VÄRDET AV INJUSTERING

Anders Trüschel, CIT Energy Management AB

Svensk Fjärrvärme

Forskning och Utveckling | 2005:134

VÄRDET AV INJUSTERING

FÖR TRE FASTIGHETER I GÖTEBORG

Forskning och Utveckling | 2005:134

Anders Trüschel
CIT Energy Management AB

ISSN 1401-9264
© 2005 Svensk Fjärrvärme AB
Art nr FOU 2005:134

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

Förord

Detta arbete har finansierats av Svensk Fjärrvärme med stöd av Energimyndigheten. Referensgruppen har bestått av Lennart Berndtsson (ordförande) från HSB Riksförbund, Gunnar Nilsson från Göteborg Energi, Gunnar Wiberg från SABO, Dick Eriksson från Bostadsbolaget i Göteborg samt Göte Ekström från Svensk Fjärrvärme.

Författaren vill tacka deltagarna i referensgruppen och Stefan Aronsson på CIT Energy Management AB för deras delaktighet och support. Dessutom tackas berörd personal på Canmera Comfort AB, Göteborg Energi, Borås Energi, AB Fortum Värme, Bostadsbolaget och Familjebostäder. Ett stort tack riktas speciellt till följande personer:

- Christer Hjalmarsson (Canmera Comfort)
- Jan-Olof Petersson (Göteborg Energi)
- Owe Roos (Bostadsbolaget)
- Ronny Larsson (Bostadsbolaget)
- Monica Magnusson (Bostadsbolaget)
- Jan G Karlsson (Familjebostäder)
- Åke Lindqvist (Familjebostäder)

Anders Trüschel

CIT Energy Management AB

Göteborg 2005-06-01

Sammanfattning FOU:134 – Värdet av injustering

I detta arbete har tre flerbostadshus i Göteborg injusterats i syfte att visa omfattningen av avvikelser i dagens värmesystem samt lönsamheten av att åtgärda dessa med rimliga medel. Den ekonomiska aspekten relateras till både förvaltare och fjärrvärmeleverantör. Resultaten har tagits fram genom att mäta temperatur- och flödesnivåer i respektive fjärrvärmecentral några månader före och efter injusteringen. Dessa mätdata har använts för att skapa temperatur-, flödes- och effektprofiler över byggnaderna. Genom att relatera dessa profiler till ett normalår har värmesystemens prestanda före och efter injusteringen kunnat jämföras.

Tre olika prissättningar från tre olika orter (Göteborg, Borås och Stockholm) har använts för att visa hur driftskostnaderna har ändrats efter injusteringen. Även injusteringens inverkan på kostnaderna för klagomål avseende bristande komfort har uppskattats för byggnaderna. Kostnadsförändringarna i drift och handhavande av klagomål har därefter relaterats till injusteringskostnaderna för att visa lönsamheten av gjorda åtgärder.

Samtliga hus kan anses vara tämligen normala, men motiven till injustering har ändå skiljt sig åt för de tre husen. I Hus 1 förekom många klagomål över bristande komfort, i Hus 2 var energianvändningen hög och i Hus 3 var avkylningen låg. Vid injusteringen uppdagades ett antal avvikelser i respektive värmesystem. De vanligaste av dessa avvikelser var:

- Ändrade ventilinställningar sedan senaste injustering
- Igensatta, läckande eller fastnade radiatorventiler
- Saknade eller trasiga termostater

Sedan den senaste injusteringen för 10 – 15 år sedan har förinställningen ökats för ungefär 65 % av ventilerna, i vissa fall till helt öppet läge. Ett injusterat värmesystem är således en ”färskvara”, eftersom systemet successivt förändras.

Resultaten av injusteringen visade att motivet bestämmer nyttan. I Hus 1 upphörde klagomålen. I Hus 2 reducerades energianvändningen med mer än 15 % och i Hus 3 ökades avkylningen med 5 °C.

Injusteringens pay-off tid för fastighetsförvaltaren varierar en del mellan husen, men inte så mycket mellan de olika orterna. Den längsta pay-off tiden blev drygt 5.5 år (Hus 1 ”i Borås”) och den kortaste 1.5 år (Hus 2 ”i Borås”). För förvaltaren verkar således en återkommande injustering med ett intervall på cirka 10 år vara tämligen fördelaktigt.

Värdet av ökad avkylning för fjärrvärmeleverantören beror på nätets konfiguration och ligger för de betraktade orterna i detta arbete runt 1 SEK/MWh/°C/år, vilket förmodligen är lågt räknat. Injusteringen av Hus 3 gav i detta avseende bäst resultat, med en ökad avkylning på 5 °C, vilket motsvarar en besparing på drygt 1500 SEK/år (eller 1.6 SEK/m^2/år).

Även om behållningen av injusteringen inte är lika påfallande för fjärrvärme-leverantören som för fastighetsförvaltaren visar resultaten ändå nyttan av åtgärderna och att injustering är fördelaktigt, så länge huset har potential att öka sin avkylning och både tappvatten- och värmesystem beaktas.

Summary FOU:134 – The value of balancing procedure

In this work, the hydronic heating systems in three residential houses in Gothenburg has been balanced in order to show the extent of deviations in heating systems today and the profitability of reducing these deviations by using realistic measures. The economic aspects are related to both the property manager and the district heating supplier. The results are derived from measurements of temperatures and flows in each district heating substation, a few months before and after the balancing procedure. From these measurements, profiles of water temperatures, water flow and thermal output are derived for each building. By relating these profiles to a “normal” year, it is possible to compare the performance of each heating system before and after balancing.

Three different pricing methods, for three different districts (Göteborg, Borås and Stockholm), are used in order to show the changes in operational costs due to balancing. The effect of balancing on the costs for handling complaints is also estimated for the buildings. By relating these changes of costs to the balancing cost, the profitability for the implemented measures is obtained.

Each building is considered to be fairly normal, but the motives for balancing differ between them. There were many complaints from the tenants on insufficient thermal comfort in Building 1. The use of heating energy were quite considerable in Building 2, while the temperature drop of the district heating water in Building 3 were quite small. During the balancing procedure of each building some deviations are revealed. The most common of these are:

- Changed valve settings since the system was balanced last time
- Clogged up, leaking or stucked radiator valves
- Missing or broken thermostats

Since the systems were balanced last time, 10 to 15 years ago, the presettings has been increased for approximately 65 % of the valves, in some cases to fully open position. Thus, a balanced system will eventually become unbalanced, since it gradually alters.

The results from the balancing show that the motive determines the outcome. The complaints cease in Building 1, the use of heating energy reduces by 15 % in Building 2 and the cooling of the district heating water increases by 5 °C in Building 3.

The pay-off time for the property manager varies between the considered buildings. However, the differences are rather small between the various districts. The longest pay-off time becomes 5,5 years (Building 1 “in Borås”), while the shortest becomes 1,5 years (Building 2 “in Borås”). It seems that recurrent balancing with an interval of roughly 10 years would be advantageous for the property manager.

The value of increased temperature drop of the district heating water depends on the configuration of the considered district heating system. For the districts in this work, the value is approximately 1 SEK/MWh/°C/year (at a low estimate). The balancing of Building 3 generated the best result in this perspective; a cost saving of 1500 SEK/year (or 1,6 SEK/m^2/year). The profit from the balancing is perhaps not as conspicuous for the district heating supplier as for the property manager, but the results shows, nevertheless, that balancing can be advantageous for both parts.

Innehållsförteckning

Sammanfattning 5

Summary 6

1. Bakgrund 10

2. Syfte 10

3. Metod 10
3.1. Val av byggnader 10
3.2. Identifiering av avvikelser 11
3.3. Åtgärdande av funna avvikelser 11
3.4. Uppskattning av kostnader relaterade till funna avvikelser 12

4. Mätobjekt 13
4.1. Urvalskriterier 13
4.2. Sökande efter lämpliga mätobjekt 13
4.3. Beskrivning av mätobjekt 14
4.3.1. Hus 1 14
4.3.2. Hus 2 15
4.3.3. Hus 3 16
4.3.4. Sammanställning 18

5. Mätsystem 19
5.1. Mätsystem i Hus 1 20
5.1.1. Vattentemperaturer 20
5.1.2. Vattenflöde 20
5.1.3. Rumstemperatur 20
5.1.4. Utetemperatur 20
5.2. Mätsystem i Hus 2 22
5.2.1. Vattentemperaturer 22
5.2.2. Vattenflöde 22
5.2.3. Rumstemperatur 22
5.2.4. Utetemperatur 22
5.3. Mätsystem i Hus 3 24
5.3.1. Vattentemperaturer 24
5.3.2. Vattenflöde 24
5.3.3. Rumstemperatur 24
5.3.4. Utetemperatur 24

6. Injustering 26

6.1. Injustering av Hus 1 ... 26
6.1.1. Funna avvikelser ... 26
6.1.2. Åtgärder ... 27
6.2. Injustering av Hus 2 ... 28
6.2.1. Funna avvikelser ... 28
6.2.2. Åtgärder ... 29
6.3. Injustering av Hus 3 ... 29
6.3.1. Funna avvikelser ... 29
6.3.2. Åtgärder ... 30

7. Mätresultat ... 31
7.1. Hus 1 ... 31
7.1.1. Systemtemperaturer ... 31
7.1.2. Värmeenergi ... 33
7.1.3. Fjärrvärmeflöde ... 34
7.1.4. Rumstemperaturer ... 36
7.2. Hus 2 ... 37
7.2.1. Systemtemperaturer ... 37
7.2.2. Värmeenergi ... 39
7.2.3. Fjärrvärmeflöde ... 40
7.2.4. Rumstemperaturer ... 40
7.3. Hus 3 ... 42
7.3.1. Systemtemperaturer ... 42
7.3.2. Värmeenergi ... 44
7.3.3. Fjärrvärmeflöde ... 45
7.3.4. Rumstemperaturer ... 46
7.4. Sammanställning av mätresultat ... 48

8. Kostnadsanalys ... 49
8.1. Kostnad för injustering ... 49
8.2. Förändring i driftsekonomi för fastighetsförvaltaren ... 50
8.2.1. Kostnad för bristande termisk komfort ... 50
8.2.2. Reducering av energianvändning ... 51
8.2.3. Göteborg ... 51
8.2.4. Borås ... 52
8.2.5. Stockholm ... 53
8.2.6. Sammanställning av förändring i driftsekonomi ... 54
8.3. Förändring i driftsekonomi för fjärrvärmeleverantör ... 60
8.3.1. Ökad avkylning ... 60
8.3.2. Göteborg ... 60
8.3.3. Borås ... 61
8.3.4. Stockholm ... 61
8.3.5. Sammanställning av förändring i driftsekonomi ... 61

9. Slutsatser och diskussion 63
9.1. Omfattning av avvikelser 63
9.2. Lönsamhet vid injustering 64

1. Bakgrund

I alla vätskeburna värmesystem i byggnader existerar avvikelser i någon form. Med avvikelse menas att en komponent i systemet har andra egenskaper än vad som var avsett från början, vid projekteringen. Exempel på avvikelser är kortslutningar i rörsystemet, felaktig ventilkarakteristik och/eller felaktig storlek på reglerventiler, ingen eller felaktigt utförd injustering och avvikande inställning av enstaka ventiler (exempelvis beroende på åverkan av boende/brukare). Dessa avvikelser kan förändra systemets funktion och prestanda, på så sätt att komforten för boende/brukare blir sämre samt att energianvändningen och/eller returtemperaturen blir högre än avsett, vilket naturligtvis inverkar på både fastighetsägarens och fjärrvärmeleverantörens driftsekonomi.

2. Syfte

Syftet med föreliggande arbete är att identifiera avvikelsers art och omfattning i några befintliga värmesystem samt att visa på den negativa ekonomiska inverkan av avvikelser i dessa system. Målsättningen är att visa potentialen för systemen med en rimlig reducering av avvikelser samt lönsamheten av sådana åtgärder.

3. Metod

Arbetet inriktas enbart på radiatorsystem, eftersom dessa system dominerar i dagens byggnadsbestånd. De har därmed också klart störst inverkan på prestandan hos fjärrvärmesystem. För att kunna bedöma konsekvenserna av avvikelser måste dessa, till att börja med, identifieras och deras omfattning i befintliga system uppskattas. Eventuella kostnader relaterade till de funna avvikelserna kan uppskattas genom att åtgärda avvikelserna i möjligaste mån samt mäta prestandan hos det undersökta radiatorsystemet före och efter åtgärd. Ju fler mätobjekt, desto mer representativ blir bilden av omfattningen av avvikelser i befintliga system.

Arbetet består av fyra olika moment, vilket även avspeglas i rapportens uppläggning. Dessa moment är:

1. Val av byggnader
2. Identifiering av avvikelser
3. Åtgärdande av funna avvikelser
4. Uppskattning av kostnader relaterade till funna avvikelser

Nedan förtydligas vart och ett av dessa moment.

3.1. Val av byggnader

För att visa omfattningen och inverkan av avvikelser har värmesystemet i tre befintliga byggnader granskats och justerats. Det hade naturligtvis varit önskvärt att göra detta för fler byggnader, men det bedömdes inte vara möjligt ur varken ett ekonomiskt eller tidsmässigt perspektiv. Det visade sig dessutom vara tämligen svårt att överhuvudtaget

få tag på tre byggnader som var lämpliga för arbetets ändamål. Byggnaderna och deras värmesystem samt urvalskriterier beskrivs i kapitel 4.

3.2. Identifiering av avvikelser

Möjliga avvikelser i radiatorsystemet är:

- Kortslutning i rörsystemet
- Felaktigt dimensionerade radiatorer, rör eller ventiler
- Manipulerad inställning av radiatorventiler (av brukare eller annan obehörig person)
- Igensatta radiatorventiler
- Låsta termostatventiler (fastnad kägla)
- Ingen, förenklad eller felaktig injustering (av behörig personal)
- Felaktigt dimensionerad pump
- Felaktig storlek eller karakteristik hos reglerventil
- Försmutsad eller felaktigt dimensionerad radiatorväxlare
- Felaktig framledningstemperatur

Det ska påpekas att det naturligtvis finns ytterligare tänkbara avvikelser i ett radiatorsystem, såsom läckage eller pumpavbrott, men dylika problem tenderar att fullständigt äventyra systemets funktion och är därför inte av intresse i detta arbete. Fokus ligger istället främst på de avvikelser som påverkar flödesbalansen i systemet, vilket ger en påtagligt mindre momentan inverkan på systemets funktion och prestanda, men samtidigt just därför sannolikt större inverkan på lång sikt. Av denna anledning är inte heller reglertekniska aspekter som exempelvis valet av reglerventil eller inställningen av regulatorn intressanta i detta arbete, då de påverkar systemets stabilitet men inte nödvändigtvis dess funktion och prestanda på lång sikt.

En identifiering av avvikelser och en undersökning av deras omfattning kräver:

- Besiktning av befintliga system
- Mätningar i befintliga system
- Jämförelser med projekterade värden eller, på annat sätt framtagna, motsvarande värden

Mätvärden fås antingen från det befintliga mätsystemet i anläggningen eller också via ett separat installerat mätsystem. Kapitel 5 tar upp mätsystemet.

3.3. Åtgärdande av funna avvikelser

De avvikelser som har upptäckts i systemet åtgärdas, enligt ”normala” metoder. Med detta menas att avvikelserna åtgärdas i möjligaste mån och med rimliga medel, vilket i praktiken innebär att en injustering av systemet utförs. Injusteringen utförs av en och samma entreprenör i samtliga valda byggnader, vilket innebär att samma metod har använts i alla fastigheterna. Resultatet av injusteringen och eventuella övriga åtgärder

granskas och godkänns av fastighetsförvaltaren. Åtgärderna och tillvägagångssättet dokumenteras och därefter återupptas mätningarna i systemet. Injusteringen av fastigheterna tas upp i kapitel 6.

3.4. Uppskattning av kostnader relaterade till funna avvikelser

Kostnaderna för avvikelser kan delas upp i följande fyra delar:

- Försämrad driftsekonomi för fjärrvärmeleverantör
- Försämrad driftsekonomi för fastighetsägare
- Kostnad för kompensering av avvikelser (kostnad för fastighetsägaren)
- Kostnad för åtgärdande av avvikelser (kostnad för fastighetsägaren)

Avvikelser i ett radiatorsystem kan leda till ojämn fördelning av rumstemperatur, höjd returtemperatur och även höjd medelrumstemperatur i byggnaden. Resultatet blir högre energianvändning och därmed försämrad driftsekonomi för fastighetsägaren. Ur fjärrvärmeleverantörens perspektiv är det prestandan hos fjärrvärmecentralen som är det väsentliga. Dålig prestanda leder till höga returtemperaturer i fjärrvärmenätet, vilket försämrar driftsekonomin.

Kostnaderna för kompensering av åtgärder är löpande utgifter för fastighetsägaren, som härrör från brukarnas klagomål på komforten. Vid en kompensering åtgärdas egentligen inverkan av avvikelser, men inte nödvändigtvis själva avvikelsen. Åtgärdande av avvikelser sker först vid ett större ingrepp i fastigheten (vid exempelvis en ny injustering) till följd av alltför många klagomål eller alltför dålig prestanda. Ett sådant tillgrepp utgör en investeringskostnad och är således inte en löpande utgift.

Vid analysen jämförs mätvärden före och efter åtgärdandet av funna avvikelser. Effektprofil samt fjärrvärmeflödets och avkylningens beroende av utetemperaturen tas fram. Dessa mätresultat ligger sedan till grund för en uppskattning av injusteringens konsekvenser för ett normalår. Ju längre mätperioder, desto mer representativa värden kan fås och desto bättre underlag fås för den ekonomiska bedömningen.

Jämförelsen ger skillnaderna i energi- och flödesanvändning samt avkylning, vilka påverkar fastighetsägaren och fjärrvärmeleverantören. Kvantifieringen av kostnaden för fastighetsägaren sker genom att ansätta ett lämpligt pris för energi- och flödesanvändningen, medan fjärrvärmeleverantörens kostnader måste uppskattas utgående från uppbyggnad och lokalisering av fjärrvärmesystemet. Resultatet generaliseras genom känslighetsanalyser av hur olika pris och sammansättningar av fjärrvärmesystem inverkar. Värdet av ökad avkylning i fjärrvärmenätet har tidigare beskrivits av Stefan Petersson och Sven Werner, bland annat i rapporten ”Samband mellan produktion och vältrimmade radiatorsystem” från år 2000 [ref. 8].

Kostnaderna för åtgärdandet av avvikelser måste också beaktas och relateras till kostnadsbesparingen, vilket ger åtgärdernas lönsamhet. Kostnadsanalysen genomförs i kapitel 8.

4. Mätobjekt

Det första steget i sökandet efter lämpliga mätobjekt var att ta fram urvalskriterier för byggnaderna. Därefter vidtog själva sökandet och, så småningom, valet av tre lämpliga byggnader.

4.1. Urvalskriterier

Det bedömdes vara rimligt att hitta tre byggnader som kunde passa in på följande beskrivning:

- Flerbostadshus i Göteborgsområdet
- Fjärrvärmeanslutet värmesystem
- Endast en fjärrvärmecentral per byggnad
- 2-rörs radiatorsystem
- Låg avkylning och/eller hög energianvändning
- Energianvändning: ca. 100 – 300 MWh/år

Det bedömdes inte vara intressant eller ens möjligt i detta arbete att visa skillnader mellan olika regioner i landet, varför sökområdet begränsades till Göteborgsområdet (av ekonomiska och praktiska skäl). Dessutom begränsades urvalet av byggnader till flerbostadshus, då dessa utgör en majoritet av de fjärrvärmeanslutna byggnaderna och en eventuell jämförelse mellan olika typer av byggnader (exempelvis kontorshus, flerbostadshus och småhus) inte var aktuell.

För att begränsa mätningarnas omfattning i så stor mån som möjligt var det önskvärt med endast en fjärrvärmecentral per byggnad.

Skälet till att endast 2-rörs radiatorsystem beaktas, vilket är det vanligaste värmesystemet i dagens flerbostadsbestånd, är att det inom ramen för arbetet inte var aktuellt med en jämförelse mellan olika typer av värmesystem.

För att injusteringen ska ge någon effekt bör den befintliga byggnaden vara behäftad med någon typ av avvikelser. En indikation på avvikelser är hög returtemperatur eller hög energianvändning, varför detta utgjorde en önskvärd egenskap hos de eftersökta byggnaderna.

En stor byggnad kräver onödigt stora resurser och är inte lika praktiskt hanterbar vid injusteringen som en liten, vilket är anledningen till kravet att byggnaderna inte bör vara alltför stora utan bestå av cirka 20 – 30 lägenheter.

4.2. Sökande efter lämpliga mätobjekt

Strategin vid sökandet efter lämpliga mätobjekt var först och främst att sprida och förankra projektet hos de stora fastighetsförvaltarna i Göteborg. Till att börja med kontaktades därför några av dessa i början av november år 2003, då projektet presenterades och de önskade egenskaperna hos eventuella mätobjekt framlades i form av ovanstående kriterielista. Efter cirka en månad hade en första byggnad hittats och mätningar på denna startades. Det tog ytterligare en månad innan nästa byggnad var

klar för projektet och mätningarna i denna startade i mitten av januari år 2004. Båda dessa byggnader förvaltades av Bostadsbolaget.

Den tredje byggnaden visade sig dock bli svårfunnen. Just att finna en byggnad av lämplig storlek visade sig vara ett problem. Men det största hindret var dock tidsaspekten, med mätningar som behövde sättas igång tämligen omgående och en injustering av byggnaden inom en snar framtid. Efter att flera byggnader, från andra förvaltare, verkat lovande men i slutänden inte varit möjliga att använda, dröjde det ända tills i början av februari år 2004 innan mätningarna i en tredje byggnad, förvaltad av Familjebostäder, äntligen kunde startas.

Parallellt med upprättandet av förbindelser med fastighetsförvaltare kontaktades även Göteborg Energi vid ett antal tillfällen för att få hjälp med att finna lämpliga byggnader. Detta gav slutligen resultat i form av förbruknings- och avkylningsdata för några byggnader, men då hade redan lämpliga mätobjekt valts. Via Göteborg Energi kunde dock anläggningsdata erhållas för de tre aktuella fjärrvärmecentralerna (se Tabell 2 längre fram).

4.3. Beskrivning av mätobjekt

4.3.1. Hus 1

Det första huset ligger i Högsbo och förvaltas av Bostadsbolaget. Både energi-användningen och returtemperaturen i byggnaden har varit tämligen normala, näst intill låga, men eftersom det har förekommit en del klagomål från de boende över låga rumstemperaturer verkade en injustering ändå vara på sin plats. Byggnaden är ett typiskt lamellhus, byggt 1948, i tre våningar med fyra uppgångar och totalt 24 lägenheter (2:or och 3:or). De boende är till övervägande del äldre. I Tabell 1 längre fram visas data för Hus 1.

Bild 1. Hus 1

Hus 1 i Högsbo, byggt 1948 och med 24 lägenheter.

Building 1 at Högsbo was built 1948 and contains 24 flats.

Fjärrvärmecentralen i Hus 1 är 2-stegskopplad och installerad år 1994, då uppvärmningssystemet i huset konverterades till fjärrvärme. I Tabell 2 visas en del data för centralen.

Bild 2. Fjärrvärmecentralen i Hus 1

Fjärrvärmecentralen i Hus 1är tämligen ny.

District heating substation in Building 1.

4.3.2. Hus 2

Det andra huset ligger i Kyrkbyn på Hisingen och förvaltas också av Bostadsbolaget. Energianvändningen i byggnaden har varit förhållandevis hög, vilket föranledde en injustering. Returtemperaturen har däremot varit tämligen låg. Byggnaden är ett punkthus med oregelbunden form (påminner om ett s.k. stjärnhus), byggt 1951, med 6 våningar och totalt 30 lägenheter (1:or, 2:or och 3:or). Åldern hos de boende är förhållandevis hög. I Tabell 1 längre fram visas data för Hus 2.

