



Utvärdering av fjärrkyla i Västerås

Lars Lindgren, Urban Eklund

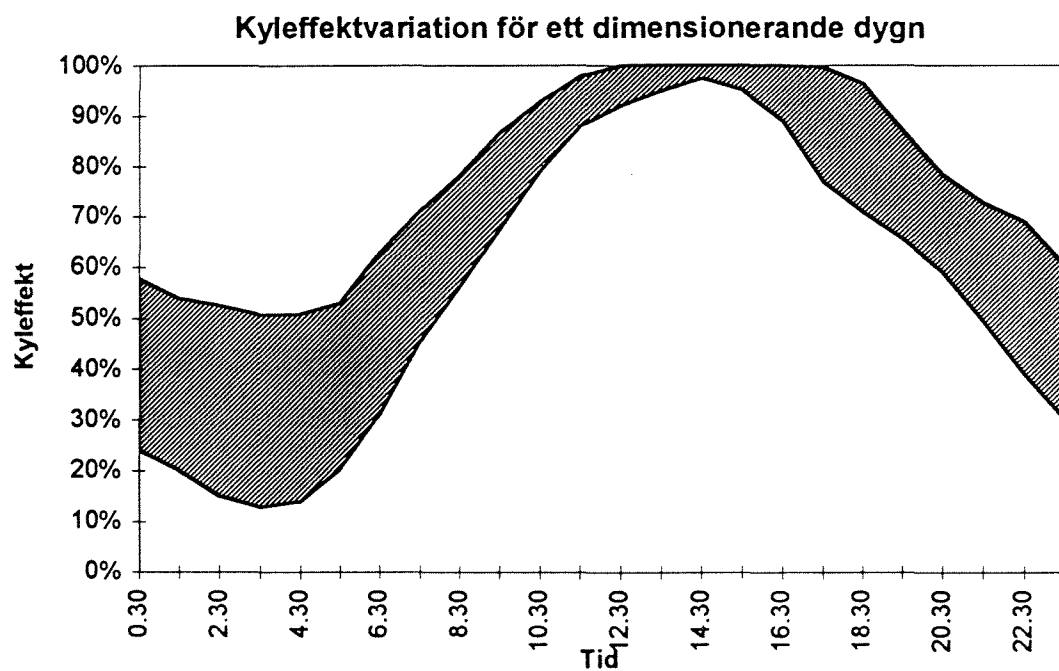
Utvärdering av fjärrkyla i Västerås

Lars Lindgren, Urban Eklund

Fjärrvärmebyrån AB

STIFTELSEN FÖR VÄRMETEKNISK FORSKNING
BOX 1765 - 111 87 STOCKHOLM - TEL. 08/790 06 00
Februari 1995
ISSN 0282-3772

Utvärdering av fjärrkyla i Västerås





Förord

Föreliggande rapport visar hur olika kundanläggningar fungerar i ett fjärrkylsystem. Resultatet baseras på mätvärdesinsamling från såväl kundanläggningar som produktionsanläggning i Västerås Energi & Vatten AB:s fjärrkylsystem i Västerås.

Mätprogrammet har pågått under perioden juli 1993 till och med augusti 1994.

Projektet har finansierats av Värmeforsk, Fjärrvärmeföreningen, Nutek, Göteborg Energi AB, Stockholm Energi AB, Uppsala Energi AB, Gävle Energi AB samt Västerås Energi & Vatten AB som har ställt upp med material och arbete.

Mätprogrammet har utförts i Fjärrvärmebyrån AB:s regi av Lars Lindgren och Urban Eklund. Projektet har genomförts med stöd från en referensgrupp bestående av:

Ordförande

Göran Fernbäck
Anders Söderholm
Ulf Arvidsson
Ola Nordgren
Peter Oskarsson
Stefan Camitz
Anders Tvärne

Stockholm Energi AB
Värmeforsk
Värmeforsk
Göteborg Energi AB
Uppsala Energi AB
Nutek
Fjärrvärmeföreningen

Västerås 1995-01-20

Lars Lindgren

Urban Eklund

Huvudkontor	Postnummer Ortsadress 721 37 Västerås	Gatuadress Isolatorvägen 8	Telefon 021 81 00 50	Telefax 021 81 14 55	Bankgiro 5330-3509	Postgiro 20 17 71-3
Lokal kontor	191 32 Solentuna Box 205	Bergkallavägen 32	08 626 20 75	08 626 41 93		

0.	SAMMANFATTNING	1
0.1	SUMMARY	3
1.	INLEDNING	5
1.1	Bakgrund	5
1.2	Syfte	6
1.3	Systembeskrivning	7
1.3.1	Allmänt	7
1.3.2	Produktion	7
1.3.3	Distribution	8
1.3.4	Kundanläggningar	9
1.3.5	Investering	10
2.	BESKRIVNING AV PROJEKTETS GENOMFÖRANDE	11
2.1	Metodik	11
2.2	Vald utrustning	11
3.	STYR & REGLER KUNDANLÄGGNING	12
3.1	Beskrivning av använda reglerprinciper och funktioner	12
4.	BESKRIVNING AV MÄTOBJEKT	15
4.1	Abonnenter	15
4.1.1	Mätobjekt 1 Mimer	15
4.1.2	Mätobjekt 2 Melker, Udermätning till objekt 1	16
4.1.3	Mätobjekt 3 Skrapan	17
4.1.4	Mätobjekt 4 Gallerian	18
4.1.5	Mätobjekt 5 Västerås Energi & Vattens kontor	20
4.1.6	Mätobjekt 6 Stadshuset	21
4.1.7	Mätobjekt 7 Manfred	21
4.1.8	Mätobjekt 8 Systembolaget	22
4.2	Produktionsanläggning	22
5.	SAMMANSTÄLLNING AV MÄTDATA	24
5.1	Meteorologiska data	24
5.2	Effektbehov	27
5.2.1	Variation	27
5.2.2	Varaktighet	31
5.2.3	Förhållande till utetemperatur	32
5.2.4	Förhållande till solinstrålning	34
5.3	Energiförbrukning	35
5.4	Fjärrkyltemperaturer	36
5.4.1	Produktionsanläggningen	36
5.4.2	Returtemperaturer från kunderna	37
5.4.3	Temperaturer från anläggning med värmeväxlare	37
5.4.4	Temperaturer från ett sekundärt system	38
5.5	Fjärrkylflöden	38
6.	FÖRÄNDRINGAR I KUNDANLÄGGNING	39
6.1	Ersatt köldmediemängd	39
6.2	Minskad elenergiförbrukning	39
7.	GENERELLA SLUTSATSER	40
7.1	Variation och varaktighet för kylbehov	40
7.1.1	Förbrukningsmönster	40
7.1.2	Sammanlagring	41
7.2	Kundinstallationernas inverkan på fjärrkylsystemet	43
7.3	Taxekonstruktion och taxans betydelse	44
7.4	Förutsättningar för olika kundinstallationer	45
7.5	Optimering av tekniskt systemutförande	46
7.6	Nyckeltal från mätningen	49
7.7	Luftfuktighetens inverkan	49

BILAGOR

- A Nomenklaturförklaring
- B Tekniska data produktionsanläggning
- C Compiled figures and diagrams

0. SAMMANFATTNING

Denna rapport visar resultatet av mätvärdesinsamling från sju kunder och produktionsanläggningen i Västerås fjärrkyl nät. Mätningarna har pågått från juli 1993 till augusti 1994. Syftet med mätningarna har varit att undersöka variation och varaktighet av kundernas kylbehov samt hur olika typer av kundanläggningar påverkar hela systemet.

Kylbehovet för ingående fastigheter har varierat mellan 20 - 65 W/m², och utnyttjningstider mellan 800 och 3 100 h. Om man endast ser till komfortkylbehovet ligger det mellan 40 - 45 W/m² vid dimensionerande utetemperaturer (DUT +50h). Utnyttjningstiden uppgår till 800 - 1 000 h. Effekt- och energibehov utöver detta kommer från kyla till större datorhallar, ställverk med mera eller borttagande av värme från andra kylmaskiners kondensorer, även kallad baskyla.

Returtemperaturerna från kunderna har varierat mellan 12,5°C och 17,2°C vid dimensionerande utomhustemperatur och framledningstemperatur mellan 6-7°C. Alla anläggningar är *ej optimalt injusterade* för att klara returtemperaturer på 16°C, som är ett krav från Västerås Energi och Vatten AB vid utomhustemperaturer över 24°C. Vid produktionsanläggningen har en returtemperatur på 15°C erhållits.

Effektvariationen över ett dimensionerande dygn för de ingående fastigheterna framgår av diagram 0.1 nedan. Sammanlagringen av effekterna i systemet har varit ca 0,9 för nätet i Västerås. Anledningen till att viss sammanlagringseffekt uppstår är variationer i kundernas interna belastningar och byggnadernas värmetröghet.

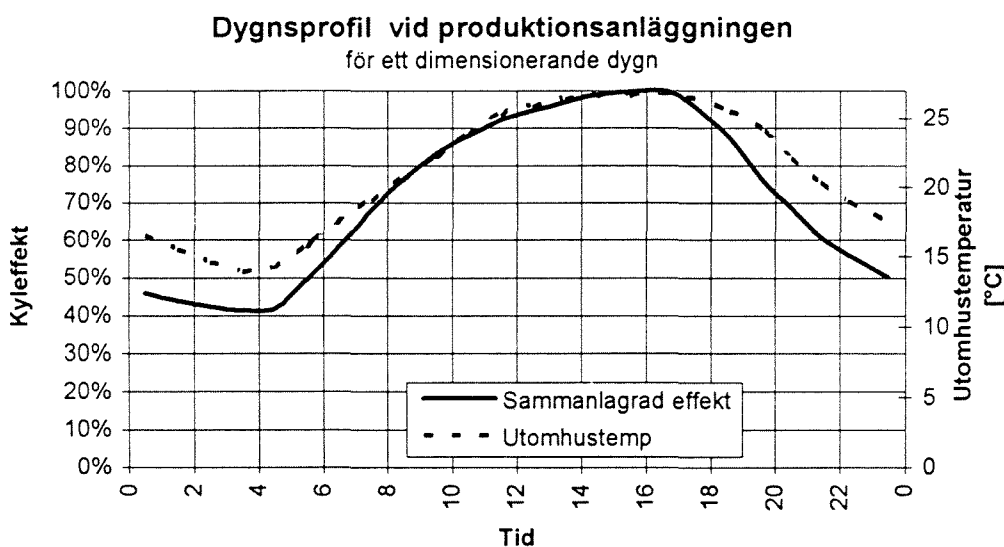


Diagram 0.1 Effekt- och utomhustemperaturvariation över ett dimensionerande dygn för fjärrkylnätet i Västerås.

Kylbehovet kan delas upp i tre olika typer.

Den största och vanligaste kommer från **ventilationen**, där man koler ventilationsflödet till önskad temperatur. Den andra typen av kylbehov kommer från den **sekundära kylningen** (kyltak, kylbafflar, fönsteraggregat, torrkylla mm). Den sekundära kylan kräver framledningstemperaturer på över 13°C-14°C för att undvika kondensering. Ventilation och sekundär kyla kallas även med ett gemensamt namn för komfortkyla. Det tredje kylbehovet kommer ej från komfortkyla utan från **baskyla**.

För att erhålla maximala differensstemperaturer från kundanläggningarna bör man, där så är möjligt, seriekoppla delsystemen.

Den bäst fungerande **regleringen** är en styrning av framledningstemperaturen i kundens interna nät, med en börvärdesförskjutning som baseras på kundens returtemperatur, i rapporten kallad typ 2-reglering. Regleringar som endast baseras på returtemperaturen leder till att man får långa svarstider och bör ej användas för större system.

Behovet av **köldmedier** för de ingående fastigheterna har minskat med **2,6 ton**.

Elbehovet har minskat med **4 GWh_{el}**. Kylbehovet för de ingående fastigheterna har uppgått till **7,7 MW** och förbrukningen till **11,3 GWh_{kyla}**.

0.1 SUMMARY

Between July 1993 and August 1994 seven customers on the Västerås district cooling system were monitored. Over the same time period the production cooling plant was also monitored. The purpose of the monitoring was to learn more about the different customers' cooling requirements (both capacity and annual energy). This study will report the results of the data logging and evaluation.

The overall cooling capacity requirements for the seven buildings varied between 20 to 65 W/m². Space cooling loads varied between 40 to 45 W/m². The overall full load duration hours for the buildings varied between 800 to 3 100 hours. Space cooling full load duration hours varied between 800 to 1 000 hours. The longer duration is caused by so called "base load" e.g. computer rooms, electrical substations and other "process cooling loads".

During peak cooling design days with supply temperatures between 6°C and 7°C, the seven customers returned cooling water to the system at temperatures ranging between 12,5°C to 17,2°C. The district cooling company, Västerås Energi & Vatten AB, requires that customers return cooling water at a temperature higher than 16°C when outdoor temperatures are above 24°C. Some of the customers could not meet that requirement due to poor optimization of building cooling system. The production plant sees a return water temperature of 15 °C when outdoor temperatures are above 24°C.

Figure one on page one of this study details the changing cooling load for the cooling system over a 24 hour period (design day). The estimated cooling load diversification for the entire system is 90%. Diversification of cooling load results from varied cooling requirements of the customers and the different way in which the buildings have been designed and constructed (varying thermal profiles).

The cooling demand can be divided into three main types:

Air Cooling - Ventilation equipment in buildings require the largest amount of chilled water capacity (and also the lowest chilled water temperatures). Chilled water has to be supplied to the chilled water coils in this equipment at a temperature low enough to cool down the incoming air to a comfortable level.

Induction Cooling - Chilled water is supplied to window units and ceiling panels. Induction cooling requires a minimum chilled water supply temperatures of 13°C to 14°C in order to avoid condensation.

Base load cooling - Cooling with demand over a longer period of the year i.e. demand not directly related to out-door climate. Examples can be computer rooms and condenser cooling .

It is imperative for a district cooling system to maximize the temperature difference. This can be achieved by connecting different types of cooling load in series, for e.g.. condenser cooling loads in series with other building cooling loads.

The best control strategy for the buildings is to regulate the chilled water supply temperature to the customer's internal cooling system. The chilled water supply temperature is determined by monitoring the buildings return temperature and comparing it to a set point. The difference between the actual return temperature and the set point then determines the supply temperature. This control strategy is referred to as type 2.

The overall peak district cooling load for the seven monitored customers was 7,7 MW and the annual energy consumption was 11 300 MWh during 93-94. The buildings connected to the district cooling system have reduced their utilization of CFC and HCFC based refrigerants by 2 600 kg. The connected buildings have also reduced their electrical requirements by 4 000 MWh per year compared to use of individual chillers.

1. BAKGRUND

1.1 Bakgrund

Komfortkylbehovet för moderna affärs- och kontorslokaler bedöms för mellersta Sverige uppgå till 40-60 W/m². Detta kylbehov tillgodoses idag huvudsakligen med lokala eldrivna kylmaskiner med CFC/HCFC-köldmedier.

Det totala kylbehovet i Sverige kan uppskattas till ca 2 000 000 MWh och kan förväntas stiga genom höjda komfortkrav, nya byggnormer och ökad datorisering. Elförbrukningen för att tillgodose detta kylbehov ligger på ca 625 000 MWh/år och den totala köldmediefyllningen uppgår till i storleksordningen 1 000 ton.

Fastighetsägarnas kostnad för denna elförbrukning uppgår till ca 190 Mkr per år vid ett elpris på 300 kr/MWh. Dessutom sker ett köldmedieläckage på runt 100 ton/år från dessa kylmaskiner.

Vid 53 kommunala energiverk finns idag stora värmepumpar installerade. Dessa producerar årligen ca 6 600 000 MWh värme. I processen erhålls samtidigt ca 4 100 000 MWh kyla som idag ej tas tillvara. Denna energi kan med fördel användas i fjärrkylsystem för att ersätta lokala kylmaskiner. Uppskattningsvis skulle ca 1 000 000 MWh kyla vara kommersiellt intressant att tillvarata. Ytterligare energi kan tillvaratas, t ex om rena kylmaskiner installeras för spetslastproduktion.

Om kylan utnyttjas erhålls en rad fördelar, främst elbesparingar och miljöfördelar. Med ovannämnda energimängd utgör den årliga elbesparingen vid kund ca 94 000 000 kr.

Vid arbeten med CFC-medier finns en viss risk för personskada. Läckage sker normalt i gasfas. Arbetsmiljöproblem och förekommande skador är, förutom påverkan vid inandning, i huvudsak relaterade till buller och arbeten i trånga utrymmen med därtill hörande skaderisker. Att minska antalet anläggningar, varav många är placerade i trånga utrymmen, ger därför, förutom den direkta miljövinsten på grund av minskat läckage, även arbetsmiljöfördelar då man minskar risken för personskada.

Västerås Energi & Vatten AB har som första energiverk i Sverige byggt ett fjärrkylsystem. Fjärrkylsystemet i Västerås ger utmärkta möjligheter att erhålla bättre kunskap om dagens komfortkylbehov och dess variationer samt även hur fjärrkylsystemen bäst skall utformas.

