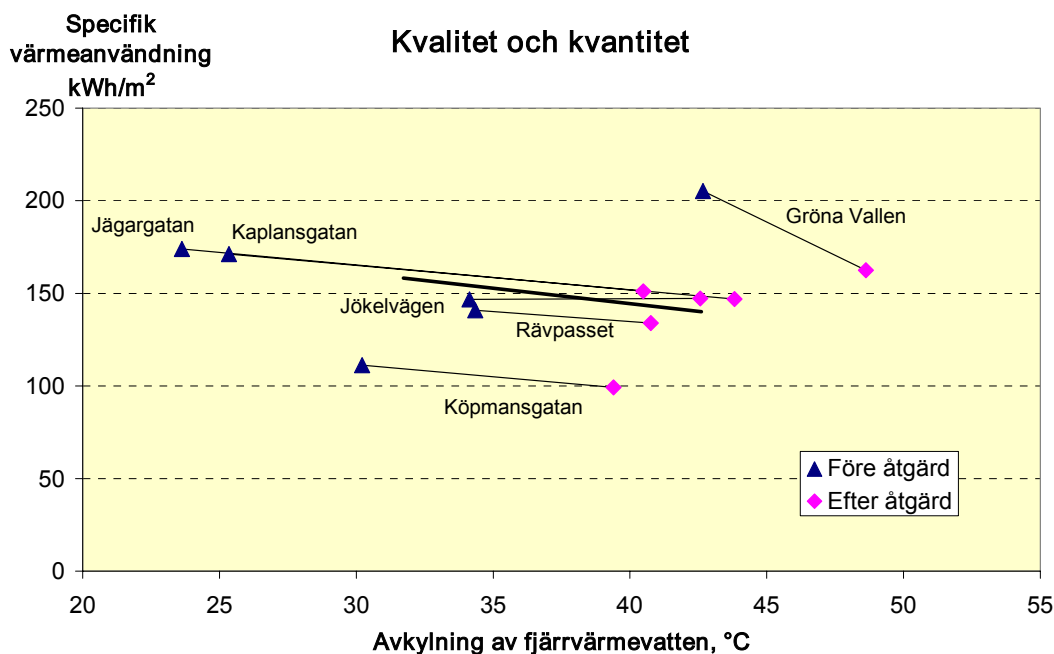


Bild 14. Samhörande kombinationer av kvalitet och kvantitet före och efter åtgärd för de sex objekten samt medelvärde för alla objekten (svart grov linje).

Figure 14. Combinations of quality and quantity for the 6 buildings before and after exchanging the substations and the average value for them all together (thick black line).

Värdet av en sänkt returtemperatur kan uppskattas till 1 kr/MWh,°C, ty medelvärdet av 16 olika nyttoanalyser som FVB utfört eller har tillgång till ger ett medelvärde på 1,01 kr/MWh,°C med en standardavvikelse på 0,46 kr/MWh,°C. En förbättrad kylning med 10-11 grader ger då nyttan 10-11 kr/MWh.

Kortsiktig marginalkostnad kan uppskattas till 250-300 kr/MWh i svenska fjärrvärmesystem. En reduktion hos kunderna på 10-11 % ger en besparing i värmeproduktionen med 9-10 %. Detta ger en kostnadsreduktion på 23-30 kr/MWh. Reduktionen blir dock högre ur ett kundperspektiv, då prisnivån ut till kund är högre än kortsiktig marginalkostnad.

För en svensk medelleverans av fjärrvärme på 600 MWh/år blir då besparingen 20 000-25 000 kr/år. Med en nuvärdesfaktor på 10 (5,5 % och 15 år) ger detta ett nuvärde på 200 000-250 000 kr. Investeringskostnaden för fjärrvärmecentraler är starkt storleksberoende. Stora centraler är specifikt billigare än små. En fjärrvärmecentral för leverans av 600 MWh/år kostar cirka 100 000 kr, enligt figur 7.1 i (Selinder & Zinko 2003). Detta betyder att nyttan med en funktionsintegrerad fjärrvärmecentral överstiger vad en konventionell fjärrvärmecentral kostar. Denna slutsats gäller för alla stora och medelstora fjärrvärmecentraler. Översätts denna nytta till all svensk fjärrvärme skapas en rejäl rationaliseringspotential på 1600-2000 miljoner kronor per år.

I denna enkla nyttoanalys har endast fördelarna med en lägre värmeleverans och bättre avkylning beaktats. Fördelarna med lägre effektbehov och en dämpad dygnsvariation har inte värderats.

Sambandet mellan bättre avkylning och lägre värmeanvändning är så starkt att den inledningsvis nämnda skattningen av rationaliseringspotentialen på 700-800 miljoner kr per år för bättre avkylning för all svensk fjärrvärme är en stark underskattning. Med ovanstående skattning av sambandet blir den totala rationaliseringspotentialen istället 2400-3000 miljoner kronor eller drygt 10 % av nuvarande prisnivå. D v s enbart reduktionen i värmeanvändning är värd mer än dubbelt så mycket som förbättrad avkylning.

Denna stora potential ökar behovet av en generell skattning av sambandet mellan förbättrad avkylning och lägre värmeanvändning för andra åtgärder än en ny fjärrvärmecentral med funktionsintegrerad styrning. Som läget är nu har detta samband endast dokumenterats i detta projekt för en funktionsintegrerad fjärrvärmecentral. Det kan inte uteslutas att detta nyfunna samband kan finnas i andra situationer.

7.2. Tänkbara förklaringar till erhållna förändringar

Detta avsnitt utgörs av spekulationer i tänkbara förklaringar till de positiva förändringar som installationen av de funktionsintegrerade fjärrvärmecentralerna har medfört. Detta är inget fullständigt forskningsprojekt där mätningar av mängder av oberoende parametrar som styr värmeanvändningen har genomförts. Tillgång har endast funnits till de parametrar som beskriver nyttan med fjärrvärmecentralen och dess funktion. Det är bara dessa parametrar som behövs för att svara på analysfrågan: Har funktionsintegrerad styrning någon nytta? Svaret på denna fråga är ja. Nästa intressanta fråga är naturligtvis: Hur uppstår denna nytta? Den frågan har inte ingått i detta projekt och mätningar som stöder analysen av denna fråga finns inte tillgängliga, så en kort förklaring måste anta karaktären av en spekulation.

Förbättrad avkylning har antagligen uppnåtts genom att sekundära flöden och temperaturer anpassas vid varje tidpunkt som NordIQ uppger i den inledande beskrivningen. Detta innebär att man verkligen övergivit den traditionella teknik som

infördes på 30-talet med automatisk shuntreglering (Haij 1939 och 1945) och som i grunden fortfarande används i dagens reglercentraler. Gammal teknik har således införts i datorer utan att ifrågasätta metod och utan att använda datorernas fulla kapacitet till bedömningar och beräkningar.

Den nya funktionsintegrerade fjärrvärmecentralen ger en betydligt mer dämpad dygnsvariation i värmeleveransen än regleringen i en konventionell fjärrvärmecentral. Detta ger en större spridning för driftpunkterna kring energisignaturen som tidigare framgått i denna utvärdering.

Det är svårare att identifiera varför en reduktion i värmebehoven har uppstått. Idealt ska inte ändrad styrning ge upphov till ändrat värmebehov. Det är bara förbättringar av en byggnads värmebalans som ska ge ett lägre värmebehov. Exempel på sådana ändringar är förbättrat klimatskal, lägre innetemperatur, lägre varmvattenanvändning, lägre mekaniska ventilationsflöden och lägre frekvenser av spontana vädringar genom öppna fönster. Problemet är troligen att dagens reglering av byggnaders värmebehov inte är ideal. Därför kan en ny, bättre och mer ideal styrning ge lägre värmebehov. NordIQ uppger själva i den inledande beskrivningen att man lyckas hålla en jämn innetemperatur både mellan olika lägenheter i byggnaderna och i tiden. Besparingen skulle då kunna hänföras till en generellt lägre innetemperatur genom att vissa övertemperaturer undviks med den nya styrningen. Men en reduktion på 10-11 % motsvarar en generell sänkning på knappt 2°C. Detta är inte omöjligt med tanke på att den genomsnittliga innetemperaturen för flerbostadshus har uppmätts till cirka 22°C i många undersökningar. Den nya styrningen skulle då ha medfört en sänkning till 20°C och att hyresgästerna har accepterat detta, då färre tillfällen har inträffat med sänkningar av denna nivå.

Två andra aspekter på värmebehovsändringen kan möjligen hänföras till värmemätningen och den förbättrade avkylningen av fjärrvärmevattnet. Den första aspekten är att dålig avkylning ger en liten skillnad mellan fram- och returtemperatur i en fjärrvärmecentral. Temperaturgivarna är alltid behäftade med ett visst mätfel. Det relativa felet i mätt differensstemperatur blir då större om avkylningen är dålig (s k cancellationsfel). En förbättrad avkylning ger då ett mindre relativt fel i differensstemperaturen och värmemätningen blir därmed mer korrekt. Sammantaget innebär denna aspekt att värmemätningen före åtgärd skulle varit mindre noggrann än efter åtgärd.

Den andra aspekten kan hänföras till flödesdelen i värmemätningen. Med dålig avkylning är flödet högt och flödesmätaren har möjlighet att registrera flödet med en högre noggrannhet i ett högflödesintervall. Med förbättrad avkylning reduceras flödet och flödesmätaren kommer oftare att registrera flöden i ett lågflödesintervall där noggrannheten kan vara sämre. Detta skulle då ge en lägre registrerad levererad värmemängd efter åtgärd.

Dessa två aspekter kan samverka till att den ordinarie värmemängdsmätningen har registrerat en lägre värmemängd. För att bevisa denna spekulation måste dock en oberoende analys genomföras i ett separat projekt.

Det är dock uppenbart att det här inte är möjligt att belägga om en lägre värmeleverans med en funktionsintegrerad styrning kan hänföras till en verklig ändring av byggnadernas värmebalans eller till en förändrad registrering av levererad värmemängd i värmemängdsmätningen. Men det är helt uppenbart att kunderna får en lägre kostnad för sin fjärrvärme med en funktionsintegrerad styrning, då fakturorna baseras på befintlig värmemätning.

8. Slutsatser

Slutsatserna som kan dras från denna utvärdering blir därmed:

- Levererad värmemängd blir lägre i en fjärrvärmecentral med funktionsintegrerad styrning genom att energisignaturen sänkts genomgående för de objekt som inte har haft störningar i styrningen under mätperioden. Minskningen ligger i medeltal på 10-11 %.
- Avkylningen har förbättrats betydligt med i genomsnitt 10-11°C.
- Dygnsvariationerna har dämpats genom att morgontoppar under vår, sommar och höst har kapats och flyttats till andra tidpunkter på dygnet som för- och eftermiddagar, kvällar och nätter.
- Repeterbarheten för funktionsintegrerad styrning är fortfarande okänd. Två objekt har utsatts för störningar i styrningen under mätperioden. Denna utvärdering är baserad på en nollserie som NordIQ har tagit fram. Ju mer tiden lider, desto bättre kommer den funktionsintegrerade styrningen att bli. Identifierade störningar kommer ju att ligga till grund för framtida förbättringar av styrningen.
- Den ekonomiska nyttan för den nya styrningen är hög. Nyttans nuvärde överstiger vad nya konventionella medelstora och stora fjärrvärmecentraler kostar idag.

Huvudslutsatsen blir att metoden med funktionsintegrerad styrning kan stärka fjärrvärmens framtida konkurrenskraft till förmån för fjärrvärmens kunder, företag och ägare. Det finns också en ansenlig miljönytta genom att fjärrvärmens koldioxidutsläpp kommer att bli lägre med lägre värmebehov.