Bild 3. Hus 2

Hus 2 i Kyrkbyn på Hisingen, byggt 1951 och med 30 lägenheter.

Building 2 at Hisingen was built 1951 and contains 30 flats.

Fjärrvärmecentralen i Hus 2 är också 2-stegskopplad, vilket är det vanliga sättet att koppla in en fjärrvärmecentral. Den installerades år 1998 i samband med att området införlivades i fjärrvärmenätet. För tekniska data om fjärrvärmecentralen, se Tabell 2.

Bild 4. Fjärrvärmecentralen i Hus 2

Fjärrvärmecentralen i Hus 2.

District heating substation in Building 2.

4.3.3. Hus 3

Det tredje huset ligger i Kungsladugård och förvaltas av Familjebostäder. Returtemperaturen i byggnaden har under flera år varit påfallande hög, medan energianvändningen har varit tämligen normal. Byggnaden utgör hörnet av ett kvarter och är ett landshövdingehus från 1931 med tre våningar innehållande endast 11 lägenheter samt 2 affärer. De boende är framförallt yngre och medelålders personer. I Tabell 1 längre fram visas data för Hus 3.

Bild 5. Hus 3

Hus 3 i Kungsladugård, byggt 1931 och med 11 lägenheter samt 2 affärslokaler.

Building 3 at Kungsladugård was built 1931 and contains 11 flats and 2 shops.

Fjärrvärmecentralen i Hus 3 är, precis som i de andra husen, 2-stegskopplad. Den är dock av betydligt äldre modell (år 1980), vilket framgår av att centralen är utrustad med tubvärmeväxlare (se Bild 6 nedan). Reglerventilen för tappvattnet har bytts relativt nyligen (år 1997) till en betydligt mindre storlek, från kvs 6.7 m^3/h till kvs 1.6 m^3/h, förmodligen beroende på dokumenterad pendling. Reglerventilen för radiator-växlaren är däremot inte utbytt, varför den är av äldre modell och tämligen stor (kvs 3.7 m^3/h).

Bild 6. Fjärrvärmecentralen i Hus 3

Fjärrvärmecentralen i Hus 3 är av äldre modell.

District heating substation in Building 3.

4.3.4. Sammanställning

Nedan följer en översikt av data för de tre husen och dess fjärrvärmecentraler.

Tabell 1. Sammanställning över mätobjekten (data gäller för år 2003)

	Hus 1	Hus 2	Hus 3
Byggnadsår	1948	1951	1931
Total yta [m²]	1320	1506	937
Antal lägenheter (och affärslokaler)	24	30	11 (+ 2)
Energianvändning [MWh]	237.4	359.4	177.2
Energianvändning (normalårskorr.) [MWh]	234.3	357.0	175.5
Specifik energianvändning [kWh/m²]	177.5	237.1	187.3
Medeltemperaturfall (fjärrvärme) [°C]	49.2	44.8	29.4
Ventilation	Självdrag	Frånluft	Frånluft
Senaste injustering [år]	1994	?	1990

Tabell 2. Sammanställning över fjärrvärmecentralerna (data gäller för år 2004)

	Hus 1	Hus 2	Hus 3
Fjärrvärmecentral	2-stegs	2-stegs	2-stegs
Installationsår	1994	1998	1980
Värmeväxlare radiatorkrets	LPM 853 (dim. 130 kW)	LPM HL12-52 (dim. 115 kW)	Parca RL-01 (dim. 125 kW)
Värmeväxlare tappvattenkrets	LPM S-103 (dim. 245 kW)	LPM HK12-38 (dim. 200 kW)	CTC SKR 42-0.5-2VS (dim. 188 kW)
Reglerventil radiatorkrets	Siemens VVF52,15-2.5 (kvs: 2.5)	TAC V298 (kvs: 1.6)	TAC STL (kvs: 3.7)
Reglerventil tappvattenkrets	Siemens VVF52,15-4.0 (kvs: 4.0)	TAC V298 (kvs: 2.5)	TAC V241 (kvs: 1.6)

5. Mätsystem

Syftet med mätningarna i detta arbete är att visa följderna av injustering av värmesystem. Därmed måste utformningen och kvalitén på mätsystemet och på den använda mätmetoden anpassas till detta syfte.

Innan mätsystemet kan tas fram bör kraven på detta uppställas, samtidigt som erforderliga mätpunkter i systemet måste bestämmas.

Följande generella krav ställs på mätsystemet:

- Enkelt att applicera.
  - Inga ombyggnader av värmesystemet ska erfordras.
  - Helst ska befintligt mätsystem kunna användas.
- Få, men tillräckligt med mätpunkter för att begränsa mängden mätdata.
  - Fler mätpunkter än nödvändigt försvårar analysen.
- Mätsystemet ska kunna logga värden kontinuerligt under relativt lång tid.
  - Samplingstiden bör inte understiga 1 timme för att begränsa mängden mätdata.
- Låg onoggrannhet eftersträvas (inom rimliga gränser).
  - Onoggrannheten ska relateras till skillnaden i mätvärdena innan och efter injustering.

För att kunna visa eventuella skillnader före och efter injustering bör mätningar ske på både fjärrvärme- och radiatorsidan i fjärrvärmecentralen, samtidigt som eventuella förändringar i byggnadens rumstemperaturer också bör framgå. Följande mätstorheter bedöms därför vara erforderliga:

- Framledningstemperatur – fjärrvärme
- Returtemperatur – fjärrvärme
- Vattenflöde – fjärrvärme
- Framledningstemperatur – radiatorsystem
- Returtemperatur – radiatorsystem
- Vattenflöde – radiatorsystem
- Rumstemperatur (i några strategiska lägenheter)
- Utetemperatur

5.1. Mätsystem i Hus 1

I Hus 1 är fjärrvärmecentralen uppkopplad mot en DUC (Datoriserad UnderCentral), som reglerar värmesystemet. Genom datorprogrammet Desigo Insight kan Bostadsbolagets personal koppla upp sig mot denna DUC och hämta hem mätvärden via modem från ett antal givare i värmesystemet. Detta mätvärdesinsamlingssystem och dessa givare har utnyttjats även i detta arbete.

5.1.1. Vattentemperaturer

Fram- och returtemperaturerna på fjärrvärme- respektive radiatorsidan mäts med befintliga givare av typen QAD (LG-Ni 1000-anliggningsgivare) respektive QAE (LG-Ni 1000-givare i dykrör) från Landis & Staefa. Samplingstiden är 1 timme. Givarna är kalibrerade och justerade (i DUC) mot ett referensinstrument, P650 från Pentronic, med en kalibrerad onoggrannhet på 0.1 °C. Ingen av givarna behövde justeras mer än 1 °C, vilket tyder på att de är tämligen stabila. Onoggrannheten kan ansättas till ± 1 °C, enligt produktdata från Landis & Steafa.

5.1.2. Vattenflöde

Vattenflödet på fjärrvärmesidan mäts med en befintlig induktiv mätare av typen MP175 från Kamstrup, med en samplingstid på 1 timme. Den uppskattas ha en maximal onoggrannhet på ± 5 % (vid minimiflöde) och en onoggrannhet på ± 2.3 % vid normalt flöde i enlighet med Boverkets föreskrifter om vatten- och värmemätare (se BFS 1998:25).

I syfte att mäta flödet på radiatorsidan, utan att behöva ta isär rörsystemet, har en ultraljudsmätare från Panametrics används. Denna appliceras utanpå röret och något ingrepp i rörsystemet blir därmed inte nödvändigt. Mätaren har använts i detta arbete för enstaka kontrollmätningar (alltså ingen långtidsloggning) av flödet på radiatorsidan innan och efter injustering i samtliga hus. Mätarens onoggrannhet är kalibrerad till ± 0.4 % av Göteborgs Vatten- och Avloppsverks ackrediterade laboratorium.

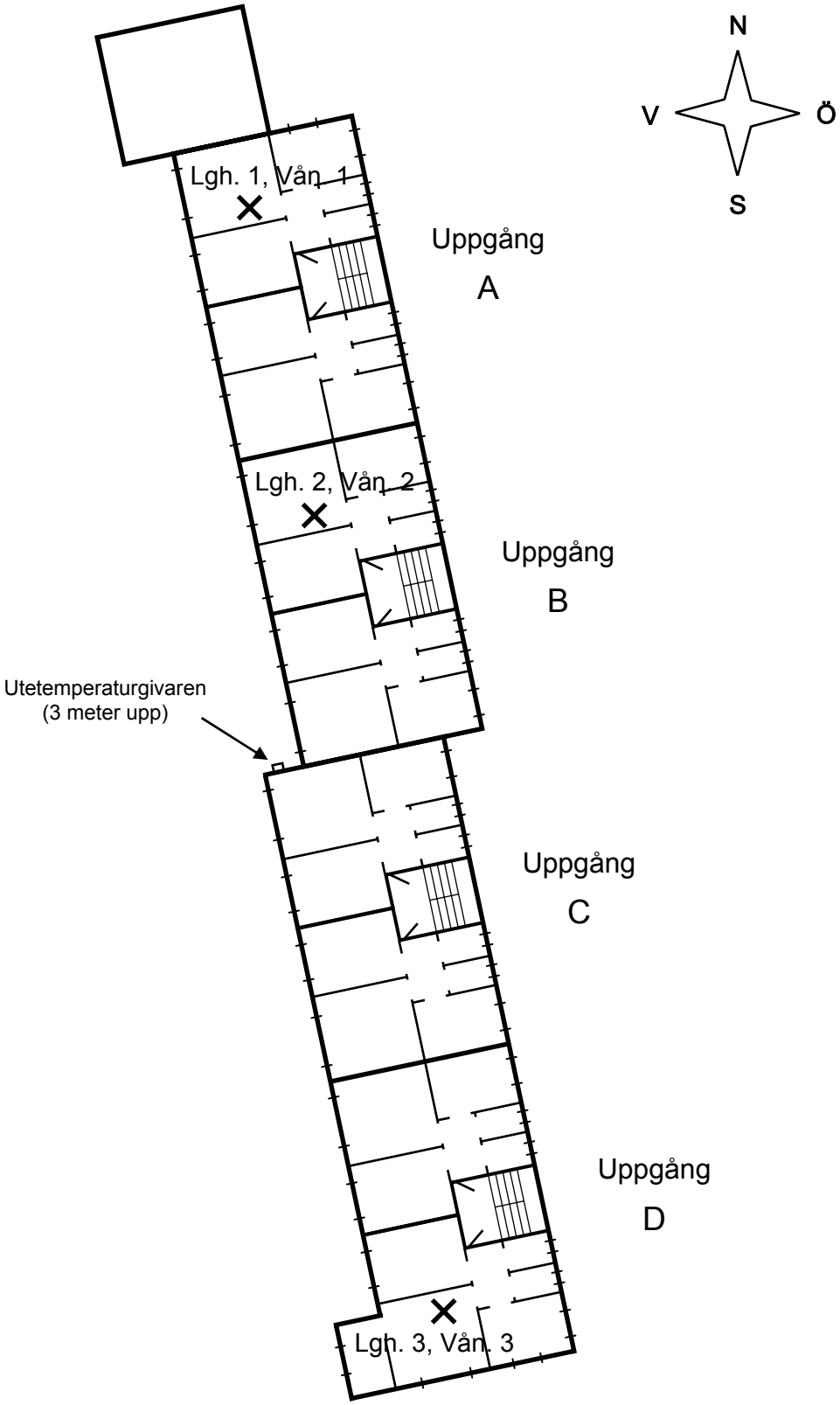
5.1.3. Rumstemperatur

Rumstemperaturen mäts i tre lägenheter med hjälp av Tiny Tag temperaturmätare med externa givare. Upplösningen för dessa givare är 0.1 °C och onoggrannheten har kalibrerats till 0.2 °C med hjälp av den tidigare nämnda referenstemperaturgivaren P650. Samplingstiden är 1 timme. I den schematiska skissen i Bild 7 visas placeringen av de lägenheter vars rumstemperaturer har mätts. Dessutom visas även var givarna har placerats i lägenheterna (samtliga givare är placerade högst upp på bokhyllor i vardagsrummen) och hur byggnadens lokalisering förhåller sig till väderstrecken.

5.1.4. Utetemperatur

Mätvärdena från byggnadens befintliga utetemperaturgivare har använts i arbetet. Givaren är placerad på nordvästra sidan av byggnaden och samplingstiden är 1 timme. Givaren är kalibrerad mot referenstemperaturgivaren P650. Onoggrannheten uppskattas till 1.0 °C.

Bild 7. Placering av rumstemperaturgivare i Hus 1



Planskiss över Hus 1.

Outline of Building 1.

5.2. Mätsystem i Hus 2

Precis som i Hus 1 är fjärrvärmecentralen i Hus 2 också försedd med ett antal givare och uppkopplad mot en DUC. Återigen har även programmet Desigo Insight utnyttjats som mätvärdesinsamlingssystem vid mätningarna.

5.2.1. Vattentemperaturer

Fram- och returtemperaturerna på radiatorsidan mäts med befintliga givare av typen QAD (anliggningsgivare) från Landis & Staefa. Samplingstiden är 1 timme. Givarna är kalibrerade och justerade (i DUC) mot referensinstrumentet P650 med en kalibrerad onoggrannhet på 0.1 °C. Ingen av givarna behövde justeras mer än 1 °C och onoggrannheten kan ansättas till 1 °C, enligt produktdata.

Det visade sig dock att mätvärdena från givarna på fjärrvärmesidan inte kunde läsas av mätinsamlingssystemet, varför dessa data gick förlorade. När detta upptäcktes utrustades systemet med Tiny Tag temperaturmätare för att mäta fram- och returtemperaturen på fjärrvärmesidan. Onoggrannheten hos dessa givare uppskattas till 0.2 °C, efter kalibrering mot P650.

5.2.2. Vattenflöde

Vattenflödet på fjärrvärmesidan mäts med en befintlig induktiv mätare av fabrikat SVM, med en samplingstid på 1 timme. Den uppskattas ha en onoggrannhet på maximalt ± 5 % (vid minimiflöde) och ± 2.1 % vid normalt flöde i enlighet med Boverkets föreskrifter om vatten- och värmemätare (se BFS 1998:25).

Enstaka mätningar (under ett eller två dygn) av flödet på radiatorsidan har skett med samma ultraljudsmätare som för Hus 1.

5.2.3. Rumstemperatur

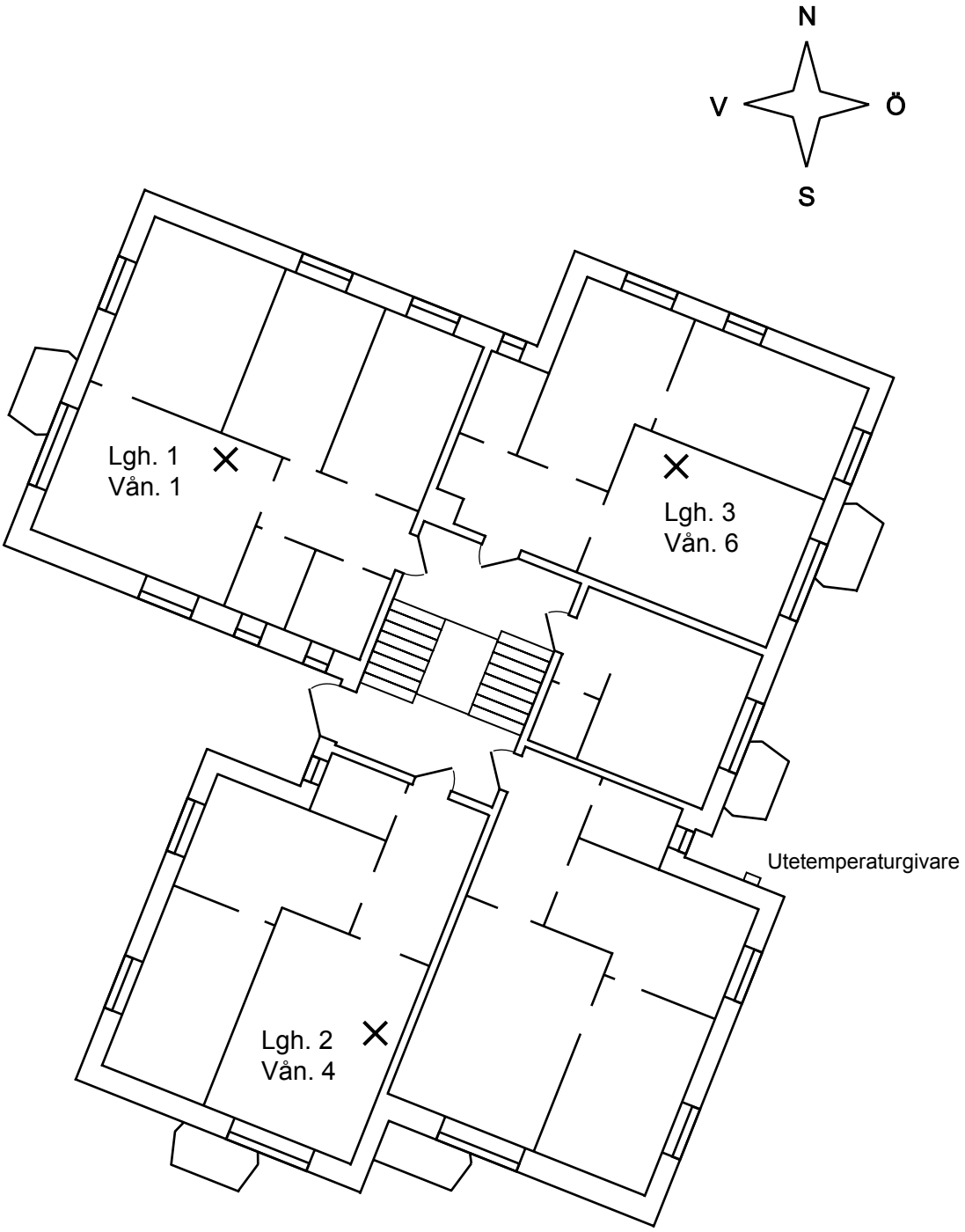
Rumstemperaturen mäts i tre lägenheter med hjälp av Tiny Tag temperaturmätare med externa givare. Onoggrannheten har kalibrerats till 0.2 °C med hjälp av referens-temperaturgivaren P650. Samplingstiden är 1 timme. I den schematiska skissen i Bild 8 visas placeringen av de lägenheter vars rumstemperatur har mätts. Dessutom visas även var givarna har placerats i lägenheterna (samtliga givare är placerade högst upp på bokhyllor i vardagsrummen) och hur byggnadens lokalisering förhåller sig till väderstrecken.

Efter injusteringen av värmesystemet visade det sig tyvärr att innehavaren av lägenheten på första våningen plötsligt inte längre ville ha rumstemperaturgivaren i sin bostad, varför den flyttades till lägenheten belägen rakt ovanför (alltså på våning 2). Givaren placerades på motsvarande ställe i den nya lägenheten, men en verklig jämförelse före och efter injusteringen gick naturligtvis förlorad för denna givare.

5.2.4. Utetemperatur

Mätvärdena från byggnadens befintliga utetemperaturgivare har använts i arbetet. Givaren är placerad på en fasad av byggnaden som vetter åt nordost och samplingstiden är 1 timme. Givaren är kalibrerad mot referenstemperaturgivaren P650. Onoggrannheten uppskattas till 1.0 °C.

Bild 8. Placering av rumstemperaturgivare i Hus 2



Planskiss över Hus 2.

Outline of Building 2.

5.3. Mätsystem i Hus 3

Fjärrvärmecentralen i Hus 3 är ej uppkopplad mot någon DUC och saknar befintliga givare för detta arbete. Systemet har därför utrustats med erforderliga givare som har loggningsfunktion.

5.3.1. Vattentemperaturer

Fram- och returtemperaturerna på fjärrvärme- respektive radiatorsidan mäts med Tiny Tag temperaturmätare från Intab AB. Mätarna är utrustade med externa givare, vilka placeras i dykrör. Samplingstiden är 1 timme. Givarna är kalibrerade mot referens-temperaturgivaren P650 och kan ansättas ha en onoggrannhet på ± 0.2 °C.

5.3.2. Vattenflöde

Vattenflödet på fjärrvärmesidan mäts med en befintlig induktiv mätare från ABB, med en samplingstid på 1 timme. Den uppskattas ha en onoggrannhet på maximalt ± 5 % (vid minimiflöde) och ± 2.1 % vid normalt flöde i enlighet med Boverkets föreskrifter om vatten- och värmemätare (se BFS 1998:25).

Enstaka mätningar (under ett eller två dygn) av flödet på radiatorsidan har skett med samma ultraljudsmätare som för de övriga husen.

5.3.3. Rumstemperatur

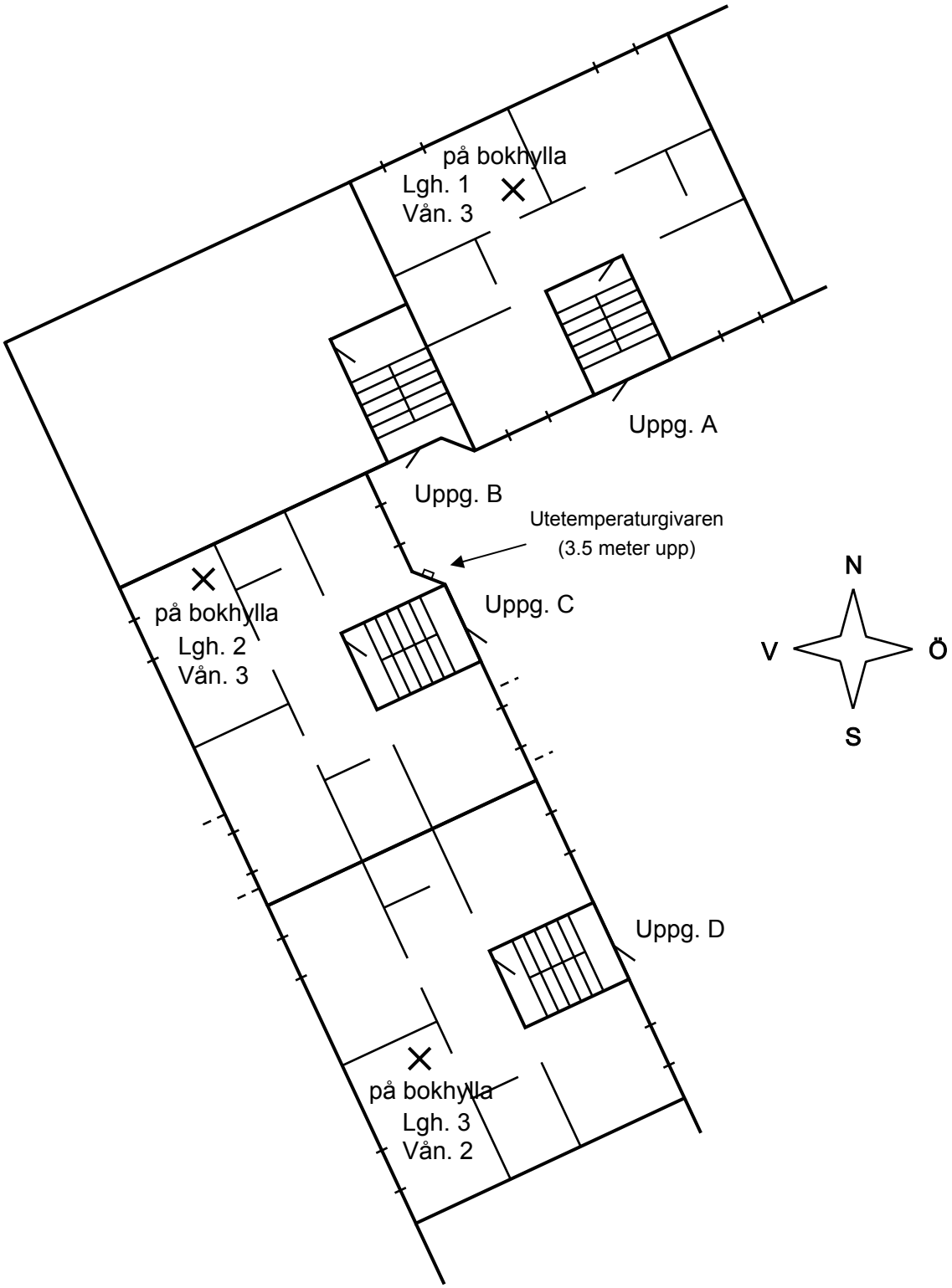
Rumstemperaturen mäts i tre lägenheter med hjälp av Tiny Tag temperaturmätare med externa givare. Onoggrannheten har kalibrerats till 0.2 °C med hjälp av referens-instrumentet P650. Samplingstiden är 1 timme. I den schematiska skissen i Bild 9 visas placeringen av de lägenheter vars rumstemperatur har mätts. Dessutom visas även var givarna har placerats i lägenheterna (samtliga givare är placerade högst upp på bokhyllor i vardagsrummen) och hur byggnadens lokalisering förhåller sig till väderstrecken.