Vid dimensioneringen av fjärrkylsystemet i Västerås användes tillgänglig information över effektbehov och temperaturer för fastigheter i Sverige samt erfarenheter från USA där tekniken använts en tid.

1.2 Syfte

Syftet med mätprogrammet har varit att erhålla bättre kunskap om dagens kylbehov beträffande variation och varaktighet för olika kategorier av kunder. Målsättningen har även varit att skapa generellt användbart tekniskt underlag för att göra ekonomiska värderingar av fjärrkyldistribution.

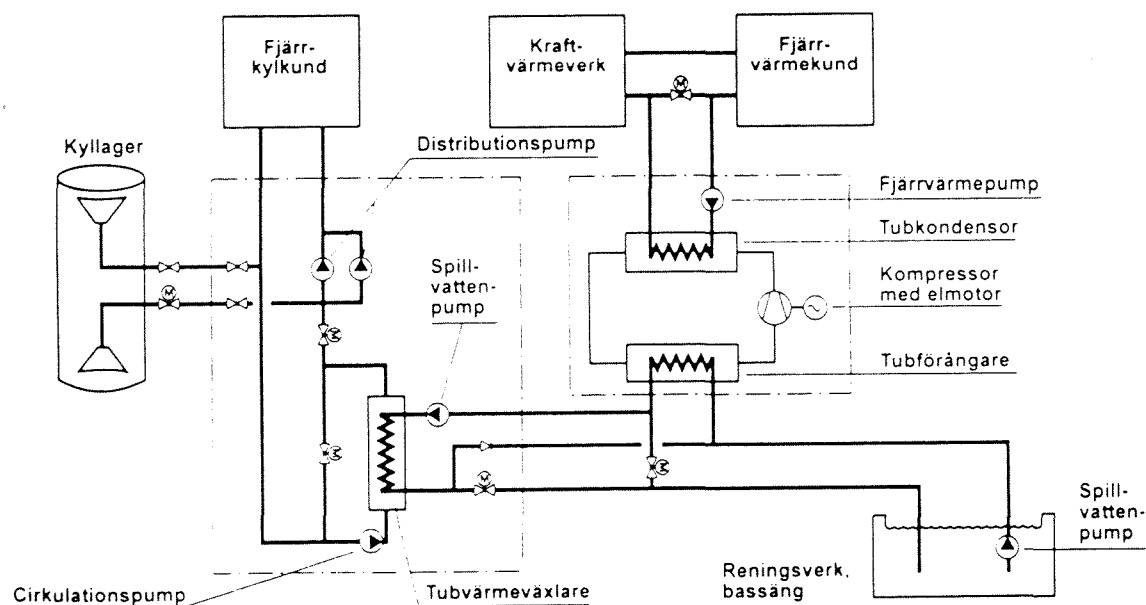
Målsättning:

- * Att genom mätning av klimathållanden och kylförbrukning fastställa variation och varaktighet för olika kundkategoriers kylbehov.
- * Undersöka olika typer av kundinstallationers inverkan på och lämplighet att ansluta till ett fjärrkylsystem. Exempelvis skillnad mellan direkt och indirekt anslutning.
- * Med mätningarna som underlag definiera den eller de tekniska lösningar som ger den bästa totalekonomin för ett fjärrkylsystem.

1.3 Systembeskrivning

1.3.1 Allmänt

Fjärrkyldistributionen i Västerås inleddes 1/6 1992 med endast en kund, ABB fastigheter (Mimer). Effekten var från början ca 3 MW. Nätet är dimensionerat för en last på ca 25 MW och en temperaturdifferens på 11°C (5 - 16°C). Nätet har därför initialt varit överdimensionerat. Under de två och ett halvt år som gått har fler kunder anslutit sig till nätet och antalet kunder är idag tolv med en sammanlagd ansluten effekt av 11 MW. Några av kunderna har dock anslutits under senare tid och ingår ej i mätprogrammet. Fjärrkylan produceras i två värmepumpar som utnyttjar stadens spillvatten som värmekälla. Den producerade värmen tillförs fjärrvärmenätet och det avkylda spillvattnet kyler fjärrkylnätet via värmeväxlare. Abonnenterna är överlag direktanslutna, men två fastigheter har värmeväxlare installerade på det sekundära systemet. Figur 1.1 nedan ger en generell bild av systemuppbyggnaden.



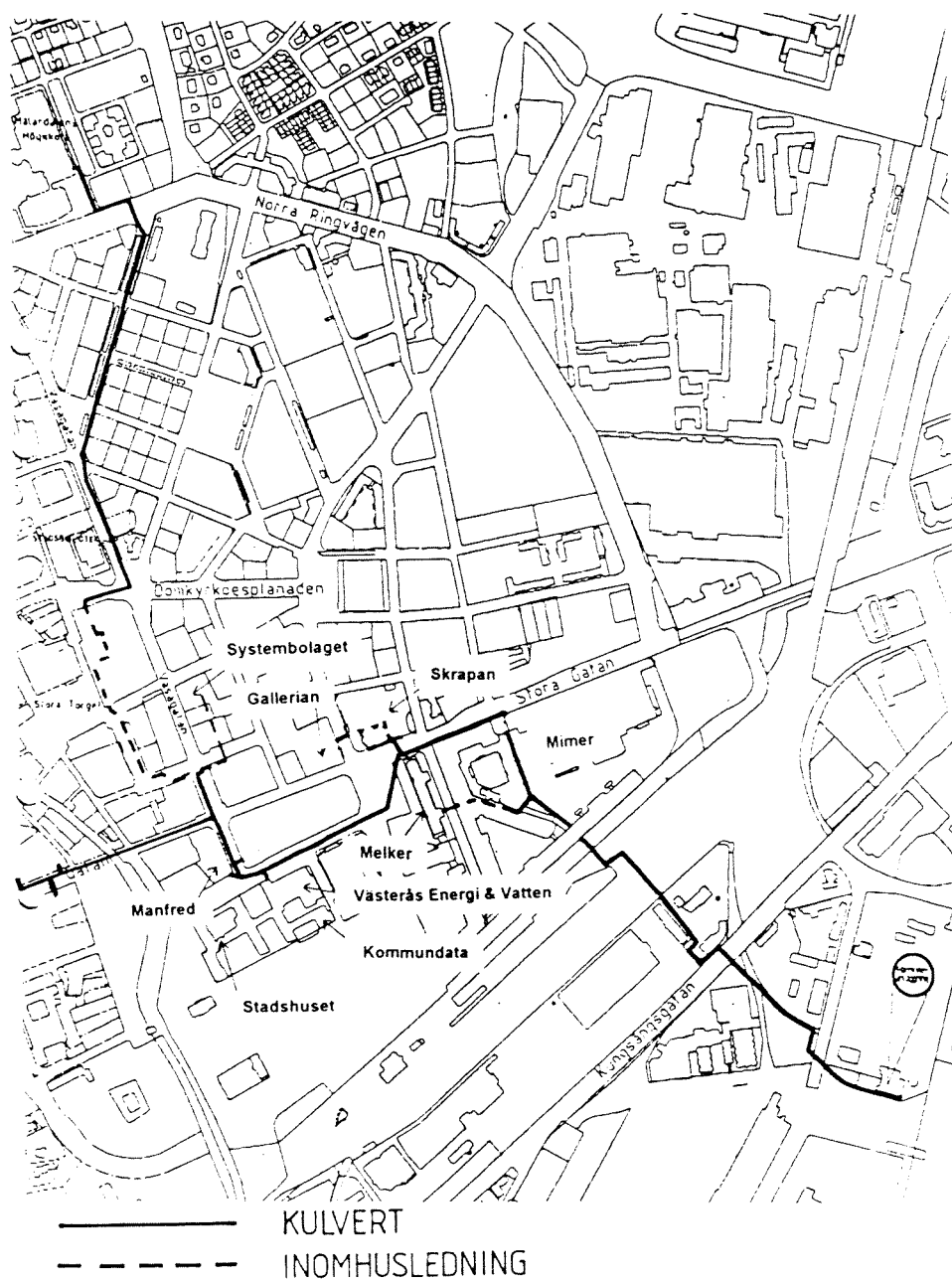
Figur 1.1 Princip över Västerås Energi & Vatten AB:s fjärrkylanläggning och värmepump.

1.3.2 Produktion

I anslutning till värmepumpverket har en kylstation uppförts med erforderliga värmewäxlare och pumpar inkopplade till värmepumparna. Båda värmepumparna är utrustade med 2-stegskompressorer och VP2 dessutom med boosterkompressorer. Värmeeffekten är maximalt ca 14 MW på varje aggregat. VP1 är utrustad med tubförångare och installerades 1982, köldmedium CFC12. VP2 är utrustad med strilförångare och installerades 1993, köldmedium HFC 134a. Värmepumparna har idag en maxeffekt för kylproduktion på ca 17 MW. Strilförångaren kan ta ner temperaturen lägre än 1°C om detta behövs. För att klara effektbehovet det varmaste dygnet och för viss reserv, men framförallt en bättre driftsekonomi, har en ackumulator byggts om 4 000 m³, som fulladdad innehåller ca 45 MWh kylt vatten. Med en ackumulator kan man köra kortare perioder för kylproduktion och resterande tid utnyttja värmepumparna för endast värmeproduktion. Ackumulatorm utgör även expansionskärl och svarar för tryckhållning i fjärrkylsystemet. Konstantvarviga pumpar cirkulerar fjärrkylvattnet över kylväxlare och ackumulator. Varvtalsstyrda pumpar cirkulerar fjärrkylvattnet i distributionsnätet.

1.3.3 Distribution

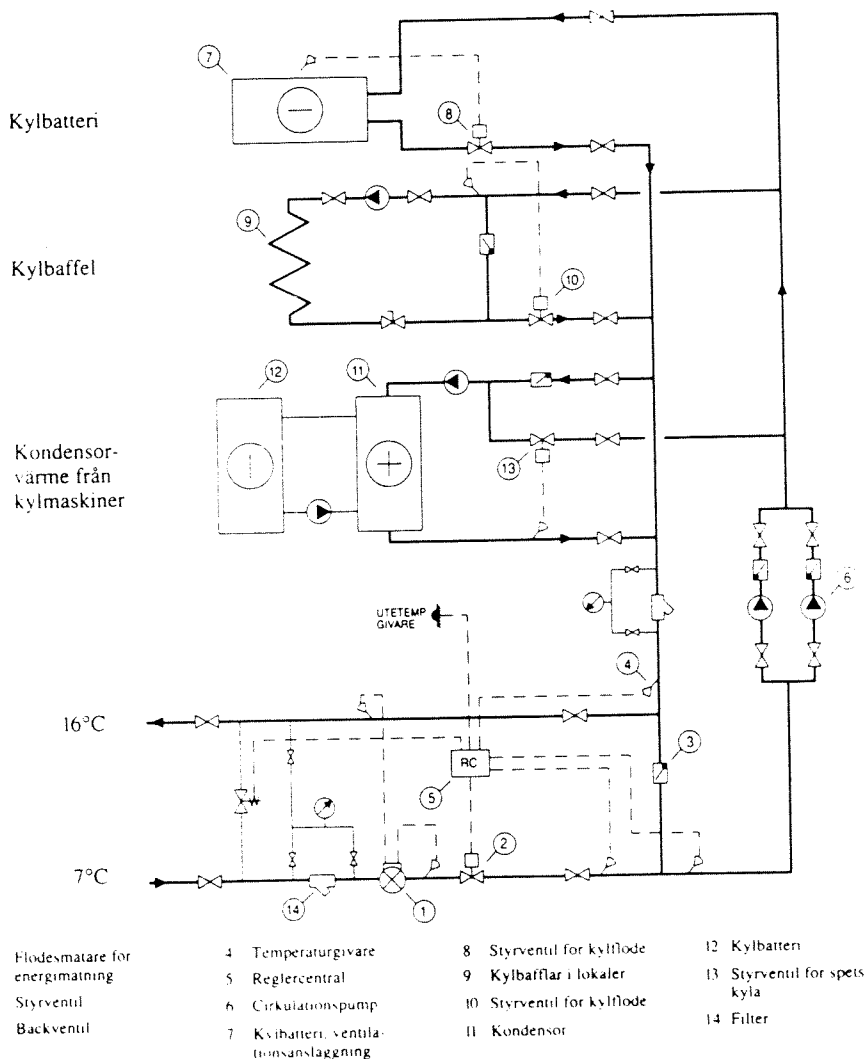
Fjärrkylnätet är till stor del utbyggt i Västerås centrum. Distribution av det kylda vattnet sker i polyetenrör och stålrör för tryckklass PN 10. Den obetydliga temperaturskillnaden mellan kylvattnet och omgivande marken gör att rören som regel förläggs oisolerade. Vid inomhusförläggning krävs dock kondensisolering. Tjälfri förläggning behövs inte eftersom viss cirkulation av vattnet alltid sker. Rördiametrarna är mellan 150 och 630 mm och rören har en total längd på 3 440 m. Nätet har dimensionerats med det för kunden beräknade effektbehovet och en differenstemperatur på 9°C. Vid dimensioneringen av nätet var den lägsta möjliga framledningstemperaturen ca 4°C beroende på den befintliga värmepumpen som inte kan leverera en lägre fjärrkyltemperatur. Med den nya värmepumpen har dock förutsättningarna förändrats. Den nya värmepumpen har strilförångare och kan producera ett fjärrkylvatten på 2°C. Genom en sänkning av framledningstemperaturen kan den anslutna effekten ökas.



Figur 1.2 Fjärrkylnätets utbredning i Västerås.

1.3.4 Kundenläggningar

Anslutning av en kylkund görs vanligen där den lokala kylmaskinen är placerad. Normalt sker direktanslutning utan växling mellan fjärrkylnätet och kundernas interna kylsystem. Det kylda vattnet används i fastigheternas kylbatterier och kylbafflar eller i affärslokaler för borttagande av värme från kylkondensorena för kyldiskar mm. Direktanslutna internsystem måste förses med egen cirkulationspump för att shunta det sekundära systemet.



Figur 1.3 Principschema med ingående armatur i en fjärrkylanläggning.

Magnetventilen som sitter mellan fram- och returledning skall dels förhindra sönderfrysning vintertid samt hindra framledningstemperaturen från att stiga när fastigheten inte har något kylbehov. Smutsfiltret på inkommande ledning skall skydda flödesmätare och styrventil medan smutsfiltret på fastighetens interna system skyddar huvudnätet från smutspartiklar. Styrventilen på framledningen skall dels reglera framledningstemperaturen i det interna systemet samt förhindra för låg returtemperatur till huvudnätet. Vid stora variationer i flödet måste två eller flera styrventiler installeras för att erhålla en god ventilauktoritet.

2. BESKRIVNING AV PROJEKTETS GENOMFÖRANDE

2.1 Metodik

Mätningar har bedrivits under tiden augusti 1993 till juli 1994. Projektet inleddes med att anslutna fjärrkylkunder försågs med dataundercentraler för mätvärdesinsamling. Insamlingen har skett med en centralt placerad dator.

För att erhålla detaljinformation om förbrukarna avseende kortvariga flödes- och effektvariationer har flödet registrerats med ett samplingsintervall på 2 sekunder. Då förändringar i vattentemperatur varit långsammare har ett samplingsintervall på 20 sekunder valts för dessa mätningar.

I kundanläggningarna har följande mätvärden registrerats:

Flöde, temperatur i framledning, temperatur i returledning,
temperatur sekundär framledning.

I två kundanläggningar har även delflöden registrerats.

I produktionsanläggningen har mätvärden för distributionsnätet registrerats för att erhålla kännedom om sammanlagringseffekter mellan olika typer av användare samt tryckfall och energiförluster från nätet. Följande mätvärden har registrerats:

Flöde, temperatur framledning, temperatur returledning,
differenstryck över produktionsanläggning, differenstryck i nät.

För att kunna framtaga vissa generella effektbehov har valts att använda DUT +50 h som i Västerås fall motsvarar +27,5°C. DUT +50 h anger den temperatur som endast normalt överstigs 50 timmar per år. Källa för dessa värden är VVS-handboken, tabeller och diagram.

2.2 Vald utrustning

Utrustningen består av en central 486/66 PC dator som är konfigurerad med FIX DMACS från Intellution. Programmet är ett PC-baserat informations- och operatörsystem, så kallat SCADA's. Den centrala datorn står i direktförbindelse med dataundercentralerna (Ducarna) i fastigheterna genom modem som använder en signalkabel installerad under uppförandet av kulvertsystemet. Mellan vissa fastigheter används kommunikation utan modem. På sträckor där avståndet är för långt används dock modem för att säkerställa en god kommunikation.

Ducarna som sitter i fastigheterna är av typ Texas Instrument TI305. Ducarnas uppgift är endast att känna av givarna i fastigheten. Ingen beräkning eller lagring sker i Ducarna, ej heller någon styrning.