9. Referenser

- EM, Fjärrvärmecentral med IT – avläser automatiskt och kontrollerar flöden. Energimagasinet 23(2002):6, 42
- EM, Enreduce – system som spar energi och ger bättre komfort. Energimagasinet 25(2004):2, 36-37.
- Haij, C, Automatisk shuntventilreglering på värme- och ventilationsanläggningar. VVS 10(1939):12, 163-166.
- Haij, C, Variatorreglering tillämpad på centralvärmeanläggningar. VVS 16(1945):11, 157-163.
- Hammarsten, S, Hjalmarsson, C, Energisignaturen är en modell som avspeglar boendevanorna. VVS & Energi 54(1983):1,75-79.
- Larsson, G, Flödesutjämnande körstrategi. Svensk Fjärrvärme, FoU 2003:86. Stockholm 2003.
- Petersson, S, Metoder att nå lägre returtemperatur med värmeväxlardimensionering och injusteringsmetoder. Svenska Fjärrvärmeföreningen, FoU 2000:42. Stockholm 2000.
- Roth, O, Innovative Fernwärmeregulung, Euroheat & Power 33(2004):6, 64-67.
- SCB, Energistatistik för småhus 2002. Statistiska meddelanden EN16SM0302, september 2003.
- SCB, Energistatistik för flerbostadshus 2002. Statistiska meddelanden EN16SM0303, september 2003.
- SCB, El-, gas- och fjärrvärmeförsörjningen 2002. Statistiska meddelanden EN11SM0401, februari 2004.
- Schulz, E, Öffentliche Heizkraftwerke und Elektrizitätswirtschaft in Städten. Verlag von J. Springer. Berlin 1933.
- Schulz, L, Normalårskorrigerig av energianvändningen i byggnader – en jämförelse av två metoder. EFFEKTIV rapport 2003:1.
- Selinder, P, Zinko, H, Marginaler i fjärrvärmesystem. Svensk Fjärrvärme FoU 2003:85. Stockholm 2003.
- Walletun, H, Lindkvist, H, Utvärdering av gamla och nya fjärrvärmecentraler i Slagsta. Svensk Fjärrvärme FoU 2005:120. Stockholm 2005.
- Werner, S, Dynamiska värmelaster från fiktiva värmebehov. Svenska Fjärrvärmeföreningen, FoU 1997:10. Stockholm 1997.

Bilaga 1. Utrustning i fjärrvärmecentralerna före och efter åtgärder

Före installation

| Objekt | Reglercentral, värme | Reglercentral, varmvatten | Värmeväxlare, värme | Värmeväxlare, varmvatten | Styrventil, värme | Styrventil, varmvatten |
|------------------------------|----------------------|---------------------------|---------------------|--------------------------|---------------------|------------------------|
| Södra Köpmansgatan 13, Gävle | TA2222 | TA2222 | CTC SKR84 | CTC SKR168 | M750 V298 20/4,0 | M300 V241 15/1,0 |
| Kaplansgatan 11, Gävle | TA230U | TA229W | AGA R151 | AGA S233 | TA M15 STL 20/2,3 | TA M310 V241/1,0 |
| Jägargatan 14-16, Gävle | TA230U | TA239W | CTC SKR42 | CTC SKR84 | TA M15C V298 15/2,5 | TA EM5C V298 15/1,0 |
| Jökeltvägen 22, Gävle | TA2222 | TA2222 | CTC SKR126 | AJEWEX 8451-214 | TA M15C V298 20/6,3 | TA EM5C V241 15/1,0 |
| Rävpasset 6A, Gävle | TA230U | TA229W | AJEWEX RC121 | AJEWEX VC221 | TA M15C STL 32/6,7 | TA EM5C V298 15/2,5 |
| Gröna vallen 6, Göteborg | DUC Familjebostäder | | Parca MV-11 | Parca MS-101 | TA STL 32/6,7 | TA STL 40/9,2 |

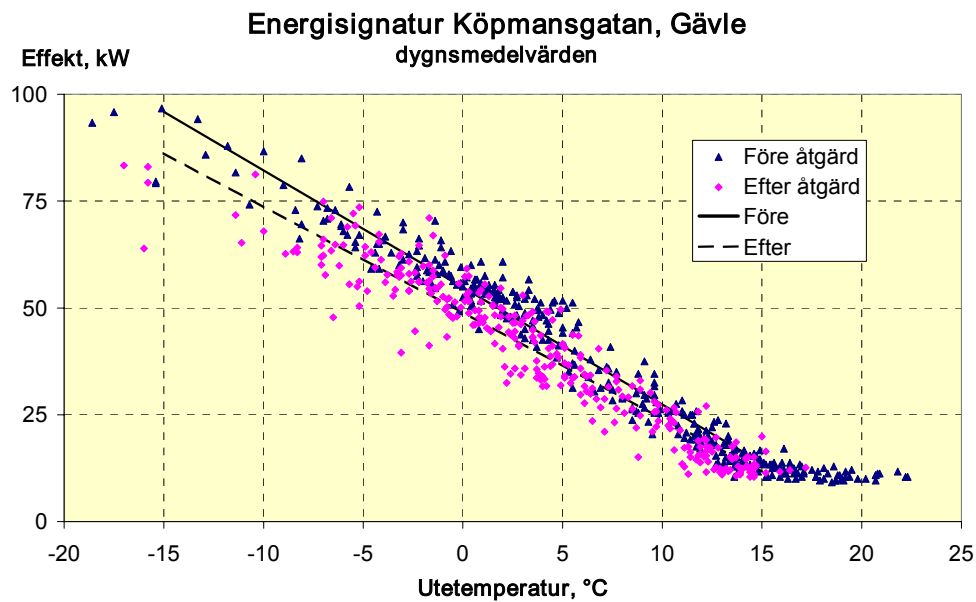
Efter installation

| Objekt | Reglercentral, värme | Reglercentral, varmvatten | Värmeväxlare, värme | Värmeväxlare, varmvatten | Styrventil, värme | Styrventil, varmvatten |
|------------------------------|----------------------|---------------------------|---------------------|--------------------------|-------------------|------------------------|
| Södra Köpmansgatan 13, Gävle | ENABLER | ENABLER | SWEP B45/44/30 | SWEP B45/44/30 | M800 V241 15/4,0 | M800 V241 15/4,0 |
| Kaplansgatan 11, Gävle | ENABLER | ENABLER | SWEP B45/44/30 | SWEP B45/44/30 | M800 V241 15/4,0 | M800 V241 15/4,0 |
| Jägargatan 14-16, Gävle | ENABLER | ENABLER | SWEP B45/44/30 | SWEP B45/44/30 | M800 V241 15/4,0 | M800 V241 15/4,0 |
| Jökeltvägen 22, Gävle | ENABLER | ENABLER | SWEP B45/100/40 | SWEP B45/100/40 | M800 V241 20/6,3 | M800 V241 15/4,0 |
| Rävpasset 6A, Gävle | ENABLER | ENABLER | SWEP B45/100/40 | SWEP B45/100/40 | M800 V241 20/6,3 | M800 V241 15/4,0 |
| Gröna vallen 6, Göteborg | ENABLER | ENABLER | WTT WP7M-80 | WTT WP7M-80 | V241 15/6,3 | V241 15/6,3 |

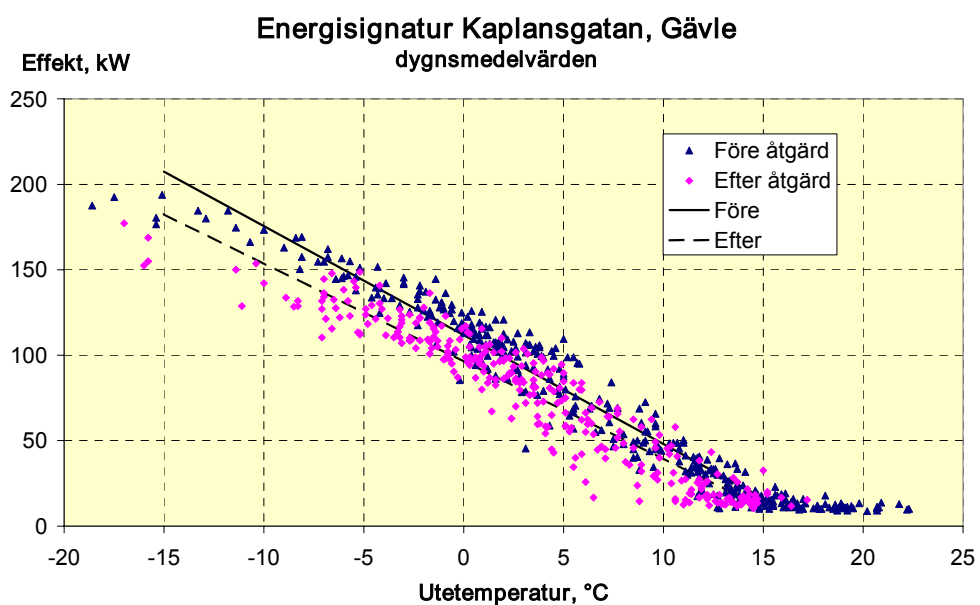
Uppgift om steglängd för utbytta CTC SKR-växlare saknas, befintlig beteckning ger bara bredden på växlarna. Steglängden är ett mått på värmeväxlarnas termiska längd.