5.3.4. Utetemperatur

Mätvärdena från den befintliga utetemperaturgivaren för Hus 1 har till att börja med även använts för Hus 3 i detta arbete. Avståndet mellan husen är ringa (mindre än 1 kilometer). Anledningen till detta var att det inte var möjligt att få ut mätvärden från den befintliga utetemperaturgivaren vid Hus 3 som reglersystemet använder.

Beroende på att mätningarna uppvisade fluktuationer i framledningstemperaturen, vilket kunde tänkas bero på att vissa skillnader uppstod i utetemperatur mellan Hus 1 och Hus 3, placerades en utetemperaturgivare (TinyTag) precis intill den befintliga givaren på nordöstra fasaden av Hus 3 efter injusteringen. En jämförelse mellan värdena från givaren på Hus 1 och den nya givaren på Hus 3 visar en genomsnittlig skillnad på 0.6 °C, som resultaten före injusteringen har korrigerats för. Denna skillnad ger dock inte upphov till fluktuationerna i mätvärdena som framträdde även efter injusteringen. Den nya givaren på Hus 3 har en onoggrannhet på ± 1 °C.

Bild 9. Placering av rumstemperaturgivare i Hus 3



Planskiss över Hus 3.

Outline of Building 3.

6. Injustering

Injusteringen av de tre husen utfördes av en och samma entreprenör, Canmera Comfort AB. Injusteringsarbetet påbörjades under våren år 2004 och inbegriper följande moment:

- Inledande fastighetsinspektion.
- Framtagning av ritningsunderlag.
- Fastställning av status hos befintligt värmesystem (vad som behöver åtgärdas).
- Fastställning av (nya) preliminära ventilinställningar.
- Verkställande av erforderliga åtgärder (byten av ventiler, pump, etc.).
- Preliminär injustering.
- Kontroll av rumstemperatur.
- Efterjustering.
- Montering av termostater.
- Justering av framledningstemperaturkurva.

Beroende på sommarens antågande med alltför höga utetemperaturer dröjde det tills vintern år 2004 – 2005 innan efterkontroller av rumstemperaturer i lägenheterna i de tre husen kunde genomföras. I samband med detta utfördes också efterjusteringar av vissa ventilinställningar och av framledningstemperaturkurvan i samtliga hus.

Vid den preliminära injusteringen antecknades ventilernas befintliga inställning innan själva justeringen gjordes, varpå den nya inställningen naturligtvis också noterades. På så sätt dokumenterades den befintliga inställningen samtidigt som den nya i injusteringsprotokollet. Detta utgör en skillnad mot en ”normal” injustering, där befintliga inställningar i princip aldrig dokumenteras. Anledningen till det specifika förfarandet i just detta arbete är att möjliggöra en jämförelse av de befintliga inställningarna med protokollet från den föregående injusteringen (i de fall ett sådant protokoll existerar). Jämförelsen visar omfattningen av den kontinuerliga förändring som värmesystemets injustering har undergått genom åren.

6.1. Injustering av Hus 1

Som tidigare påpekats består Hus 1 av 24 lägenheter. I dessa lägenheter finns det 117 stycken radiatorventiler (ca. 4.9 ventiler/lgh) som är föremål för injustering. Förutom dessa finns det ytterligare 10 stycken ventiler i allmänna utrymmen som ska injusteras.

Ventilernas inställningsvärden beräknades för de dimensionerande vattentemperaturerna 80 °C (framledning) och 48 °C (returledning) vid utetemperaturen –16 °C. Detta motsvarar således ett dimensionerande temperaturfall på 32 °C.

6.1.1. Funna avvikelser

Vid inspektionen av Hus 1 upptäcktes ett antal avvikelser, vilka är listade nedan:

- Flera radiatorventiler är igensatta.
- Termostater saknas i flera lägenheter.
- Flera termostater är trasiga.
- Vissa radiatorgrenar var inte med vid den föregående injusteringen.
- En radiator i tvättstugan är felvänd.
- Den befintliga pumpen är för stor och ger därför upphov till mycket höga differenstryck i värmesystemet.

En förenklad injustering (inställningar enligt schablon) ägde rum 1994 och är dokumenterad i ett injusteringsprotokoll. En jämförelse med dessa inställningar och dagens inställningar (innan injusteringen) visar följande:

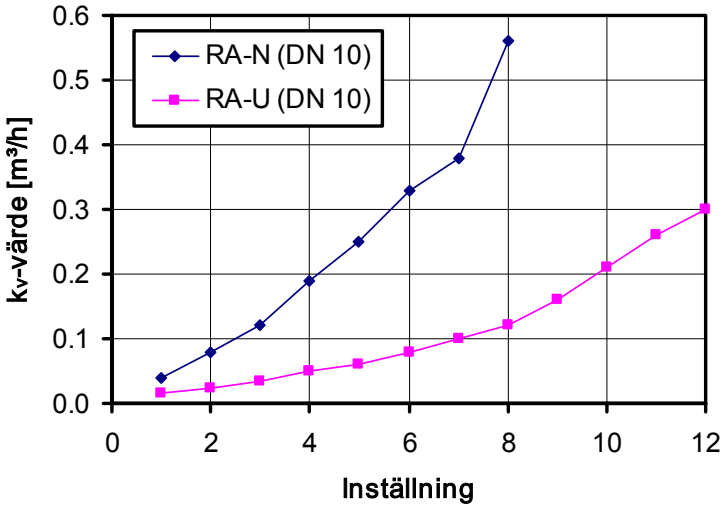
- 66 % av ventilerna (85 st.) har öppnats mer sedan senaste injusteringen.
- 28 % av ventilerna (35 st.) är oförändrade.
- 6 % av ventilerna (7 st.) har stängts mer sedan senaste injusteringen (av dessa är 5 stycken placerade i allmänna utrymmen).

Under de 10 år som har förflutits sedan senaste injusteringen har alltså majoriteten av byggnadens ventiler blivit mer öppnade. I genomsnitt har k_v-värdet hos radiatorventilerna i systemet ökat med hela 119 %. Detta kan naturligtvis bero på manipulationer av brukarna, men även på grund av att fastighetsförvaltarens personal har varit tvungen att kontinuerligt justera systemet till följd av klagomål från brukarna. Detta kan i sin tur bero på att något i systemet har förändrats eller helt enkelt på att den ursprungliga injusteringen inte lyckades ge avsett resultat - d.v.s. jämn rumstemperatur i hela byggnaden.

6.1.2. Åtgärder

I samband med den nya injusteringen installerades en ny varvtalsstyrd pump (Grundfos UPE 32-60), för att sänka differenstrycket i systemet. Dessutom byttes radiatorventilerna, från gamla Danfoss RA-N till nya Danfoss RA-U, för att öka noggrannheten vid inställningen. De gamla ventilerna har ett k_{vs}-värde på 0.65 m^3/h och 8 stycken inställningssteg, medan de nya har hälften så stort k_{vs}-värde (0.32 m^3/h) och 12 inställningssteg, vilket visas i följande diagram.

Bild 10. Danfoss radiatorventiler RA-N och RA-U



Vid injusteringen av Hus 1 byttes de gamla radiatorventilerna ”RA-N” mot nya ”RA-U”.

The old radiator valves “RA-N” were changed to new “RA-U” during the balancing procedure.

Vid injusteringen sänktes k_v-värdet på radiatorventilerna med i snitt 0.08 m^3/h, där ventilkapaciteten i de översta lägenheterna sänktes mest överlag, medan den ökades i flera av lägenheterna på nedersta planet (i 5 av 8 lägenheter). Detta stämmer bra med de uppmätta rumstemperaturerna som visade en tydlig skiktning (se Bild 16 längre fram), med högst temperatur i den översta lägenheten och lägst i den understa.

Vid kontrollen av rumstemperaturerna, vilken utfördes den 5:e april 2004 vid en utomhustemperatur på 5 °C, visade sig medeltemperaturen i byggnaden vara knappt 22 °C. Den största temperaturskillnaden mellan lägenheterna (borträknat fyra lägenheter där antingen fönster stod öppna eller termostater var avstängda) uppgick till 2 °C vid tillfället.

Efter mätningarna av rumstemperatur kompletterades systemet med termostater (Danfoss RA 2970 MAX) där det tidigare saknades eller där de befintliga var trasiga, vilket motsvarande ungefär 25 % av det totala beståndet. Slutligen gjordes några efterjusteringar och framledningskurvan och pumpinställningen justerades under hösten år 2004.

6.2. Injustering av Hus 2

Hus 2 består av 30 lägenheter med sammanlagt 121 stycken radiatorventiler (4.0 ventiler/lgh). Förutom dessa finns det ytterligare 11 stycken ventiler i allmänna utrymmen som ska injusteras.

Ventilernas inställningsvärden beräknades för de dimensionerande vattentemperaturerna 80 °C (framledning) och 45 °C (returledning) vid utetemperaturen –16 °C. Det dimensionerande temperaturfallet är alltså 35 °C.

6.2.1. Funna avvikelser

Vid inspektionen av Hus 2 upptäcktes följande avvikelser:

- Flera radiatorventiler är igensatta.
- Termostater saknas i drygt 20 % av lägenheter.

- Läckande radiatorventiler.
- Onödiga icke avstängda slingor i källaren.
- Inbyggd radiator i vindsväggen.

En tidigare injustering genomfördes någon gång i början av 1990-talet men är tyvärr inte dokumenterad, varför en jämförelse mot dagens ventilinställningar (före injustering) inte är möjlig.

6.2.2. Åtgärder

Varken den gamla pumpen (Wilo TOP-E 25/1-7) eller de befintliga radiatorventilerna (i huvudsak TA RVT 40F men även några TRV-1S och TRV-2S) bedömdes behöva bytas i samband med injusteringen. Däremot byttes de gamla termostaterna mot nya av typen TRV 300 från TA Hydronics.

Kontrollen av rumstemperaturerna utfördes den 5:e april 2004 vid en utomhus-temperatur på 5.5 °C. Medeltemperaturen i byggnaden var drygt 22 °C vid tillfället. Den största temperaturskillnaden mellan lägenheterna (borträknat fyra lägenheter vars temperaturer påverkats på olika sätt) uppgick till knappt 3 °C. Under hösten och vintern skedde slutligen några efterjusteringar och framledningskurvan justerades i ett antal etapper för att minska klagomålen som faktiskt ökade efter det att injusteringen genomförts.

6.3. Injustering av Hus 3

Hus 3 består av 11 lägenheter och 2 butiker med sammanlagt 52 stycken radiatorventiler (4.2 ventiler/lgh). Förutom dessa finns det ytterligare 8 stycken ventiler i allmänna utrymmen som ska injusteras.

Vid beräkningen av ventilernas inställningsvärden ansattes dimensionerande vattentemperaturer på 78 °C (framledning) och 42 °C (returledning) vid utetemperaturen –16 °C. Det dimensionerande temperaturfallet är således 36 °C.

6.3.1. Funna avvikelser

Vid inspektionen av Hus 3 upptäcktes följande avvikelser:

- Flera radiatorventiler är igensatta.
- Flera radiatorventiler har fastnat.
- Termostater saknas.
- Läckande radiatorventiler.
- Radiatorer i badrum är kopplade på VVC-ledningen.

Den förra injusteringen genomfördes 1990 och finns dokumenterad. En jämförelse mellan detta injusteringsprotokoll och dagens ventilinställningar (före injustering) visar följande:

- 62 % av ventilerna (37 st.) har öppnats mer sedan senaste injusteringen.
- 18 % av ventilerna (11 st.) är oförändrade.
- 20 % av ventilerna (12 st.) har stängts mer sedan senaste injusteringen.

Majoriteten av ventilerna har alltså öppnats sedan förra injusteringen (14 år sedan). Den genomsnittliga ökningen av k_v-värdet är drygt 44 %, vilket inte är lika markant som för Hus 1 men torde ändå ha inneburit en viss ökning av flödet i systemet och därigenom en höjning av returtemperaturen.

6.3.2. Åtgärder

I samband med injusteringen byttes den gamla pumpen mot en ny (Grundfos UPE 25-40) för att kunna ställa in önskat differenstryck genom frekvensstyrning. De befintliga radiatorventilerna (TA RVT 40F) bedömdes dock inte behöva bytas, medan de gamla termostaterna ersattes med nya (RA 2770 T från Danfoss).

Rumstemperaturerna har kontrollerats stickprovsvis vid fyra tillfällen under våren 2004. Både utetemperaturen och rumstemperaturerna har vid dessa tillfällen varierat betänkligt, varför viss efterjustering har utförts under hösten 2004, till viss del även initierat av klagomål från de boende. Vidare mätning av rumstemperaturerna bedömdes dock inte nödvändigt efter dessa justeringar, då klagomålen från de boende har upphört.

7. Mätresultat

Beroende på när de olika husen blev tillgängliga för mätningar, har mätningarna skett under olika lång tid och under olika tider på året. Följden är att mätningarna i Hus 1 uppvisar de lägsta utetemperaturerna medan mätningarna i Hus 3 har skett under något högre utetemperaturer. Tyvärr visade sig vintern år 2004 – 2005 vara den varmaste sedan 1990, varför utetemperaturer under - 5 °C mer eller mindre saknas i mätvärdena efter injusteringen.

Mätresultaten redovisas i form av diagram som visar temperaturer, avkylning, värmeeffekt och fjärrvärmeflöde som funktion av utetemperatur.

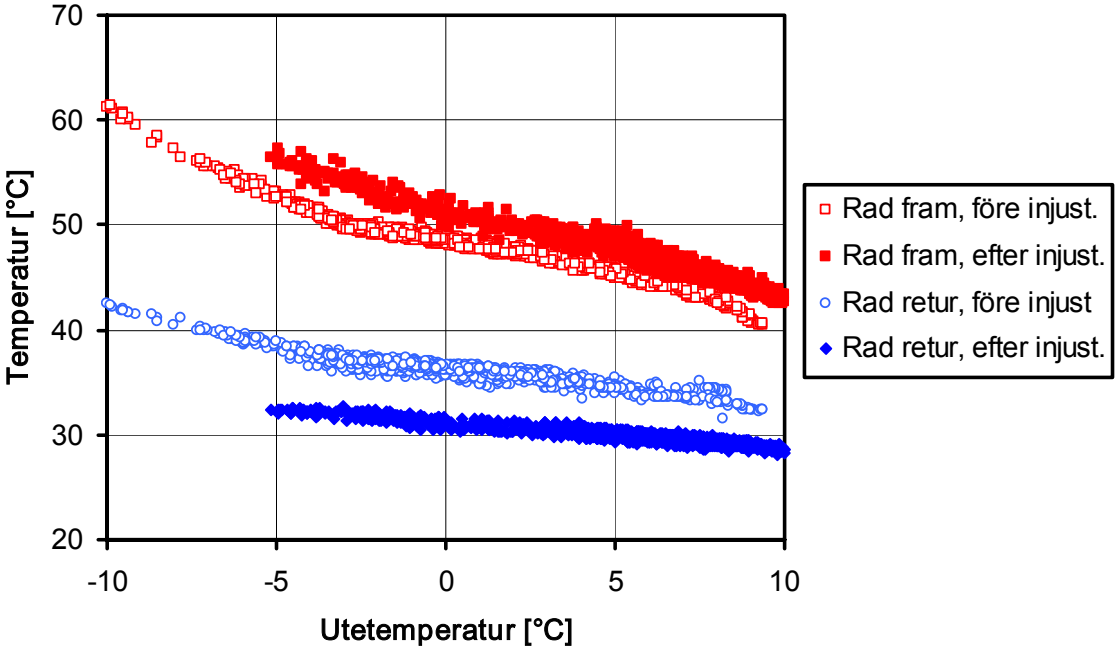
7.1. Hus 1

Mätningarna i Hus 1 före injusteringen började 21/11 år 2003 och slutade 14/3 år 2004. Tyvärr uteblev en del mätvärden under denna period beroende på problem med telefonnätet i området (mätvärdena hämtades via ett telefonmodem). Efter injusteringen under våren återupptogs mätningarna 25/10 år 2004 och avslutades 13/3 år 2005. Även under denna period uteblev en del mätvärden på grund av problem med telefonnätet.

7.1.1. Systemtemperaturer

Bild 11 visar radiatorsystemets fram- och returledningstemperatur för olika utetemperaturer, före och efter injusteringen. Mätvärdena är timvärden uppmätta under hela dygnet.

Bild 11. Radiatorsystemtemperaturer i Hus 1

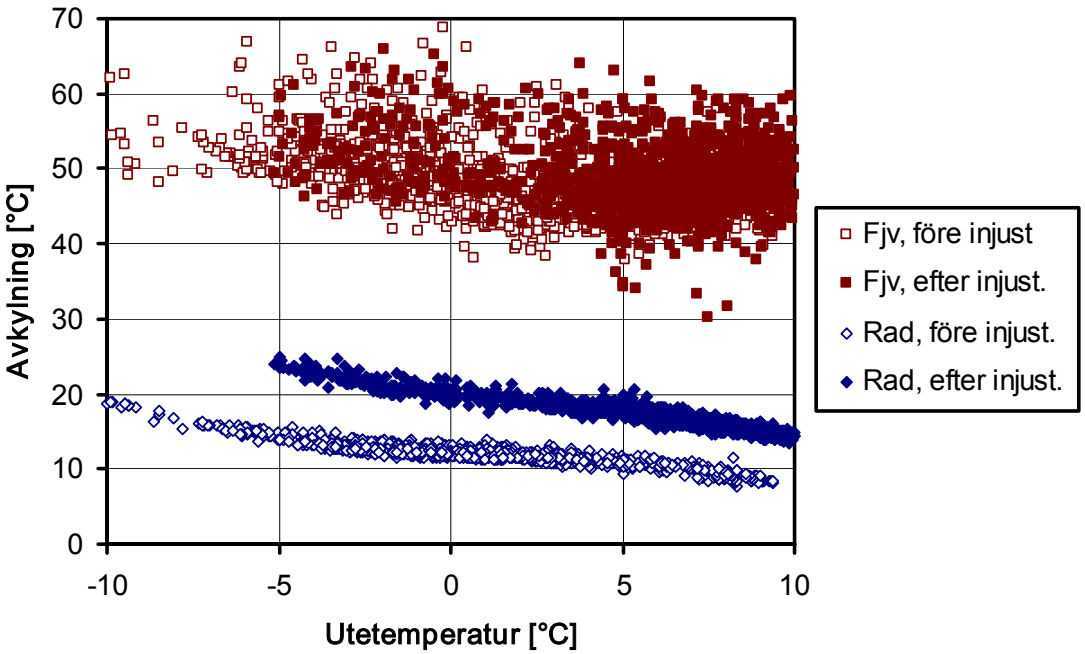


Radiatorsystemets temperaturer i Hus 1 uppmätta under hela dygnet. Antalet mättimmar är 956 stycken före injusteringen och 1642 stycken efter injusteringen.

Radiator system temperatures, measured during both day and night for Building 1. The number of measurement hours is 956 before balancing and 1642 after balancing.

Kurvorna innan injusteringen har en något underlig form, då de är brutna *uppåt* (vid utetemperaturen - 3 °C) istället för nedåt, vilket är mera normalt. Att det saknas fluktuationer i returtemperaturen tyder på att flödet i radiatorsystemet i princip är konstant oavsett yttre betingelser, såsom solinstrålning, vilket i sin tur tyder på att termostatventilerna inte reglerar flödet överhuvudtaget. Detta bekräftades även vid stickprovsmätningarna av radiatorflödet som var tämligen oförändrat under varje loggning. Radiatorflödet uppmättes innan injusteringen till 2.6 m^3/h, vilket reducerades till 2.0 m^3/h vid injusteringen. Följden av det minskade flödet i systemet är ökad avkylning, vilket visas i följande bild.

Bild 12. Avkylningen i Hus 1 (timvärden)



Avkylningen på primär- och sekundärsidan i Hus 1 uppmätt under hela dygnet. Antalet mättimmar är 956 stycken före injusteringen och 1642 stycken efter injusteringen.

Temperature drops on the primary and secondary sides of the heat exchanger for Building 1, measured during both day and night. The number of measurement hours is 956 before balancing and 1642 after balancing.

På primärsidan (fjärrvärmesidan) är det tämligen stora fluktuationer i avkylningen. Detta beror på varmvattentappning som orsakar kraftiga sänkningar av retur-temperaturen från tappvattenväxlaren.

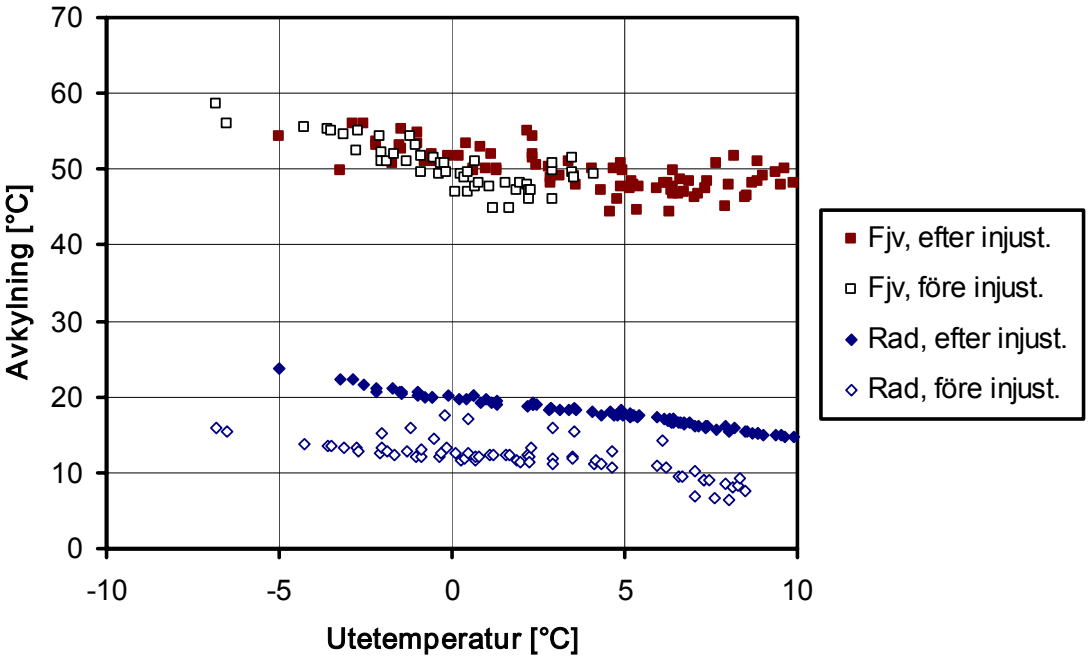
I syfte att jämna ut inverkan av varmvattentappningen visas avkylningen på primär- och sekundärsidan, före och efter injusteringen, i form av dygnsmedelvärden i Bild 13. Diagrammet visar att avkylningen på radiatorsidan har ökat markant, medan ökningen av avkylningen på fjärrvärmesidan däremot är betydligt lägre. Enligt statistik från förvaltaren har avkylningen på fjärrvärmesidan ökat med 0.6 °C från år 2003 till år 2004, men eftersom injusteringsprocessen pågick just under år 2004 är detta värde inte representativt för injusteringens inverkan på avkylningen. Eftersom mätningarna inte heller har pågått under ett helt år innan och efter injusteringen kan medelavkylningen under ett år endast estimeras.