Centraldatorn sänder ut förfrågningar om värden från önskade ingångar på Ducarna och lagrar dessa värden på hårddisken. I centraldatorn kan historiska trendkurvor hämtas men även bilder på centralerna med realtidsvärden. Som flödesmätare används Krohne induktiva mätrör och för temperaturmätning Pt 100 med 1/10 DIN mätnoggrannhet. Felvisningen för temperaturgivarna är mindre än $E = (0,15 + 0,002 \times T) / 10 [^{\circ}\text{C}]$. Maximalt fel vid 7-16°C blir då mindre än 0,3 %.

3. STYR & REGLER KUNDANLÄGGNING

De ingående fastigheterna har använt tre olika typer av reglerfunktioner

Typ 1 Framledningstemperaturreglering med returtemperaturbegränsning

Typ 2 Framledningstemperaturreglering med börvärdesförskjutning från returtemperaturbegränsningen

Typ 3 Individuell aggregatreglering

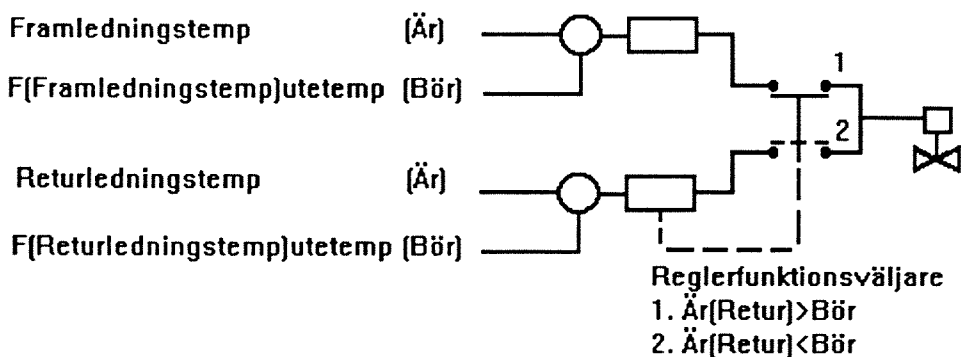
Rekommenderad reglerfunktion

I första hand bör en reglering motsvarande typ 2 väljas. Fördelarna med reglering enligt typ 2 är att man enkelt erhåller en bra reglering som inte störs av temperaturvariationer på fjärrkyl nätet och ej heller påverkas av långa svarstider då man inte direkt styr mot returtemperaturen. Typ 3 kan väljas om man har en central reglering av alla ingående interna kretsar. Typ 3 kräver dock mera av den centrala styrningen för att erhålla både goda returtemperaturer samt bra funktion på de ingående interna kretsarna. Reglering liknande typ 1 bör ej rekommenderas då detta system har långa svarstider.

3.1 Beskrivning av använda reglerprinciper och funktioner

Typ 1

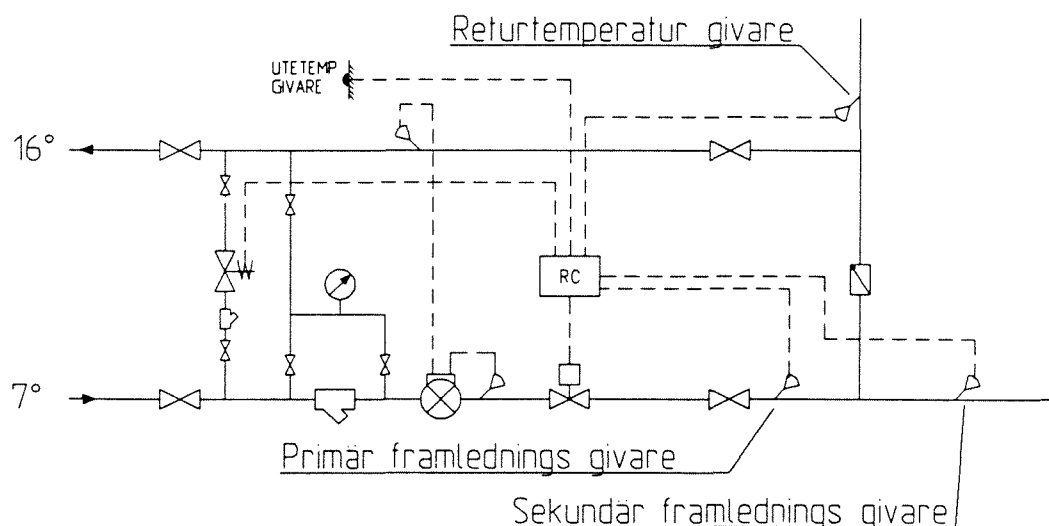
Den reglersekvens som initiiellt blev installerad i samtliga fastigheter var av typen temperaturreglerande på framledningen med returtemperaturbegränsare. Regleringen styr framledningstemperaturen i normalfall, men när returtemperaturen blir lägre än önskad sker regleringen mot returtemperaturen, se diagram 3.3. Då regleringen börjar styra på returtemperaturbegränsningen har regleringen inte känt den sekundära framledningen. Om regleringen har aktiverat returtemperaturbegränsningen och det blir en ändring av den primära framledningstemperaturen märks den inte i regleringen förrän vattnet har cirkulerat i fastigheten. Figur 3.1 nedan visar reglerprincipen för typ 1-reglering.



Figur 3.1 Reglerprincip för typ 1-reglering.

Denna typ av reglering är väldigt svår att få rätt injusterad då svarstiden på returtemperaturen varierar med flödet i det sekundära systemet. Det visade sig att mindre, enklare system klarade att få en bra funktion (Manfred). I de andra fastigheterna blev det kraftiga svängningar i systemet. Det som störde regleringen förutom returtemperaturen var att man från produktionsanläggningen levererade en varierande framledningstemperatur, se diagram 4.12, sidan 22.

För att erhålla en stabilare reglering har de flesta fastigheterna i efterhand ändrats till typ 2-reglering.



Figur 3.2 Principbild över en undercentral.

Diagram 3.3 nedan beskriver lite av störningarna för vissa typ 1-regleringar. Det skall dock påpekas att det inte hade gjorts några större försök att injustera anläggningen i fallet med de stora variationerna (den smalare linjen). Efter injustering och övergång till typ 2-reglering har man erhållit en bra reglerfunktion. (Utomhustemperaturen för dessa två dagar är inte jämförd. Man ser dock en klar förbättring av reglerfunktionen i det senare fallet)

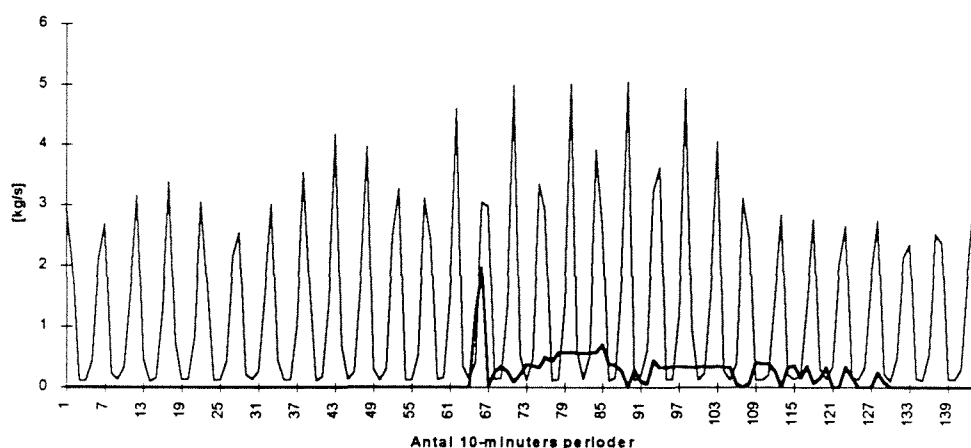
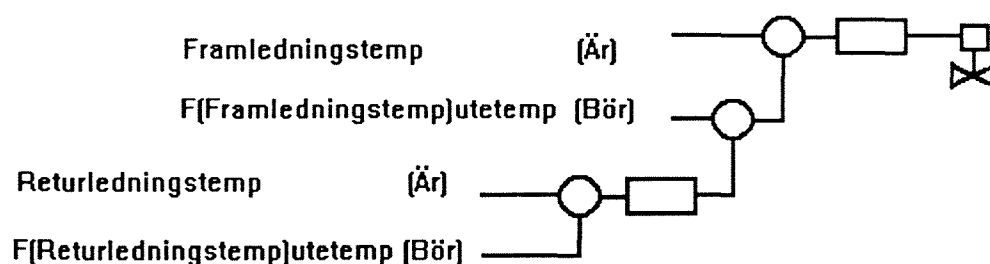


Diagram 3.3 Flödesvariationer i primärledningen med typ 1- och typ 2-reglering. Data från samma fastighet men utomhustemperaturen är inte jämförbar. (Typ 1 smal linje, Typ 2 grov linje)

Typ 2

Denna typ av reglering fungerar vid normalfunktion likadant som typ 1. När returtemperaturen sjunker under inställt börvärde sker dock en börvärdesförskjutning av framledningstemperaturen, se även figur 3.4 nedan. Injusteringen av hur stor inverkan och vilken hastighet börvärdesförskjutningen skall ha varierar med hur det sekundära systemet ser ut.

I diagram 3.3 ovan visas en jämförelse mellan typ 1- och typ 2-reglering. Den topp som uppstår på morgonen med typ 2-reglering (den grova linjen) beror på att systemet står avstängt när det inte finns något kylbehov. När sedan cirkulationspumparna startar ersätts det uppvärmda vattnet med kallt fjärrkylvatten. Denna effekttopp är dock ej större än den som inträffar vid temperaturer kring dimensionerande temperatur.



Figur 3.4 Reglerprincip för typ 2-reglering.

Regleringen sker hela tiden i syfte att hålla rätt framledningstemperatur, vilket gör systemet mindre känsligt för svängningar i det primära nätet. Temperaturen i det primära nätet får dock inte överstiga kurvan för garantitemperaturer. Det kan leda till att kundens anläggning öppnar för fullt, vilket är helt rätt ur kundens synpunkt men kan medföra att man får in fjärrkylnätets differensstryck i kundens anläggning. För att skydda kunden mot att få in differensstrycket bör man även mäta inkommande fjärrkyltemperatur och ha den som en begränsning på börvärde för den sekundära framledningstemperaturen.

Typ 3

I stället för att ha en central reglering av temperaturen kan styrning ske ute vid varje aggregat. Typ 3-reglering fungerar om det finns ett överordnat reglersystem för fastigheten så att systemet mäter utgående fjärrkyla i leveranspunkten. Returtemperaturen används för att reglera de aggregat som kan styras. Om returtemperaturen blir för låg går man in på de aggregat som ger antingen för låg returtemperatur eller inte har så hög prioritet. Typ 3-reglering klarar att hålla en lägre framledningstemperatur i det sekundära nätet då returtemperaturen är begränsande. Med typ 1 och 2 erhålls en högre temperatur i hela det sekundära nätet då returtemperaturen är begränsande.

Systembolagets fastighet använder denna typ. Kylsystemet i denna fastighet har dock bara använts till några få kontorslokaler som renoverades sommaren 1993. Undercentralen är dock förberedd för att ansluta hela fastigheten.

4. BESKRIVNING AV MÄTOBJEKT

4.1 Abonnenter

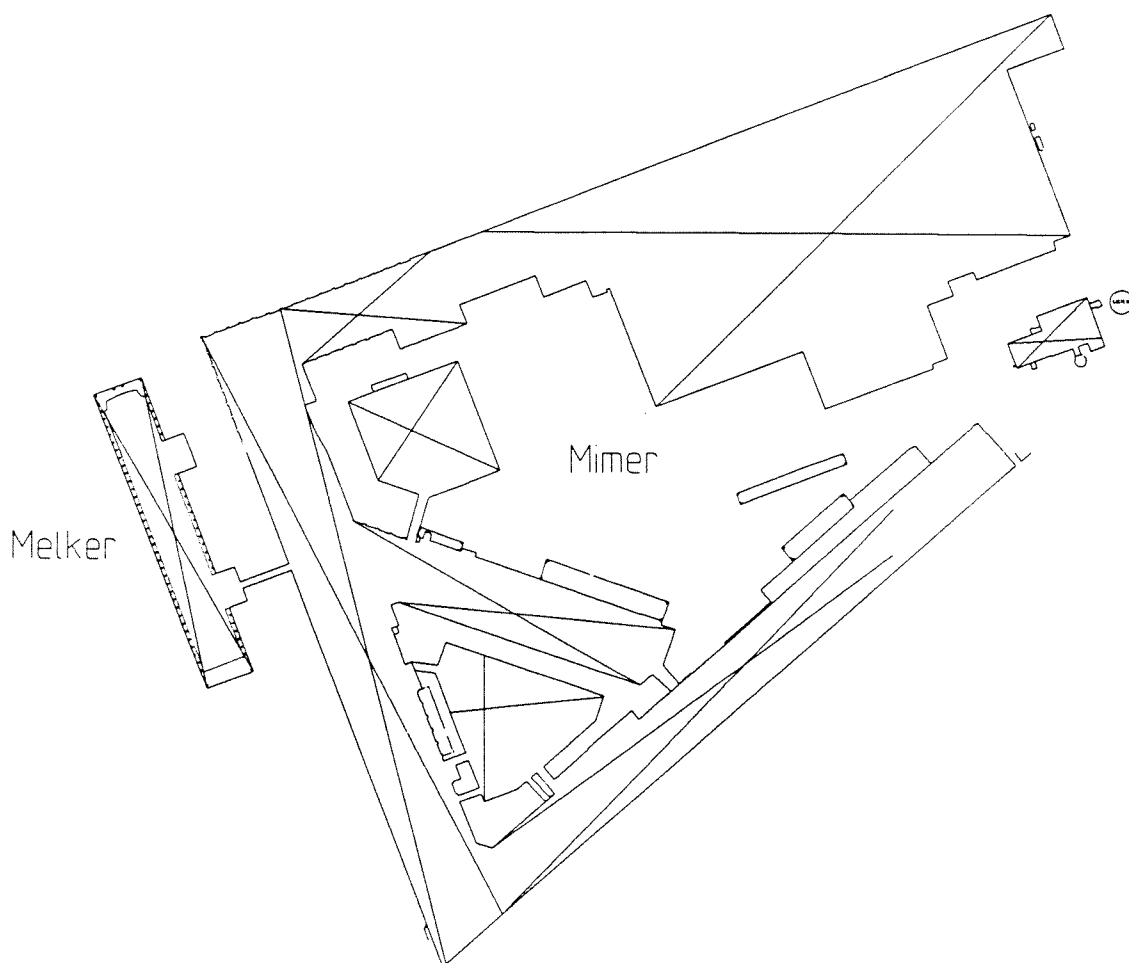
De fastigheter som har ingått i mätningen beskrivs nedan med en orienteringsbild över fastigheten. En sammanställning över fastigheterna redovisas i tabell 7.9.

4.1.1 Mätobjekt 1 Mimer

Mätobjekt 1 är ABB Fastigheters fastigheter belägna i kvarteret Mimer och Melker. Undercentralen försörjer båda kvarteren men i Kv Melker har en undermätning installerats.

Kv Mimer har tidigare varit verkstäder. Under de senaste åren har man dock flyttat det mesta av industriverksamheten och byggt om till kontorslokaler. Under hösten 1993 och våren 1994 har ca 25 000 m² byggts om till kontorsyta. Därigenom har under mätperiodens gång effektbehovet ökat i takt med att man fått nya hyresgäster.

Under den avslutande höglastperioden har 44 500 m² kylts. De lokaler som har kyla används för kontorsverksamhet.



Skiss 4.1 Kv Mimer och Melker, orientering norr rakt upp.

Typ av reglersystem

I undercentralen för fjärrkyla i Kv Mimer använder man reglering enligt typ 1. Detta leder till ett väldigt varierande effektuttag. När returtemperaturen börjar begränsa tar det ca 45 minuter innan returtemperaturen stiger. Den är då på en sådan nivå att regleringen kan ta ut en hög effekt under nästföljande 45 minuter.

Den abonnerade effekten uppgår i dagsläget till 5 MW. Abonnentcentralen är dock dimensionerad för en framtida effekt på 12 MW.

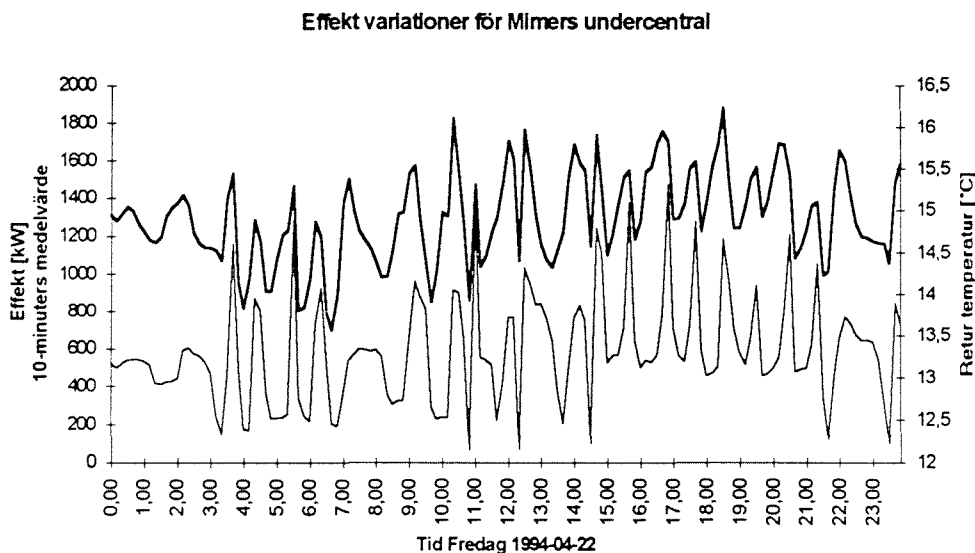


Diagram 4.2 Effekt- och returtemperaturvariationer från Mimer. (Den grova linjen, temperaturen, avläses till höger. Effekten, den smala linjen, avläses till vänster)

4.1.2 Mätobjekt 2 Melker, undermätning till objekt 1

Mätobjekt 2 är en undermätning till ABB Fastigheters centrala system för Kv Mimer och Kv Melker. För Kv Melker har man installerat en växlare för fastighetens sekundära system. Mätningen av fastigheten blev ansluten v420.