Bilaga 2. Energisignaturer före och efter åtgärd för de 6 olika objekten

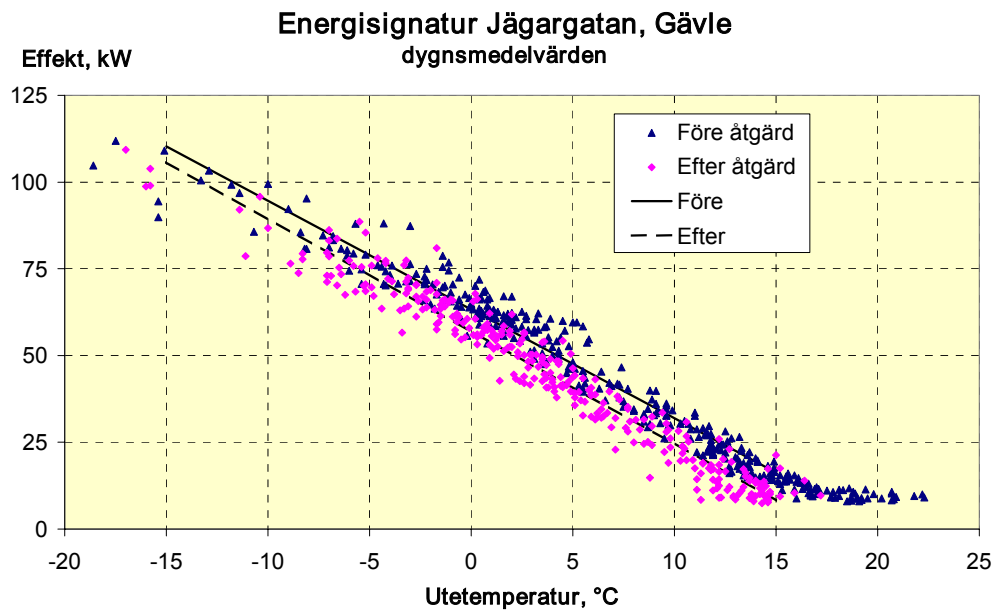
Köpmansgatan, Gävle



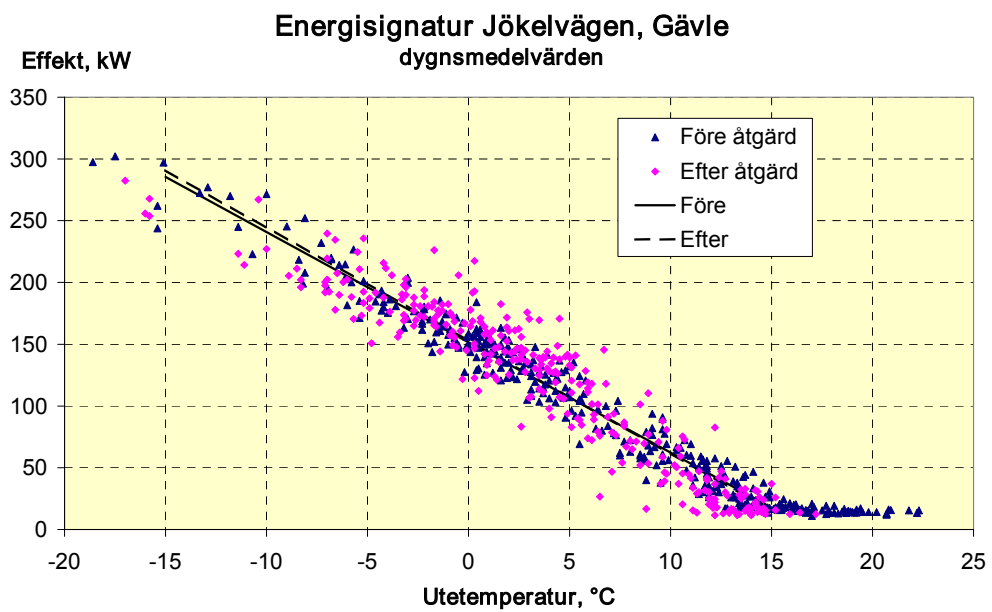
Kaplansgatan, Gävle



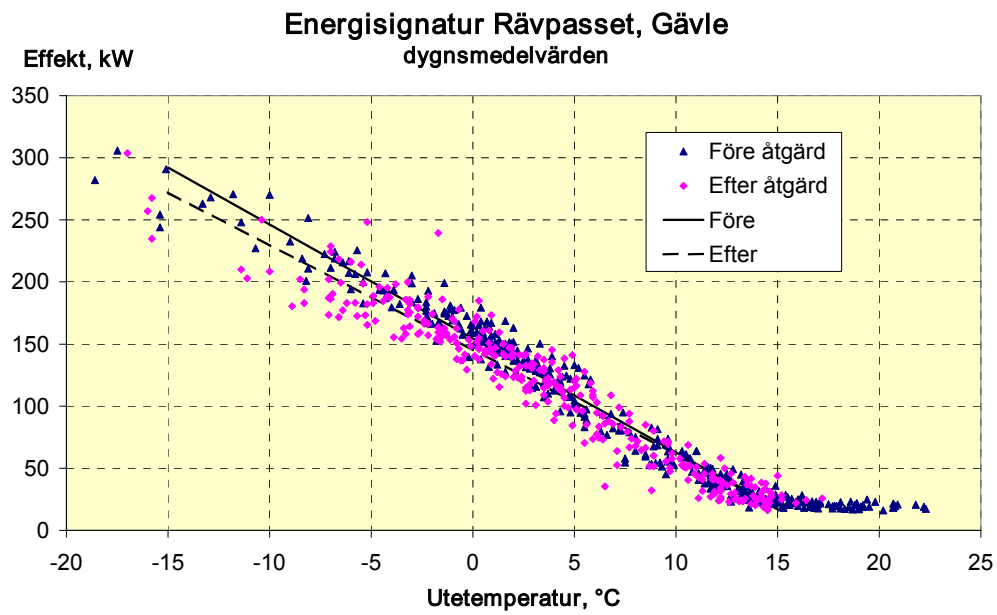
Jägargatan, Gävle



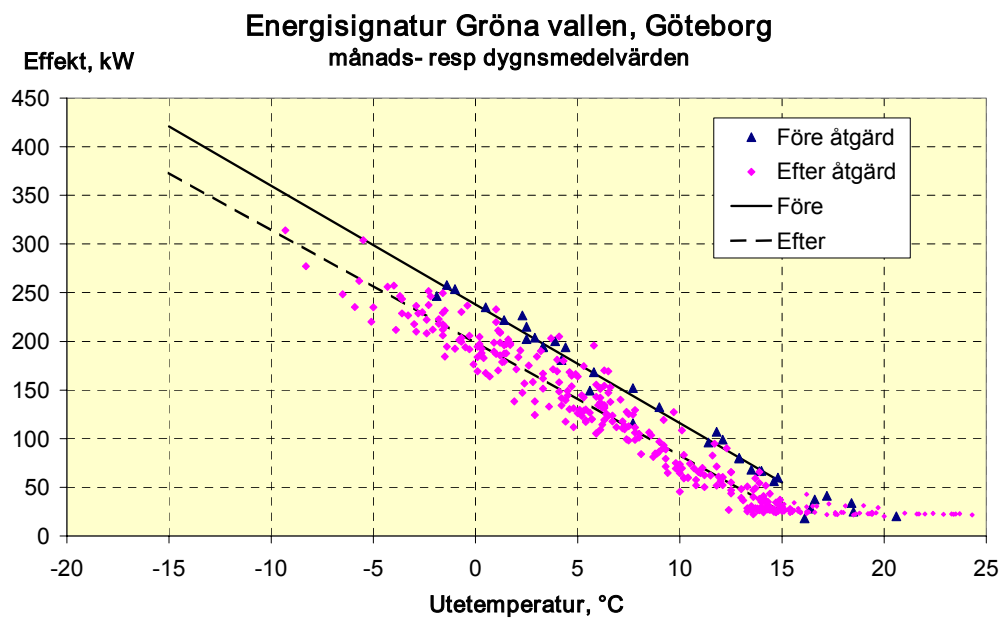
Jökelvägen, Gävle



Rävpasset, Gävle

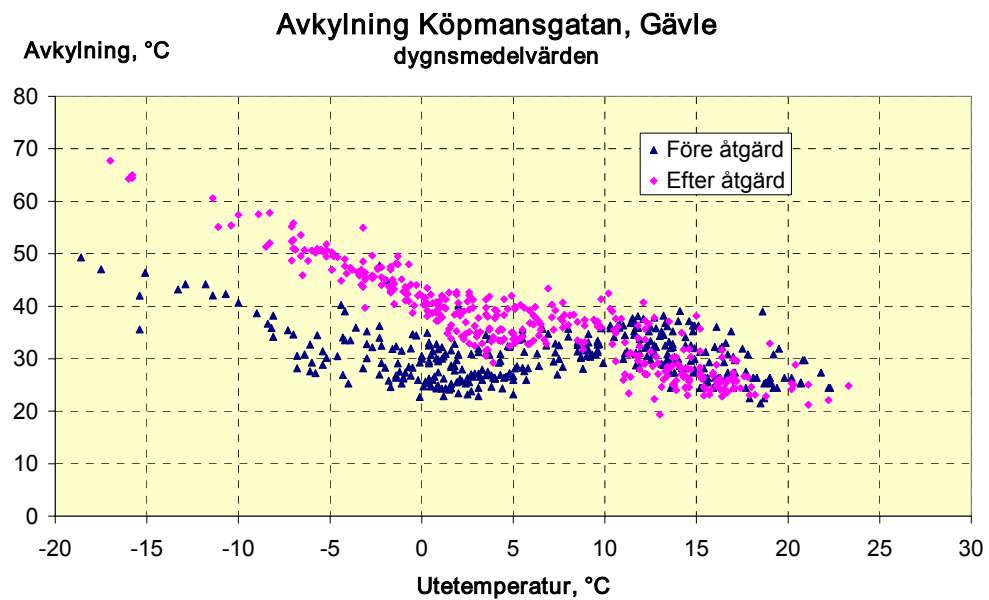


Gröna vallen Göteborg

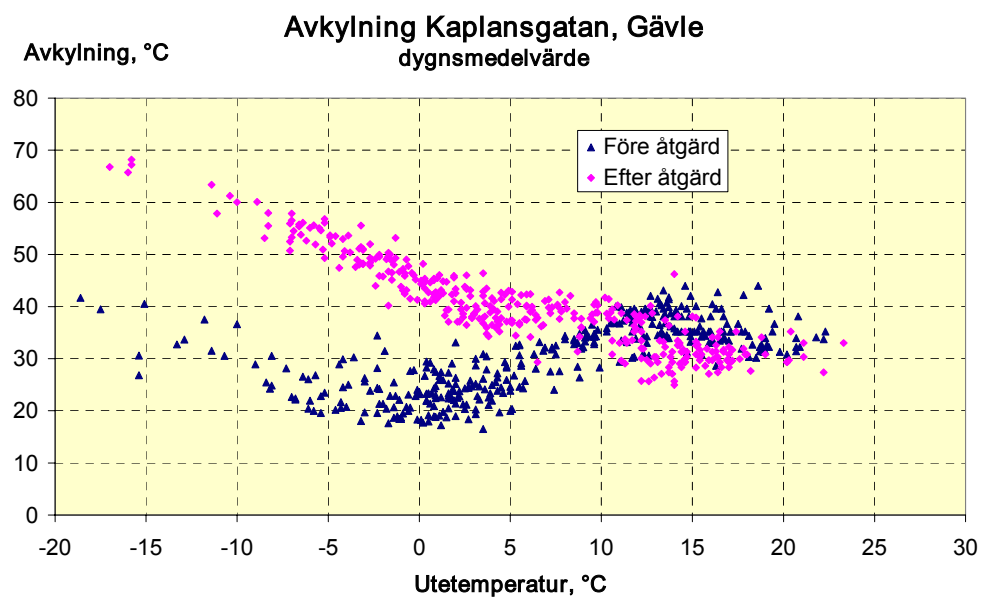


Bilaga 3. Avkylning som funktion av utetemperatur för de 6 olika objekten

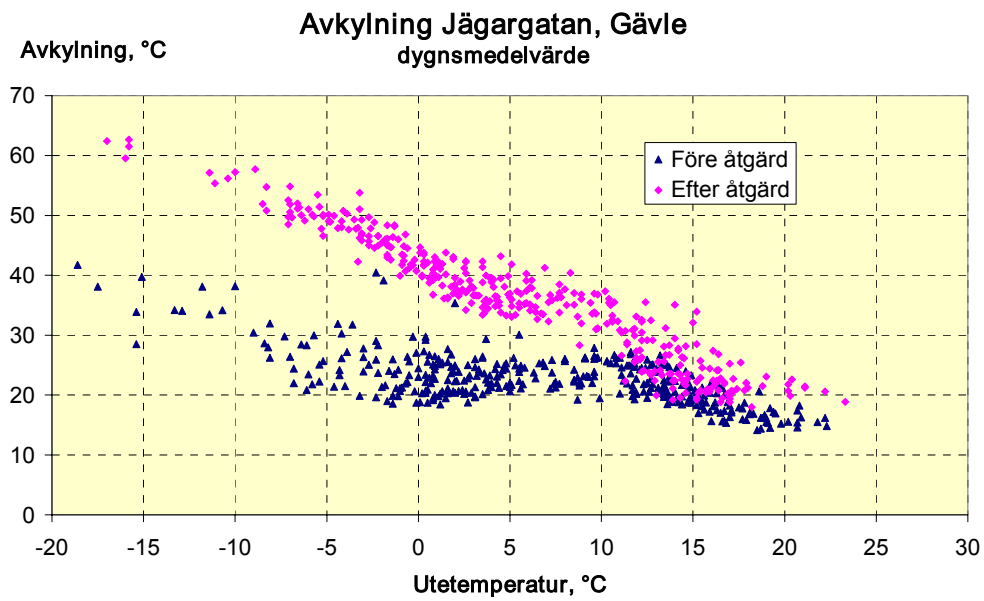
Köpmansgatan, Gävle



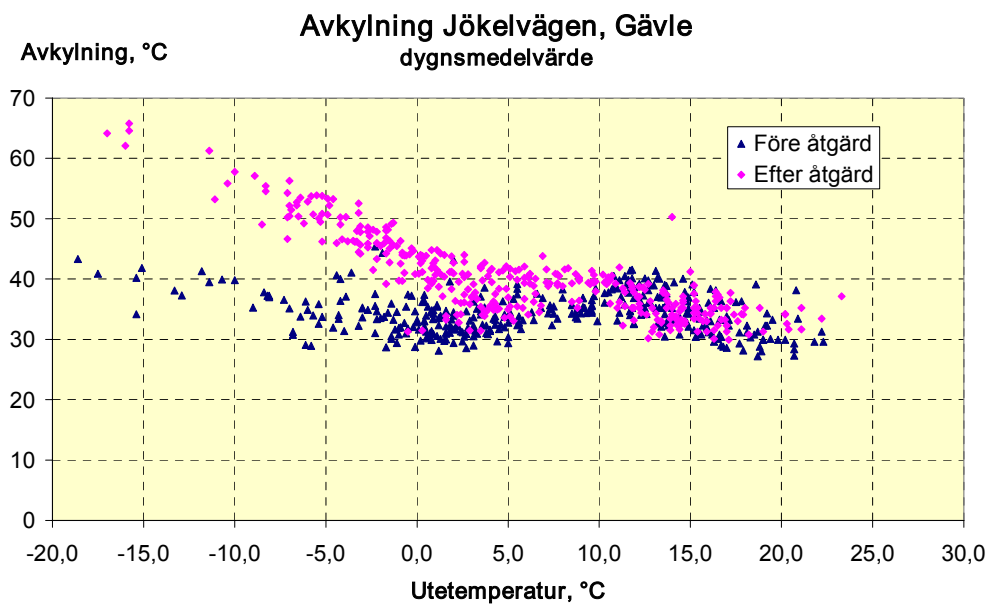
Kaplansgatan, Gävle



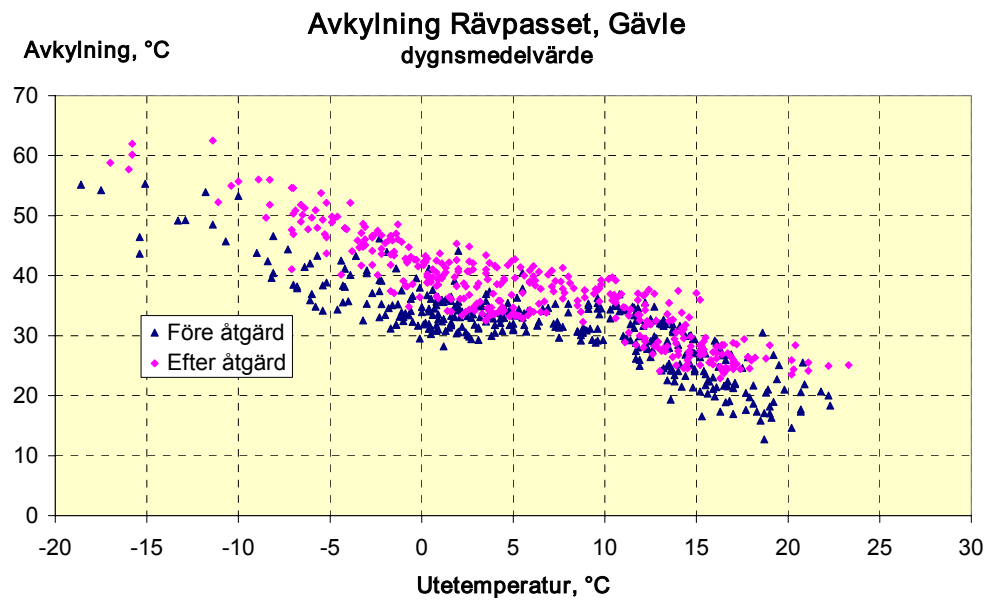
Jägargatan, Gävle