Genom att använda medeltemperaturen för varje månad under ett normalår kan medelavkylningen månadsvis tas fram utifrån kurvanpassningar till mätvärdena i ovanstående diagram. Avkylningen viktas månad för månad gentemot graddagar för ett normalår där värme till tappvatten och VVC ansätts utgöra drygt 30 % av det totala

värmebehovet, vilket är ett värde som grundar sig på föregående tre års statistik för byggnaden. Se även [ref. 1] där liknande värden har tagits fram för 50 fjärrvärme-centraler i Göteborg.

Uppskattning visar en ökad medelavkylning på radiatorsidan på 7.1 °C (från 11.5 till 18.6 °C), medan ökningen på fjärrvärmesidan endast är 1.1 °C (från 49.8 till 50.9 °C).

Bild 13. Avkylningen i Hus 1 (dygnsmedelvärden)



Avkylningen på primär- och sekundärsidan i Hus 1 uppmätt under hela dygnet. Antalet mätdygn är 74 stycken före injusteringen och 86 stycken efter injusteringen.

Temperature drops on the primary and secondary sides for Building 1, measured during both day and night. The number of measurement days is 74 before balancing and 86 after balancing.

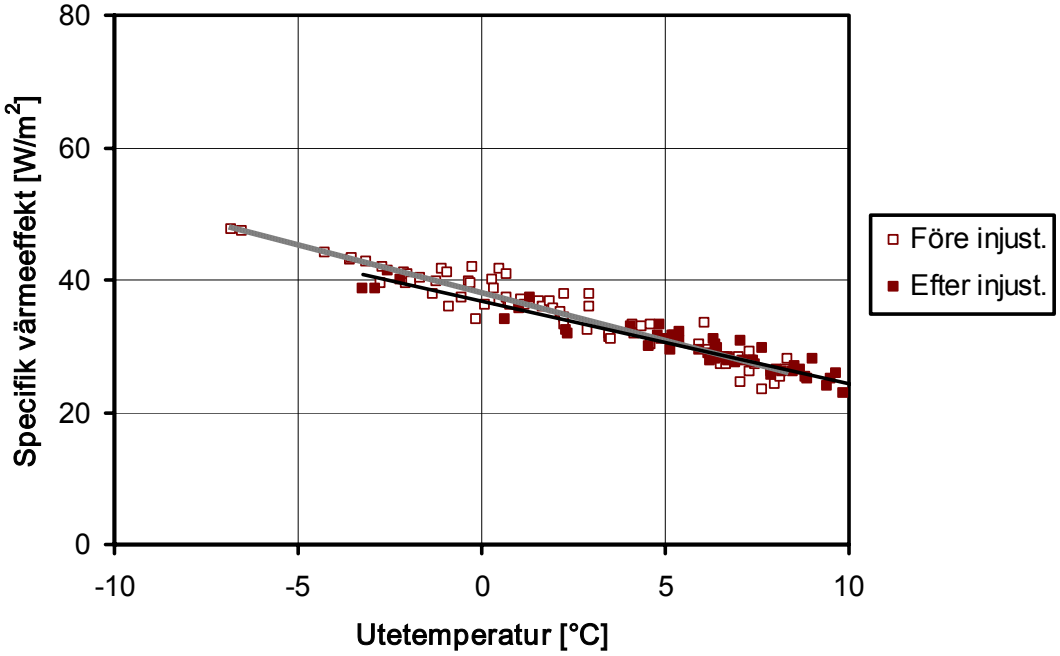
Att avkylningen på fjärrvärmesidan inte har ökat mer beror förmodligen på att medeltemperaturen på radiatorsidan inte har ändrats nämnvärt, eftersom framledningstemperaturen har ökat medan returtemperaturen har sjunkit. Dessutom har radiatorväxlarens termiska verkningsgrad sjunkit något beroende på att radiatorflödet har reducerats, vilket motverkar avkylningen på fjärrvärmesidan.

7.1.2. Värmeenergi

Värmeenergianvändningen år 2004 ökade med 8.1 % jämfört med år 2003, enligt normalårskorrigerad statistik från förvaltaren. Men eftersom injusteringen gjordes under år 2004, huvudsakligen på våren men även till viss del under hösten, är dessa år inte jämförbara när det gäller injusteringens påverkan på energianvändningen.

Bild 14 visar byggnadens effektprofil, d.v.s. hur värmeeffekten (på fjärrvärmesidan) varierar med utemperaturen, före och efter injusteringen. I syfte att jämna ut inverkan av tappvattenförbrukning visar diagrammet dygnsmedelvärden bildade av timvisa mätvärden. Värmeeffekten bör vara linjär mot utetemperaturen, vilket illustreras av de inlagda trendlinjerna i diagrammet. Dessa kurvanpassningar är framtagna enligt minsta kvadratmetoden. En uppskattning, där effekten relateras till månadsvisa medelutetemperaturer för ett normalår, ger en ökning av värmeenergianvändningen på 0.4 % efter injusteringen (från 201.1 till 201.9 kWh/m^2/år) för Hus 1.

Bild 14. Specifik värmeeffekt i Hus 1



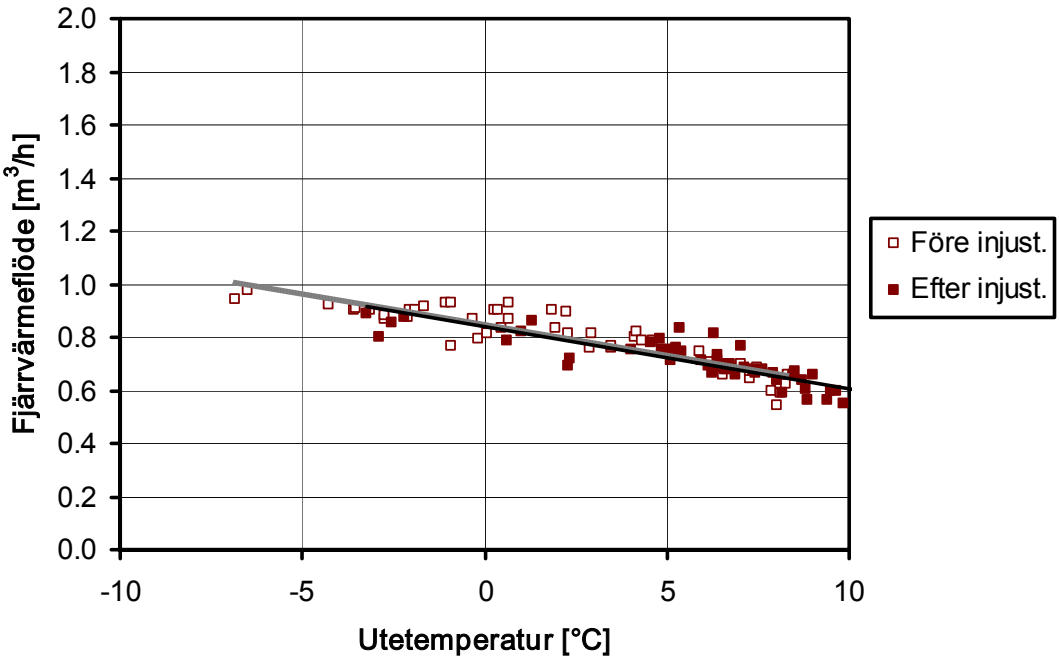
Specifik värmeeffekt på fjärrvärmesidan i Hus 1 uppmätt under hela dygnet. Antalet mätdygn är 68 stycken före injusteringen och 55 stycken efter injusteringen.

Thermal output on the primary side (district heating side) for Building 1, measured during both day and night. The number of measurement days is 68 before balancing and 55 after balancing.

7.1.3. Fjärrvärmeflöde

I Bild 15 nedan visas hur fjärrvärmeflödet i Hus 1 varierar med utetemperaturen före och efter injusteringen. Skillnaden är som synes ringa.

Bild 15. Fjärrvärmeflöde i Hus 1



Fjärrvärmeflödet i Hus 1 uppmätt under hela dygnet. Antalet mätdygn är 48 stycken före injusteringen och 55 stycken efter injusteringen.

Flow of district heating water, measured during both day and night for Building 1. The number of measurement days is 48 before balancing and 55 after balancing.

Enligt statistik från förvaltaren ökade fjärrvärmeflödet med 2.8 % år 2004 jämfört med år 2003. En uppskattning av den uppmätta skillnaden före och efter injusteringen för ett normalår ger dock en reducering av flödet på 1.5 % (från 0.54 till 0.53 m^3/h). Detta värde är framtaget på samma sätt som energianvändningen, d.v.s. flödet relateras till månadsvisa medelutetemperaturer för ett normalår och användningen under sommarmånaderna grundas på statistik för de tre senaste åren. Eventuella skillnader i tappvattenanvändning, onoggrannhet i mätningarna och i kurvanpassningen vid normalårsuppskattningen är faktorer som naturligtvis ger utrymme för en viss osäkerhet i de framtagna resultaten. Värdenas rimlighet kan dock kontrolleras mot varandra med hjälp av nedanstående ekvation, som kopplar skillnaden i fjärrvärmeflöde före och efter injusteringen till motsvarande skillnader i avkylning och energianvändning.

$$\frac{Q_{fjv,II}}{Q_{fjv,I}} = \frac{\Delta t_{fjv,II}}{\Delta t_{fjv,I}} \cdot \frac{V_{fjv,II}}{V_{fjv,I}} \cdot \frac{c_{p,II} \cdot \rho_{II}}{c_{p,I} \cdot \rho_{I}} \qquad \textit{(Ekv. 1)}$$

där Q_{fjv} = *Total värmeenergianvändning under ett år [MWh]*

Δt_{fjv} = *Medelavkylning på primärsidan under ett år [K]*

V_{fjv} = *Volym fjärrvärmevatten som används under ett år [m3]*

c_p = *Specifik värmekapacitet för fjärrvärmevattnet [J/kgK]*

ρ = *Densitet för fjärrvärmevattnet [kg/m3]*

I = *Index som betecknar tillståndet <u>före</u> injusteringen*

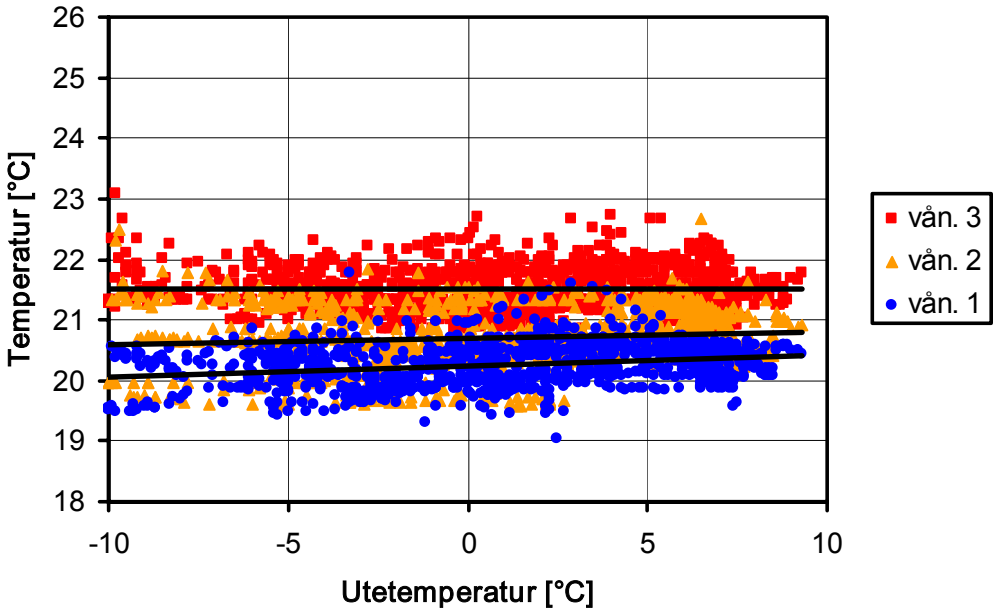
II = *Index som betecknar tillståndet <u>efter</u> injusteringen*

Med de framtagna värdena på avkylning och energianvändning beräknas reduceringen av fjärrvärmeflödet (enligt Ekvation 1) till 1.6 %. Detta är mycket nära det uppskattade värdet på 1.5 %, varför de framtagna värdena bedöms vara rimliga.

7.1.4. Rumstemperaturer

I Bild 7 visades att rumstemperaturen mättes i tre stycken lägenheter och var dessa lägenheter var placerade i Hus 1. Bild 16 visar hur temperaturen i lägenheterna varierar med utetemperaturen (för varje timme under hela dygnet) före injusteringen. Medeltemperaturen för varje lägenhet illustreras av linjära trendlinjer i diagrammet.

Bild 16. Rumstemperatur i tre lägenheter i Hus 1 (före injustering)



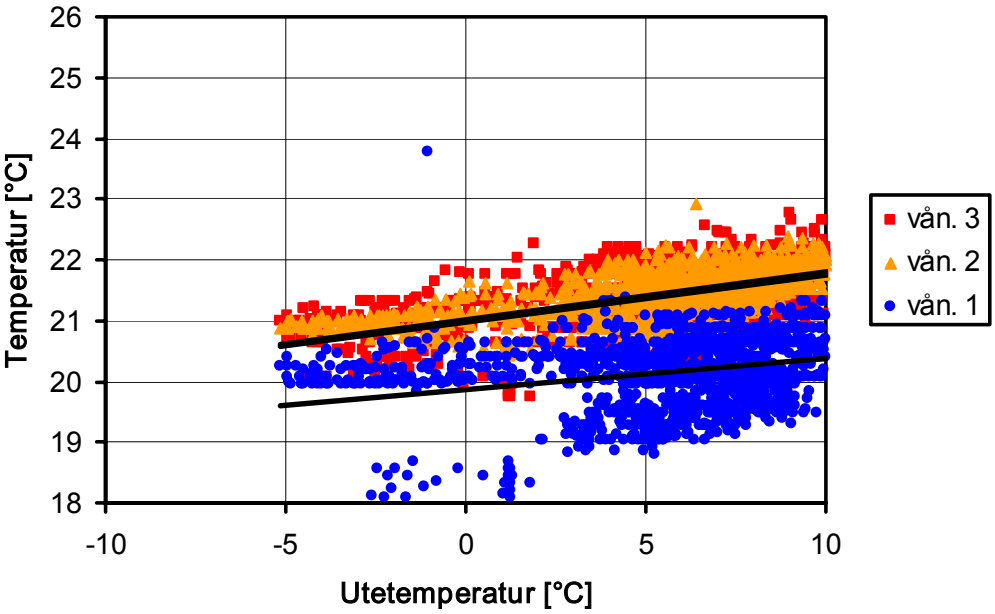
Rumstemperatur i tre lägenheter fördelade på tre våningar i Hus 1 före injustering. Antalet mättimmar är 1162 stycken.

Room temperatures, measured in three flats on three different floors, for Building 1 before balancing. The number of measurement hours is 1162.

Medeltemperaturen för de tre uppmätta lägenheterna uppgår till 20.8 °C. Diagrammet visar att rumstemperaturen är förhållandevis stabil för samtliga tre lägenheter, vilket tyder på att framledningstemperaturkurvan är väl anpassad efter byggnaden, trots den något underliga formen (se Bild 11). Den tydliga skiktningen i temperatur mellan lägenheterna, där lägenheten på den understa våningen är kallast medan lägenheten på den översta våningen är varmast, indikerar dock obalans i flödesfördelningen.

Rumstemperaturerna i de tre lägenheterna efter injusteringen visas i Bild 17 nedan. Diagrammet visar att temperaturerna i lägenheterna på våning 2 och 3 är lika, medan temperaturen i lägenheten på våning 1 avviker betydligt mot de övriga, särskilt under en tidsperiod på två veckor då rumstemperaturen sjönk betänkligt. Uppenbarligen har inte injusteringen lyckats utjämna obalansen för just denna lägenhet. Dessutom är det tydligt att utetemperaturen påverkar lägenhetstemperaturerna, vilket tyder på att framledningskurvan inte är riktigt rätt anpassad ännu.

Bild 17. Rumstemperatur i tre lägenheter i Hus 1 (efter injustering)



Rumstemperatur i tre lägenheter fördelade på tre våningar i Hus 1 efter injustering. Antalet mättimmar är 2194 stycken.

Room temperatures, measured in three flats on three different floors, for Building 1 after balancing. The number of measurement hours is 1162.

7.2. Hus 2

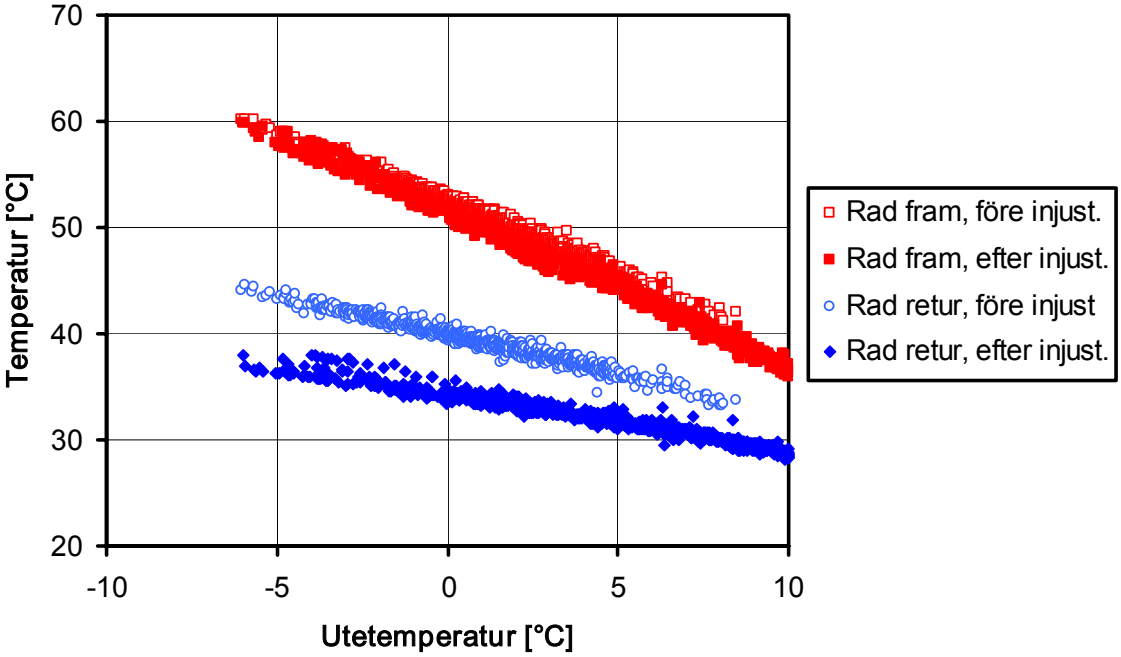
Mätningarna i Hus 2 före injusteringen började 2/2 år 2004 och slutade 14/3 år 2004. Mätningarna återupptogs 27/10 år 2004 och slutade 13/3 år 2005. Tyvärr uteblev en del mätvärden under båda perioderna beroende på problem med telefonnätet i området.

7.2.1. Systemtemperaturer

Bild 18 visar radiatorsystemets fram- och returledningstemperatur för olika utetemperaturer, före och efter injustering. Mätvärdena utgörs av timvärden uppmätta under hela dygnet. Som synes är framledningstemperaturen mer eller mindre oförändrad efter injusteringen, medan returtemperaturen är betydligt lägre. Detta beror på att radiatorflödet sänktes från 4.2 m^3/h till 2.8 m^3/h vid injusteringen.

Avkylningen på både primär- och sekundärsidan visas i Bild 19, i form av dygnsmedelvärden. Det framgår tydligt att injustering inte givit någon som helst effekt på fjärrvärmesidan. Statistik från förvaltaren visar en minskad avkylning på fjärrvärmesidan mellan år 2003 och 2004 på 0.1 °C, men som tidigare påpekats är detta inte ett representativt värde på resultatet av injusteringen. En uppskattning av avkylningen på fjärrvärmesidan under ett normalår ger dock mer eller mindre samma resultat; 46.3 °C både före och efter injusteringen, d.v.s. ingen förändring. På radiatorsidan har injusteringen gett något större verkan; den ökade avkylningen uppskattas till 3.0 °C för ett normalår (från 10.9 till 13.9 °C).

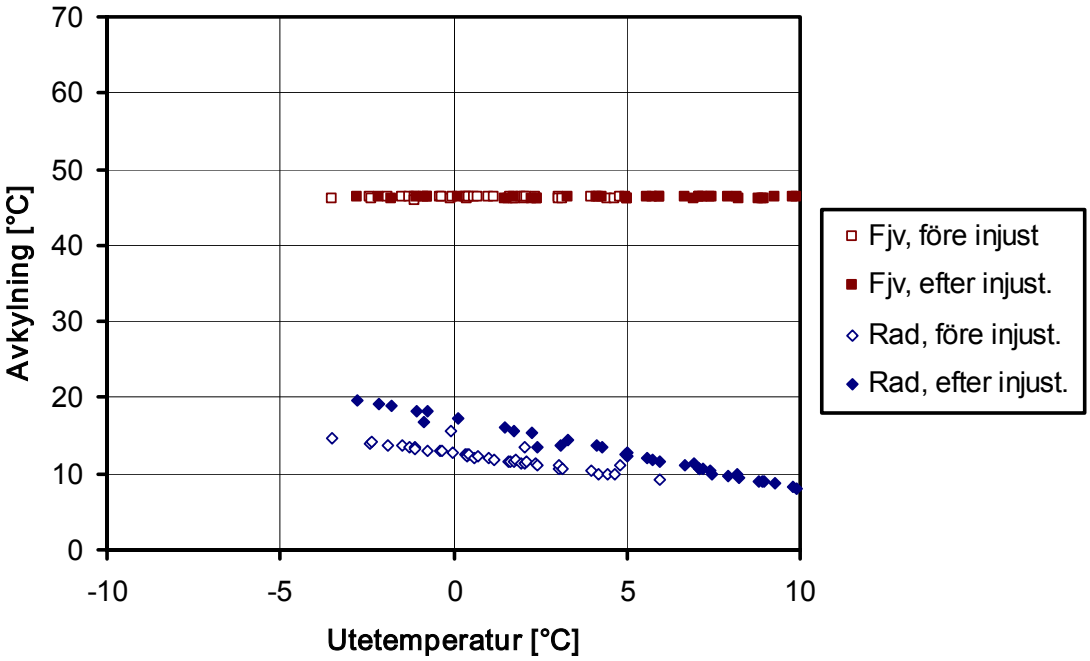
Bild 18. Radiatorsystemtemperaturer i Hus 2



Radiatorsystemets temperaturer i Hus 2 uppmätta under hela dygnet. Antalet mättimmar är 984 stycken före injustering och 975 stycken efter injustering.

Radiator system temperatures, measured during both day and night for Building 2. The number of measurement hours is 984 before balancing and 975 after balancing.

Bild 19. Avkylningen i Hus 2



Avkylningen på primär- och sekundärsidan i Hus 2 uppmätt under hela dygnet, före och efter injusteringen. Antalet mätdygn är 40 stycken före injusteringen och 39 stycken efter injusteringen.