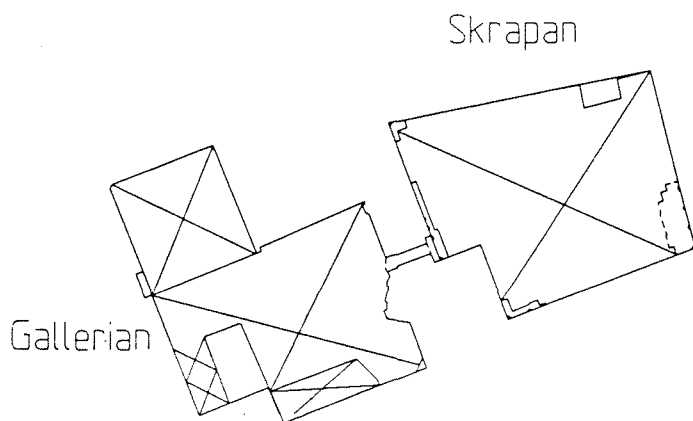
Då fastigheten är ansluten via växlare till ABB Fastigheters sekundärnät har man vid renovering och utbyggnad av kyla projekterat batterier för en högre framlednings-temperatur. Man håller en framledningstemperatur på 13°C-13,5°C på det utgående vattnet från växlaren.

Fastighetens orientering se skiss 4.1.

Fastigheten används enbart till kontor och har en yta på 18 000 m². I fastigheten finns kyla installerat både på tilluftsaggregat och rumsaggregat.

4.1.3 Mätobjekt 3 Skrapan

Mätobjekt 3 är Skrapan belägen i Kv Lorens. Den största delen av fastigheten, 51%, används för hotellverksamhet. Ägare till fastigheten är Andersons Fastigheter.



Skiss 4.3 Kv Lorens och Loke, med fastigheterna Skrapan och Gallerian. Norr rakt upp.

	(m ²)	(%)
Butiker	5 553	19,4
Kontor	4 475	15,6
Hotell	14 664	51,2
Bostäder	3 383	11,8
Allm ytor	584	2,0
Bruksarea	28 659	
Garage	7 500	
Total area	36 159	

Tabell 4.4 Verksamhet i fastigheten.

Kvarteret innehåller ett 15-tal butiker, ett hotell, kontor samt 28 bostäder bestående av en övervägande del mindre lägenheter samt några "stadsradhus" placerade på lågdelens tak.

Hotellet innehåller ca 240 rum varav merparten är dubbelrum samt några konferenssviter belägna huvudsakligen i låg- och högdelen utmed Stora gatan som går söder om fastigheten. Inom höga husets plan 25 inryms en mindre rekreationsavdelning samt på plan 24 en sky bar.

Kontoren är i huvudsak belägna i plan 3-6 utmed Kopparbergsvägen samt i plan 14-23 i höga huset. Butikerna är belägna i plan 1-2.

Fastigheten är uppförd 1988-89.

Tilluften kyls centralt men man har även sekundär kylning till önskad temperatur ute vid aggregaten. För den sekundära kylningen finns ett antal shuntsystem som höjer framledningstemperaturen till 13-14°C för att undvika kondensering.

Kylsystemet är uppbyggt i två system på grund av husets höjd (81 m). På våning 14 finns en växlare som avskiljer det övre systemet. Detta system infördes under byggandet av fastigheten varför inga ändringar behövde göras vid anslutning av fjärrkylan.

	Fönster m ²	Fasad m ²	% fönster av fasad	Fördelning av fönster %
Norr	363	2 427	15	29
Öster	200	1 701	12	16
Söder	397	2 607	15	32
Väster	276	2 035	14	22
Tot	1 236	8 770		

Tabell 4.5 Sammanställning av fönsterytor.

Vid anslutningen till fjärrkyla installerades en reglering som styrde framlednings-temperaturen efter ett inställt värde men med en begränsande funktion av retur-temperaturen (typ 1- reglering). När returtemperaturen underskred inställd kurva för tillåten temperatur gick begränsningen in och styrde ned reglerventilen. När man försökte reglera returtemperaturen bara genom att mäta densamma uppstod problem på grund av den långa svarstiden. Under vintern ändrades regleringen så att en sjunkande returtemperatur leder till höjning av börvärdet för den sekundära framledningstemperaturen (typ 2-reglering).

Övriga noteringar om fastigheten

Systemet förser även affärer och restauranger med kondensorkyla till deras kylmaskiner för kyl- och frysdiskar. De är i dag inkopplade så att de får prima framledningstvatten och inte, som vore det mest ideala, att ta returvattnet och höja returtemperaturen ytterligare. I kapitel 7.5 beskrivs seriekoppling av de olika interna systemen. Se även figur 7.7, sid 47.

4.1.4 Mätobjekt 4 Gallerian

Mätobjekt 4 är Gallerian belägen i Kv Loke.

Fastighetens orientering se skiss 4.3.

	m ²	(%)
Butiker, rest	7 825	47
Kontor	5 469	33
Biograf	1 455	9
Bostäder	101	1
Allm. ytor	1 755	11
Bruksarea	16 605	
Förråd	1 038	
Total area	17 643	

Tabell 4.6 Verksamhet i fastigheten.

Gallerian är en typisk galleria med affärer, restauranger och biograf på planen 0-2 samt en överglasad affärsgata och kontor på övervåningarna. Gallerian är uppförd 1986.

Gallerian har ett centralt ventilationssystem där behandlingen av tilluften sker, men man har även efterbehandling ute i fastigheten. Kylbatterierna i fastigheten är projekterade för ett driftfall på 7-12°C. Vid anslutning till fjärrkyla gjordes dock vissa justeringar för att få upp returtemperaturen, såsom seriekoppling av flödet i ett par batterier för tilluften.

Typ av reglersystem

Den installerade regleringen var av typ 1-reglering men blev under våren 1994 ändrad till typ 2-reglering. För att klara returtemperaturkravet på 16°C har fastighetsägaren fått en respit på några år för injustering och erforderliga ombyggnationer.

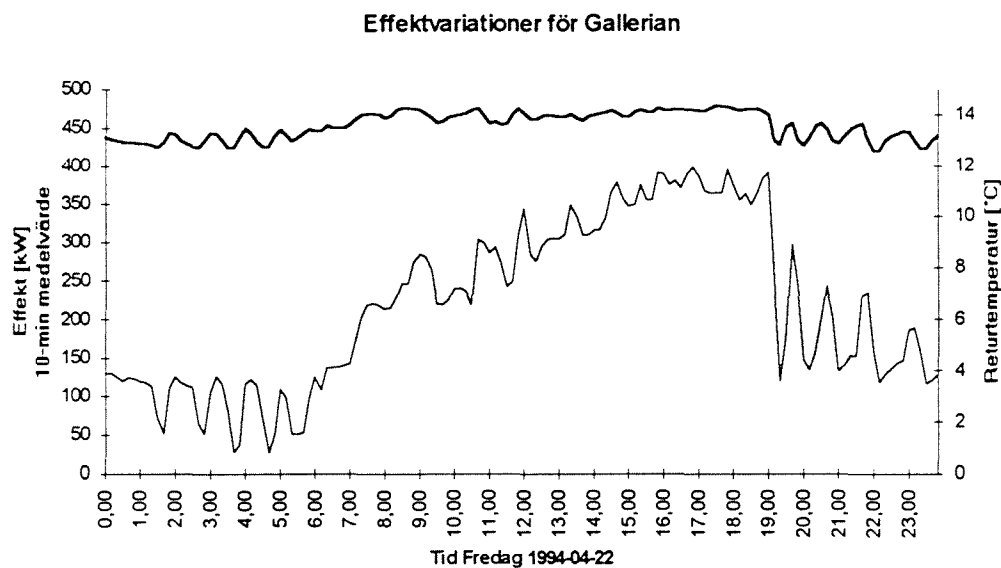


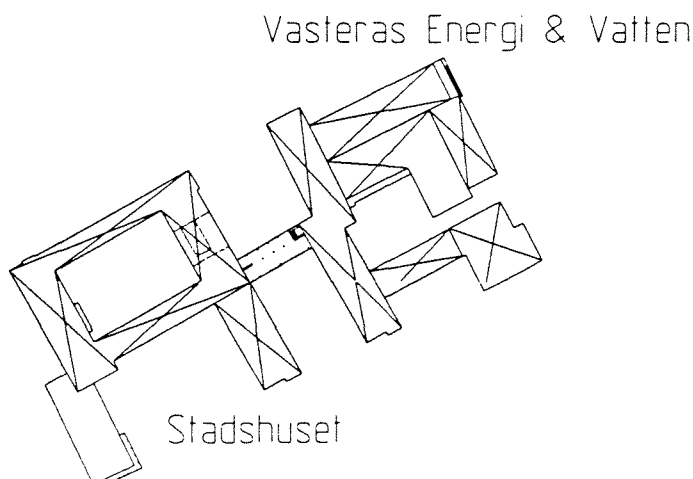
Diagram 4.7 Effekt- och returtemperaturvariationer från Gallerian. (Den grova linjen, temperaturen, avläses till höger. Effekten, den smala linjen, avläses till vänster)

Övriga noteringar om fastigheten

Med fjärrkylan kyla restaurangernas och övriga kylmaskiners kondensorer som finns i fastigheten.

4.1.5 Mätobjekt 5 Västerås Energi & Vatten AB

Mätobjekt 5 är Västerås Energi & Vatten AB:s kontor. Fastigheten renoverades 1991.



Skiss 4.8 Kv Dominikanklostret, med fastigheterna Västerås Energi & Vatten, Stadshuset och Kommundata. Norr rakt upp.

Hela fastigheten används för kontorsverksamhet. Ytan på fastigheten uppgår till 4 258 m² och av dessa används 3 107 m² för kontorsverksamhet.

Vid renoveringen fick fastigheten nytt ventilations- och uppvärmnings/kylsystem. Ventilationsluften förbehandlas centralt för att sedan efterbehandlas i varje kontor så att önskad temperatur kan ställas in i varje lokal. Kontorens belysning styrs automatiskt.

Typ av reglersystem

Inledningsvis användes typ 1-reglering men efter inregleringsproblem övergick man till typ 2-reglering för att minska de kraftiga svängningarna i regleringen. Se även diagram 3.1. Med typ 2-reglering har en bättre funktion erhållits. Då stor del av effekten ligger på det sekundära systemet för fönsteraggregaten, som håller en temperatur på 13-14°C i framledningen, erhålls höga returtemperaturer, 17-17,5°C.

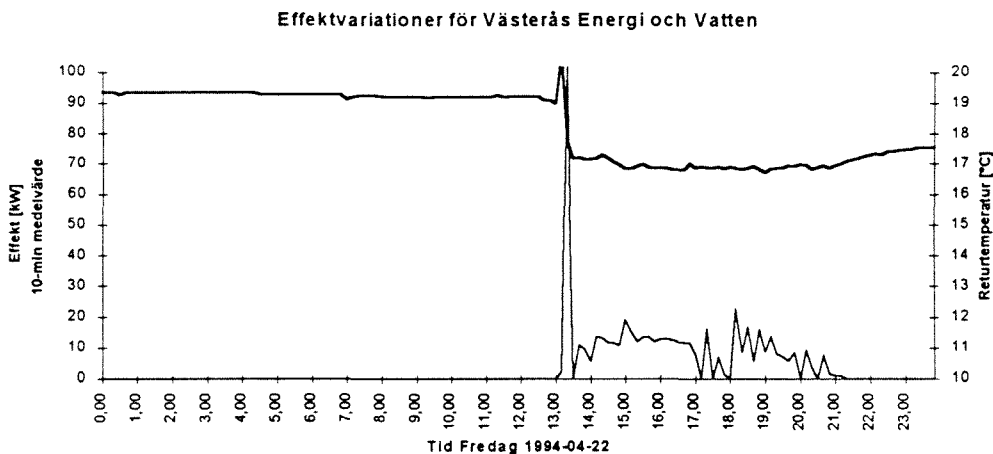


Diagram 4.9 Effekt- och returtemperaturvariationer för Västerås Energi och Vatten. (Den grova linjen, temperaturen, avläses till höger. Effekten, den smala linjen, avläses till vänster)

Övriga noteringar om fastigheten

När inget kylbehov finns står cirkulationspumparna stilla. Därför är returtemperaturen såpass hög under natten. Vattnet i ledningarna står stilla. När anläggningen körs har man en returtemperatur på över 17°C.

4.1.6 Mätobjekt 6 Stadshuset

Mätobjekt 6 är en gemensam undercentral för Stadshuset och Kommundata. I Stadshuset kyla endast tilluften i vissa delar. Kommundata har fjärrkyla även för kylningen av deras datorhallar. Fastighetens orientering se skiss 4.8.

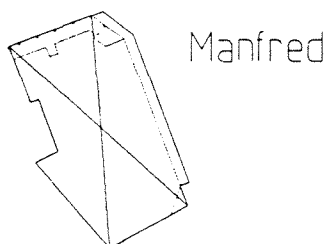
Stadshuset har en yta på 30 000 m² och används för kontorsverksamhet. Kommundata har en yta på 1 500 m². I dessa lokaler finns även en stordator som får kyla från fjärrkylsystemet. Kommundata har kylbehov till sina datorhallar året om och anslöts under hösten 1993.

Typ av reglersystem

Under hösten 1993 användes typ 1-reglering med minbegränsning på 16°C i returen. Då en jämn reglering inte erhöles och även problem med höga framledningstemperaturer uppstod ändrades minreturtemperaturkravet till 12,5 °C.

4.1.7 Mätobjekt 7 Manfred

Mätobjekt 7 är Manfred. Fastigheten uppfördes 1970-71 och har ej genomgått några större renoveringar sedan uppförandet.



Skiss 4.10 Delar av Kv Manfred. Norr rakt upp.

Fastigheten används till största delen för kontorsverksamhet. I markvåningen finns dock affärer, restauranger och en banklokal.

Fastighetens totala yta uppgår till 9 900 m². Av dessa är 8 900 m² kylda med tilluft. Volymen uppgår till 32 000 m³ varav 25 000 m³ är volymen för bruksdelen.

	Fönster m ²	Fasad m ²	% fönster av fasad	Fördelning av fönster %
Norr	244	917	27	29
Öster	295	985	30	36
Söder	218	660	33	26
Väster	72	330	22	9
Tot	829	2 892		

Tabell 4.11 Sammanställning av fönsterytor.

Systemet försörjer endast kylbatterier i fastighetens tilluftsystem. Inga sekundära system finns. Vid installationen blindade man samtliga trevägsventiler i systemet. Därigenom erhöles en bra returtemperatur, 15°C vid 27,5°C utomhustemperatur.

Typ av reglersystem

Fastigheten har typ 1-reglering och funktionen är god. Det uppstår dock en effekttopp när kylan startar på morgonen men sedan fungerar den bra. En orsak till att typ 1-regleringen fungerar är att man inte har några större problem med att klara returtemperaturen.

Investeringen i kundanläggningen uppgick till 333 000 kr exklusive elinstallation och sekundär cirkulationspump.

4.1.8 Mätobjekt 8 Systembolaget

Mätobjekt 8 ägs av Systembolaget fastigheter. Fastigheten blev delvis renoverad 1993 och dessa delar av fastigheten fick kyla. Vid renoveringen förbereddes hela fastigheten för kyla. I dagsläget har dock bara 120 m² kyla.

Den del av fastigheten som har kyla används för kontorsverksamhet.

Typ av reglersystem

I fastigheten används reglering enligt typ 3. Regleringen styr aggregaten för att få en returtemperatur enligt inställd returtemperaturkurva.

4.2 Produktionsanläggning

Under denna punkt beskrivs endast de delar av produktionsanläggningen som ingår i eller direkt påverkar funktionen på övriga delar av systemet. En allmän beskrivning av systemet redovisas under 1.3.2 samt tekniska specifikationer i bilaga B.

Driften i produktionsanläggningen har under mätperioden optimerats med hänsyn till lägsta möjliga produktionskostnad. Ackumulatorm har utnyttjats så att värmepumparna gått i optimal värmepumpdrift och under korta perioder har ackumulatorm laddats med en låg temperatur. Framledningstemperaturen ut på fjärrkylnätet har inte följt kurvan för framledning/utomhustemperatur utan endast använts som en maxgräns för högsta tillåtna.