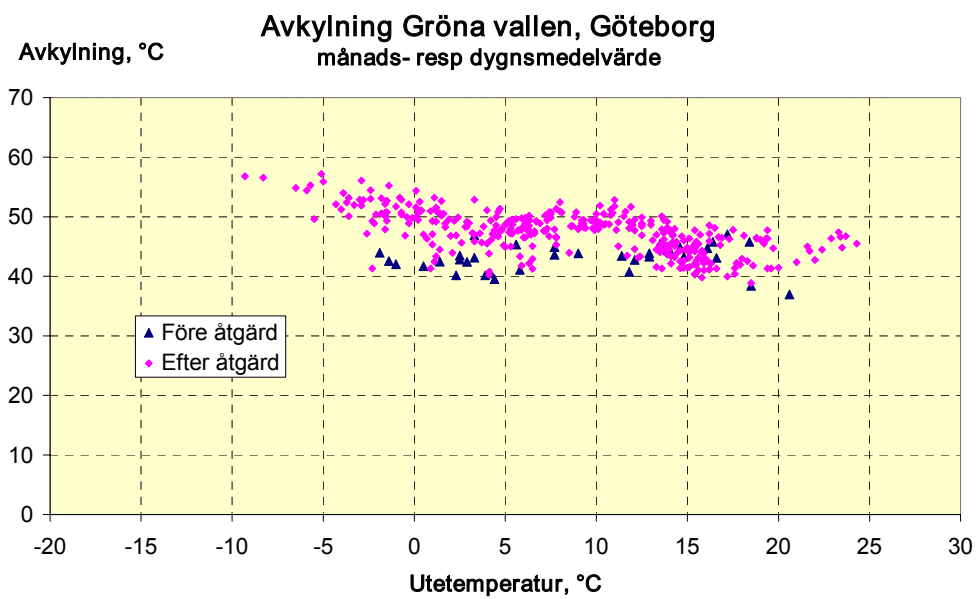
Jökelvägen, Gävle



Rävpasset, Gävle

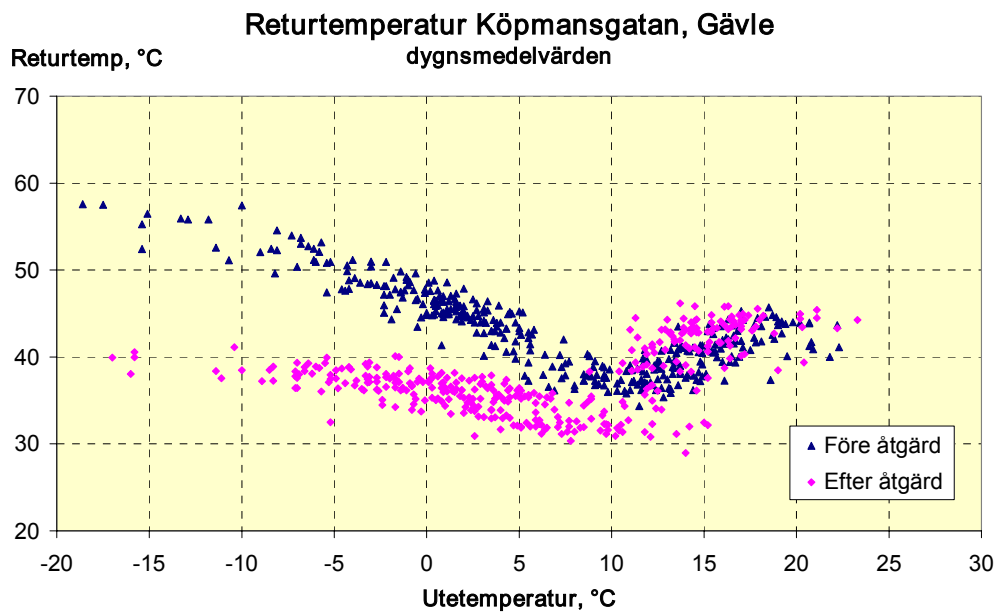


Gröna vallen Göteborg

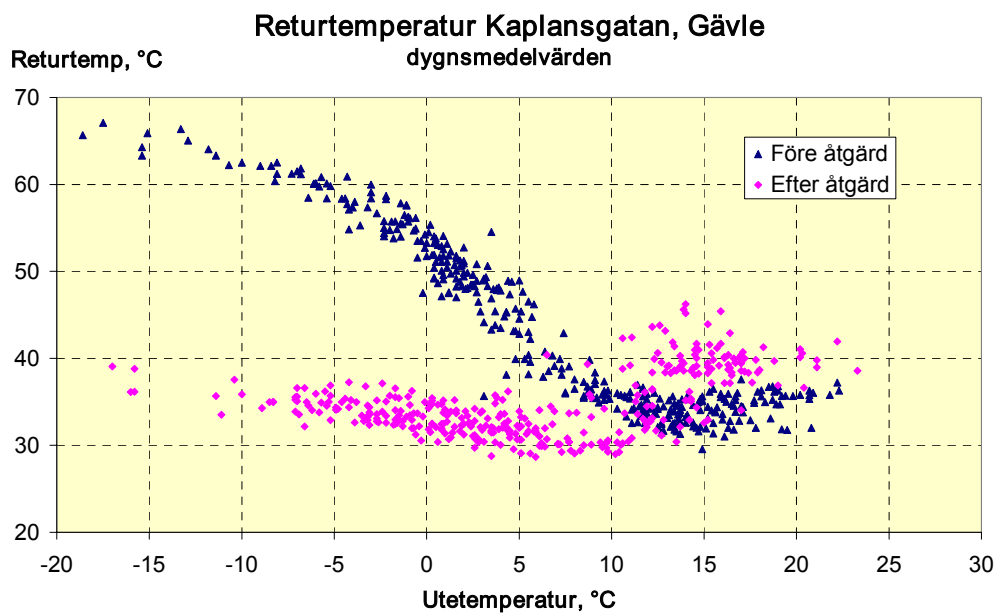


Bilaga 4. Returtemperatur som funktion av utetemperatur för de 6 olika objekten

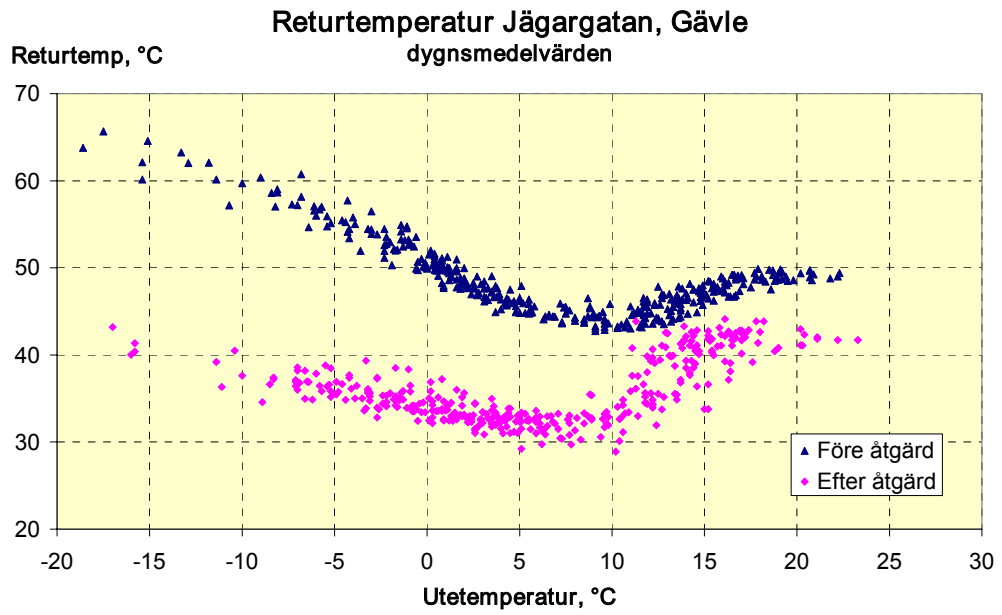
Köpmansgatan, Gävle



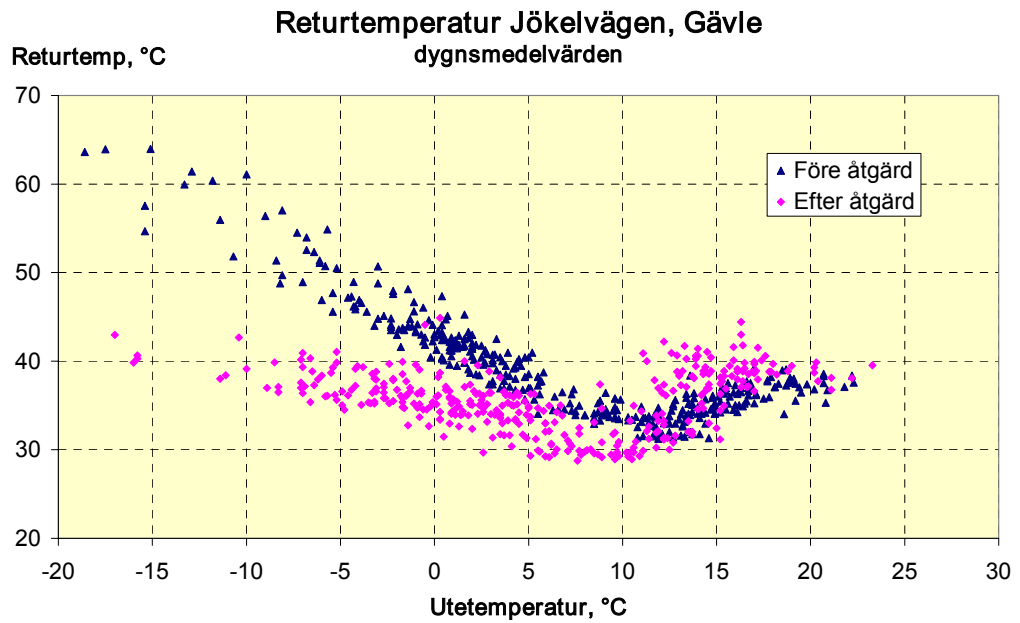
Kaplansgatan, Gävle



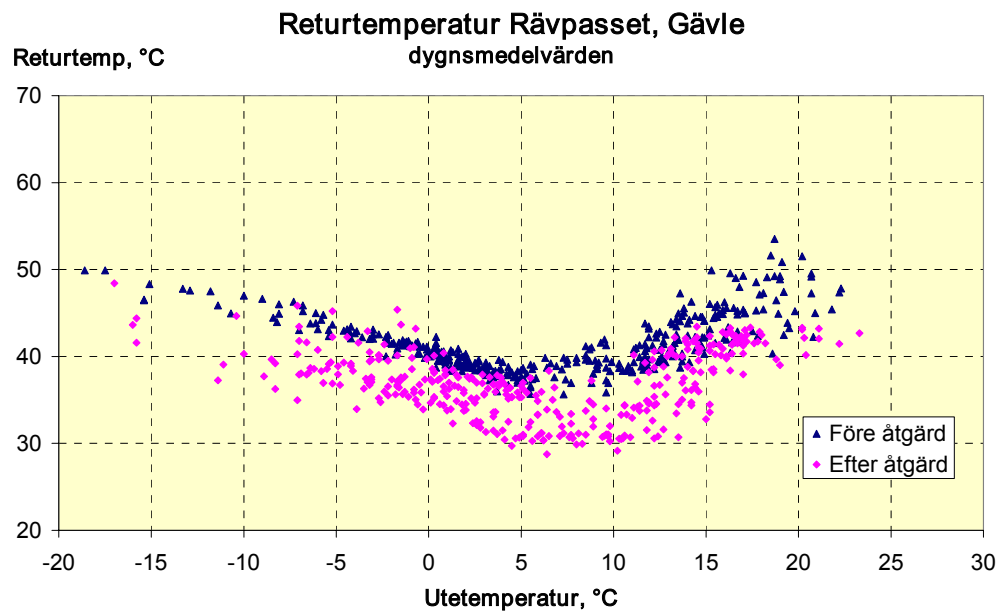
Jägargatan, Gävle



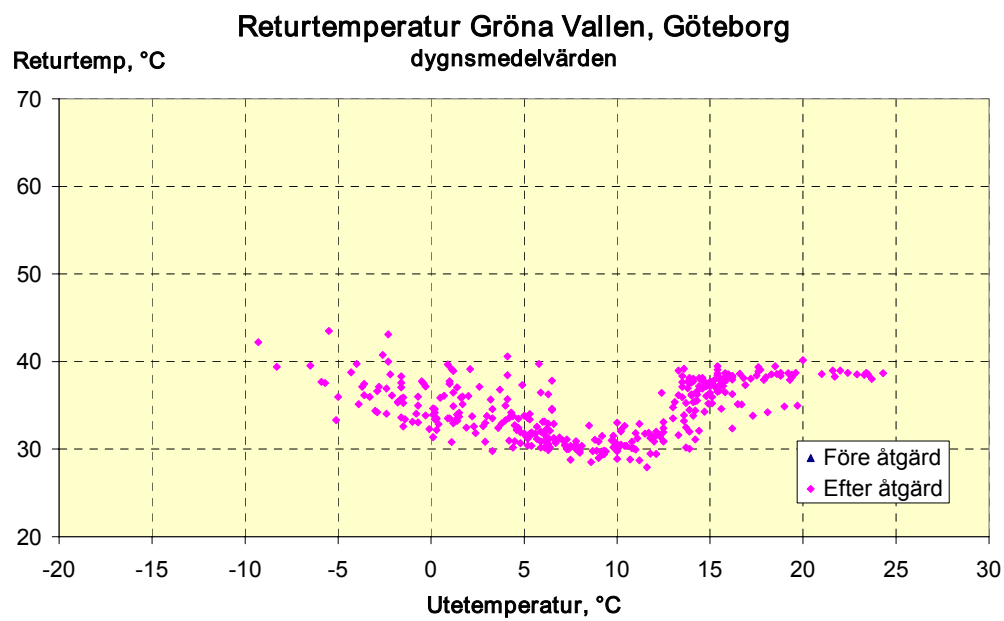
Jökelvägen, Gävle



Rävpasset, Gävle

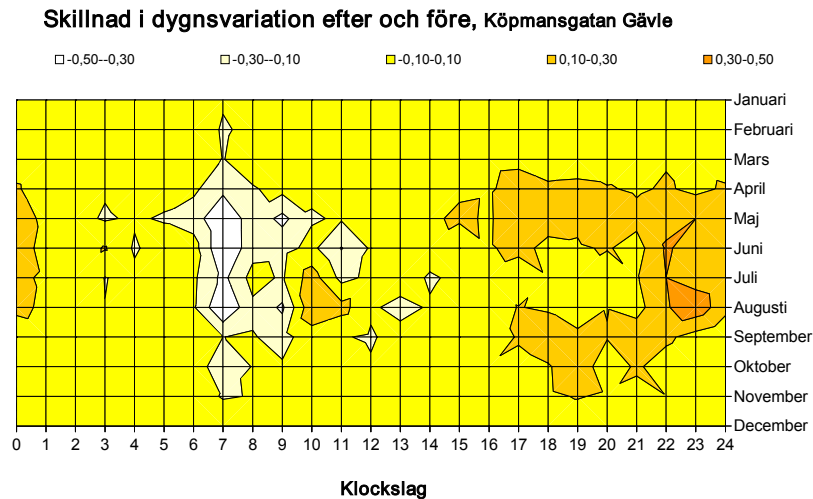
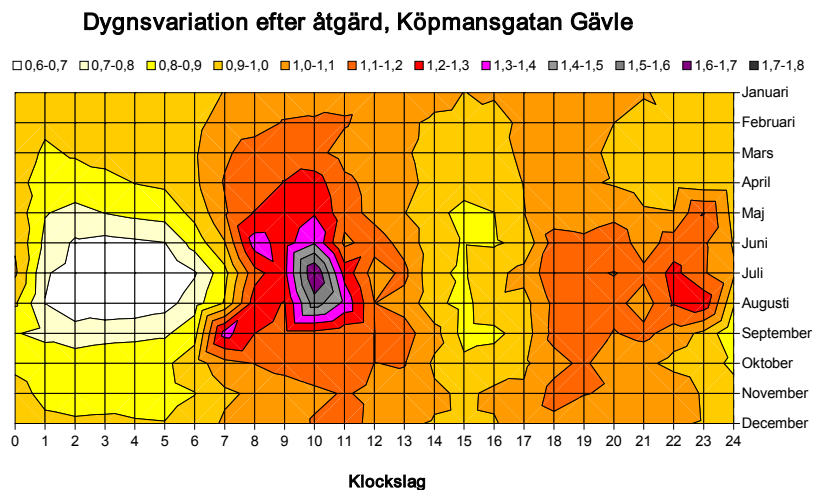
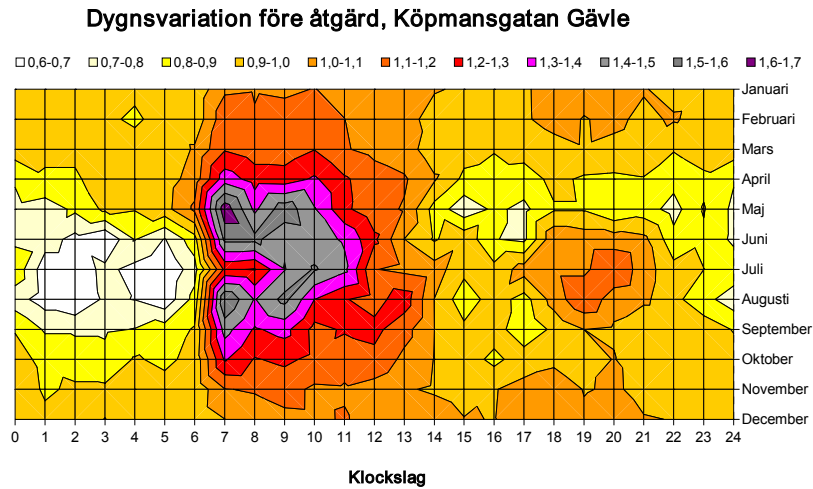


Gröna vallen, Göteborg (endast efter åtgärd, eftersom returtemperatur saknas före åtgärd)