Temperature drops on both primary and secondary sides for Building 2, measured during both day and night. The number of measurement days is 40 before balancing and 39 after balancing.

Den uteblivna förändringen av avkylningen på fjärrvärmesidan föranledde en utvidgad mätning under fem veckor i februari och mars år 2005 för Hus 2. Även Hus 1 mättes under denna period. Förutom de ”vanliga” in- och utgående temperaturerna på fjärrvärme- och radiatorsidan mättes även utgående tappvarmvattentemperatur, VVC returtemperatur samt utgående temperatur på fjärrvärmevattnet från radiatorväxlaren. Dessa extra mätningar visade att skillnaden i temperatur mellan utgående tappvarmvatten och VVC-retur endast är 2.7 °C för Hus 2 medan motsvarande differens uppgår till 11 °C för Hus 1. VVC-flödet är således betydligt högre i Hus 2 än i Hus 1. För Hus 2 innebär detta att fjärrvärmevattnet från radiatorväxlaren värms genom tappvattenväxlaren då tappning inte sker. Temperaturökningen uppgår i genomsnitt till cirka 2 °C efter injusteringen. Motsvarande temperaturökning existerar inte i Hus 1.

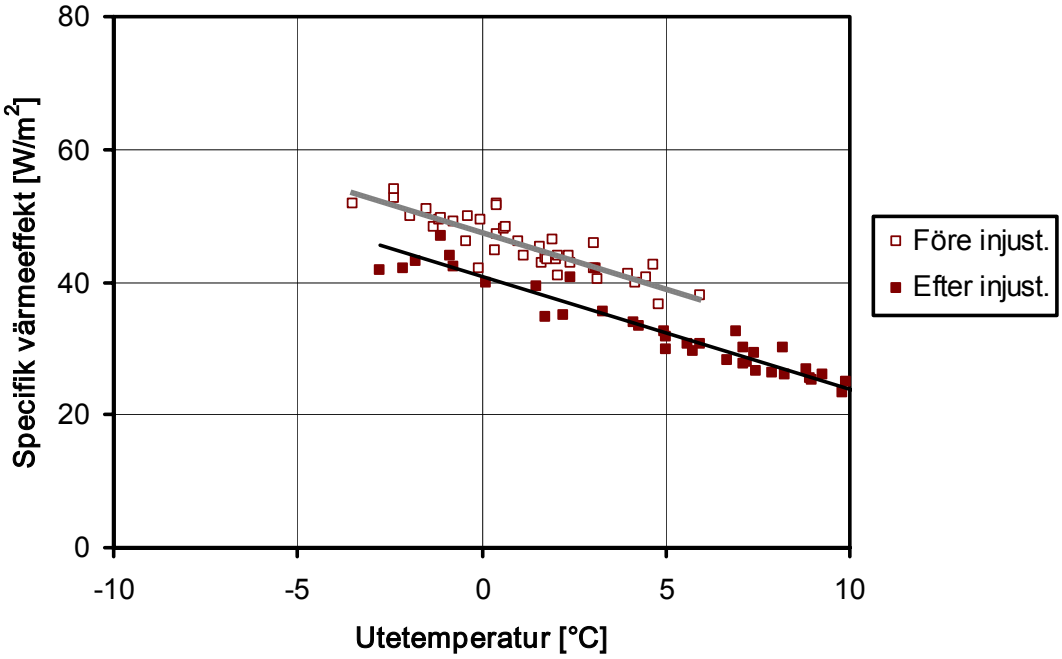
Mätningarna ger således indikationer på att tappvattensidan av fjärrvärmecentralen ger en negativ inverkan på avkylningen. Detta är troligen orsaken till att avkylningen inte ökar efter injusteringen trots att medeltemperaturen på radiatorsidan har sjunkit med ungefär 1.5 °C.

Det har inte funnits utrymme för att gå igenom och justera tappvattensystemet i detta arbete, men resultaten i Hus 2 visar ändå vikten av att även fokusera på tappvattensidan för att kunna få ut maximal nytta av en injustering.

7.2.2. Värmeenergi

Bild 20 visar hur värmeeffekten på fjärrvärmesidan varierar med utemperaturen. Data utgörs av dygnsmedelvärden bildade av timmätvärden. Diagrammet visar en tydlig reducering av energianvändningen. Statistik från förvaltaren visar en sänkning på 6.5 % (normalårskorrigerat värde) från år 2003 till år 2004. En bedömning av injusteringens inverkan för ett normalår, på samma sätt som för Hus 1, ger dock en reducering på 15.4 % (från 258.2 till 218.5 kWh/m^2/år).

Bild 20. Specifik värmeeffekt i Hus 2



Specifik värmeeffekt (med trendlinjer) på fjärrvärmesidan i Hus 2 uppmätt under hela dygnet. Antalet mätdygn är 40 stycken före injusteringen och 39 stycken efter injusteringen.

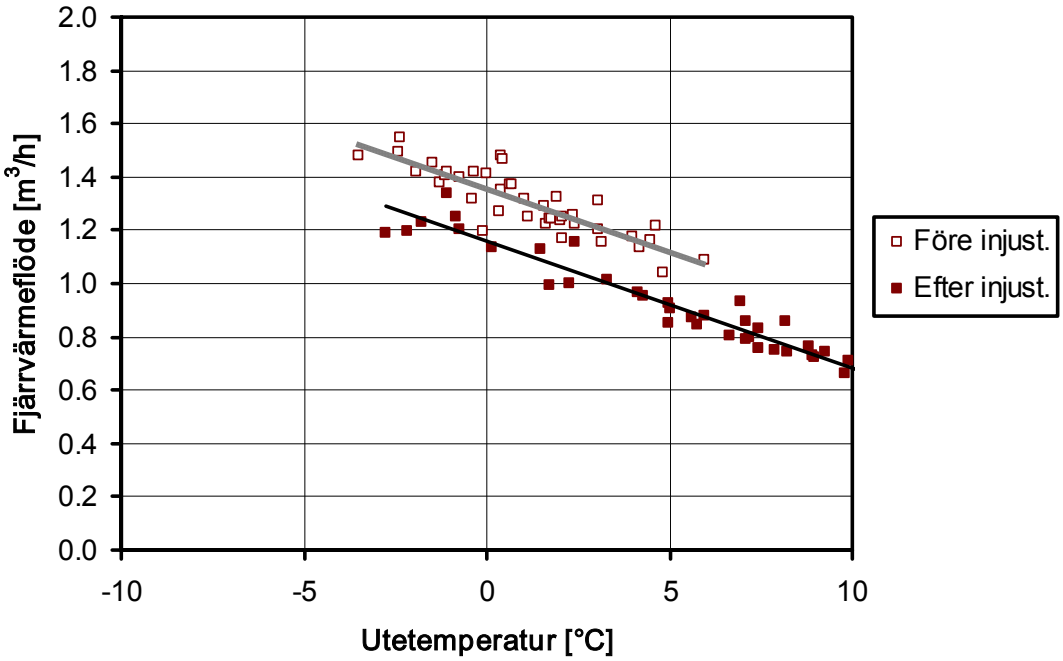
Thermal output on the primary side (district heating side) for Building 2, measured during both day and night. The number of measurement days is 40 before balancing and 39 after balancing.

7.2.3. Fjärrvärmeflöde

Enligt förvaltarens statistik reducerades fjärrvärmeflödet mellan år 2003 och 2004 med 8.7 %. Bild 21 visar hur fjärrvärmeflödet varierar med utetemperaturen. Skillnaden före och efter injusteringen är markant. En uppskattning av reduceringen ger ett årsmedelvärde på 15.7 % (från 0.84 till 0.71 m^3/h).

En kontroll av denna skattning, genom att använda Ekvation 1 på samma sätt som för Hus 1, ger ett beräknat värde på 15.4 %. Det uppskattade värdet överensstämmer således (mer eller mindre) med kontrollvärdet. De framtagna värdena för Hus 2 bedöms därför vara rimliga.

Bild 21. Fjärrvärmeflödet i Hus 2



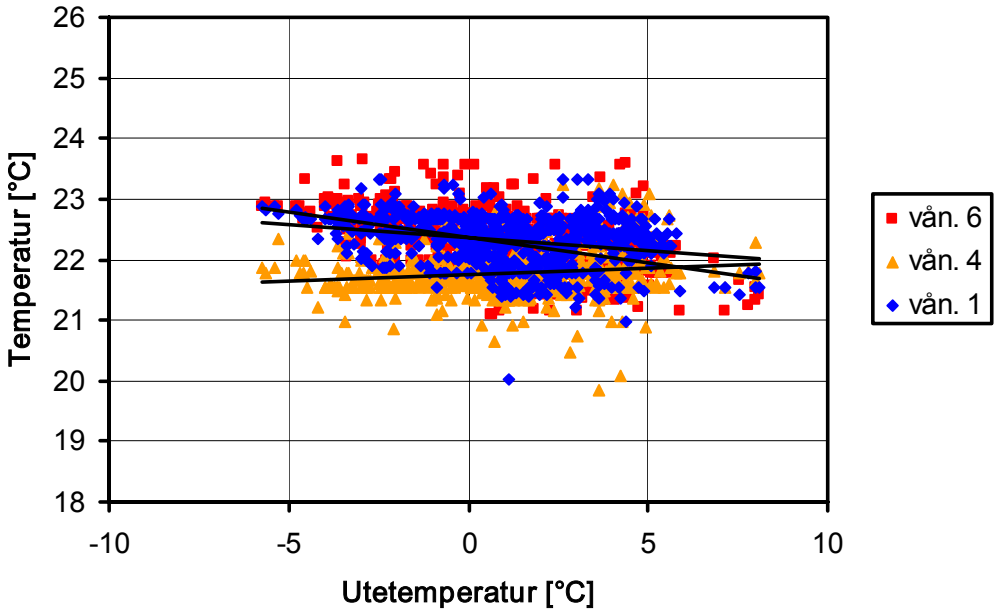
Fjärrvärmeflödet i Hus 2 uppmätt under hela dygnet. Antalet mätdygn är 40 stycken före injusteringen och 38 stycken efter injusteringen.

Flow of district heating water, measured during both day and night for Building 2. The number of measurement days is 40 before balancing and 38 after balancing.

7.2.4. Rumstemperaturer

I Bild 22 nedan visas hur rumstemperaturen i tre lägenheter varierar med utetemperaturen (mätvärdena är från hela dygnet) före injusteringen. Medeltemperaturen i respektive lägenhet markeras av linjära trendlinjer.

Bild 22. Rumstemperatur i tre lägenheter i Hus 2 (före injustering)



Rumstemperatur i tre lägenheter fördelade på tre våningar i Hus 2 före injustering. Antalet mättimmar är 706 stycken.

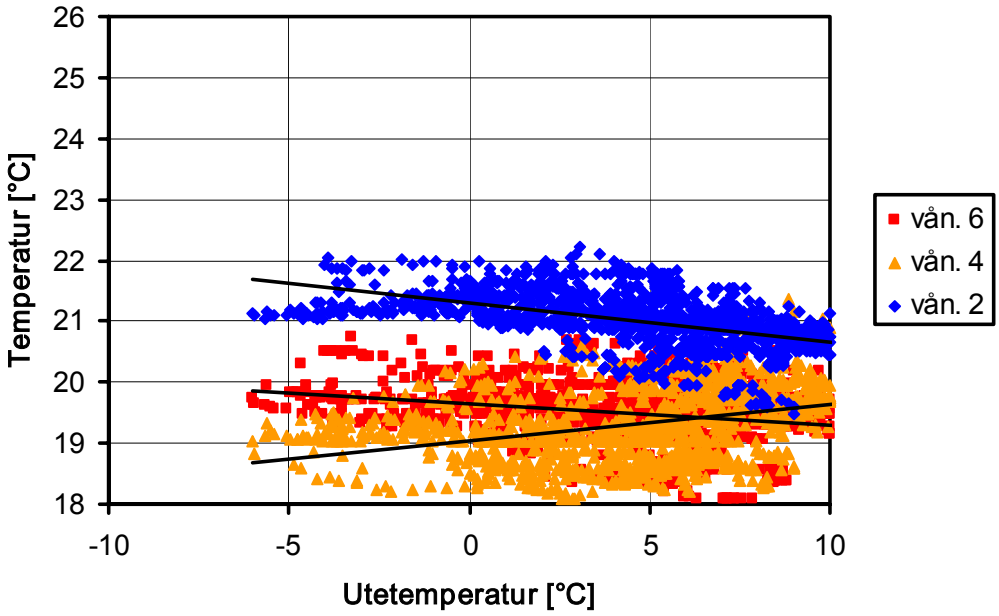
Room temperatures, measured in three flats on three different floors, for Building 2 before balancing. The number of measurement hours is 706.

Medeltemperaturen för de tre lägenheterna uppgår till 22.1 °C. I motsats till de tre uppmätta lägenheterna i Hus 1 existerar det ingen utpräglad skiktning i rumstemperatur mellan de tre lägenheterna i Hus 2, vilket kan tyda på en relativt bra flödesfördelning redan före injusteringen. Skillnaden i medeltemperatur mellan den varmaste och den kallaste uppmätta lägenheten i Hus 2 uppgår endast till 0.5 °C.

Efter injusteringen var en av lägenhetsinnehavarna tyvärr inte längre villig att ha en givare i bostaden, varför den placerades i lägenheten direkt ovanför. Dessa lägenheter är precis likadana och vetter åt samma väderstreck. Jämförelsen före och efter injusteringen för den aktuella lägenheten har dock naturligtvis gått förlorad.

Medeltemperaturen i de uppmätta lägenheterna sjönk med drygt 2 °C (till 20.0 °C) efter injusteringen, vilket visas i Bild 23. Temperaturerna i lägenheterna på våning 4 och 6 följer varandra precis på samma sätt som före injusteringen, medan den ”nya” lägenheten har något högre temperatur än de andra två. Temperaturen i lägenheten på våning 4 är förhållandevis låg (19.2 °C i genomsnitt under mätperioden). Till viss del kan detta bero på att lägenhetsinnehavaren sällan är hemma. Detta gäller även för lägenheten på våning 6.

Bild 23. Rumstemperatur i tre lägenheter i Hus 2 (efter injustering)



Rumstemperatur i tre lägenheter fördelade på tre våningar i Hus 2 efter injustering. Antalet mättimmar är 1360 stycken.

Room temperatures, measured in three flats on three different floors, for Building 2 after balancing. The number of measurement hours is 1360.

7.3. Hus 3

Mätningarna i Hus 3 före injusteringen pågick under perioden 5/2 – 23/3 år 2004. Det visade sig att en av temperaturgivarna av misstag hade försetts med en övre temperaturbegränsning på +85 °C av leverantören (i normala fall uppgår begränsningen till +125 °C). Olyckligtvis placerades just denna givare i fjärrvärmens framledning, vilket innebär att mätvärden högre än 85 °C inte kan redovisas.

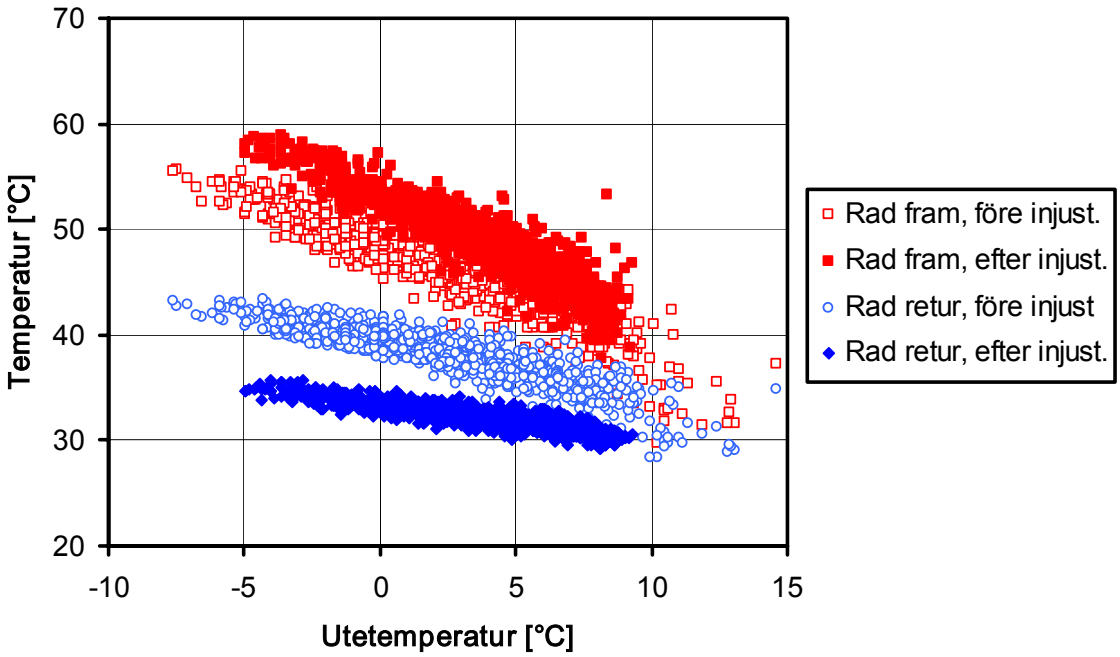
Efter injusteringen pågick mätningarna från 20/10 år 2004 till 28/1 år 2005. Den felaktiga givaren byttes innan mätningarna påbörjades och dessutom kompletterades mätsystemet med en utetemperaturgivare placerad precis vid fjärrvärmecentralens befintliga givare. Se Bild 9.

7.3.1. Systemtemperaturer

I Bild 24 visas radiatorsystemets fram- och returledningstemperatur för olika utetemperaturer, före och efter injustering. Mätvärdena är timvärden uppmätta under hela dygnet.

I diagrammet uppträder relativt stora fluktuationer i både framlednings- och returtemperatur, vilket tyder på brister i regleringen. Fluktuationer kan uppstå om reglerventilen är kraftigt överdimensionerad, vilket kan ge upphov till pendlingar på grund av alltför låg ventilauktoritet. I detta fall är reglerventilen för radiatorkretsen gammal och dessutom tämligen stor med ett k_{vs}-värde på 3.7 m^3/h, enligt uppgift från Göteborg Energi. En annan förklaring till de redovisade fluktuationerna kan härledas från det faktum att den redovisade utetemperaturen faktiskt inte mäts av samma givare som används av reglersystemet.

Bild 24. Radiatorsystemtemperaturer i Hus 3

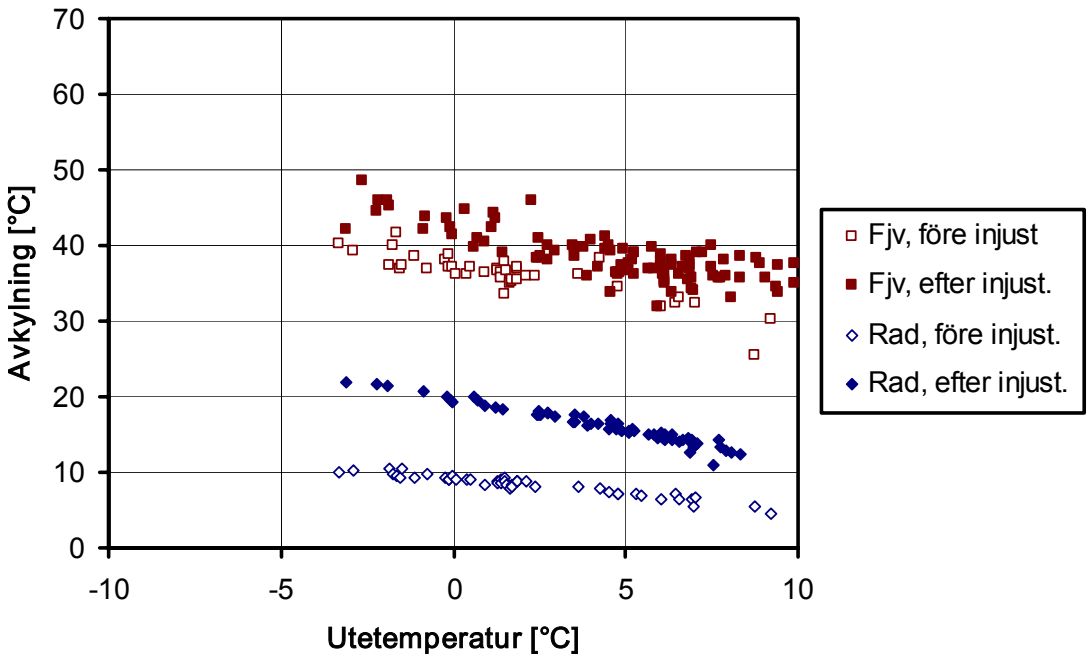


Radiatorsystemets temperaturer i Hus 3 uppmätta under hela dygnet. Antalet mättimmar är 1139 stycken före injusteringen och 1560 stycken efter injusteringen.

Radiator system temperatures, measured during both day and night for Building 3. The number of measurement hours is 1139 before balancing and 1560 after balancing.

Fluktuationer i framledningstemperaturen avspeglas på returtemperaturen, varför det inte är möjligt att påvisa termostaternas funktion. Mätningar av radiatorflödet över flera dygn visar dock ringa tendenser till flödesvariationer. Före injusteringen uppmättes radiatorflödet till 2.9 m^3/h och efter injusteringen till 1.3 m^3/h, vilket förklarar den stora skillnaden i avkylning på radiatorsidan i bilden nedan.

Bild 25. Avkylningen i Hus 3



Avkylningen på primär- och sekundärsidan i Hus 3 under hela dygnet. Antalet mätdygn är 47 stycken före injusteringen och 64 stycken efter injusteringen.

Temperature drops on the primary and secondary sides for Building 3, measured during both day and night. The number of measurement days is 47 before balancing and 64 after balancing.

Enligt statistik från förvaltaren ökade avkylningen på fjärrvärmesidan med 4.8 °C från år 2003 till år 2004. En skattning av den ökade avkylningen av fjärrvärmevattnet under ett normalår ger ett värde på 4.9 °C (från 33.7 till 38.6 °C). Motsvarande värde på radiatorsidan är 9.3 °C (från 7.8 till 17.1 °C).

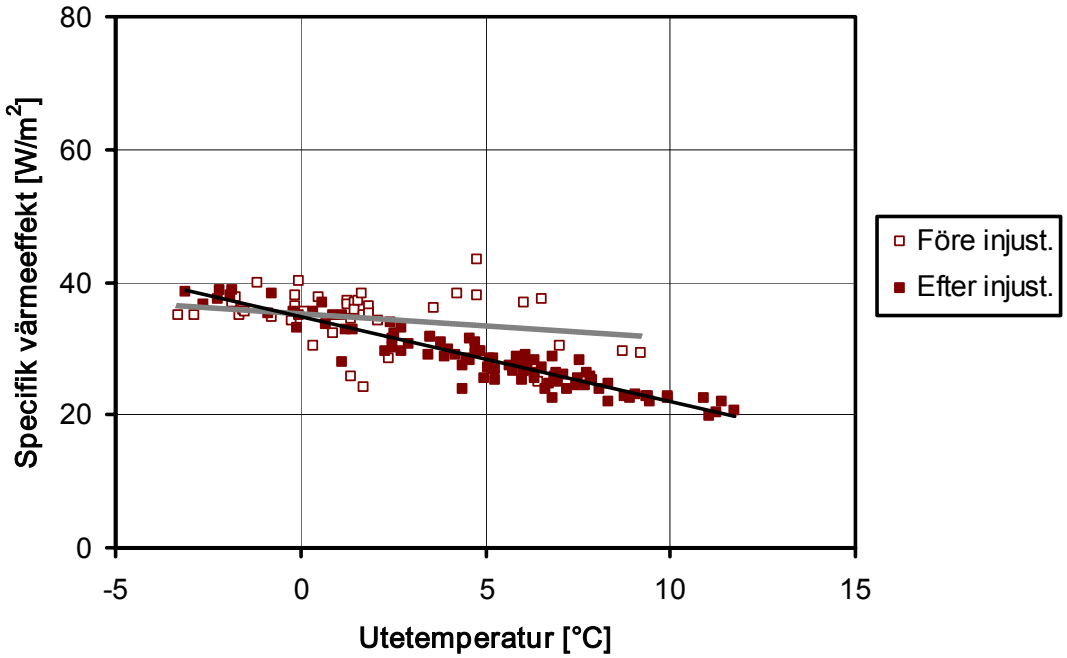
7.3.2. Värmeenergi

Före injusteringen varierar värmeeffekten (på fjärrvärmesidan) närmast stokastiskt med utetemperaturen, vilket visas i Bild 26. Mätvärdena utgörs av dygnsmedelvärden. Att det existerar ett samband mellan värmeeffekt och utetemperatur går knappt att skönja i diagrammet. Ett faktum som ytterligare förstärks av den nästintill horisontella trendlinjen. Efter injusteringen är utetemperaturberoendet dock mer framträdande.