En mindre by-passledning som används vid start av kylproduktionen i anläggningen har också använts för att reglera framledningstemperaturen. Ventilen är ej avsedd för detta och kan ej hålla önskad framledningstemperatur på grund av sitt fysiska läge vid laddning och lägre tryckfall i ackumulatorkretsen vid urladdning. Detta har medfört att framlednings-temperaturen varierat markant vid låglast.

Västerås Energi & Vatten AB planerar dock att komplettera med en shuntledning för att erhålla en stabilare temperaturreglering som följer utomhustemperaturen och inte berörs av olika produktionstemperaturer eller i- och urladdning.

Laddning av ackumulatorm sker endast ett par gånger per dag vid låglast. Man försöker då ladda med så kallt vatten som möjligt för att optimera driften. Dessa svängningar i framledningstemperaturen bidrar till att regleringen ute vid kunderna kommer i svängning om man inte använder typ 2-reglering. Diagram 4.12 nedan visar exempel på hur framledningstemperaturen varierat.

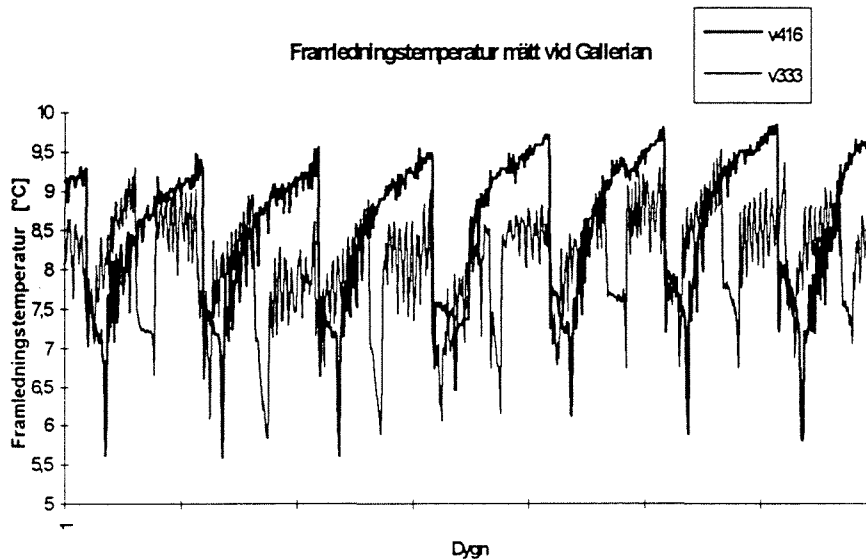


Diagram 4.12 Framledningstemperatur vid kund Gallerian. Temperaturerna är 10 minuters medelvärden.

Laddningsintervall för ackumulatorm framgår av ovanstående diagram 4.12 för v416 och v333. Utomhustemperaturen för v416 var så låg att man ej hade krav på att leverera kallare fjärrkylvatten än 10°C. Samband mellan framledningstemperatur och utomhustemperatur presenteras i 5.4, diagram 5.20.

Laddning har endast skett en gång per dygn under v416. Laddningen har börjat vid ca 5-tiden på morgonen och pågått i ca 3,5 h. Att man laddar på morgonen beror på ett minskande spillvattenflöde i slutet av natten.

Under v333, när belastningen i nätet var större och temperaturkravet på framledningen lägre, var det nödvändigt att ladda ackumulatorm två gånger per dygn.

Temperatursänkningarna som kommer i slutet av laddningsperioden beror på att ackumulatorm blivit fulladdad och att man får tillbaka det kalla vattnet till växlarna.

5. SAMMANSTÄLLNING AV MÄTDATA

5.1 Meteorologiska data

Utomhustemperaturen under mätperioden har varierat enligt diagram 5.1. I diagrammet presenteras dygnets medeltemperatur jämfört med ett normalår. Dygnets högsta och lägsta temperaturer framgår även i diagrammet. Den högsta uppmätta temperaturen under mätperioden var 32,1°C, vilket är en av de högsta temperaturer som uppmäts i Västerås.

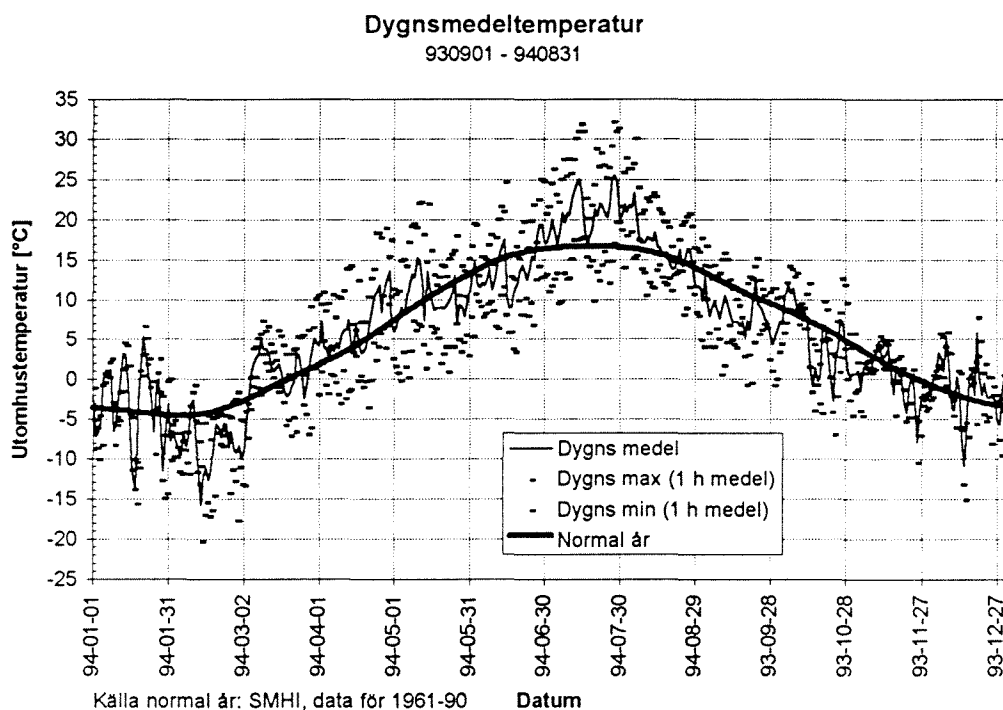


Diagram 5.1 Dygnsmedeltemperaturvariationer under mätperioden jämfört med normalår. Även presentation av varmaste och kallaste timmedelvärden för varje dygn.

Hela juli var mycket varmare än normalt, vilket framgår av att medeltemperaturen för månaden var 20,9°C. Det skall jämföras med den normala medeltemperaturen på 16,6°C. I diagram 5.2 jämförs månadsmedeltemperaturerna med normalårsvärden.

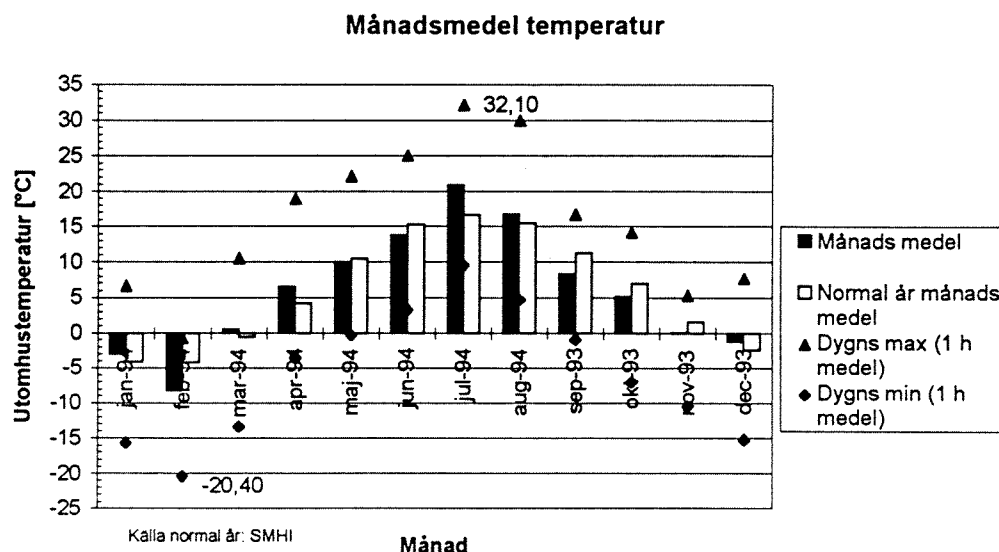


Diagram 5.2 Månadsmedeltemperaturer under mätperioden.

Om man ser på varaktigheten för utomhustemperaturen i diagram 5.3 nedan, har det varit kallare än normalt under en stor del av tiden.

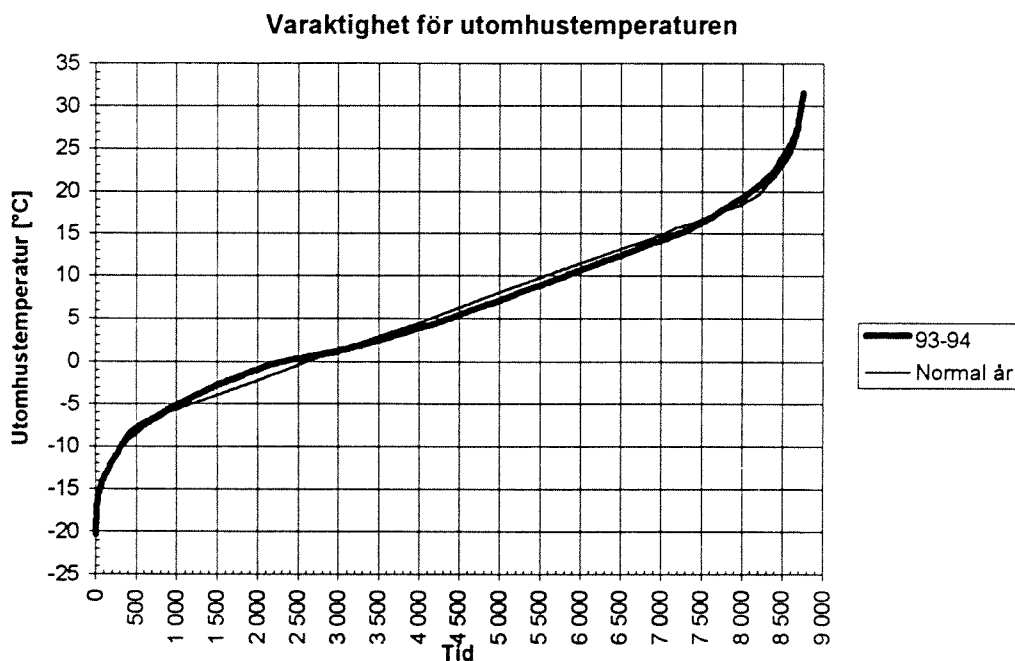


Diagram 5.3 Varaktighet över utomhustemperaturen jämfört med ett normalår.

Som framgår av diagram 5.15 börjar komfortkylbehovet för vissa fastigheter att stiga vid utomhustemperaturer på 10°C. Om vi begränsar oss till varaktigheten för temperaturer över 10°C, diagram 5.4, framgår att det har varit varmare än normalt. Normalt i Västerås skall utomhustemperaturen överskrida 27,5°C i 50 h (DUT +50 h) och 23,7°C i 250 h (DUT +250 h). Under mätperioden har det varit varmare än 27,5°C i 85 h samt varmare än 23,7°C i 290 h. Under mätperioden var det varmare än 29,0°C i 50 h och varmare än 24,3°C i 250 h.

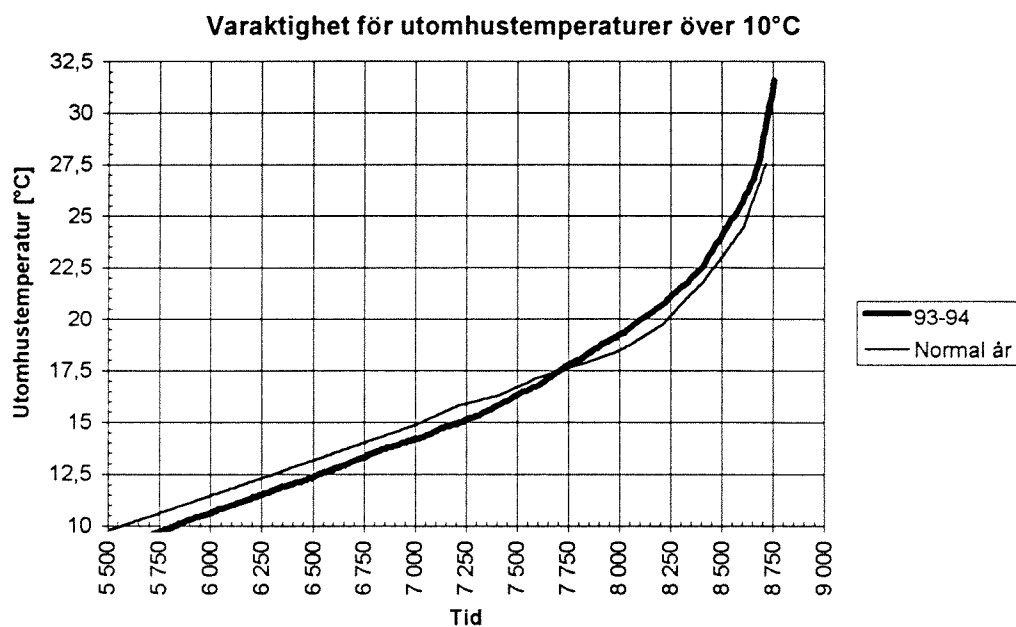


Diagram 5.4 Varaktighet över +10°C i jämförelse med normalår. Källa normalår VVS - handboken, tabeller och diagram.

5.2 Effektbehov

5.2.1 Variation

Dygnsvariationskurvorna 5.7 till 5.1.2 visar effektvariationen över dygnet i förhållande till olika dygnsmedeltemperaturer. Kurvorna baseras på ett antal dygn med dygnsmedeltemperaturer nära de nedan angivna temperaturerna. Medelvärdena är endast baserade på vardagar. Under helger har man andra driftförhållanden på anläggningarna. Ovanstående gäller ej för kurva A, maxdygnet. Där har valts det dygn som hade den högsta energiförbrukningen, vilket inträffade 94-07-28 för samtliga fastigheter.

För varje kund har en effektprofil framtagits, se fig 5.15. Den kurvan har använts för att ange effekten vid 27,5°C, DUT +50 h. Kurvorna 5.7 till 5.1.2 relaterar till effektbehovet vid DUT +50 som 100%. Figur 5.6 visar hur dygnstemperaturen har varierat för de nedan redovisade dygnen.

Kurva		Dygnsmedeltemp.
A	Det dygn som hade den högsta energiförbrukningen	
B	Dimensionerande dygn	21°C
C	Normaldygn, juli månad	16,6°C
D	Försäsongsdyn	13°C
E	Vår/höst	10°C
F	Lågsäsong	5°C

Tabel 5.5 Förklaringar av kurvorna i diagram 5.6 - 5.1.2

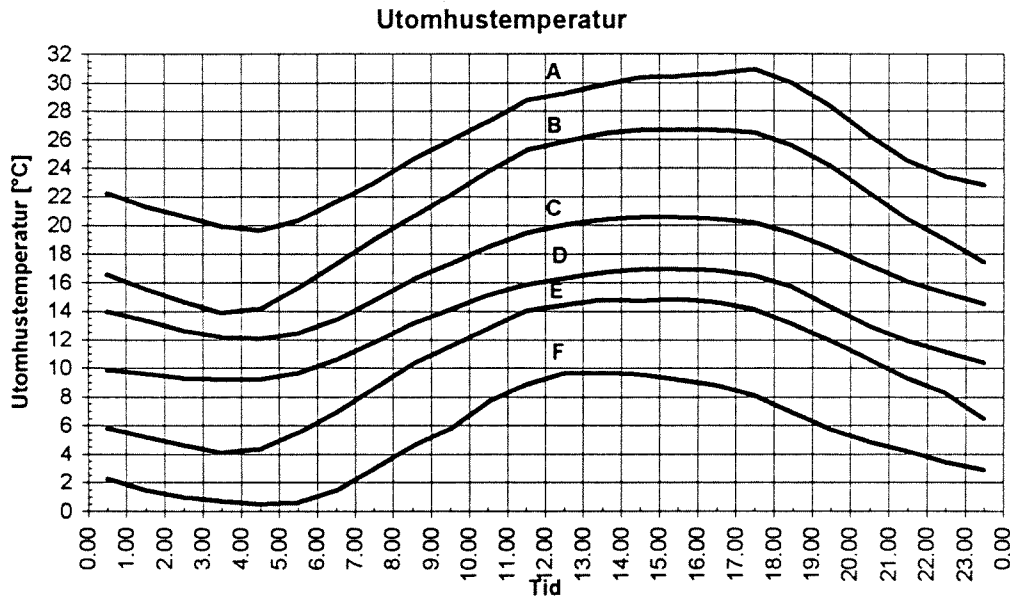


Diagram 5.6 Utomhustemperaturens variationer över dygnet, baserad på timmedelvärden.
Förklaring se tabell 5.5.