Bilaga 5. Dygnsvariationer för de 6 olika objekten: Före, Efter och Skillnad

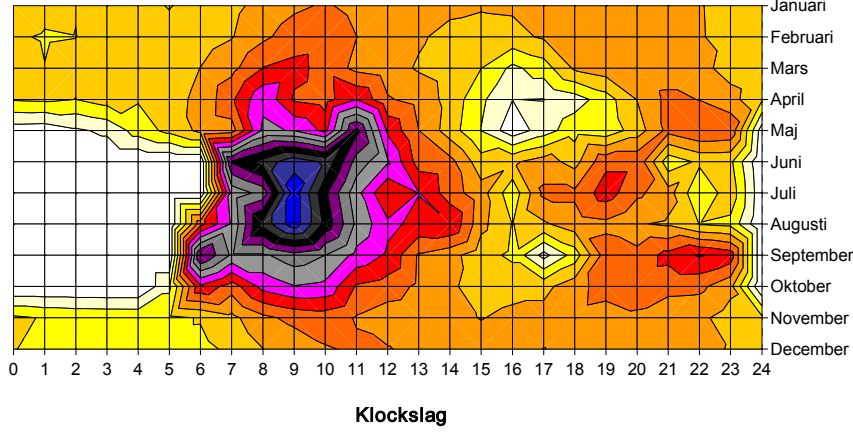
Köpmansgatan, Gävle



Kaplansgatan, Gävle

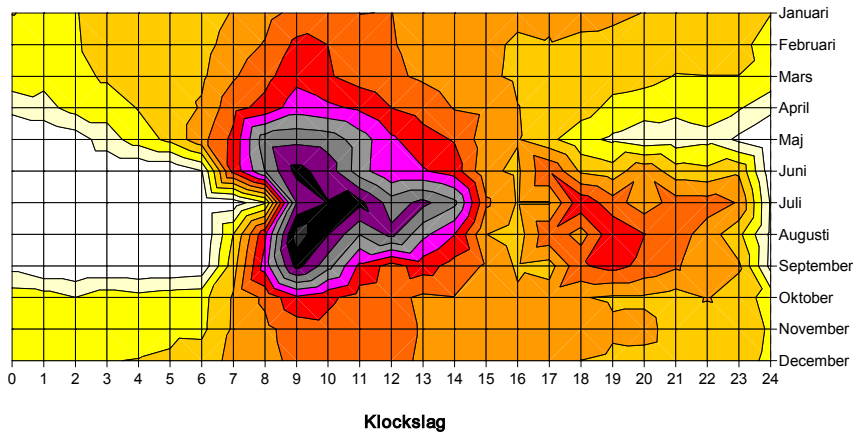
Dygnsvariation före åtgärd, Kaplansgatan Gävle

□ 0,6-0,7 □ 0,7-0,8 □ 0,8-0,9 □ 0,9-1,0 □ 1,0-1,1 □ 1,1-1,2 □ 1,2-1,3 □ 1,3-1,4 □ 1,4-1,5 □ 1,5-1,6 □ 1,6-1,7 □ 1,7-1,8
 ■ 1,8-1,9 ■ 1,9-2,0 ■ 2,0-2,1



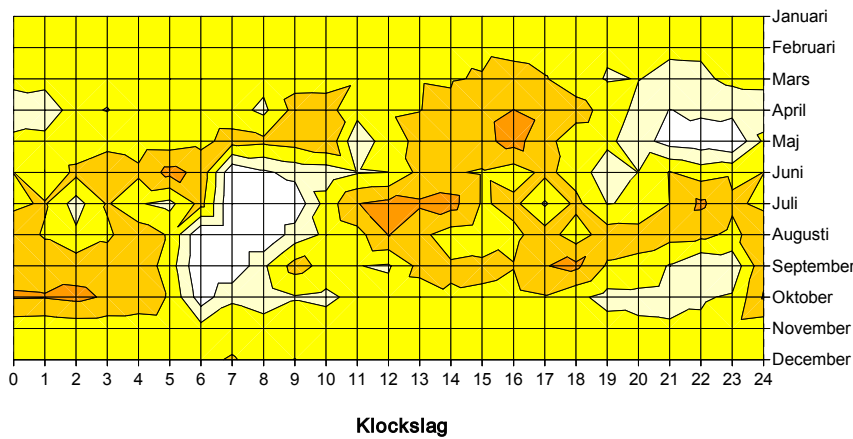
Dygnsvariation efter åtgärd, Kaplansgatan Gävle

□ 0,6-0,7 □ 0,7-0,8 □ 0,8-0,9 □ 0,9-1,0 □ 1,0-1,1 □ 1,1-1,2 □ 1,2-1,3 □ 1,3-1,4 □ 1,4-1,5 □ 1,5-1,6 □ 1,6-1,7 □ 1,7-1,8 □ 1,8-1,9



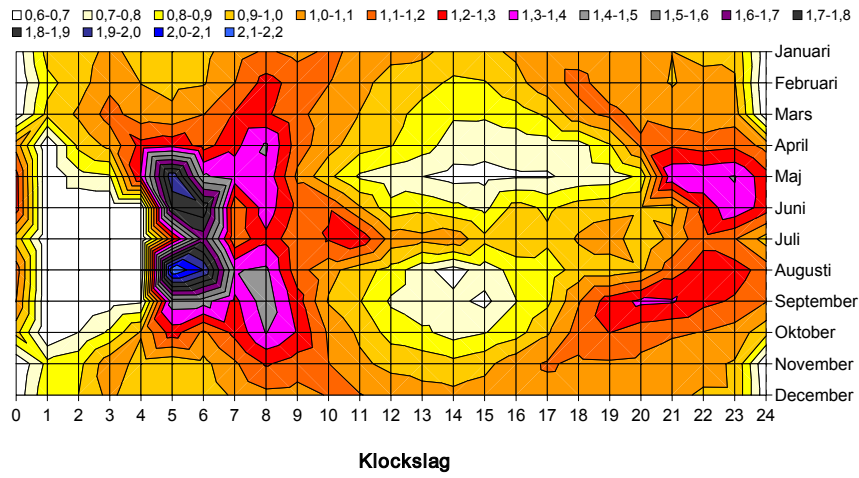
Skillnad i dygnsvariation efter och före, Kaplansgatan Gävle