Statistik från förvaltaren visar att energianvändningen minskade från år 2003 till år 2004 med 3.5 % (för normalårskorrigerade värden).

En skattning av den minskade värmeenergianvändningen blir visserligen tämligen grov i detta fall med tanke på fluktuationen hos mätvärdena före injusteringen, men beräknas till 12.1 % (från 213.3 till 187.6 kWh/m^2/år).

Bild 26. Specifik värmeeffekt i Hus 3



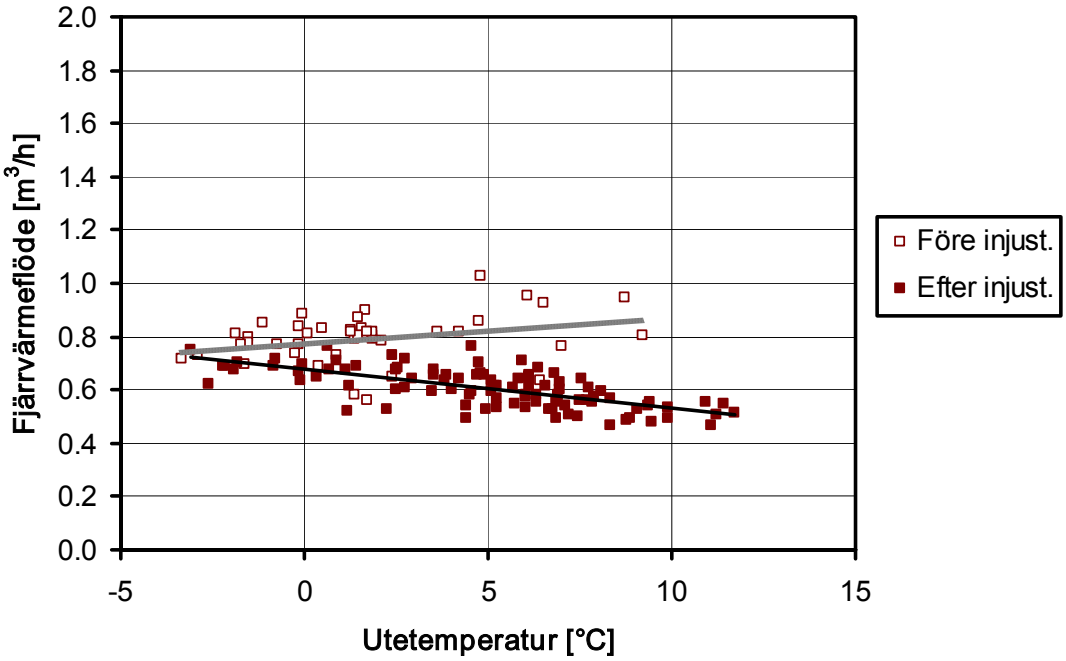
Specifik värmeeffekt (med trendlinje) på fjärrvärmesidan i Hus 3. Antalet mätdygn är 42 stycken före injusteringen och 100 stycken efter injusteringen.

Thermal output on the primary side (district heating side) for Building 3, measured during both day and night. The number of measurement days is 42 before balancing and 100 after balancing.

7.3.3. Fjärrvärmeflöde

Statistik från förvaltaren gör gällande att mängden använt fjärrvärmevatten minskade med 19 % år 2004 jämfört med år 2003. Bild 27 visar hur vattenflödet varierar med utetemperaturen före och efter injusteringen.

Bild 27. Fjärrvärmeflöde i Hus 3



Fjärrvärmeflöde i Hus 3 före och efter injusteringen. Antalet mätdygn är 42 stycken före injusteringen och 100 stycken efter injusteringen.

Flow of district heating water, measured during both day and night for Building 3. The number of measurement days is 42 before balancing and 100 after balancing.

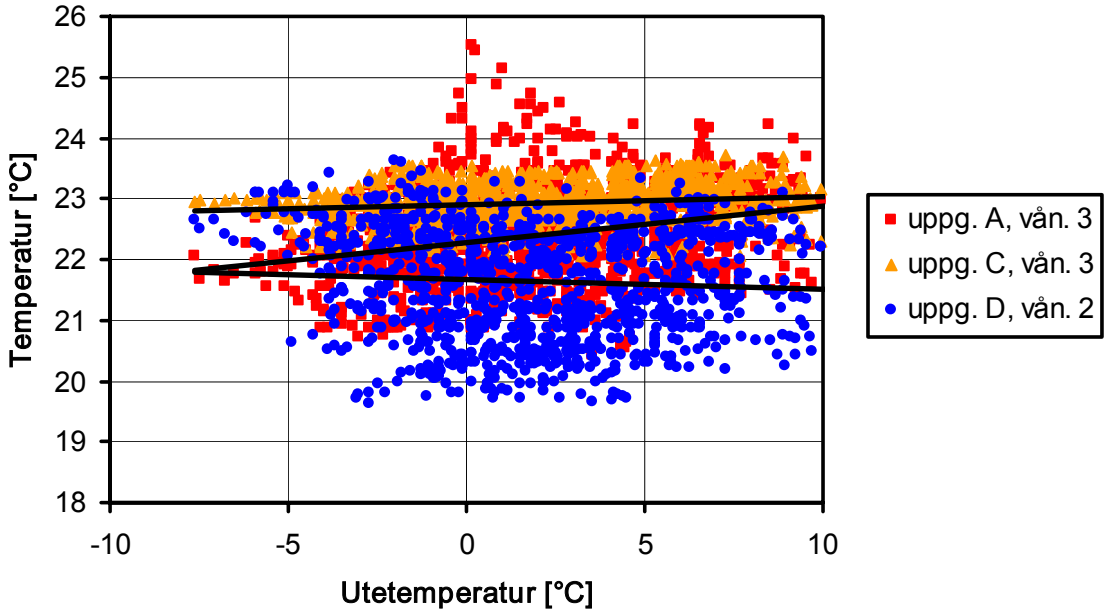
Mätvärdena i diagrammet utgörs av dygnsmedelvärden. Föga överraskande gäller det stokastiska mönstret före injusteringen även för fjärrvärmeflödet. Korrelationen mellan flöde och utetemperatur tar sig här uttryck i ett ökande flöde vid ökande utetemperatur, vilket kan verka orimligt. En uppskattning av skillnaden i fjärrvärmeflöde för ett normalår, med de visade kurvanpassningarna i Bild 27, ger en reducering efter injustering på 21.6 % (från 0.61 till 0.48 m^3/h).

Detta värde kan kontrolleras genom en jämförelse mot förändringen i avkylning och energianvändning, som tillsammans ger en beräknad förändring av fjärrvärmeflödet på 23.2 %, enligt Ekvation 1. Kurvanpassningen i ovanstående diagram verkar således ge ett värde som stämmer ganska väl överens med de övriga framtagna värdena. Men på grund av spridningen i mätvärdena bör värdena ändå betraktas med en viss försiktighet.

7.3.4. Rumstemperaturer

Bild 28 visar rumstemperaturen i tre uppmätta lägenheter (mätvärdena är från hela dygnet) före injusteringen. Medeltemperaturen i respektive lägenhet markeras av linjära trendlinjer.

Bild 28. Rumstemperatur i tre lägenheter i Hus 3 (före injustering)



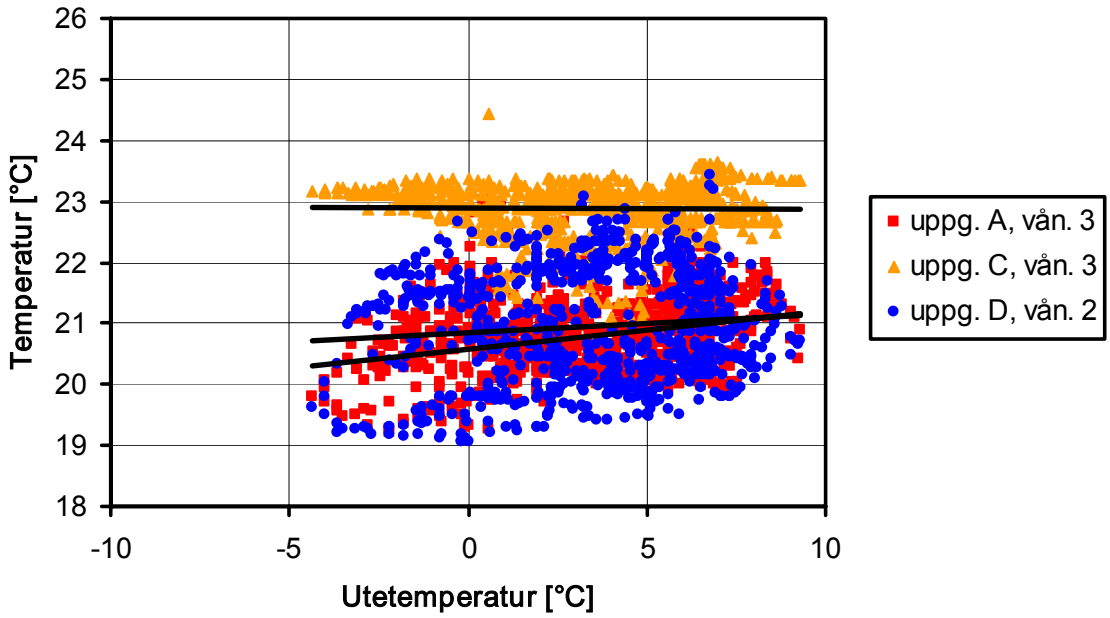
Rumstemperatur i tre lägenheter fördelade på två våningar i Hus 3 före injustering. Antalet mättimmar är 1139 stycken.

Room temperatures, measured in three flats on two different floors, for Building 3 before balancing. The number of measurement hours is 1139.

Uppmätt medeltemperatur för de tre lägenheterna är 22.3 °C, vilket tyder på att framledningstemperaturen är för hög. Dessutom är spridningen i mätvärdena av rumstemperaturen för respektive lägenhet relativt stor, vilket förmodligen kan härröras till fluktuationerna i framledningstemperaturen (se Bild 24). Mätvärdena i diagrammet uppvisar dessutom en viss skiktning mellan de tre lägenheterna, vilket indikerar obalans i flödesfördelningen. Skillnaden i medeltemperatur mellan den varmaste och den kallaste uppmätta lägenheten uppgår till 1.3 °C.

Efter injusteringen (se Bild 29) har medeltemperaturen sjunkit ungefär 0.8 °C för de tre lägenheterna, men att förändringen inte är större beror till stor del på att temperaturen i lägenheten på våning 3 i uppgång C är oförändrad jämfört med före injusteringen, d.v.s. ungefär 23 °C. Just denna lägenhet har varit föremål för diverse efterjusteringar, med syfte att öka rumstemperaturen. Den boende har upplevt att golven varit påfallande kalla, vilket har föranlett de påkallade efterjusteringarna.

Bild 29. Rumstemperatur i tre lägenheter i Hus 3 (efter injustering)



Rumstemperatur i tre lägenheter fördelade på två våningar i Hus 3 efter injustering. Antalet mättimmar är 840 stycken.

Room temperatures, measured in three flats on two different floors, for Building 3 after balancing. The number of measurement hours is 840.

7.4. Sammanställning av mätresultat

Nedan följer en översikt av framtagna resultat, byggda på mätvärden, för de tre husen. Resultaten presenteras i form av uppskattade förändringar i avkylning, fjärrvärmeflöde och energianvändning till följd av injusteringen.

Tabell 3. Sammanställning över resultat av injusteringen

	Hus 1	Hus 2	Hus 3
Ändrad medelavkylning, radiator [°C]	+ 7.1	+ 3.0	+ 9.3
Ändrad medelavkylning, radiator [%]	*+ 61.7*	*+ 27.5*	*+ 118.3*
Ändrad medelavkylning, fjärrvärme [°C]	+ 1.1	0.0	+ 4.9
Ändrad medelavkylning, fjärrvärme [%]	*+ 2.2*	*0.0*	*+ 14.5*
Ändrat fjärrvärmeflöde [m^3/h]	- 0.01	- 0.13	- 0.13
Ändrat fjärrvärmeflöde [%]	*- 1.5*	*- 15.7*	*- 21.6*
Ändrad energianvändning [kWh/m^2]	+ 0.8	- 39.6	- 25.8
Ändrad energianvändning [%]	*+ 0.4*	*- 15.4*	*- 12.1*

8. Kostnadsanalys

En generell kostnadsanalys av injusteringen och dess konsekvenser bör ta hänsyn till följande aspekter:

- Kostnad för injustering.
- Förändring i driftsekonomi för fastighetsförvaltare.
- Förändring i driftsekonomi för fjärrvärmeleverantör.
- Lönsamhet av gjorda åtgärder.

I syfte att generalisera resultaten har tre olika orter och därmed tre olika fjärrvärmeleverantörer med olika nät och olika prissättningar använts vid analysen. Dessa orter är Göteborg, Borås och Stockholm.

8.1. Kostnad för injustering

Kostnaden för en injustering beror naturligtvis på hur stor byggnaden är, om ventilerna behöver bytas och vad som åtgärdas i övrigt. I de tre fallen i denna rapport ingick även extraordinära uppgifter i entreprenörens arbete, såsom dokumentation av befintliga ventilinställningar innan själva injusteringen och av funna avvikelser. Av denna anledning och beroende på att de aktuella byggnaderna var relativt små är det mycket vanskligt, för att inte säga direkt felaktigt, att betrakta kostnaderna för dessa injusteringar som generella.

En allmän uppskattning av kostnader i samband med injustering har därför utförts av entreprenören (se Tabell 4 nedan). Uppskattningen gäller visserligen fortfarande för de aktuella byggnaderna, varför värdena är något högre än om byggnaderna hade varit större. Detta gäller speciellt för Hus 3 som är klart minst av fastigheterna. Värderingen är dessutom utan hänsyn till eventuella utbyten av ventiler, termostater eller pumpar. Samtliga kostnaderna som redovisas är exklusive moms.

Tabell 4. Sammanställning över kostnader för injustering

	Hus 1	Hus 2	Hus 3
Injusteringskostnad [SEK]	20 000	21 000	14 500
Injusteringskostnad per lägenhet [SEK/lgh]	850	700	1100
Injusteringskostnad per ventil [SEK/ventil]	150	160	240

Vedertagna värden för endast injusteringskostnaden per ventil är normalt 100 – 150 SEK. Men detta gäller, som sagt, för normalfallet med betydligt fler ventiler att injustera, vilket innebär att kostnaderna per ventil för framtagning av ritningsunderlag och beräkning av effektbehov och inställningsvärden reduceras. I ovanstående sammanställning överskuggar just dessa kostnader faktiskt själva injusteringsarbetet på plats.

Om även byte av ventil (och termostat) inkluderas, förutom själva injusteringen, ligger kostnaden schablonmässigt på ungefär 500 SEK/ventil. Enligt entreprenören i detta

arbete kan följande siffror användas för kostnaderna vid byten av komponenter (material och arbete) för de aktuella byggnaderna; 175 SEK/ventil, 160 SEK/termostat och 7500 SEK/pump.

En sammanställning av gjorda åtgärder samt uppskattning av den totala kostnaden för de tre fastigheterna visas i Tabell 5. Det visar sig, för samtliga hus, att kostnaderna för byten av komponenter överstiger själva injusteringsarbetet.

Tabell 5. Sammanställning över gjorda åtgärder och kostnader

	Hus 1	Hus 2	Hus 3
Injustering utförd	Ja	Ja	Ja
Byte av cirkulationspump	Ja	Nej	Ja
Byte av ventiler	Ja	Nej	Nej
Byte av termostater	Ja, 25 %	Ja	Ja
Antal ventiler (och termostater)	127	132	60
Injusteringskostnad [SEK]	*20 000*	*21 000*	*14 500*
Kostnad för byte av komponenter [SEK]	*34 800*	*21 100*	*17 100*
Total kostnad (exkl. moms) [SEK]	54 800	42 100	31 600
Total kostnad (inkl. moms) [SEK]	**68 500**	**52 625**	**39 500**

8.2. Förändring i driftsekonomi för fastighetsförvaltaren

En följd av injustering är ofta att medeltemperaturen i byggnaden reduceras, vilket ger en lägre energianvändning. Detta kan många gånger vara själva syftet med injusteringen. Driftsekonomin för fastighetsförvaltaren beror ju i stor utsträckning på nivån på värmeenergianvändningen. Men olika fjärrvärmeleverantörer har olika priser, som är uppbyggda på olika sätt. Priset beror därför inte enbart på värmeenergi-användningen utan exempelvis även på mängden fjärrvärmevatten som används eller på den dimensionerande effektnivån. Av denna anledning har tre olika prissättningar jämförts för att se hur olika besparingen blir till följd av injusteringen.

Förutom de direkta kostnader som driften av en fastighet innebär, uppkommer även kostnader för att ta hand om eventuella klagomål från de boende. Dessa klagomål kan naturligtvis röra de mest skilda områden, men en av de vanligaste anledningarna är förmodligen upplevd brist på termisk komfort, d.v.s. att det känns för kallt eller för varmt i bostaden.

8.2.1. Kostnad för bristande termisk komfort

Att sätta en kostnad på hanteringen av klagomål vid bristande komfort är inte helt enkelt. Incitamentet för fastighetsförvaltaren att åtgärda ett system beror i de flesta fall på den direkta synliga driftskostnaden, d.v.s. på energianvändningen. Kostnaden för upplevd bristande komfort är inte synlig på samma sätt, eftersom hanteringen ligger i fastighetsvärdens normala uppgifter. Men schablonmässigt kan kostnaden sättas till ungefär 500 kronor per ”utryckning”, enligt Bostadsbolaget.

För kvartersvärdarna för fastigheterna i detta arbete har injusteringen inneburit helt skilda responser från de boende. Antalet klagomål har tidigare varit, som mest, ett i veckan för Hus 1 och nästan inga alls för Hus 2 och Hus 3. I Hus 1 upphörde klagomålen helt efter injusteringen, medan de ökade i antal i Hus 2 och Hus 3. Först

efter att några lägenheter efterjusterats och framledningskurvan justerats upphörde klagomålen i Hus 2. I Hus 3 krävdes en del efterjusteringar och avluftningar i några lägenheter för att klagomålen skulle upphöra även där. Totalt sett gav dock inte klagomålen efter injusteringen upphov till mer än ungefär 5 insatser per hus (för Hus 2 och Hus 3).

Det är slående att de hus där energianvändningen reducerats mest (Hus 2 och Hus 3) också givit upphov till flest klagomål på bristande komfort efter injusteringen. Uppenbarligen har flödesfördelningen tidigare varit i obalans i Hus 1, vilket har givit upphov till klagomål. Efter injusteringen har detta rättats till utan att energianvändningen minskat. Några har fått det lite kallare, utan att uppleva det som en brist i komforten och de som tidigare har klagat har fått det lite varmare. I Hus 2 och Hus 3 däremot har mer eller mindre samtliga boende fått sänkt rumstemperatur, vilket givit upphov till klagomål.

Endast för ett hus, Hus 1, bidrar således injusteringen till en minskad kostnad avseende hanteringen av klagomål. Om antalet klagomål per vecka uppskattas till 0.5 i genomsnitt (medelvärdet av antalet när det har varit som mest respektive minst) fås en besparing på uppskattningsvis 13 000 SEK/år. För Hus 2 och Hus 3 ökade däremot kostnaden för injusteringen med cirka 2 500 SEK beroende på uppkomna klagomål (5 insatser a´ 500 kronor).

8.2.2. Reducering av energianvändning

Gemensamt för samtliga fjärrvärmeleverantörers prissättningar är att energianvändningen utgör en mer eller mindre stor del. Oftast är den dominerande, varför en redovisning av den uppskattade energianvändningen före och efter injusteringen för samtliga hus kan vara på sin plats.

Tabell 6. Beräknad förändring av energianvändning

	Hus 1	Hus 2	Hus 3
Energianvändning före injustering [MWh]	265.4	388.8	199.9
Energianvändning efter injustering [MWh]	266.5	329.1	175.7
Uppskattad förändring efter injustering [MWh]	+ 1.1	- 59.7	- 24.2
Uppskattad förändring efter injustering [%]	+ 0.4	- 15.4	- 12.1

Uppskattningen av energianvändningen före och efter injusteringen, utgående från mätvärden, visar att Hus 2 och Hus 3 har minskat sin användning betydligt, medan förändringen i Hus 1 är nästintill obefintlig. Den största förändringen sker i Hus 2, vilket har sin förklaring i att denna fastighet primärt var intressant för injustering just på grund av hög energianvändning.

8.2.3. Göteborg

Göteborg Energis prissättning bygger på två delar; energikapacitet och energianvändning. Nedanstående redovisade uppgifter gäller från och med 1/1 år 2005 för företag och är exklusive moms [ref. 2].

Kapacitetspriset baseras på de två senaste årens värmeenergianvändning, vilket innebär att det är först två år efter injusteringen som detta pris blir fullt ut reducerat.

Energipriset i Göteborg är beroende av årstid. Under sommarhalvåret (maj-okt) är priset 180 SEK/MWh, medan det är 404 SEK/MWh under vinterhalvåret (nov-april). Om eventuella förändringar av pris eller konsumentprisindex bortses blir den totala

kostnaden för de tre husen enligt följande tabell. Kostnaden är exklusive moms. År 1 i tabellen motsvarar första året efter injusteringen.

Tabell 7. Total kostnad per år exkl. moms (Göteborg)

	Hus 1	Hus 2	Hus 3
Före injustering	136 560	195 690	101 663
År 1	136 660	174 959	95 012
År 2	136 742	170 782	92 961
År 3 (och efter)	136 823	166 604	90 910

Energikostnaden utgör knappt 70 % av den totala kostnaden för samtliga tre byggnader, både före och efter injusteringen. Prismedelvärdet, enbart relaterat till energianvändningen, för de tre husen blir 0.647 SEK/kWh inklusive moms. Motsvarande värde i Nils Holgersson-undersökningen för år 2004 är 0.623 SEK/kWh.

Maximal besparing (per år) uppnås efter två år och visas i Tabell 8 nedan. I samma tabell visas också pay-off tiden för injusteringen, som fås genom att kombinera de beräknade kostnadsförändringarna (inklusive moms), avseende drift och klagomål, med kostnaderna för injusteringen (se Tabell 5). Det ska påpekas att om ingen hänsyn tas till den reducerade kostnaden för uteblivna klagomål, så skulle pay-off tiden bli oändlig för Hus 1 eftersom energianvändningen faktiskt ökar något efter injusteringen för denna fastighet.

Tabell 8. Besparing och pay-off tid (Göteborg)

	Hus 1	Hus 2	Hus 3
Maximal kostnadsbesparing (per år) [%]	6.9	14.9	10.6
Pay-off tid [år]	5.4	1.9	3.7

8.2.4. Borås

Borås Energis pris bygger på tre delar; fast avgift, flödeskapacitet och energi-användning. Uppgifterna gäller från och med 1/9 år 2003 för företag och är utan moms [ref. 3].