Effektprofiler Mimer

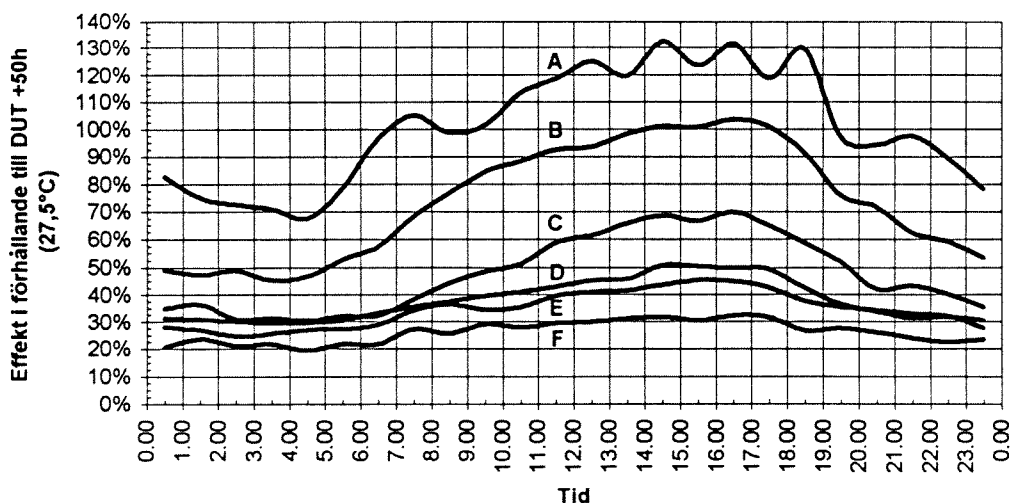


Diagram 5.7 Effektvariation för Mimer över dygnet vid olika typdygn, baserad på timmedelvärden. Förklaring se tabell 5.5.

Effektprofiler Skrapan

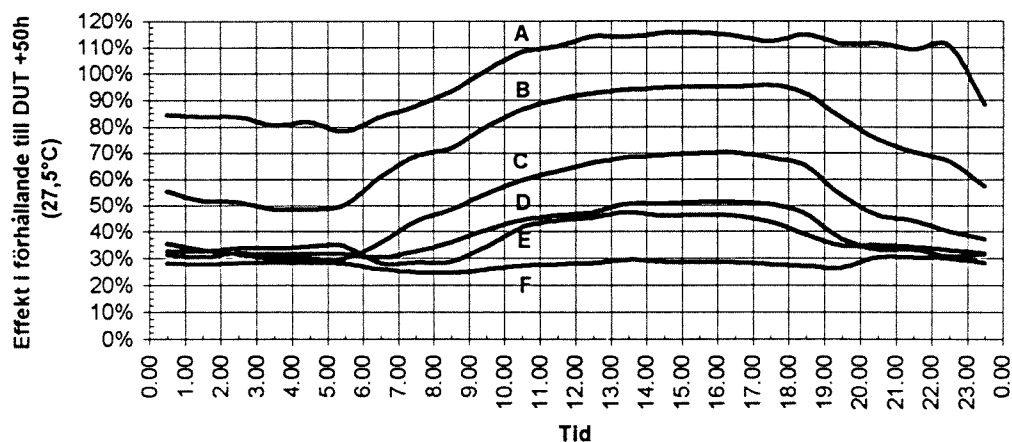


Diagram 5.8 Effektvariation för Skrapan över dygnet vid olika typdygn, baserad på timmedelvärden. Förklaring se tabell 5.5.

Anm.

Skrapan har ett högre effektbehov nattetid än på förmiddagar i vår och höstfallet (kurva E). Orsaken till att effektbehovet sjunker på förmiddagen är att frikyla då utnyttjas genom ventilationen. På natten används den sekundära kylan i stället för ventilationen för kylningen av fastigheten. Man kan även se ett lägre effektbehov under dagtid för vinterfallet (Kurva F).

Effektprofiler Gallerian

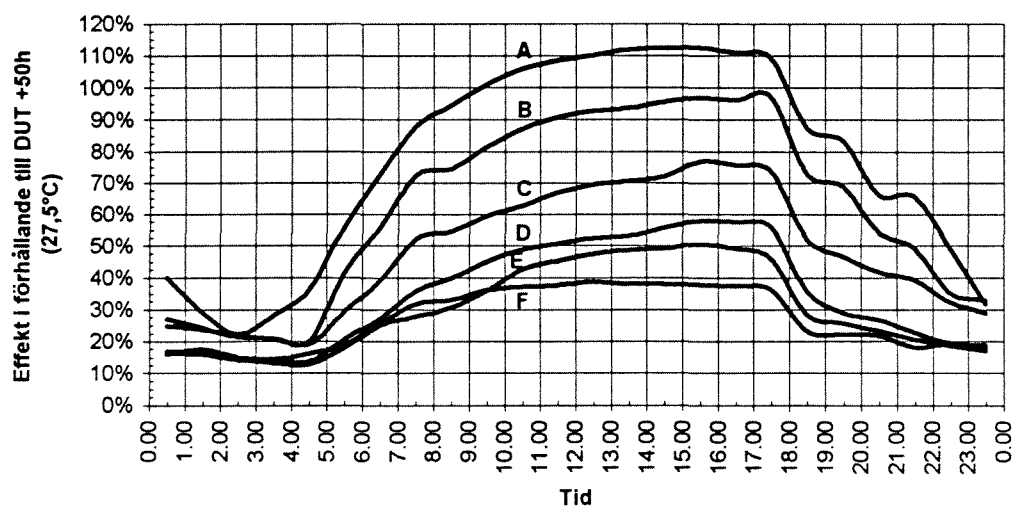


Diagram 5.9 Effektvariation för Gallerian över dygnet vid olika typdygn, baserad på timmedelvärden. Förklaring se tabell 5.5.

Effektprofiler V.ås E&V

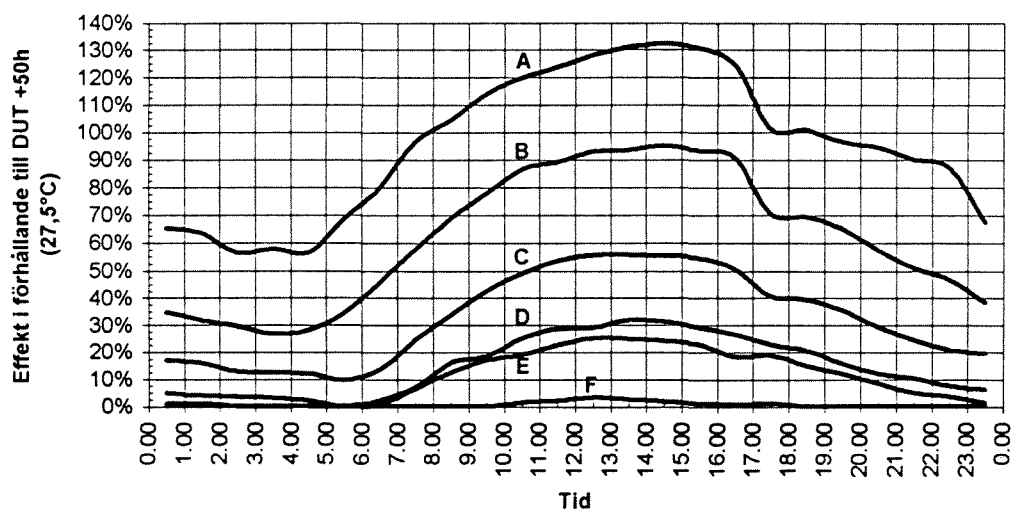


Diagram 5.10 Effektvariation för Västerås Energi och Vatten AB över dygnet vid olika typdygn, baserad på timmedelvärden. Förklaring se tabell 5.5.

Effektprofiler Stadshuset

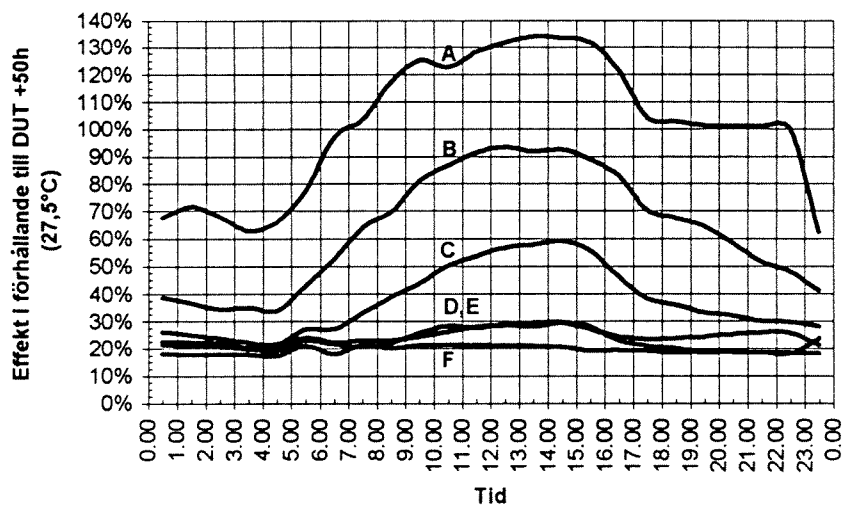


Diagram 5.11 Effektvariation för Stadshuset över dygnet vid olika typdygn, baserad på timmedelvärden. Förklaring se tabell 5.5.

Effektprofiler Manfred

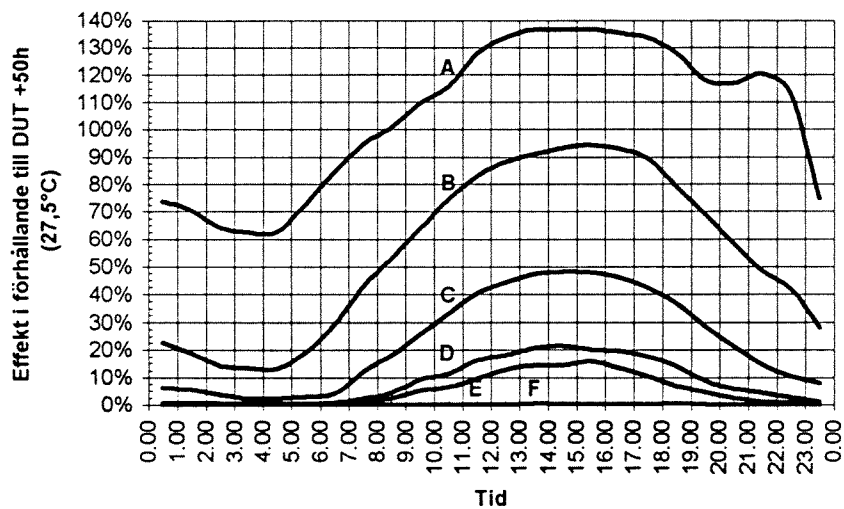


Diagram 5.12 Effektvariation för Manfred över dygnet vid olika typdygn, baserad på timmedelvärden. Förklaring se tabell 5.5.

5.2.2 Varaktighet

Varaktigheten för effektförbrukningen framgår av nedanstående diagram 5.13. Anledningen till Stadshusets låga förbrukning i slutet av kurvan är att kyla i början av mätperioden inte hade anslutits till Kommundata och deras datorkyla. Som 100% har använts effekten vid DUT + 50 h, enligt diagram 5.15. För produktionsanläggningen har använts summan av de dimensionerade effekterna för kunderna. Utnyttjningstiderna presenteras i tabell 7.8.

Varaktighet effekt

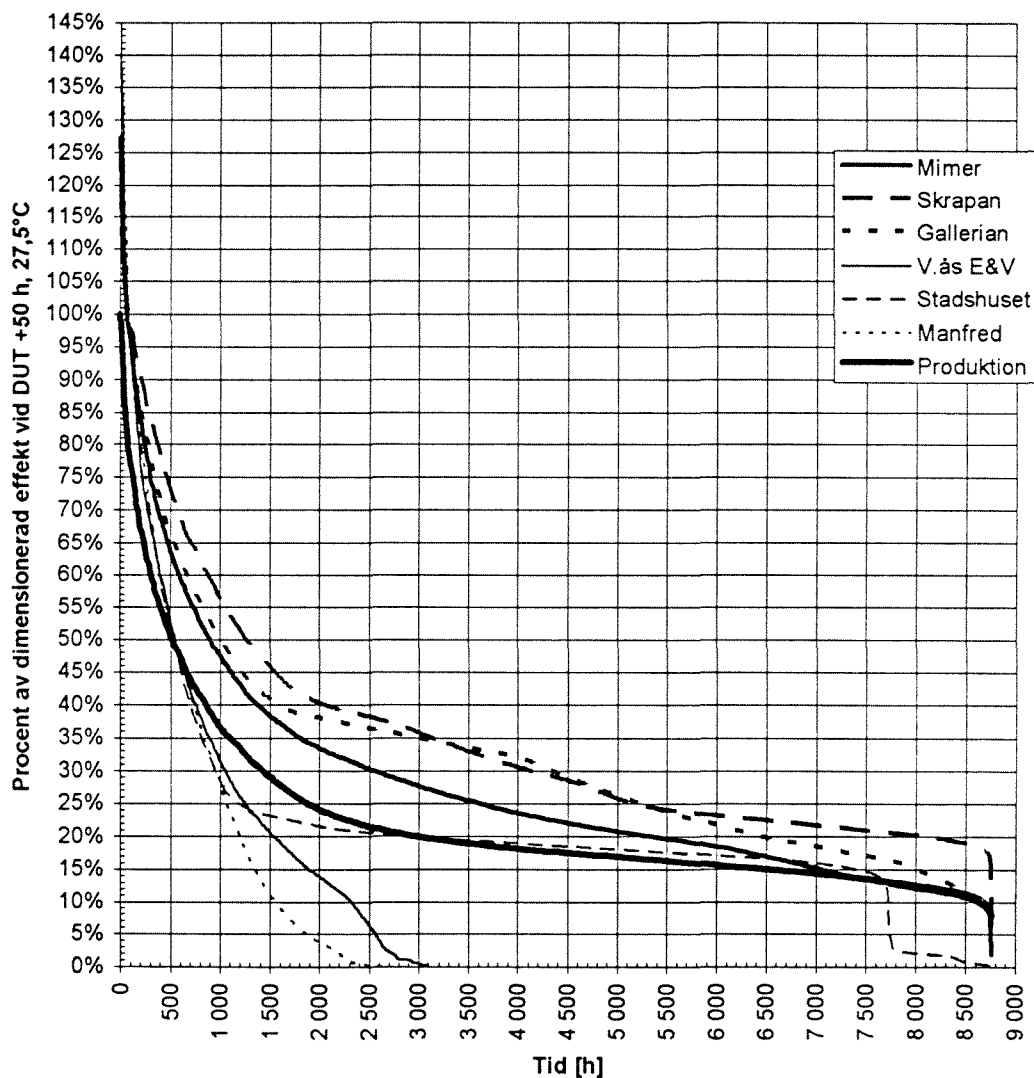


Diagram 5.13 Varaktighet för kundernas effektuttag.

5.2.3 Förhållande till utetemperatur

I diagram 5.14 nedan redovisas effektprofilen för produktionen i förhållande till utomhustemperaturen. Endast de 4 000 varmaste timmarna är redovisade.

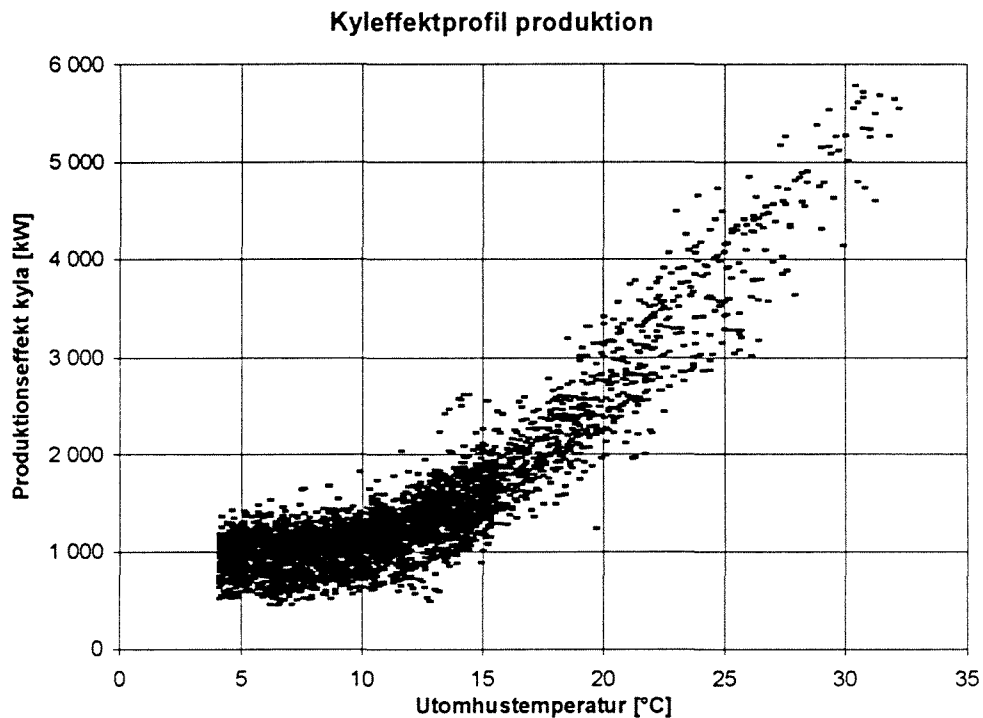


Diagram 5.14 Produktionens effektprofil i förhållande till utomhustemperaturen. Effekterna baserade på 1 h medelvärden.