□ -0,50--0,30 □ -0,30--0,10 □ -0,10-0,10 □ 0,10-0,30 □ 0,30-0,50

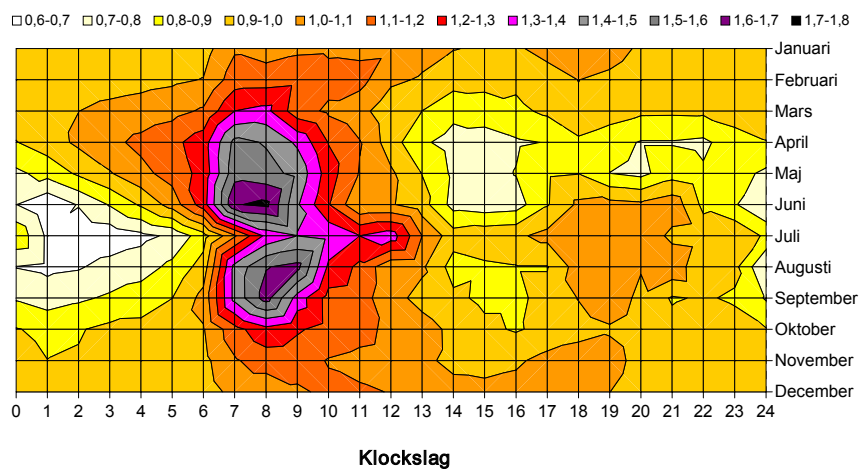


Jägargatan, Gävle

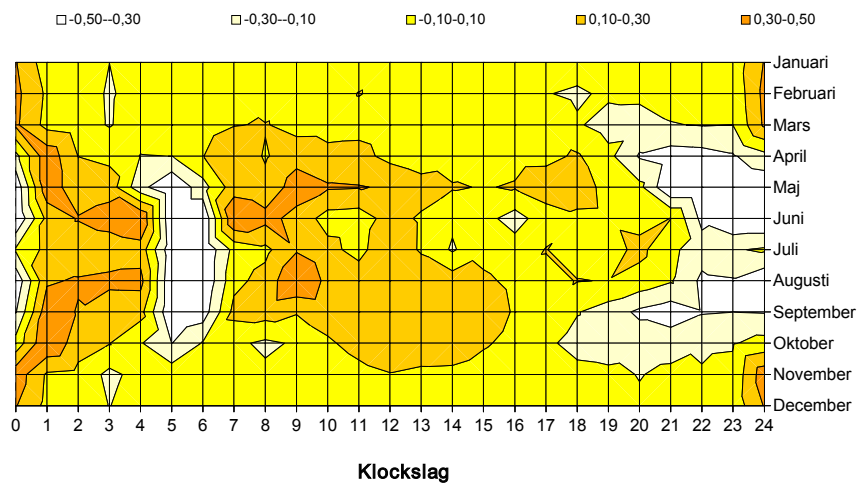
Dygnsvariation före åtgärd, Jägargatan Gävle



Dygnsvariation efter åtgärd, Jägargatan Gävle

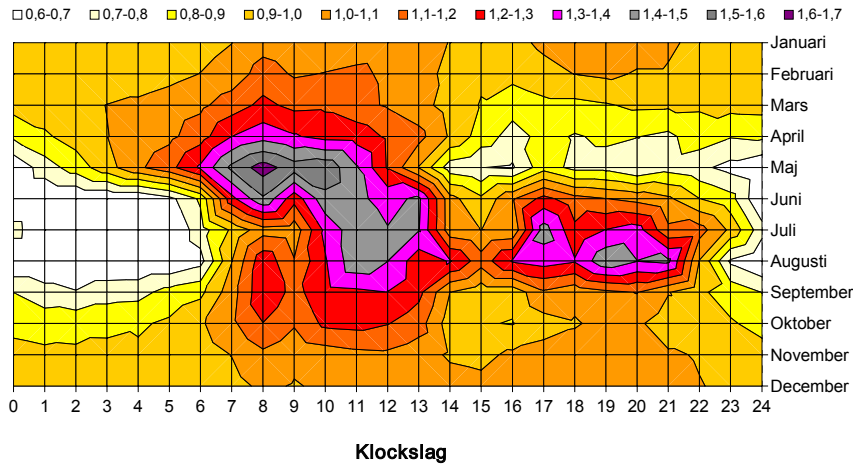


Skillnad i dygnsvariation efter och före, Jägargatan Gävle

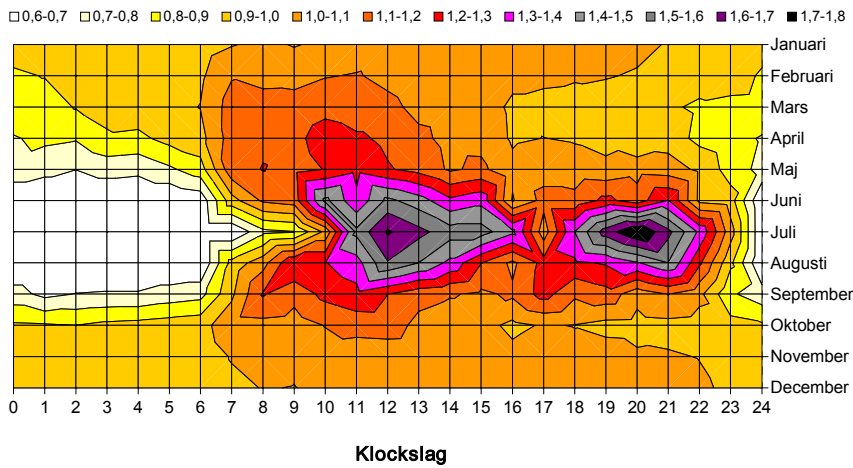


Jökelvägen, Gävle

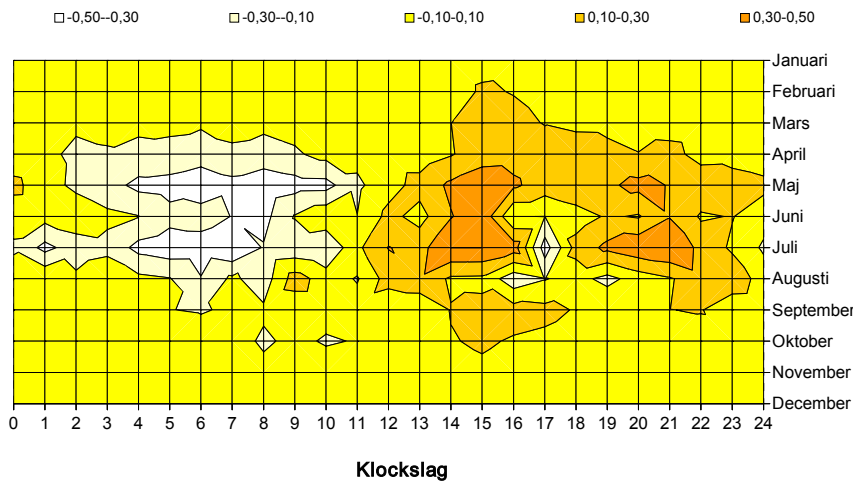
Dygnsvariation före åtgärd, Jökelvägen Gävle



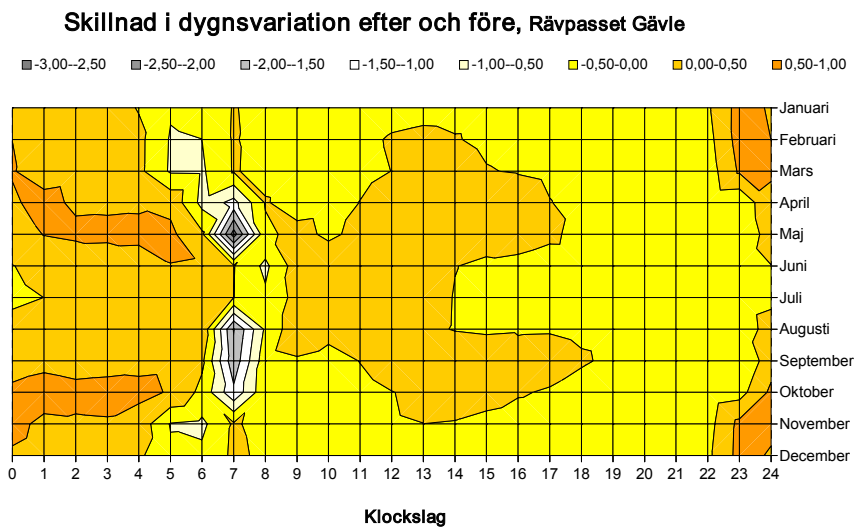
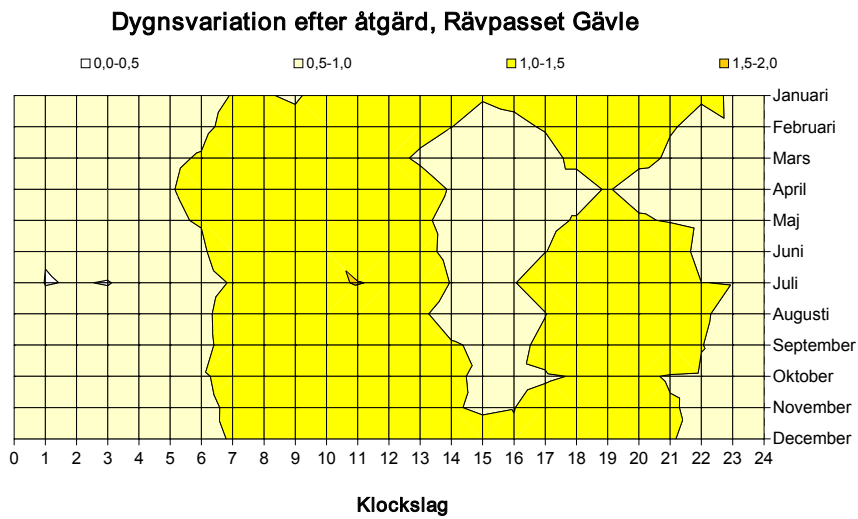
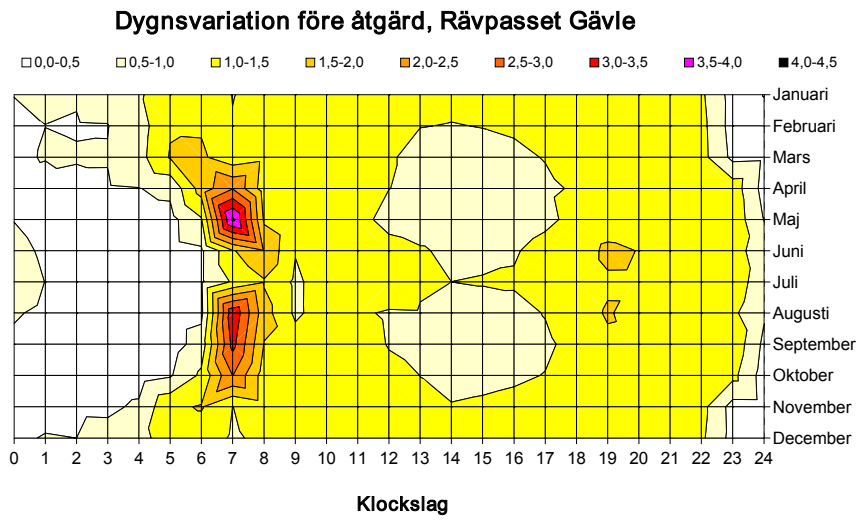
Dygnsvariation efter åtgärd, Jökelvägen Gävle