Flödeskapaciteten utgörs av det maximala behovet av flöde och kan bestämmas av kunden genom inställningen av en flödesbegränsare. Schablonmässigt kan maximalt flödesbehov dock beräknas utgående från dimensionerande effektbehov och avkylning. Normalt räknar Borås Energi med en avkylning på 50 °C (ibland högre) och med en utnyttjningstid på cirka 2 700 timmar för ett normalår. Används detta förfarande fås följande maximala flödesbehov före och efter injusteringen.

Tabell 9. Uppskattat maximalt flödesbehov [m^3/h] (Borås)

	Hus 1	Hus 2	Hus 3
Före injustering	1.72	2.52	1.30
Efter injustering	1.73	2.14	1.14

Värdena i ovanstående tabell är framtagna utifrån energianvändningen före och efter injusteringen för ett normalår (se Tabell 6) dividerat med utnyttjningstiden och ansatt avkylning. Samtliga tre hus hamnar i prisgrupp 3 enligt Borås Energis prissättning. Den fasta avgiften per år i denna kategori är 4 780 SEK. Energipriset är 328.8 SEK/MWh året runt och oavsett prisgrupp. Avgiften för installerad flödeskapacitet uppgår till 24 475 SEK/(m^3/h). Total kostnad, före och efter injustering, åskådliggörs i följande tabell. Kostnaden är exklusive moms.

Tabell 10. Total kostnad per år exkl. moms (Borås)

	Hus 1	Hus 2	Hus 3
Före injustering	134 140	194 291	102 315
Efter injustering	134 767	165 362	90 463

Energikostnaden utgör ungefär 65 % av den totala kostnaden, medan kostnaden för den maximala flödeskapaciteten uppgår till ungefär 30 % för samtliga hus. Resterande 5 % utgörs således av den fasta avgiften. Prismedelvärdet för samtliga hus är 0.633 SEK/kWh inklusive moms, vilket kan jämföras med 0.650 SEK/kWh från Nils Holgersson-undersökningen (år 2004). Besparingen per år och pay-off tiden för varje hus visas i följande tabell.

Tabell 11. Besparing och pay-off tid (Borås)

	Hus 1	Hus 2	Hus 3
Maximal kostnadsbesparing (per år) [%]	6.8	14.9	11.6
Pay-off tid [år]	5.6	1.5	2.8

8.2.5. Stockholm

Fortums prissättning för Stockholm bygger på fyra delar; fast avgift, effektkapacitet, flödesanvändning och energianvändning. Samtliga prisuppgifter gäller från 1/1 år 2005 för företag och är exklusive moms [ref. 4].

Den fasta avgiften beror på den abonnerade effekten och är för de aktuella byggnaderna 6 000 SEK/år. Den abonnerade effekten beräknas som medelvärdet av den normalårskorrigerade energianvändningen under aktuellt och föregående års januari- och februarimånader dividerat med 700 timmar. Kostnaden per år för den abonnerade effekten, förutom den fasta avgiften, uppgår till 592 SEK/kW. Precis som i fallet med Göteborg Energi kommer således maximal besparing att uppnås först två år efter injusteringen. I nedanstående tabell visas hur den abonnerade effekten för de tre byggnaderna förändras på grund av injusteringen. Värdena är uppskattade utifrån kurvanpassningar till mätvärden och normalårstemperaturer för januari och februari.

Tabell 12. Abonnerad effekt [kW] (Stockholm)

	Hus 1	Hus 2	Hus 3
Före injustering	105	150	68
År 1	105	145	68
År 2	104	134	68
År 3 (och efter)	104	129	68

Flödesavgiften beräknas på mängden fjärrvärmevatten som använts under perioden oktober till april och uppgår till 2.0 SEK/m^3. Tabell 13 visar använt fjärrvärmevatten under denna period.

Tabell 13. Använt fjärrvärmevatten under vintertid [m^3] (Stockholm)

	Hus 1	Hus 2	Hus 3
Före injustering	3980	6198	4111
Efter injustering	3968	5177	3243

Energipriset beror på årstiden och uppgår till 345 SEK/MWh under vintern (okt – april) och 180 SEK/MWh under sommaren (maj – sep). Den totala kostnaden, före och efter injusteringen, visas i Tabell 14 nedan. Kostnaden är exklusive moms.

Tabell 14. Total kostnad per år exkl. moms (Stockholm)

	Hus 1	Hus 2	Hus 3
Före injustering	161 447	231 168	117 538
År 1	161 658	206 806	108 769
År 2	161 066	200 294	108 769
År 3 (och efter)	161 066	197 334	108 769

Energikostnaden uppgår till strax över 50 % av den totala kostnaden för de tre byggnaderna, både före och efter injusteringen, vilket är en tydlig skillnad mot de övriga orterna. Kostnaden för effektkapaciteten (inklusive den fasta avgiften) står för lite mer än 40 %, medan flödeskostnaden i Stockholm endast uppgår till 5 % av den totala kostnaden för de betraktade husen. Prismedelvärdet för de tre husen är 0.760 SEK/kWh inklusive moms, vilket kan jämföras med 0.725 SEK/kWh från Nils Holgersson-undersökningen för år 2004.

Maximal besparing per år, vilket uppnås efter två år, samt pay-off tid visas i Tabell 15.

Tabell 15. Besparing och pay-off tid (Stockholm)

	Hus 1	Hus 2	Hus 3
Maximal kostnadsbesparing (per år) [%]	6.3	14.6	7.5
Pay-off tid [år]	5.1	1.7	3.8

8.2.6. Sammanställning av förändring i driftsekonomi

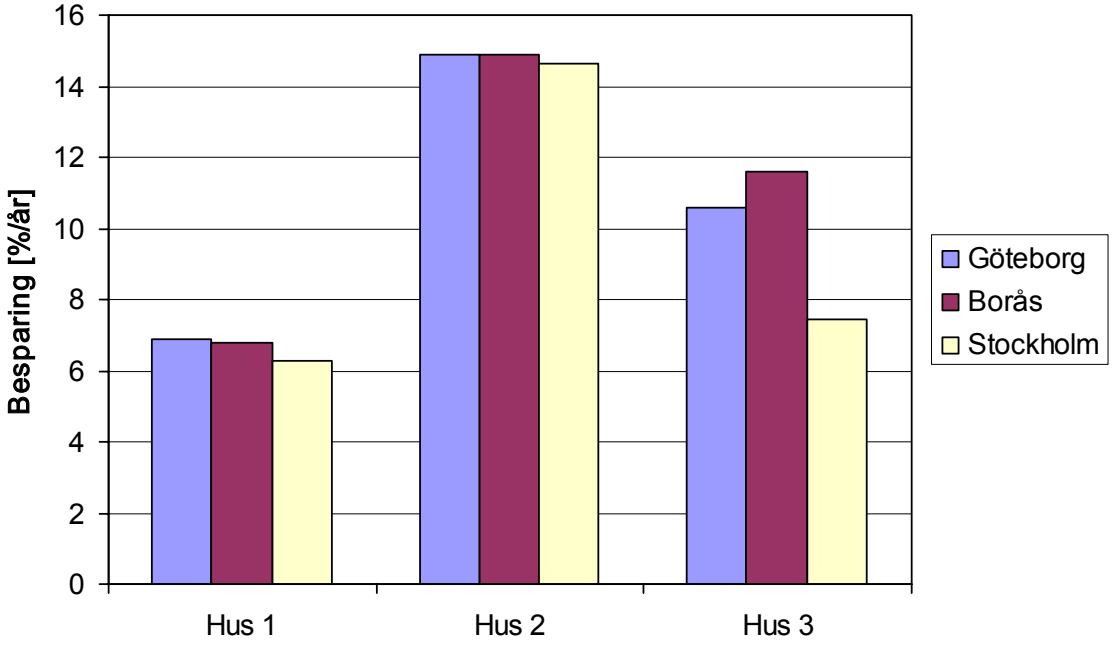
Resultaten är naturligtvis approximativa, då de bygger på uppskattade värden och som det här arbetet har försökt visa är inget system konstant utan ändrar sig med tiden. Resultaten visar en förhållandevis stor spridning mellan husen medan skillnaden mellan orterna inte är så stor (möjligtvis med undantag för Hus 3), trots olika nivåer och sammansättning av de olika orternas priser. Prisnivån är dock ungefär samma i Borås och Göteborg (cirka 1 % högre i Göteborg) medan priset i Stockholm är cirka 18 % högre än i Göteborg.

I avgiftsundersökningen ”Nils Holgersson” för år 2004 [ref. 6] är priset i Stockholm drygt 16 % högre än i Göteborg, vilket därmed stämmer ganska bra med de framtagna

skillnaderna i denna rapport. Däremot visar Nils Holgersson-undersökningen att priset i Göteborg är cirka 4 % lägre än i Borås, vilket således inte stämmer så bra med de framtagna värdena. Det finns dock flera förklaringar till diskrepansen, bland annat används prissättningar från 2005 för Göteborg och Stockholm i denna rapport, medan prissättningen för Borås är från 2003. Enligt Nils Holgersson-undersökningen har fjärrvärmepriset ökat med 30 % i Göteborg och med över 40 % i Stockholm under de senaste 5 åren, vilket naturligtvis har ganska stor inverkan på diskrepansens uppkomst. En annan faktor är att fastigheterna i denna rapport förstås skiljer sig från det typhus som använts i Nils Holgersson-undersökningen.

I följande diagram visas en sammanställning av den maximala kostnadsbesparingen i procent per år för de olika orterna, utgående från kostnaderna (drift och klagomål) före och efter injusteringen.

Bild 30. Beräknad maximal kostnadsbesparing



Beräknad maximal kostnadsbesparing, till följd av injusteringen, uppdelat för respektive hus och ort.

Estimated highest cost saving, due to balancing, for each building and for each district.

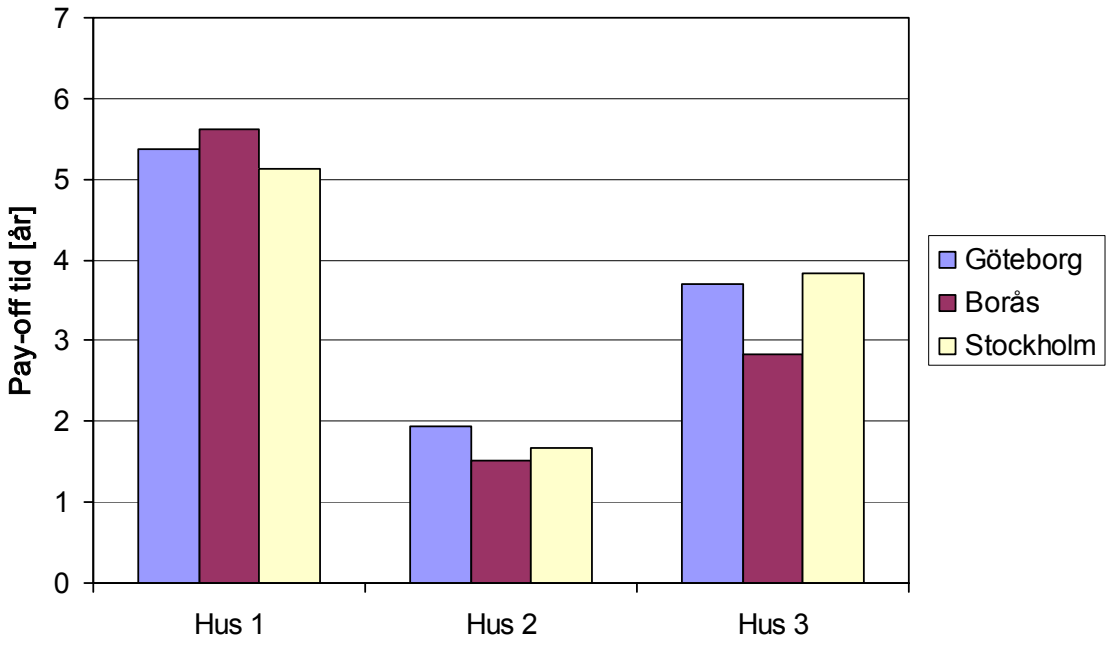
Besparingen är klart störst för Hus 2, där både effekt-, flödes- och energianvändning reducerats betydligt. Skillnaden i besparing mellan orterna för denna fastighet är av denna anledning minimal.

För Hus 1 är det omvänt; energianvändningen har inte reducerats överhuvudtaget. Besparingen beror istället på att klagomålen reducerats, vilket ger minst inverkan på den ort med högst fjärrvärmepris överlag, d.v.s. Stockholm.

För Hus 3 har den genomsnittliga energi- och flödesanvändningen minskat stort, medan effektbehovet under vintertid inte har påverkats nämnvärt (se Bild 26). Som tidigare påpekats utgör kostnaden för effektkapaciteten över 40 % av det totala priset i Stockholm, medan flödeskostnaden endast utgör 5 %. Följden är att besparingen för Hus 3 blir lägst i Stockholm. I Borås blir däremot besparingen störst, eftersom det beräknade maximala flödesbehovet (som utgår från energianvändningen) har reducerats ordentligt.

Genom att kombina besparingarna med injusteringskostnaden kan pay-off tiden för injusteringen tas fram för de olika orterna. Detta visas i följande diagram.

Bild 31. Beräknad pay-off tid för injusteringen



Beräknad pay-off tid för injusteringen för respektive hus och ort.

Estimated pay-off time for balancing, for each building and for each district.

En jämförelse mellan de olika orterna visar ingen tydlig trend. Kortast pay-off tid för Hus 1 fås i Stockholm och för Hus 2 och Hus 3 i Borås. Längst pay-off tid för Hus 1 fås i Borås, för Hus 2 i Göteborg och för Hus 3 i Stockholm.

En jämförelse mellan husen visar att pay-off tiden är klart kortast för Hus 2 (under 2 år för samtliga orter). För Hus 1 är däremot pay-off tiden ungefär tre gånger så lång och för Hus 3 dubbelt så lång. Att Hus 2 visar sig vara så överlägset när det gäller pay-off tiden är ju inte så förvånande med tanke på Bild 30 som visade att besparingen är störst för just denna fastighet. Dessutom byttes varken ventiler eller pump i denna fastighet, vilket ger en jämförelsevis låg total injusteringskostnad.

För Hus 3 är däremot den totala injusteringskostnaden förhållandevis hög (bara pumpbytet utgör nästan 25 % av den totala kostnaden), vilket naturligtvis inverkar negativt på pay-off tiden. Bortses pumpbytet reduceras pay-off tiden med strax under ett år.

Hus 1 har också en relativt hög total injusteringskostnad (jämfört med Hus 2) och dessutom har varken energi- eller flödesanvändningen förändrats nämnvärt efter injusteringen, vilket ger denna fastighet längst pay-off tid överlag. Att pay-off tiden ändå är så kort som runt 5 år beror enbart på att kostnaden för klagomål har minskat drastiskt för detta hus.

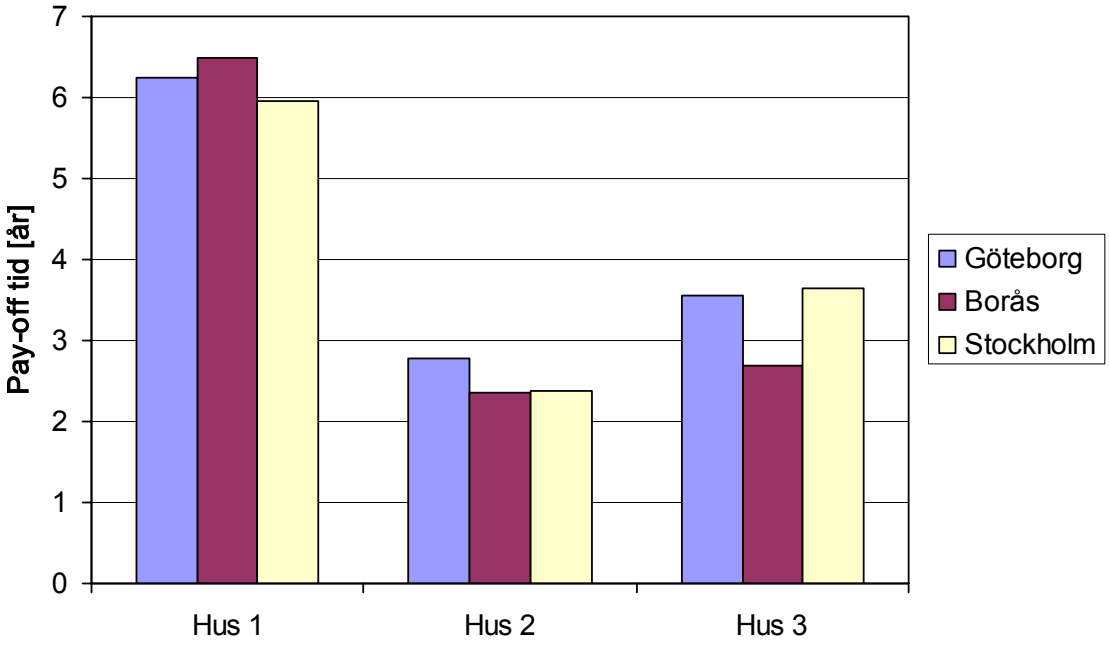
I syfte att generalisera resultaten kan det vara intressant att förse samtliga hus med exakt samma typ av injustering. Inga pumpbyten sker i denna fiktiva injustering medan samtliga ventiler och termostater antas behöva bytas. Kostnaden för byten och för injusteringsarbete antas uppgå till 500 SEK/ventil (exklusive moms), vilket ger följande tabell.

Tabell 16. Kostnad för fiktiv injustering

	Hus 1	Hus 2	Hus 3
Antal ventiler	127	132	60
Kostnad per ventil [SEK]	500	500	500
Injusteringskostnad (exkl. moms) [SEK]	63 500	66 000	30 000
Injusteringskostnad (inkl. moms) [SEK]	**79 375**	**82 500**	**37 500**

Med injusteringskostnaderna i ovanstående tabell fås nya pay-off tider, vilka visas i följande diagram.

Bild 32. Beräknad pay-off tid för fiktiv injusteringskostnad



Beräknad pay-off tid för en fiktiv injustering för respektive hus och ort.

Estimated pay-off time for a fictitious balancing, for each building and for each district.

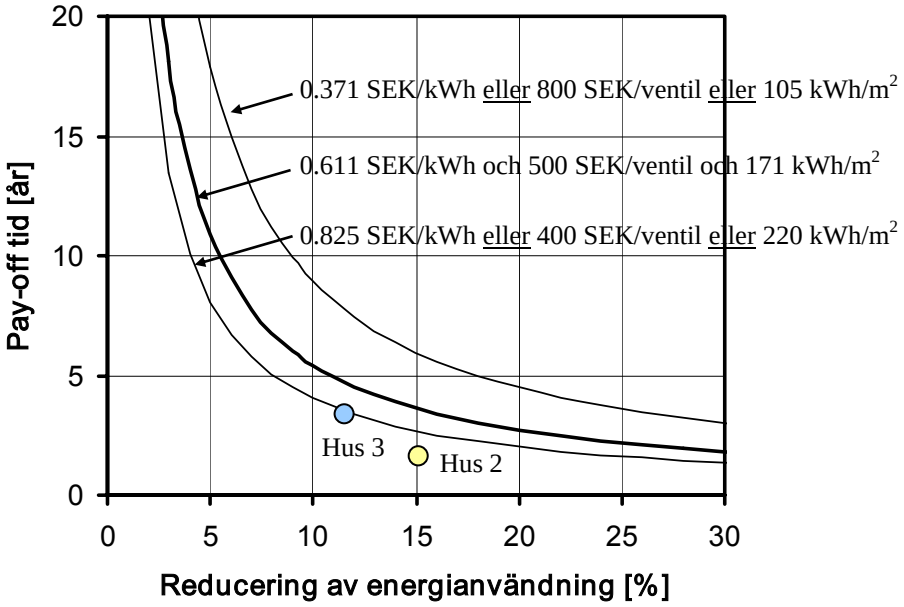
En jämförelse med Bild 31 visar att pay-off tiden ökar för Hus 1 och Hus 2 medan den minskar något för Hus 3 vid den fiktiva injusteringen. Följden är att Hus 1 återigen har längst pay-off tid för samtliga orter (ungefär 6 år). Fortfarande har dock Hus 2 klart kortast pay-off tid (under 3 år), även om Hus 3 inte ligger särskilt långt efter.

Ytterligare ett försök att generalisera lönsamheten av injustering visas nedan i form av teoretiska diagram över pay-off tid vid reducering av energianvändning respektive hantering av klagomål till följd av injustering. Diagrammen bygger på följande antagna värden, som är inklusive moms om inget annat nämns:

- Kostnad för injustering: 500 SEK/ventil (exklusive moms)
- Antal ventiler: 0.09 ventiler/m^2 (medelvärde för Hus 1 och Hus 2)
- Kostnad per klagomål: 500 SEK

- Energianvändning (fjärrvärme): 171 kWh/m^2 (medelvärde för Sverige) [ref. 5]
- Energikostnad (fjärrvärme): 0.611 SEK/kWh (medelvärde för Sverige) [ref. 6]

Bild 33. Teoretisk pay-off tid vid reducering av energianvändning



Teoretisk pay-off tid vid reducering av energianvändningen. Fet linje utgör grundfall, medan de tunna linjerna utgör olika förändringar av grundfallet. Hus 2 och Hus 3 är inlagda i diagrammet i form av fyllda cirklar.

Theoretical pay-off time for reduction of energy use, due to balancing. The fat line corresponds to a basic case, while the thinner lines correspond to given alterations of the basic case. The values for Building 2 and Building 3 are inserted in the diagram as filled circles.

Diagrammet visar pay-off tiden för en injustering till följd av resulterande reducering av energianvändning (fjärrvärme). Den tjocka linjen motsvarar grundfallet enligt ovan specificerade värden. Den övre tunna linjen i diagrammet fås för en alternativ fjärrvärmekostnad på 0.371 SEK/kWh, vilket i Nils Holgersson-undersökningen (år 2004) är den lägsta i Sverige. Det kan tilläggas att samma linje fås även för en injusteringskostnad på 800 SEK/ventil (istället för 500 SEK/ventil) eller för en energianvändning på 105 kWh/m^2 (istället för 171 kWh/m^2).

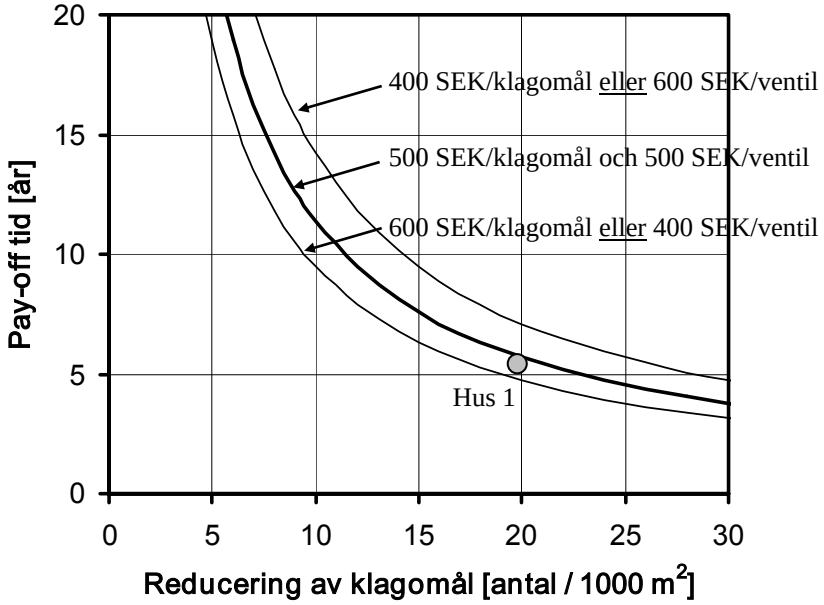
Den undre tunna linjen fås för den högsta fjärrvärmekostnaden (0.825 SEK/kWh) i Sverige. Alternativt fås samma linje för en injusteringskostnad på 400 SEK/ventil eller för en energianvändning på 220 kWh/m^2.