Komfortkylbehovet upphör vid temperaturer under 10°C. Det kvarvarande effektbehovet utgörs av baskyla i fastigheterna.

I diagram 5.15 redovisas effektprofilkurvor för de enskilda kunderna. Vid framtagande av kurvorna framgick att några kunder hade kraftigt varierande effektbehov beroende på tidpunkt och veckodag. För dessa fastigheter presenteras därför två effektprofiler. Förklaringen till effektvariationerna är att ventilationen är avstängd under icke arbetstid.

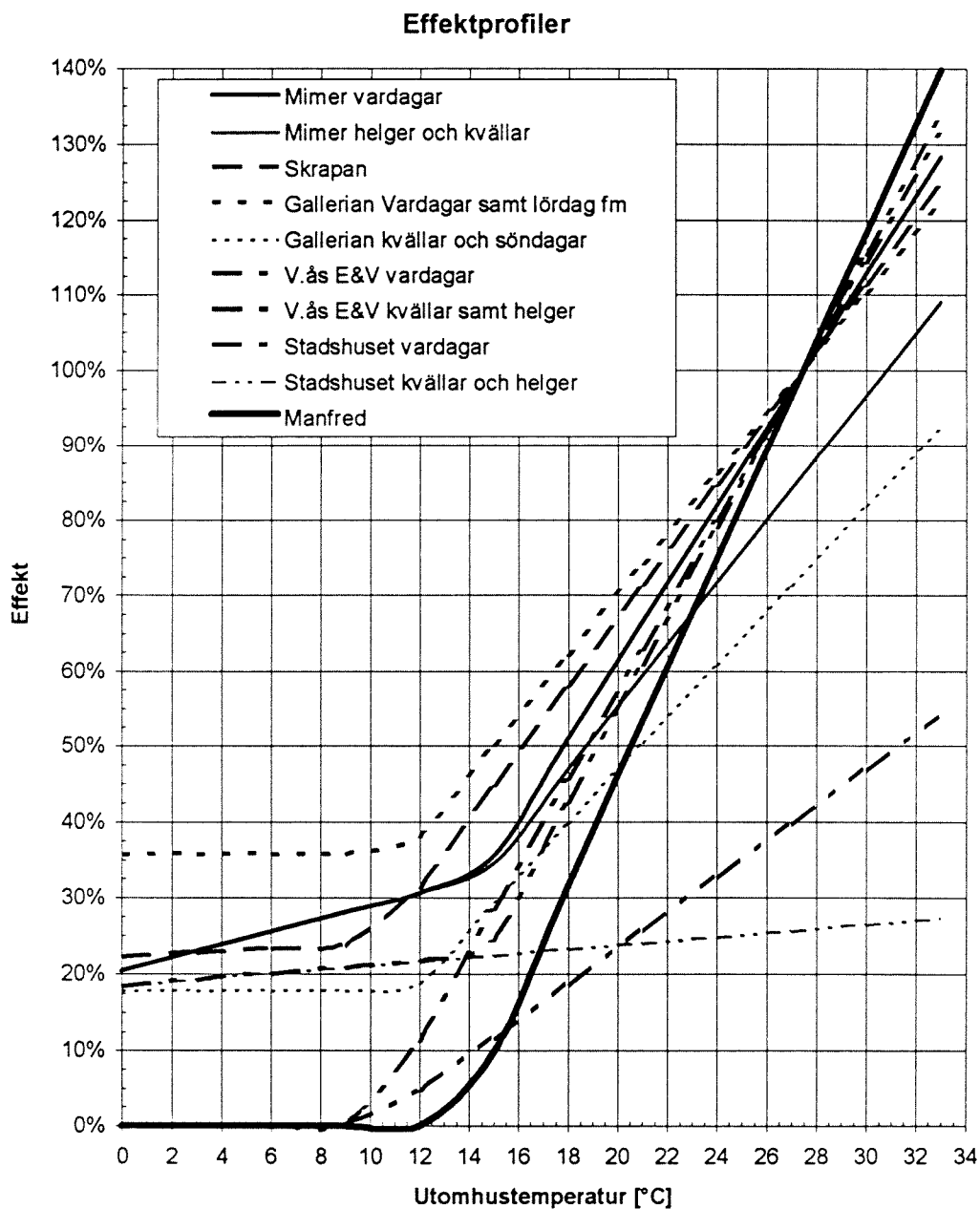


Diagram 5.15 Kundens effektprofil i förhållande till utomhustemperaturen.

Ovanstående diagram 5.15 visar att en taxekonstruktion med uppmätt verkligt effektuttag slår olika hårt beroende på högsta utetemperatur aktuellt år samt kundernas typ av förbrukning.

5.2.4 Förhållande till solinstrålning

Vi har på basis av uppmätt effektbehov och solinstrålning ej funnit något generellt samband mellan dessa. Fjärrkyleffekten som funktion av solinstrålningen redovisas nedan. Då inget samband finns mellan utomhustemperaturen och solinstrålningen har mätdata använts för utomhustemperaturer i intervallet 24°C-26°C.

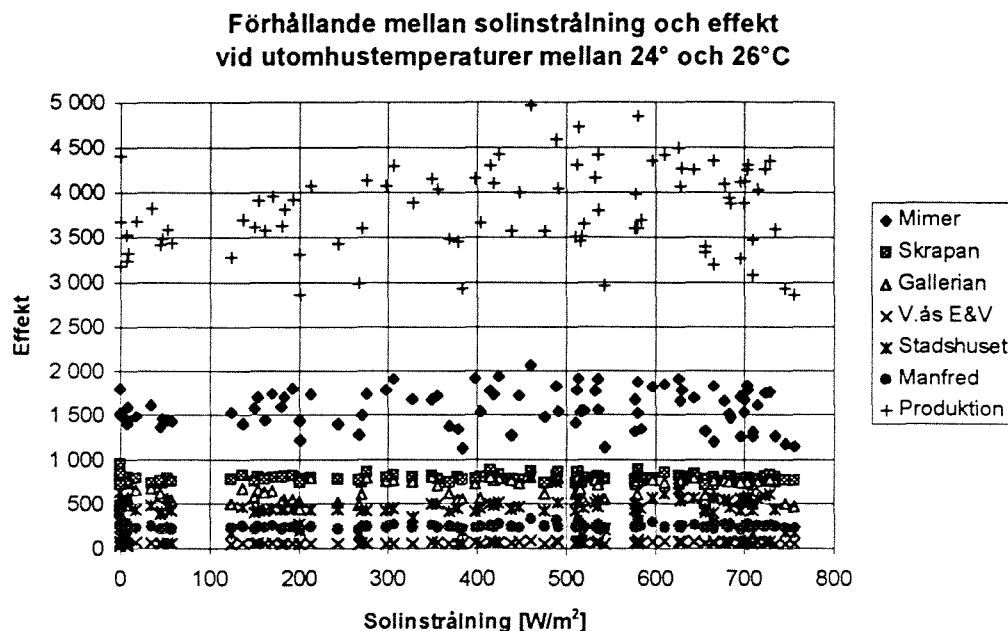


Diagram 5.16 Effekt i förhållande till solinstrålning, baserad på timmedelvärden.

Det kan antas att den ökade solinstrålningen i viss mån reduceras genom användning av persienner och markiser men främst att inomhusklimatet har påverkats utan att kylsystemet har kompenserat detta. I vilken utsträckning inneklimatet har påverkats kan ej fastställas då inomhustemperaturen ej har registrerats.

5.3 Energiförbrukning

Diagram 5.17 nedan visar hur systemets kylenergiförbrukning har varierat för under mätperioden.

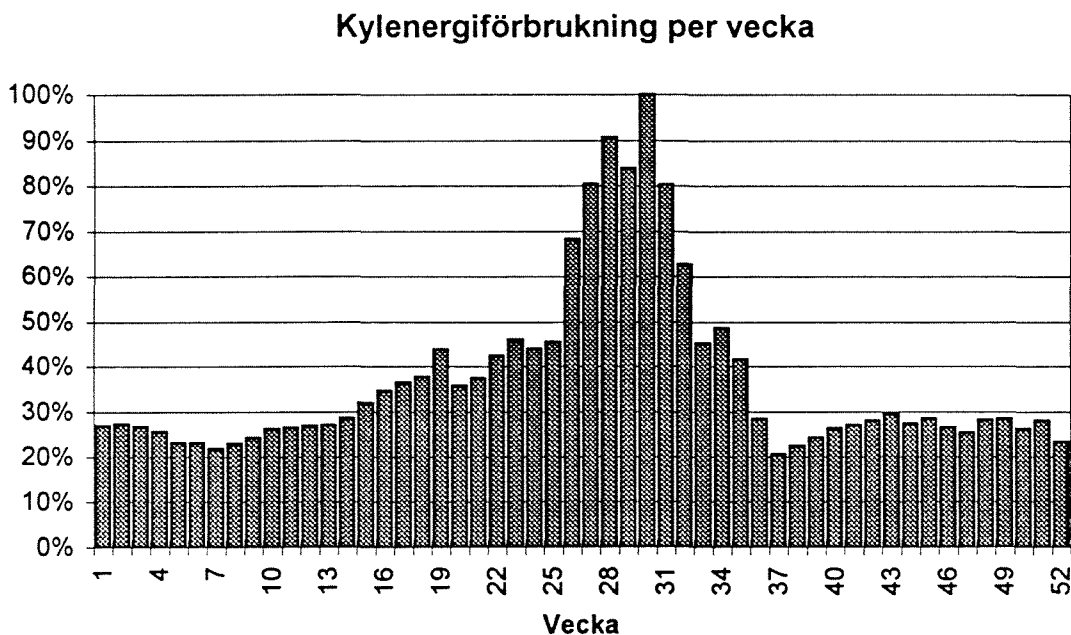


Diagram 5.17 Kylenergiförbrukning per vecka.

Kundernas förbrukning av energi på månadsbasis under mätperioden framgår av diagram 5.18.

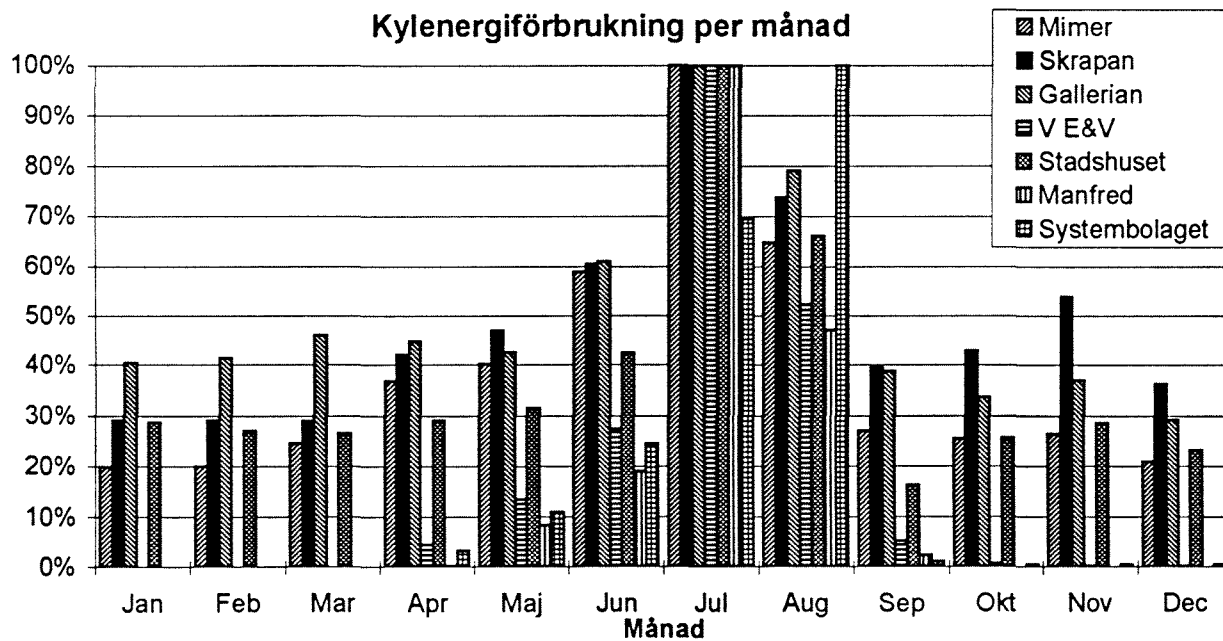


Diagram 5.18 Kylenergiförbrukning per månad.

5.4 Fjärrkyltemperaturer

5.4.1 Produktionsanläggningen

Då man endast haft begränsad möjlighet att styra utgående temperatur från produktionsanläggningen har enbart den för kunderna garanterade framledningstemperaturen använts som max-kurva.

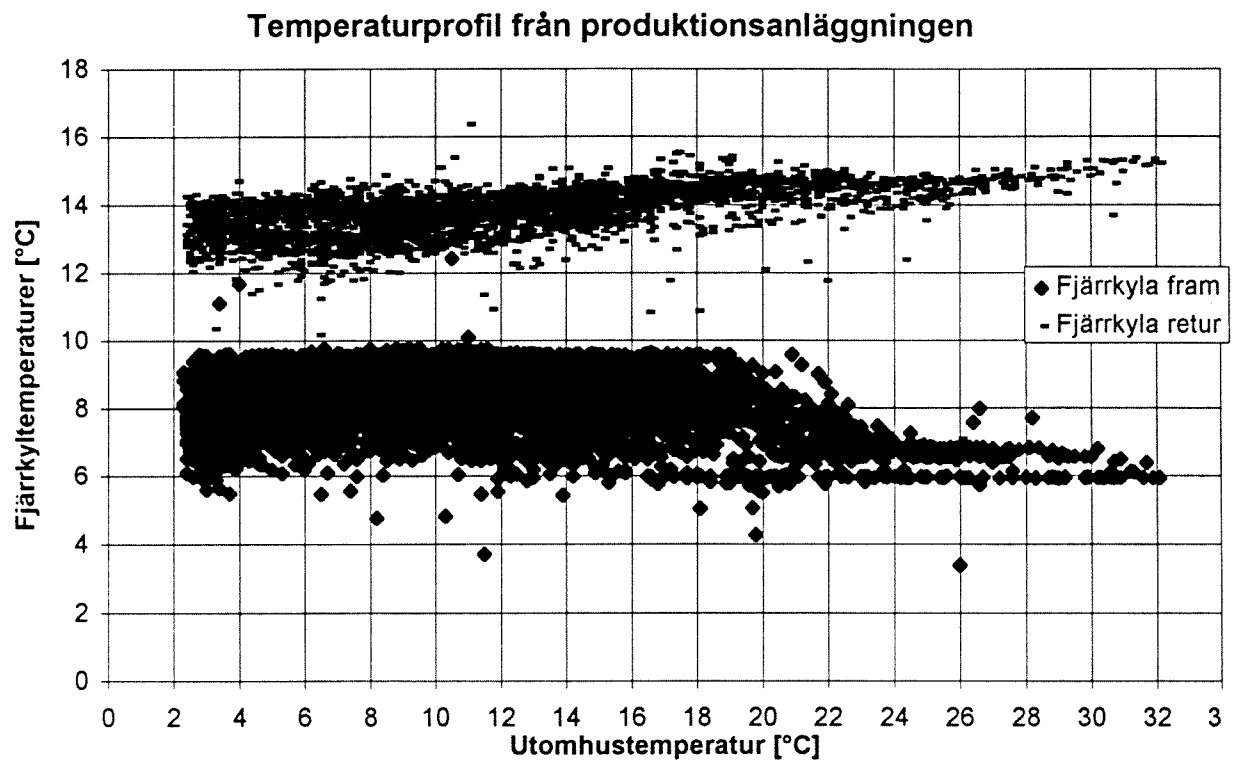


Diagram 5.19 Temperaturer på fjärrkylan vid produktionsanläggningen, baserade på timmedelvärden.

5.4.2 Returtemperaturer från kunderna

De individuella returtemperaturerna har varierat mellan 12,5°C-17,5°C vid DUT +50 h. Anledningen till att temperaturen endast är 12,5°C i retur från Stadshuset är att man ej har ett optimerat internt system. Returtemperaturen från Mimer sjunker från 16°C vid en utomhustemperatur på 20°C, till 15°C vid 25°C, beroende på att regleringen ställdes om under perioden med hög utomhustemperatur.