Skillnad i dygnsvariation efter och före, Jökelvägen Gävle

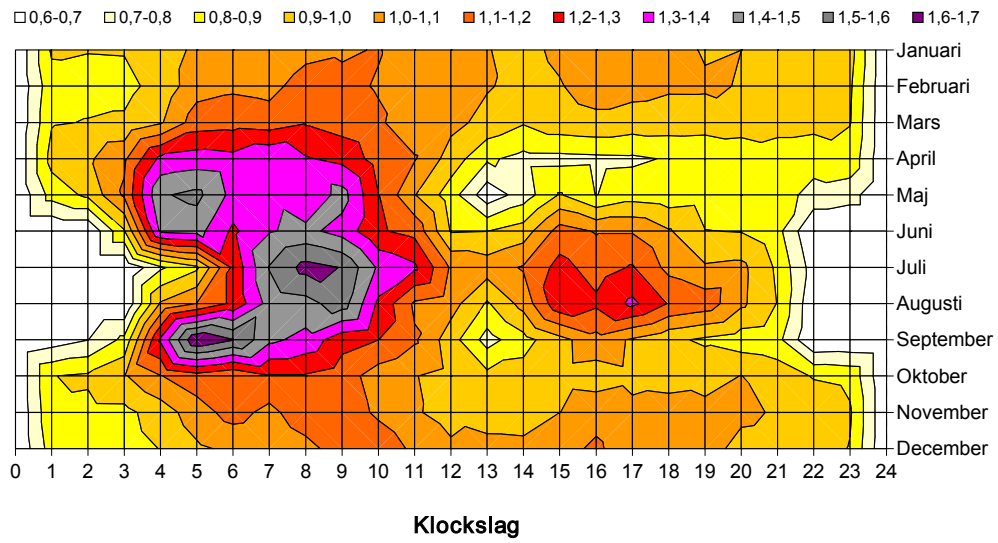


Rävpasset, Gävle



Gröna vallen, Göteborg (endast efter åtgärd, då tidsmätningar saknas före åtgärd)

Dygnsvariation efter åtgärd, Gröna vallen Göteborg



Bilaga 6. Frekvenser av olika dygnsmedeltemperaturer i Gävle och Göteborg

Använda temperaturfrekvenser för skattning av normalårsvärden framgår nedan.

| Från °C | Till °C | Timmar Gävle | Timmar Göteborg |
|---------|---------|--------------|-----------------|
| 27 | 27,9 | | |
| 26 | 26,9 | 3 | 3 |
| 25 | 25,9 | 1 | 4 |
| 24 | 24,9 | 6 | 4 |
| 23 | 23,9 | 11 | 24 |
| 22 | 22,9 | 25 | 51 |
| 21 | 21,9 | 55 | 85 |
| 20 | 20,9 | 81 | 106 |
| 19 | 19,9 | 115 | 186 |
| 18 | 18,9 | 157 | 222 |
| 17 | 17,9 | 209 | 280 |
| 16 | 16,9 | 273 | 417 |
| 15 | 15,9 | 374 | 407 |
| 14 | 14,9 | 364 | 404 |
| 13 | 13,9 | 390 | 390 |
| 12 | 12,9 | 341 | 423 |
| 11 | 11,9 | 322 | 377 |
| 10 | 10,9 | 307 | 350 |
| 9 | 9,9 | 311 | 319 |
| 8 | 8,9 | 287 | 324 |
| 7 | 7,9 | 313 | 362 |
| 6 | 6,9 | 306 | 450 |
| 5 | 5,9 | 347 | 489 |
| 4 | 4,9 | 345 | 483 |
| 3 | 3,9 | 351 | 433 |
| 2 | 2,9 | 455 | 375 |
| 1 | 1,9 | 420 | 413 |
| 0 | 0,9 | 478 | 346 |
| -1 | -0,1 | 389 | 211 |
| -2 | -1,1 | 287 | 174 |
| -3 | -2,1 | 244 | 144 |
| -4 | -3,1 | 201 | 130 |
| -5 | -4,1 | 172 | 87 |
| -6 | -5,1 | 151 | 68 |
| -7 | -6,1 | 119 | 51 |
| -8 | -7,1 | 111 | 39 |
| -9 | -8,1 | 77 | 36 |
| -10 | -9,1 | 65 | 25 |
| -11 | -10,1 | 60 | 21 |
| -12 | -11,1 | 43 | 10 |
| -13 | -12,1 | 42 | 10 |
| -14 | -13,1 | 30 | 4 |
| -15 | -14,1 | 26 | 10 |
| -16 | -15,1 | 26 | 0 |
| -17 | -16,1 | 23 | 4 |
| -18 | -17,1 | 20 | 2 |
| -19 | -18,1 | 12 | 2 |
| -20 | -19,1 | 4 | 2 |
| -21 | -20,1 | 11 | 2 |
| -22 | -21,1 | 0 | 0 |
| -23 | -22,1 | 3 | 2 |
| -24 | -23,1 | 1 | |
| -25 | -24,1 | 0 | |
| 0 | -25,1 | 1 | |

Rapportförteckning

Samtliga rapporter kan beställas hos Svensk Fjärrvärmes Förlagsservice.
Telefon: 026 – 24 90 24, Telefax: 026 – 24 90 10, www.fjarrvarme.org

| <i>Nr</i> | <i>Titel</i> | <i>Författare</i> | <i>Publicerad</i> |
|---|--|---|-------------------|
| FORSKNING OCH UTVECKLING – RAPPORTER | | | |
| 1 | Inventering av skador på befintliga skarvar med CFC-blåsta respektive CFC-fria fogskum | Hans Torstensson | maj-96 |
| 2 | Tryckväxlare – Status hösten 1995 | Bror-Arne Gustafson Lena Olsson | maj-96 |
| 3 | Bevakning av internationell fjärrvärmeforskning | Sture Andersson Gunnar Nilsson | maj-96 |
| 4 | Epoxirelining av fjärrvärmerör | Jarl Nilsson | sep-96 |
| 5 | Effektivisering av konventionella fjärrvärmecentraler (abonmentcentraler) | Lena Råberger Håkan Walletun | okt-96 |
| 6 | Auktorisation av montörer för montage av skarvhylsor och isolering Former och utvärdering | Lars-Åke Cronholm | okt-96 |
| 7 | Direkt markförlagda böjar i fjärrvärmeledningar | Jan Molin Gunnar Bergström | dec-96 |
| 8 | Medierör av plast i fjärrvärmesystem | Håkan Walletun Heimo Zinko | dec-96 |
| 9 | Metodutveckling för mätning av värmekonduktiviteten i kulvertisolering av polyuretanskum | Lars-Åke Cronholm Hans Torstensson | dec-96 |
| 10 | Dynamiska värmelaster från fiktiva värmebehov | Sven Werner | mars-97 |
| 11 | Torkning av tvätt i fastighetstvättstugor med fjärrvärme | H. Andersson J. Ahlgren | maj-99 |
| 12 | Omgivningsförhållandenas betydelse vid val av strategi för ombyggnad och underhåll av fjärrvärmenät. Insamlingsfasen | Sture Andersson Jan Molin Carmen Pletikos | dec-97 |
| 13 | Svensk statlig fjärrvärmeforskning 1981-1996 | Mikael Henriksson Sven Werner | dec-97 |
| 14 | Korrosionsrisker vid användning av stål- och plaströr i fjärrvärmesystem – en litteraturstudie | Peeter Tarkpea | dec-97 |
| 15 | Värme- och masstransport i mantelrör till ledningar för fjärrkyla och fjärrvärme | Daniel Eriksson Bengt Sundén | dec-97 |
| 16 | Utvärdering av fuktinträning och gasdiffusion hos gamla kulvertrör ”Hisings-Backa” | Ulf Jarfelt | dec-97 |
| 17 | Kulvertförläggning med befintliga massor | Jan Molin Gunnar Bergström Stefan Nilsson | dec-97 |
| 18 | Värmeåtervinning och produktion av frikyla – två sätt att öka marknaden för fjärrvärmedrivna absorptionskylmaskiner | Peter Margen | dec-97 |
| 19 | Projekt och Resultat 1994-1997 | Anders Tvärne | mars-98 |

| <i>Nr</i> | <i>Titel</i> | <i>Författare</i> | <i>Publicerad</i> |
|-----------|---|--|-------------------|
| 20 | Analys av befintliga fjärrkylakunders kylbehov | Stefan Aronsson Per-Erik Nilsson | mars-98 |
| 21 | Statusrapport Trycklösa Hetvattenackumulatorer | Mats Lindberg Leif Breitholtz | maj-98 |
| 22 | Round Robin test av isolerförmågan hos fjärrvärmerör | Ulf Jarfelt | maj-98 |
| 23 | Mätvärdesinsamling från inspektionsbrunnar i fjärrvärmesystem | Håkan Walletun | juni-98 |
| 24 | Fjärrvärmerörens isolertekniska långtidsegenskaper | Ulf Jarfelt Olle Ramnäs | juni-98 |
| 25 | Termisk undersökning av koppling av köldbärarkretsar till fjärrkylanät | Erik Jonson | juni-98 |
| 26 | Reparation utan uppgrävning av skarvar på fjärrvärmerör | Jarl Nilsson Tommy Gudmundson | juni-98 |
| 27 | Effektivisering av fjärrvärmecentraler – metodik, nyckeltal och användning av driftövervakningssystem | Håkan Walletun | apr-99 |
| 28 | Fjärrkyla. Teknik och kunskapsläge 1998 | Paul Westin | juli-98 |
| 29 | Fjärrkyla – systemstudie | Martin Forsén Per-Åke Franck Mari Gustafsson Per-Erik Nilsson | juli-98 |
| 30 | Nya material för fjärrvärmerör. Förstudie/litteraturstudie | Jan Ahlgren Linda Berlin Morgan Fröling Magdalena Svanström | dec-98 |
| 31 | Optimalt val av värmemätarens flödesgivare | Janusz Wollerstrand | maj-99 |
| 32 | Miljöanpassning/återanvändning av polyuretanisolerade fjärrvärmerör | Morgan Fröling | dec-98 |
| 33 | Övervakning av fjärrvärmenät med fiberoptik | Marja Englund | maj-99 |
| 34 | Undersökning av golvvärmesystem med PEX-rör | Lars Ehrlén | apr-99 |
| 35 | Undersökning av funktionen hos tillsatser för fjärrvärmevatten | Tuija Kaunisto Leena Carpén | maj-99 |
| 36 | Kartläggning av utvecklingsläget för ultraljudsflödesmätare | Jerker Delsing | nov-99 |
| 37 | Förbättring av fjärrvärmecentraler med sekundärnät | Lennart Eriksson Håkan Walletun | maj-99 |
| 38 | Ändgavlar på fjärrvärmerör | Gunnar Bergström Stefan Nilsson | sept-99 |
| 39 | Användning av lågtemperaturfjärrvärme | Lennart Eriksson Jochen Dahm Heimo Zinko | sept-99 |
| 40 | Tätning av skarvar i fjärrvärmerör med hjälp av material som sväller i kontakt med vatten | Rolf Sjöblom Henrik Bjurström Lars-Åke Cronholm | nov-99 |
| 41 | Underlag för riskbedömning och val av strategi för underhåll och förnyelse av fjärrvärmeledningar | Sture Andersson Jan Molin | dec-99 |

| <i>Nr</i> | <i>Titel</i> | <i>Författare</i> | <i>Publicerad</i> |
|-----------|---|--|-------------------|
| | | Carmen Pletikos | |
| 42 | Metoder att nå lägre returtemperatur med värmeväxlardimensionering och injusteringsmetoder. Tillämpning på två fastigheter i Borås. | Stefan Petersson | mars-00 |
| 43 | Vidhäftning mellan PUR-isolering och medierör. Har blåstring av medieröret någon effekt? | Ulf Jarfelt | juni-00 |
| 44 | Mindre lokala produktionscentraler för kyla med optimal värmeåtervinningsgrad i fjärrvärmesystemen | Peter Margen | juni-00 |
| 45 | Fullskaleförsök med friktionsminskande additiv i Herning, Danmark | Flemming Hammer Martin Hellsten | feb-01 |
| 46 | Nedbrytningen av syrereducerande medel i fjärrvärmenät | Henrik Bjurström | okt-00 |
| 47 | Energimarknad i förändring Utveckling, aktörer och strategier | Fredrik Lagergren | nov-00 |
| 48 | Strömförsörjning till värmemätare | Henrik Bjurström | nov-00 |
| 49 | Tensider i fjärrkylanät – Förstudie | Marcus Lager | nov-00 |
| 50 | Svensk sammanfattning av AGFWs slutrapport ”Neuartige Wärmeverteilung” | Heimo Zinko | jan-01 |
| 51 | Vattenläckage genom otät mantelrörsskarv | Gunnar Bergström Stefan Nilsson | jan-01 |
| 52 | Direktförlagda böjar i fjärrvärmeledningar Påkänningar och skadegränser | Sven-Erik Sällberg Gunnar Bergström Stefan Nilsson | jan-01 |
| 53 | Korrosionsmätningar i PEX-system i Landskrona och Enköping | Anders Thorén | feb-01 |
| 54 | Sammanlagring och värmeförluster i närvärmenät | Jochen Dahm Jan-Olof Dalenbäck | feb-01 |
| 55 | Tryckväxlare för fjärrkyla | Lars Eliasson | mars-01 |
| 56 | Beslutsunderlag i svenska energiföretag | Peter Svahn | sept-01 |
| 57 | Skarvtätning baserad på svällande material | Henrik Bjurström Pal Kalbantner | okt-01 |
| 58 | Täthet hos skarvar vid återfyllning med befintliga massor | Lars-Åke Cronholm Gunnar Bergström Stefan Nilsson | okt-01 |
| 59 | Analys av trerörssystem för kombinerad distribution av fjärrvärme och fjärrkyla | Sven-Erik Sällberg Guaxiao Yao | dec-01 |
| 60 | Miljöbelastning från läggning av fjärrvärmerör | Morgan Fröling Magdalena Svanström | jan-02 |
| 61 | Korrosionsskydd av en trycklös varmvattenackumulator med kvävgasteknik – fjärrvärmeverket i Falkenberg | Leif Nilsson | jan-02 |
| 62 | Tappvarmvattenreglering i P-märkta fjärrvärmecentraler för villor – Utvärdering och förslag till förbättring | Tommy Persson | jan-02 |
| 63 | Experimentell undersökning av böjar vid kallförläggning av fjärrvärmerör | Sture Andersson Nils Olsson | jan-02 |