Den gula fyllda cirkeln i diagrammet motsvarar Hus 2 i detta arbete, medan den blå cirkeln motsvarar Hus 3. Användningen av fjärrvärmeenergi var högre än grundfallet för båda dessa fastigheter (speciellt för Hus 2) samtidigt som injusteringskostnaden var lägre än grundfallet, vilket förklarar deras placering i diagrammet.

Diagrammet visar att en pay-off tid under 5 år för injusteringen uppnås först vid en energibesparing på minst 10 % i grundfallet.

Nedanstående diagram relaterar istället pay-off tiden för en injustering till resulterande reducering av klagomål, uttryckt som minskat antal klagomål per 1000 m^2 uppvärmd area.

Bild 34. Teoretisk pay-off tid vid reducering av klagomål



Teoretisk pay-off tid vid reducering av klagomål. Fet linje utgör grundfall, medan de tunna linjerna utgör olika förändringar av grundfallet. Hus 1 är inlagd i diagrammet som en fylld cirkel.

Theoretical pay-off time for reductions of complaints, due to balancing. The fat line corresponds to a basic case, while the thinner lines correspond to given alterations of the basic case. The values for Building 1 are inserted in the diagram as a filled circle.

Den tjocka linjen i diagrammet utgör grundfall med kostnaden 500 SEK per klagomål och en injusteringskostnad på 500 SEK/ventil (exklusive moms). Om kostnaden per klagomål minskas till 400 SEK fås den övre tunna linjen. Samma linje fås också om injusteringskostnaden istället ökar till ungefär 600 SEK/ventil. Den tunna nedre linjen fås vid en kostnad på 600 SEK per klagomål alternativt en injusteringskostnad på ungefär 400 SEK/ventil.

Den fyllda cirkeln i diagrammet motsvarar Hus 1 i detta arbete (för Göteborg). Placeringen ligger som synes något under grundfallet, vilket beror på att injusteringskostnaden var cirka 430 SEK/ventil (exklusive moms).

Diagrammet visar, generellt sett, att en pay-off tid under 5 år kräver en reducering av antalet klagomål (per 1000 m^2) på ungefär 25 stycken per år.

Om injusteringen ger upphov till att både energianvändning och klagomål reduceras kan värdena från diagrammen kombineras till en total pay-off tid, enligt följande samband:

$$\frac{1}{PoT_{e+c}} = \frac{1}{PoT_e} + \frac{1}{PoT_c} \qquad \textit{(Ekv. 2)}$$

där PoT_{e+c} = *Pay-off tid för reducering av både energianvändning och klagomål [år]*

PoT_e = *Pay-off tid för reducering av energianvändning [år]*

PoT_c = *Pay-off tid för reducering av klagomål [år]*

8.3. Förändring i driftsekonomi för fjärrvärmeleverantör

För fjärrvärmeleverantören kan injustering av de försörjda byggnaderna bidra till att sänka både temperaturnivån och flödet i fjärrvärmenätet, vilket ger många positiva följdeffekter. Några av dessa listas nedan (se [ref. 7]):

- Lägre värmeförluster i distributionsledningarna.
- Lägre pumpenergikostnad.
- Ökad leveranskapacitet i nätet.
- Ökad leveranseffekt och värmefaktor från värmepumpar.
- Ökad leveranseffekt från rökgaskondensering.
- Större möjligheter att återvinna spillvärme.
- Bättre förutsättningar för kraftvärmeproduktion.

Värdet av en ökad avkylning i fjärrvärmenätet beror naturligtvis på typen av nät och på dess sammansättning av produktionsenheter. För de tre olika orterna Göteborg, Borås och Stockholm gäller därför olika förutsättningar.

I detta arbete har ett försök gjorts att jämföra värdet av avkylningen i de aktuella byggnaderna för de olika fjärrvärmenäten. Var och en av fjärrvärmeleverantörerna har sitt eget sätt att värdera förändringar i sitt nät. Det är dessa värderingar, hämtade från respektive leverantör, som jämförelsen bygger på.

8.3.1. Ökad avkylning

Mätvärdena visade att det endast var i Hus 3 som avkylningen av fjärrvärmevattnet ökade avsevärt efter injusteringen, vilket visas i följande tabell.

Tabell 17. Beräknad avkylning av fjärrvärmevatten

	Hus 1	Hus 2	Hus 3
Medelavkylning före injustering [°C]	49.8	46.3	33.7
Medelavkylning efter injustering [°C]	50.9	46.3	38.6
Ökad medelavkylning [°C]	1.1	0.0	4.9
Ökad medelavkylning, fjärrvärme [%]	2.2	0.0	14.5

8.3.2. Göteborg

Enligt uppgift från Göteborg Energi värderas en sänkning av returtemperaturen i nätet med 1 °C till mer än 1 SEK/MWh/år. Applicerades detta mått på förändringen i avkylning och energianvändning efter injusteringen för respektive byggnad fås följande tabell som visar värdet av injusteringen i SEK för Göteborg Energi.

Tabell 18. Värdet av ökad avkylning för fjärrvärmeleverantören (Göteborg)

	Hus 1	Hus 2	Hus 3
Värde av injustering [SEK/år]	280	0	861

8.3.3. Borås

Borås Energi uppger att en sänkning av returtemperaturen med 1 °C i deras nät värderas till 1 MSEK per år. Den levererade värmeenergin under år 2004 uppgår till 560 GWh, vilket ger ett värde på cirka 1.8 SEK/MWh/år för en sänkning av returtemperaturen (med 1 °C). Tabell 19 visar värdet av injusteringen för Borås Energi.

Tabell 19. Värdet av ökad avkylning för fjärrvärmeleverantören (Borås)

	Hus 1	Hus 2	Hus 3
Värde av injustering [SEK/år]	500	0	1538

8.3.4. Stockholm

Fortum i Stockholm värderade för 5 år sedan en ökad avkylning med 1 °C i sitt södra nät till cirka 2.5 MSEK. Fortums södra nät i Stockholm levererade cirka 3 TWh år 2004. Följande tabell visar värdet av injusteringen för Fortums södra nät.

Tabell 20. Värdet av ökad avkylning för fjärrvärmeleverantören (Stockholm)

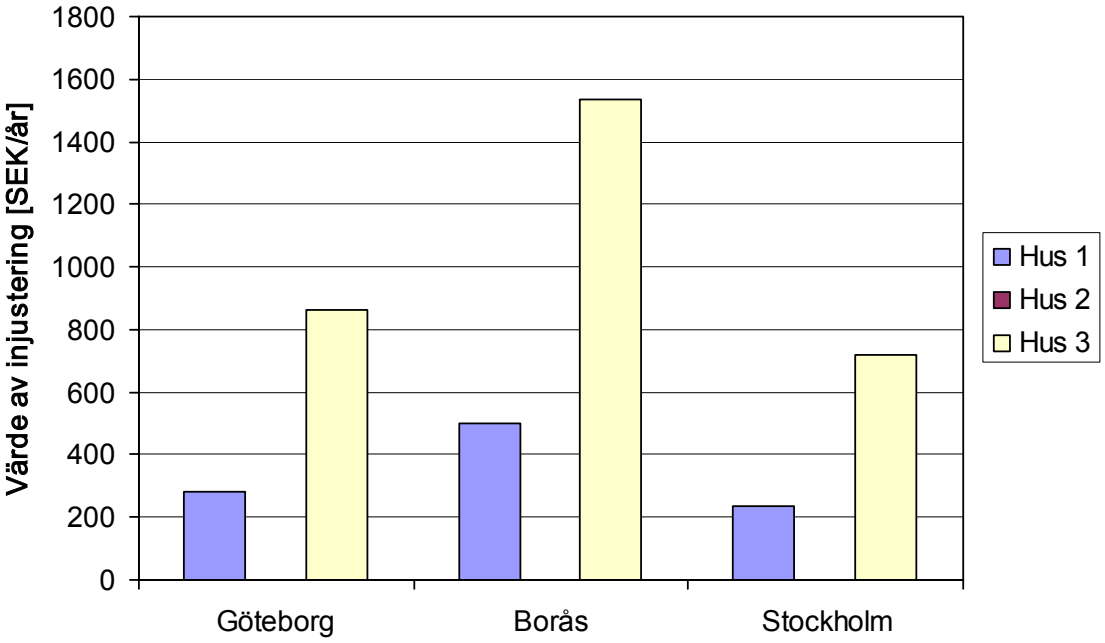
	Hus 1	Hus 2	Hus 3
Värde av injustering [SEK/år]	233	0	718

8.3.5. Sammanställning av förändring i driftsekonomi

Ökningen i avkylning är liten för Hus 1 och obefintlig för Hus 2. Samtliga hus, särskilt Hus 3, är dessutom förhållandevis små, vilket sammantaget innebär att förändringen i driftsekonomi för fjärrvärmeleverantören är obetydlig, speciellt vid en jämförelse med den minskade intäkten som den reducerade energianvändningen ger upphov till. Men det är viktigt att påpeka att inte bara ökad avkylning utan även flödesreducering, till följd av injusteringen, inverkar positivt på fjärrvärmeleverantörens driftsekonomi, avseende pumpenergi och utbyggnadskapacitet. Detta har dock inte tagits med i denna betraktelse.

I Bild 35 nedan visas det beräknade värdet av injusteringen, avseende ökad avkylning, för samtliga orter.

Bild 35. Beräknat värde av injusteringen för fjärrvärmeleverantören



Beräknat värde av injusteringen (per år) för fjärrvärmeleverantören, för respektive hus och ort.

Estimated value of balancing for the district heating supplier, for each building and for each district.

Skillnaderna mellan Göteborg, Borås och Stockholm i fråga om värdet av ökad avkylning kan endast betraktas för Hus 1 och för Hus 3. Den ökade avkylningen värderas uppenbarligen mest i Borås och minst i Stockholm.

Borås fjärrvärmenät, som är det klart minsta av de tre betraktade, försörjs till största delen genom förbränning av biobränsle, men under år 2005 ska även en stor avfallsförbränningsanläggning tas i drift. I Göteborg utnyttjas spillvärme och värmepumpar i stor utsträckning, men ändå värderas ökad avkylning lägre än i Borås. Det ska dock påpekas att värderingen i Göteborg är i underkant. Detsamma gäller förmodligen även för Stockholm, där värderingen togs fram för några år sedan. Stockholms nät försörjs, precis som Göteborgs nät, av ett flertal olika värmekällor som gynnas av låg returtemperatur såsom värmepumpar, kraftvärme, avfallsförbränning och rökgaskondensering.

Även om den ökade avkylningen på knappt 5 °C i Hus 3 verkar värderas lågt så är det viktigt att påpeka att detta hus är litet, vilket ger en liten inverkan på nätet. I “Samband mellan produktion och vältrimmade radiatorsystem“ av Werner och Pettersson [ref. 8] visas hur ökad avkylning värderades i 12 fjärrvärmenät för drygt 5 år sedan. Medelvärdet av dessa värderingar låg runt 1 SEK/MWh/°C/år, vilket även de tre näten i denna rapport gör (visserligen lågt räknat).

9. Slutsatser och diskussion

De två syftena med detta arbete, att visa omfattningen av avvikelser och lönsamheten av injustering, begränsas naturligtvis av fåtalet betraktade hus. Ändå är resultaten för respektive hus tämligen snarlika, trots skillnaderna i husens storlek, energianvändning och avkylning. Denna snarlikhet tycks bekräfta att ett visst mått av generalitet trots allt råder över de framtagna resultaten. I alla fall för hus där den senaste injusteringen genomfördes för drygt ett decennium sedan, vilket det förmodligen finns många av i dagens fastighetsbestånd.

9.1. Omfattning av avvikelser

Undersökningen av de tre husen i detta arbete inför och under injusteringen uppenbarade ett antal avvikelser. Somliga var troligen av tämligen sällsynt natur, som en inbyggd radiator på vinden (Hus 2). Andra förekom mer frekvent, varför dessa kan antas vara tämligen generellt förekommande. I nedanstående lista visas de vanligaste förekommande avvikelserna i detta arbete:

- Ändrade ventilinställningar
- Igensatta radiatorventiler
- Läckande radiatorventiler
- Fastnade radiatorventiler
- Saknade termostater
- Trasiga termostater
- Alltför stor pump

Den första punkten förtjänar särskild uppmärksamhet. Med ändrad ventilinställning menas att ventilens förinställning har förändrats sedan den senaste injusteringen. Detta är inget som normalt dokumenteras, men som naturligtvis är känt sedan tidigare. Många av ändringarna står ju fastighetsskötaren för, men en del sker av de boende vilket naturligtvis inte är meningen. Dessa behöriga och kanske framförallt obehöriga ingrepp skapar en successiv förändring av systemet, vilket så småningom föranleder en injustering – förmodligen beroende på ökad energianvändning (Hus 2) eller på grund av alltför många klagomål (Hus 1). Ytterligare ett skäl kan vara dålig avkylning (Hus 3), beroende på alltför högt fjärrvärmeflöde, vilket i orter med prissättning av flöde eller avkylning ger ett incitament för injustering och reducering av flödet.

Den successiva förändringen av systemet är särskilt tydlig i Hus 1, där 66 % av ventilerna har öppnats mer sedan den senaste injusteringen för 10 år sedan. Ändringarna av förinställningarna har lett till att ventilernas k_v-värden i genomsnitt har ökat med hela 119 %. Trots detta var inte energianvändningen särskilt hög, vilket beror på att bland annat framledningskurvan och därmed driftskostnaden har bibehållits på en rimlig nivå. När obalansen i flödesfördelningen ökat har följden istället blivit många klagomål från de boende.

I Hus 3 har 62 % av ventilerna öppnats på de 14 år som förflutit sedan den senaste injusteringen, vilket har givit upphov till en genomsnittlig ökning av k_v-värdet på 44 %. För Hus 2 finns tyvärr ingen dokumentation från den föregående injusteringen, varför en motsvarande jämförelse inte låter sig göras. Men liknande siffror, om inte

ännu större, gäller förmodligen även för detta hus med tanke på den höga energianvändningen i fastigheten. Förmodligen är just förändrade ventilinställningar en av de absolut vanligaste avvikelserna i dagens system, vilket tydligt visar behovet av återkommande injusteringar med 5 – 10 års mellanrum.

I samtliga hus byttes alla eller åtminstone en del av termostaterna ut mot nya, vilket visar att funktionsdugligheten är ganska tidsbegränsad. Tidigare arbeten har även kunnat konstatera detta [ref. 9]. Följaktligen tillhör även funktionsodugliga termostater ett av de mer vanliga inslagen när det gäller avvikelser. Igensatta, fastnade och läckande radiatorventiler verkar också vara tämligen vanligt förekommande, vilket dessutom ger upphov till direkta komfortproblem för de boende.

9.2. Lönsamhet vid injustering

Injusteringen gav väldigt olika resultat för de tre husen, i fråga om energi- och flödesanvändning samt avkylning. Skillnaderna i besparing och pay-off tid mellan de tre betraktade orterna (Göteborg, Borås och Stockholm) blev däremot förvånansvärt små för respektive hus, trots att prissammansättningarna skiljer sig åt.

Resultaten av kostnadsanalysen tyder på att Hus 2 hade störst potential för injustering, i alla fall för förvaltaren. Pay-off tiden för förvaltaren är försvinnande kort (under två år), medan värdet av injusteringen för fjärrvärmeleverantören är lika med noll. Samtidigt är det viktigt att komma ihåg två saker när det gäller avkylningen i denna fastighet, dels ”stör” VVC-kretsen avkylningen och dels var avkylningen från början inte dålig utan snarare normal med knappt 45 °C, vilket utgör börvärdet på avkylningen i Göteborgs nät. Som tidigare påpekats var emellertid energianvändningen i detta hus betydligt högre än normal, vilket föranledde injusteringen. Det är därför inte så förvånande att just detta hus har reducerat energianvändningen mest av de tre byggnaderna.

Det är heller inte förvånande att Hus 3 har ökat avkylningen på fjärrvärmesidan klart mest av byggnaderna, då den låga avkylningen utgjorde det primära skälet för valet av just denna byggnad inför injusteringen. För förvaltaren visade sig injusteringen av Hus 3 ge en relativ kort pay-off tid (cirka 4 år), beroende på att både energi- och flödesanvändningen reducerades kraftigt. Värdet av den ökade avkylningen är dock inte särskilt stor för fjärrvärmeleverantören, men detta beror på husets ringa storlek. Ju större hus (eller ju fler hus) som åtgärdas, desto större effekt på returtemperaturen i nätet. Om avkylningen i samtliga byggnader som försörjs av fjärrvärme skulle öka med 5 °C, skulle värdet för ett fjärrvärmenät som Göteborgs (cirka 3.9 TWh levererad energi år 2004) förmodligen hamna runt 10 – 20 miljoner SEK per år. Nyttan är naturligtvis tämligen begränsad för fjärrvärmeleverantören om injustering utförs på en fastighet med redan god avkylning. För att öka avkylningen i sådana system krävs andra grepp förutom själva injusteringen, såsom större värmeväxlare (se exempelvis [ref. 10]). Ur fjärrvärmeleverantörens perspektiv är det naturligtvis betydligt mer intressant att rikta in sig på husen med dålig avkylning, där de största effekterna av en injustering kan fås.

En byggnad som Hus 1 verkar vid en första anblick inte vara någon större idé att injustera. Energianvändningen var redan från början normal och avkylningen var till och med klart bättre än normal (cirka 50 °C). Utrymmet för ekonomiska vinningar i ett sådant utgångsläge kan knappast betraktas som lysande. Inverkan av injusteringen på energianvändning, flöde och avkylning blev också minst sagt ringa. Men detta var inte heller skälet till att huset togs med i arbetet. Skälet hade att göra med återkommande klagomål från de boende på komforten. Klagomål som försvann efter injusteringen. Pay-off tiden för injusteringen blev därför inte överdrivet lång (cirka 5 år). Totalt sett så var kanske denna injustering egentligen mest lyckad av de tre. Någon större

skillnad i driftskostnad uppstod aldrig, men förvaltaren minskade kostnaderna för klagomål drastiskt och de boende fick en bättre komfort samtidigt som fjärrvärmeleverantören fick en något lägre returtemperatur.

Resultaten visar egentligen något tämligen självklart; motivet till en injustering bestämmer nyttan av den. Samtliga tre injusteringar i detta arbete kan anses vara lyckade rent tekniskt, eftersom de åtgärdade just det som tidigare utgjort ett problem, antingen det gällde många klagomål, hög energianvändning eller låg avkylning. Ur ett ekonomiskt perspektiv är de också lyckade, eftersom pay-off tiden är relativt kort. Även för en fiktiv injustering som inte tar hänsyn till byggnadens storlek och där samtliga termostatventiler byts, vilket ger en högre injusteringskostnad än den verkliga, blir pay-off tiden ungefär 6 år för Hus 1, mindre än 3 år för Hus 2 och mindre än 4 år för Hus 3. Även om lönsamheten är lägst för Hus 1 är det viktigt att tänka på att injusteringen även syftar till att öka komforten för de boende, vilket utgör ett av de viktigaste målen för förvaltaren.

Med tanke på att de valda husen i detta arbete kan anses vara tämligen normala visar den relativt korta pay-off tiden att injustering generellt sett är lönsamt. Slutsatsen blir att det finns all anledning att genomföra injusteringar och att de dessutom bör genomföras med några års mellanrum, eftersom systemet successivt förändras.

Referenser

[ref. 1] Aronsson Stefan, ”Fjärrvärmekunders värme- och effektbehov”, Doktorsavhandling, Institutionen för Installationsteknik, Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg 1996.

[ref. 2] *www.goteborgenergi.se (Hemsida för Göteborg Energi AB)*

[ref. 3] *www.borasenergi.se (Hemsida för Borås Energi)*

[ref. 4] *www.fortum.se (Hemsida för Fortum och för AB Fortum Värme)*

[ref. 5] *”Energistatistik för flerbostadshus 2003”,* Statistiska meddelanden EN 16 SM 0401, Statistiska Centralbyrån, Örebro 2004.

[ref. 6] *www.nilsholgersson.nu (Hemsida för Nils Holgersson-undersökningen)*

[ref. 7] Walletun Håkan, ”Effektivisering av fjärrvärmecentraler”, FoU Rapport 1999:27, Svensk Fjärrvärme, Stockholm 1999.

[ref. 8] Werner S., Petersson S., “Samband mellan produktion och vältrimmade radiatorsystem“, FVF Temadag ”Avkylning – från produktion till kundanläggning” (2000-12-05 Arlandia), FVB Borås 2000.

[ref. 9] Petersson Stefan, ”Metoder att nå lägre returtemperatur med värmeväxlardimensionering och injusteringsmetoder”, FoU Rapport 2000:42, Svensk Fjärrvärme, Stockholm 2000.

[ref. 10] Petersson Stefan, ”Långtidsegenskaper hos lågflödesinjusterade radiatorsystem”, FoU Rapport 2003:88, Svensk Fjärrvärme, Stockholm 2003.

Rapportförteckning

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

Nr	*Titel*	*Författare*	*Publicerad*
	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 (abonnentcentraler)	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 fuktinträngning 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

Nr	*Titel*	*Författare*	*Publicerad*
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

Nr	*Titel*	*Författare*	*Publicerad*
		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 blästring 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 fjärrkylenät – 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 Sven-Erik Sällberg	jan-01
52	Direktförlagda böjar i fjärrvärmeledningar Påkänningar och skadegränser	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 Lars-Åke Cronholm	okt-01
58	Täthet hos skarvar vid återfyllning med befintliga massor	Gunnar Bergström Stefan Nilsson Sven-Erik Sällberg	okt-01
59	Analys av trerörssystem för kombinerad distribution av fjärrvärme och fjärrkyla	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

Nr	*Titel*	*Författare*	*Publicerad*
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

Nr	*Titel*	*Författare*	*Publicerad*
89	Rationellt byggande av fjärrvärmeledningar	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 kylmaskiners 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	Gradtid för kyla	Peter Lundell	april-04
109	Effektivare rundgångar	Håkan Walletun Karolina Näsholm	april-04
110	Mikrobiell aktivitet i fjärrkylenät	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

Nr	*Titel*	*Författare*	*Publicerad*
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
126	Värmeförluster i småhusområdet Prästmarken, Växjö	Heimo Zinko Benny Bøhm	mars-05
127	Läckagevägar för markvatten i skarvisolering	Stefan Nilsson Sven-Erik Sällberg Gunnar Bergström	april-05
128	Kylprocessers design i fjärrvärmesystem	Viktoria Martin Fredrik Setterwall Mikael Andersson	april-05
129	Absorptionsmaskiner för kyl- och värmeproduktion i energisystem med avfallsförbränning	Maria Brorsson	april-05
130	Mät- och värmeförluster för fjärrvärmesystem i småhusområden	Frederick Cederborg Ola Nordgren Johannes Drewitz	april-05

Nr	*Titel*	*Författare*	*Publicerad*
131	Spröda brott i mantelrör	Stefan Nilsson Kristian Thörnblom Sven-Erik Sällberg Gunnar Bergström	maj-05
132	Avkylningsarbete på Göteborg Energi AB 1995-2004	Anders Fransson	maj-05
133	Kopparbeläggningar på induktiva flödesmätare	Magnus Palm Karin Segerdahl Kerstin Mattiasson Bengt Nordling	juni-05
134	Värdet av injustering	Anders Trüschel	juni-05

Nr	*Titel*	*Författare*	*Publicerad*

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 Wärdshus 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

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@svenskfjarrvarme.se
www.svenskfjarrvarme.se