| <i>Nr</i> | <i>Titel</i> | <i>Författare</i> | <i>Publicerad</i> |
|-----------|--|--|-------------------|
| 64 | Förändring av fjärrvärmenäts flödesbehov | Håkan Walletun Daniel Lundh | jan-02 |
| 65 | Framtemperatur vid värmegles fjärrvärme | Tord Sivertsson Sven Werner | mars-02 |
| 66 | Fjärravläsning med signaler genom rörnät – förstudie | Lars Ljung Rolf Sjöblom | mars-02 |
| 67 | Fukttransport i skarvskum | Gunnar Bergström Stefan Nilsson Sven-Erik Sällberg | april-02 |
| 68 | Round Robin test II av isolerförmågan hos fjärrvärmerör | Ture Nordenswan | april-02 |
| 69 | EkoDim – beräkningsprogram | Ulf Jarfelt | juni-02 |
| 70 | Felidentifiering i FC med ”flygfoton” – Förstudie | Patrik Selinder Håkan Walletun | juni-02 |
| 71 | Digitala läckdetekteringssystem | Jan Andersson | aug-02 |
| 72 | Utvändigt skydd hos fjärrvärmerörsskarvar | Gunnar Bergström Stefan Nilsson Sven-Erik Sällberg | sept-02 |
| 73 | Fuktdiffusion i plaströrsystem | Heimo Zinko Gunnar Bergström Stefan Nilsson Ulf Jarfelt | sept-02 |
| 74 | Nuläge värmegles fjärrvärme | Lennart Larsson Sofie Andersson Sven Werner | sept-02 |
| 75 | Tappvarmvattensystem – egenskaper, dimensionering och komfort | Janusz Wollerstrand | sept-02 |
| 76 | Teknisk och ekonomisk jämförelse mellan 1- och 2-stegskopplade fjärrvärmecentraler | Håkan Walletun | okt-02 |
| 77 | Isocyanatexponering vid svetsning av fjärrvärmerör | Gunnar Bergström Lisa Lindqvist Stefan Nilsson | okt-02 |
| 78 | Förbättringspotential i sekundärnät | Lennart Eriksson Stefan Petersson Håkan Walletun | okt-02 |
| 79 | Jämförelse mellan dubbel- och enkelrör | Ulf Jarfelt | dec-02 |
| 80 | Utvändig korrosion på fjärrvärmerör | Göran Sund | dec-02 |
| 81 | Varmvattenkomfort sommartid i småhus | Tommy Persson | dec-02 |
| 82 | Miljöbelastning från produktion av fjärrvärmerör | Morgan Fröling Camilla Holmgren | dec-02 |
| 83 | Samverkande produktions- och distributionsmodeller | John Johnsson Ola Rossing | feb-03 |
| 84 | Användning av aska vid förläggning av fjärrvärmeledningar - förstudie | Rolf Sjöblom | feb-03 |
| 85 | Marginaler i fjärrvärmesystem | Patrik Selinder Heimo Zinko | mars-03 |
| 86 | Flödesutjämnande körstrategi | Gunnar Larsson | april-03 |
| 87 | ”Black-Box”-undersökning av fjärrvärmecentraler | Håkan Walletun Bernt Svensson | juni-03 |
| 88 | Långtidsegenskaper hos lågflödesinjusterade radiatorsystem | Stefan Petersson Sven Werner | aug-03 |

| <i>Nr</i> | <i>Titel</i> | <i>Författare</i> | <i>Publicerad</i> |
|-----------|---|--|-------------------|
| 89 | Rationellt byggande av fjärrvärmeledning | Tommy Gudmundson | sep-03 |
| 90 | Total – Kontra utförandeentreprenad | Tommy Gudmundson | sep-03 |
| 91 | Tryckväxlare för fjärrkyla – Teknik och funktion | Bror-Arne Gustafson | sep-03 |
| 92 | Kylning av kylmaskinens kondensorer med fjärrkyla i livsmedelsbutiker | Caroline Haglund Stignor | sep-03 |
| 93 | Minskade distributionsförluster med diffusionstäta fjärrvärmerör | Maria Olsson | okt-03 |
| 94 | Kopplingsprinciper för fjärrvärmecentral och frånluftsvärmepump | Patrik Selinder Håkan Walletun Heimo Zinko | okt-03 |
| 95 | Funktion hos 1-rörs radiatorsystem – Avkylning, komfort och stabilitet | Stefan Petersson Bernt-Erik Nyberg | okt-03 |
| 96 | EPSPEX-kulvert – Utveckling, utförande och uppföljning | Tommy Gudmundson | okt-03 |
| 97 | EPSPEX-kulvert – Funktion under och efter vattendränkning | Stefan Nilsson Sven-Erik Sällberg Gunnar Bergström | okt-03 |
| 98 | Fukt i fjärrvärmerör, larmsystem och detektering Inventering av mätmetoder och gränsvärden | Henrik Bjurström Lars-Åke Cronholm Mats-Olov Edström | okt-03 |
| 99 | Undersökning av skarvar med isolerhalvor efter nio år i drift | Stefan Nilsson Sven-Erik Sällberg Gunnar Bergström | nov-03 |
| 100 | Strategier för framtidens fjärrvärme | Markus Fellesson | dec-03 |
| 101 | Fjärrvärmevärmda torkrumsanläggningar | Peter Neikell Tobias Nilsson | nov-03 |
| 102 | Kyllager i befintligt kylnät | Fredrik Setterwall Benny Andersen | nov-03 |
| 103 | Reglerdynamik, tryckhållning och tryckslag i stora rörsystem | Gunnar Larsson | dec-03 |
| 104 | Energimätning i småhus. Förstudie. | Jan Eliason Morgan Romvall Håkan Walletun | dec-03 |
| 105 | Konsekvenser av mindre styrventiler i distributionsnät | Håkan Lindkvist Håkan Walletun | jan-04 |
| 106 | Inventering av nya inspektionsinstrument för statuskontroll av fjärrvärmerör | Göran Sund | jan-04 |
| 107 | Kopplingar i fjärrvärmesystem – inventering av alternativ och utvecklingspotential | Rolf Sjöblom Jöns Hilborn | feb-04 |
| 108 | Gratid för kyla | Peter Lundell | april-04 |
| 109 | Effektivare rundgångar | Håkan Walletun Karolina Näsholm | april-04 |
| 110 | Mikrobiell aktivitet i fjärrkylennät | Magnus Nordling | april-04 |
| 111 | Effektivare distribution av fjärrkyla | Olle Källman Per Hindersson Börje Nord | maj-04 |
| 112 | Värmedriven kyla | Magnus Rydstrand Viktoria Martin Mats Westermark | maj-04 |

| <i>Nr</i> | <i>Titel</i> | <i>Författare</i> | <i>Publicerad</i> |
|-----------|--|---|-------------------|
| 113 | Markradar fältförsök | Emelie Vestin Peter Wilén | juni-04 |
| 114 | EcoTrench läggning av fjärrvärmerör | Alf Lindmark | juni-04 |
| 115 | Tappvarmvattenanvändning på hotell | Stefan Petersson Sven Werner Martin Sandberg Åsa Wahlström | juni-04 |
| 116 | PET-skum som isoleringsmaterial i fjärrvärmerör | Sara Mangs Olle Ramnäs Ulf Jarfelt | sept-04 |
| 117 | Flexibla fjärrvärmerörs isoleringsegenskaper | Ulf Jarfelt Olle Ramnäs Camilla Persson Charlotte Claesson | okt-04 |
| 118 | Injustering av vvc-kretsar | Janusz Wollerstrand Tommy Persson | okt-04 |
| 119 | Integration av absorptionskylmaskiner i fjärrvärmesystem - Förstudie | Heimo Zinko Sven-Olof Söderberg Elsa Fahlén Alemayehu Gebremedhin | dec-04 |
| 120 | Teknisk utvärdering av gamla och nya fjärrvärmecentraler i Slagsta | Håkan Lindkvist och Håkan Walletun | jan-05 |
| 121 | Förkorta byggtider för fjärrvärmebyggnation | Hans Gille | jan-05 |
| 122 | Ny metod för att bestämma fjärrvärmerörs isoleringsförmåga | Bijan Adl-Zarrabi | jan-05 |
| 123 | Samverkande produktions- och distributionsanalys i fjärrvärmesystem | Ola Rossing John Johnsson | jan-05 |
| 124 | Fuktmätning med pulsekometer | Stefan Nilsson Sven-Erik Sällberg Gunnar Bergström | jan-05 |
| 125 | Utvärdering av funktionsintegrerad fjärrvärmecentral | Sofie Andersson Sven Werner | feb-05 |

| <i>Nr</i> | <i>Titel</i> | <i>Författare</i> | <i>Publicerad</i> |
|---|---|---------------------------------------|-------------------|
| FORSKNING OCH UTVECKLING – ORIENTERING | | | |
| 1 | Fjärrkyla: Behov av forskning och utveckling | Sven Werner | jan-98 |
| 2 | Utvärdering av fjärrkyla i Västerås. Uppföljning av Värmeforsk rapport nr 534. Mätvärdesinsamling för perioden 23/5 – 30/9 1996. | Lars Lindgren Conny Nikolaisen | jan-98 |
| 3 | Symposium om Fjärrvärmeforskning på Ullinge Wårdshus i Eksjö kommun, 10-11 december 1996 | Lennart Thörnqvist | jan-98 |
| 4 | Utvärdering av fjärrkyla i Västerås. Uppföljning av Värmeforsk rapport nr 534. Mätvärdesinsamling för period 2. 1/1 – 31/12 1997. | Conny Nikolaisen | juli-98 |
| 5 | Metodutveckling för mätning av värmekonduktiviteten i kulvertisolering av polyuretanskum | Lars-Åke Cronholm Hans Torstensson | sept-99 |
| 6 | Optimering av fjärrvärmevattens framledningstemperatur i mindre fjärrvärmesystem | Ilkka Keppo Pekka Ahtila | jan-03 |
| 7 | Sammanställning över fjärrvärme- och kraftvärmeprojekt med eu-stöd | Sofie Andersson Sven Werner | feb-04 |
| 8 | Utvärdering av FOU-programmet Hetvattenteknik 2001-2003 | John Johnsson Håkan Sköldberg | feb-04 |
| 9 | Nytta med svensk fjärrvärmeforskning | Sven Werner | feb-04 |
| 10 | Förenklad metod för energimätning i fjärrvärmecentral | Tommy Jonsson | jan-05 |
| 11 | Värdet av icke levererad fjärrvärme till kunder – Fjärrvärmecentralers felfrekvenser i fjärrvärmesystem | Tero Loustarinen | jan-05 |

*Svensk Fjärrvärme AB och Statens energimyndighet bedriver
forskningsprogram inom området fjärrvärme, hetvattenteknik och fjärrkyla.*



Svensk Fjärrvärme • 101 53 Stockholm • Telefon 08-677 25 50 • Fax 08-677 25 55
Besöksadress: Olof Palmes gata 31, 6 tr. • E-post kontakt@fjarrvarme.org • www.fjarrvarme.org