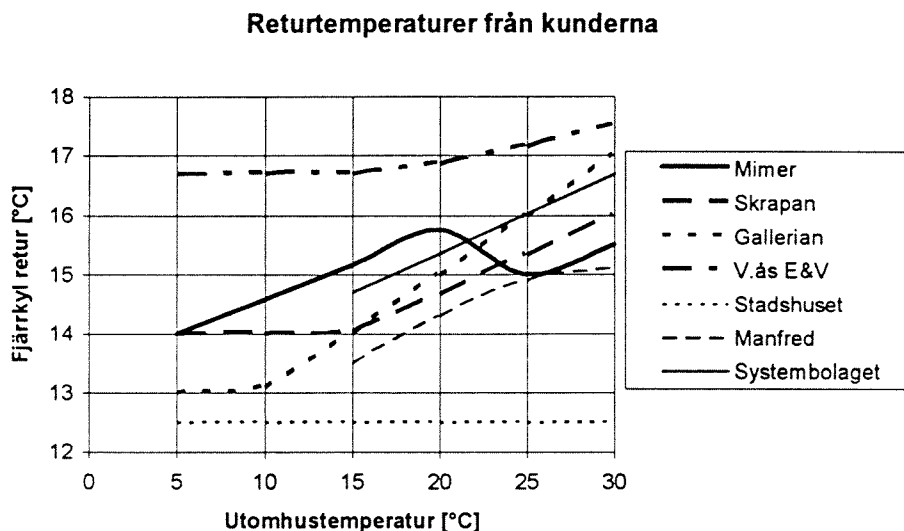


Diagram 5.20 Returtemperaturer från kundanläggningarna.

5.4.3 Temperaturer från anläggning med värmeväxlare

I Mimers interna system har installerats värmeväxlare till en enskild fastighet. Som framgår av nedanstående diagram 5.21 har man en sekundär framledningstemperatur på 13°C-13,5°C. Returtemperaturen från det interna systemet har varit 17,8°C. På primärsidan har det gett en retur på 16,2°C efter värmeväxlaren. I Mimers nät har framledningstemperaturen varierat mellan 12°C-10°C.

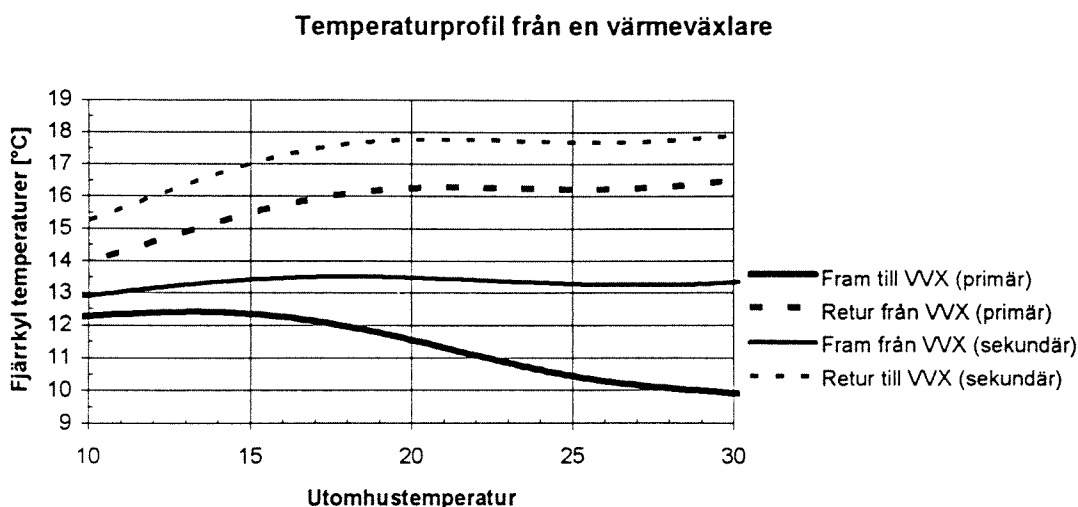


Diagram 5.21 Temperaturer från en sekundär växling.

5.4.4 Temperaturer från ett sekundärt system

Udermätningen i Skrapan, där ett sekundärt system har loggats separat, visar på dessa temperaturer.

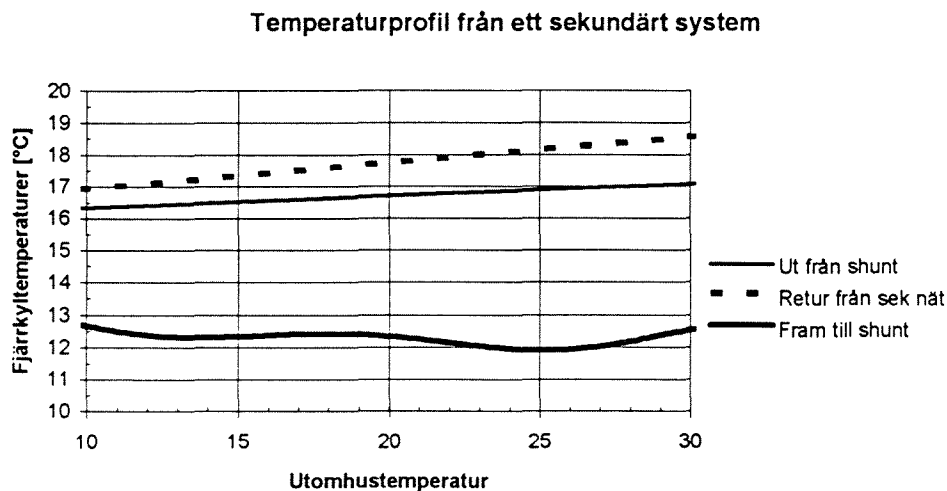


Diagram 5.22 Temperaturer från ett sekundärt system.

5.5 Fjärrkylflöden

I diagram 5.23 nedan presenteras förhållandet mellan flödet från produktionsanläggningen och utomhustemperaturen. Anledningen till de relativt stora flödena även när utomhustemperaturen understiger 10°C är att baskylan ligger kvar som förbrukning.

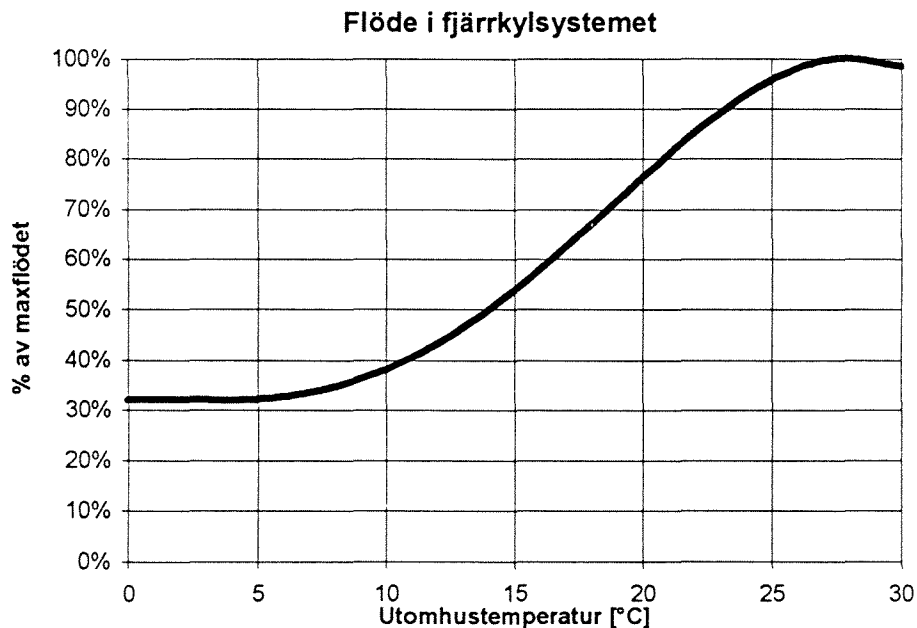


Diagram 5.23 Förhållande mellan flöde och utomhustemperatur.

6. FÖRÄNDRINGAR I KUNDANLÄGGNING

6.1 Ersatt köldmediemängd

Övergången från egen kyla till fjärrkyla har i vissa fastigheter inneburit att befintliga kylmaskiner har kunnat tas bort. I andra fall där kylmaskiner inte funnits har man undvikit behovet att installera nya kylmaskiner. I nedanstående tabell 6.1 presenteras dels den mängd köldmedia som tagits bort, dels de beräknade behovsmängderna om man installerar egna kylmaskiner.

Generellt varierar köldmediemängden i de indirekta systemen mellan 0,3 - 0,6 kg/kW_{kyla}. Om det gäller DX-aggregat är köldmediemängderna större. Indirekta system använder vatten både som köldbärare och för bortföring av värmen, med köldmedie endast i kylmaskinen. I DX-aggregat används köldmediet i kylbatterier och kyltorn.

I systemet har Västerås Energi & Vatten AB övertagit Skrapans kylmaskiner för att ha som reservanläggning i nätet. Ersatt mängd och typ av köldmedia redovisas nedan:

Fastighet	Köldmedium	Ersatt mängd	kW/kg
Mimer	(HCFC22)	1020 kg	0,52
Skrapan	HCFC22	440 kg	0,5
Gallerian	HCFC22	340 kg	0,4
V.ås E&V		50 kg	
Stadshuset	HCFC22	170 kg	0,27
Manfred	HCFC22	570 kg	2,0
Systembolaget		20 kg	
Totalt		2 610 kg	

Tabell 6.1 Minskat behov av köldmedium för ingående kunder.

6.2 Minskad elenergiförbrukning

Den minskade elenergiförbrukningen baseras på schablonvärden för COP samt den verkliga kylenergiförbrukningen under mätperioden. I beräkningarna över minskad elenergi har använts en medelårs COP på 2,8.

Fastighet	Kylenergi MWh	Minskad el MWh
Mimer	4 625	1 652
Skrapan	2 711	968
Gallerian	2 220	793
V.ås E&V	88	31
Stadshuset	1 372	490
Manfred	246	88
Systembolaget	4	1
Totalt	11 266 MWh _{kyla}	4 024 MWh _{el}

Tabell 6.2 Minskat elbehov för ingående kunder.

7. GENERELLA SLUTSATSER

7.1 Variation och varaktighet för kylbehov

7.1.1 Förbrukningsmönster

Av mätningarna har framkommit att förbrukningen består av tre olika huvudtyper.

Den största och vanligaste är förbrukning i ventilationssystem. Denna är endast beroende av utomhustemperaturen och tidpunkten. Effektbehovet följer både utomhustemperaturen och anläggningarnas driftsätt. Effekten stiger kraftigare än utomhustemperaturen då anläggningen startas och sjunker på eftermiddagen då ventilationen stängs av. Påpekas bör att under de varma perioder som uppträdde under mätperioden förlängde ett flertal kunder drifttiden på ventilationsanläggningarna för att klara av att kyla ned fastigheten. Man utnyttjade fastigheterna för lagring av kyla. Fastigheternas kylsystem är nämligen inte dimensionerade för att klara dessa höga utomhustemperaturer. I fallet med fjärrkylsystemet i Västerås var det inte några problem att klara kundernas höga effektuttag. Ej heller med den väldigt höga dygnsmedeleffekten, eftersom produktionsanläggning och ackumulator är dimensionerade för ett mycket större effektuttag.

Den andra förbrukningen är det sekundära kylbehovet. Denna finns i nyrenoverade fastigheter där man förutom kylan på tilluften har en sekundär kylning av luften ute i rummen. Det sekundära kylbehovet uppstår då man har en högre internbelastning än vad man klarar att kyla bort med en sänkt tilluftstemperatur. Den sekundära kylan är beroende av utomhustemperaturen, dock inte lika markant som för ventilationen. En annan påverkande faktor är transmission genom väggarna.

Fördelen med sekundär kyla är att kylningen kan ske individuellt i de olika delarna av fastigheten.

Varaktighet för komfortkyla

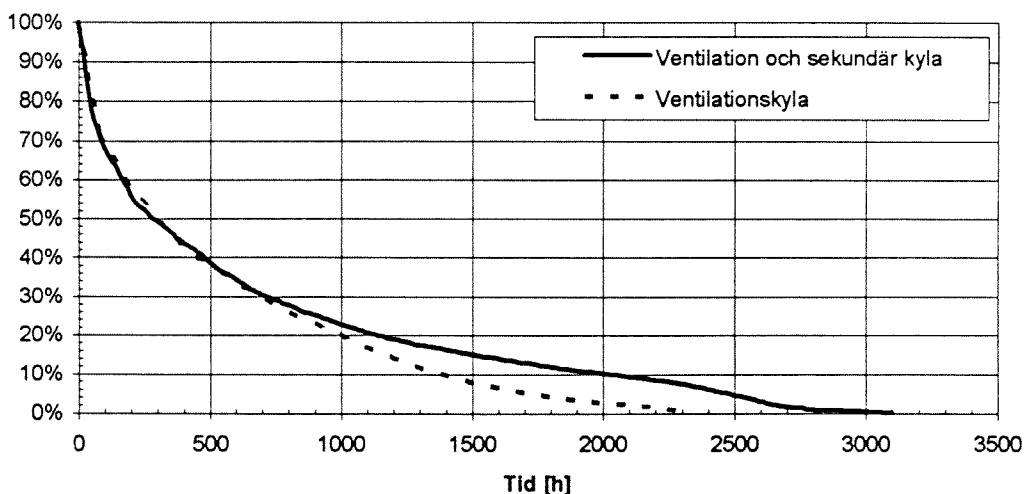


Diagram 7.1 Generella varaktighetskurvor för olika typer av förbrukningar.

En av anledningarna till ett ökat sekundärt kylbehov är att man försökt spara så mycket uppvärmningsenergi som möjligt genom att minska tillförseln av ventilation. Den minskade ventilationen leder till att dagens kontor med stora interna värmelaster inte kan kylas med den ordinarie ventilationen utan behöver sekundär kyla. Ett bra sätt att minska det sekundära kylbehovet vore att på ett intelligent sätt styra ventilationsflödet så, att det kan ökas då man har kylbehov internt men utomhustemperaturen är så låg att den kan utnyttjas för så kallad frikyla. När sedan utomhustemperaturen sjunker så mycket att den interna kyllasten har minskat till en rimlig nivå och energiåtgången för uppvärmning har ökat, börjar man minska ventilationsflödet till miniminivån. Detta förutsätter dock ett likartat kylbehov i de lokaler som försörjs av ett och samma tilluftsaggregat.

Den tredje förbrukningen kommer från kundernas baslast som antingen kan komma från kyla till datorhallar eller från kylning av kondensorvärme från kyl- och frysmaskiner. För att kunna fastställa kundernas effekter och utnyttjningstider för denna typ av förbrukning måste man göra enskilda inventeringar. Det går ej att säga något generellt om dessa effekter och varaktigheter.

7.1.2 Sammanlagring

Fjärrkylnätet i Västerås har haft en viss sammanlagring. Vid bestämning av den generella sammanlagringen har Mimers inverkan på systemet ej medtagits på grund av stora svängningar i regleringen. Om man ser till hur 10-minuters medeleffekten har varierat i jämförelse med timmedeleffekterna i tabell 7.2 nedan framgår, att en normal variation i svängningarna ligger på ca 10%. Detta skall jämföras med Mimers svängningar på 62%. Svängningarna i Mimers reglersystem framgår även av diagram 5.7, kurva A, där effekt-förbrukningen svänger, vilket den inte gör för de övriga fastigheternas kurva A.

Om Mimer undantages och man betraktar de övriga kundernas sammanlagring genom att summera deras individuellt högsta 10-minuters medeleffekt, som sedan jämförs med deras momentant summerade högsta 10-minuters medeleffektuttag, erhålls en sammanlagringsfaktor på 92%.

	Högsta tim-medel effekten	Högsta 10-min medel effekten	Högsta momentana effekten	Förhållande mellan 1h och 10 min	Effekt vid DUT +50h	Förhållande mellan 1 h och DUT +50h
Mimer	2 506	4 063	4 292	1,62	1 968	1,27
Skrapan	1 016	1 119	1 259	1,10	881	1,15
Gallerian	942	1 019	1 148	1,08	833	1,13
V.ås E&V	123	142	399	1,15	89	1,38
Stadshuset	882	942	1 117	1,07	635	1,39
Manfred	436	447	536	1,03	311	1,40

Tabell 7.2 Effektuttag under olika tidsperioder.

Generellt kan sägas att det inte är någon sammanlagring för ventilationskyla då utomhustemperaturen slår igenom lika för alla fastigheter samtidigt. En orsak till viss sammanlagringseffekt för ventilation kan vara om kundernas ventilationsintag är placerat så att man erhåller luft som har blivit uppvärmd på annat sätt.

Sammanlagringen på den sekundära kylan beror delvis på hur internbelastningen varierar under dagen samt värmetrögheten i kundernas byggnader. Diagram 7.3 visar att kundernas effektoppar ligger lite förskjutna i tid samt hög belastningen har varierande varaktighet. En av anledningarna till att effekten sjunker tidigast i Stadshuset är att kommunen på sommaren har andra arbetstider.

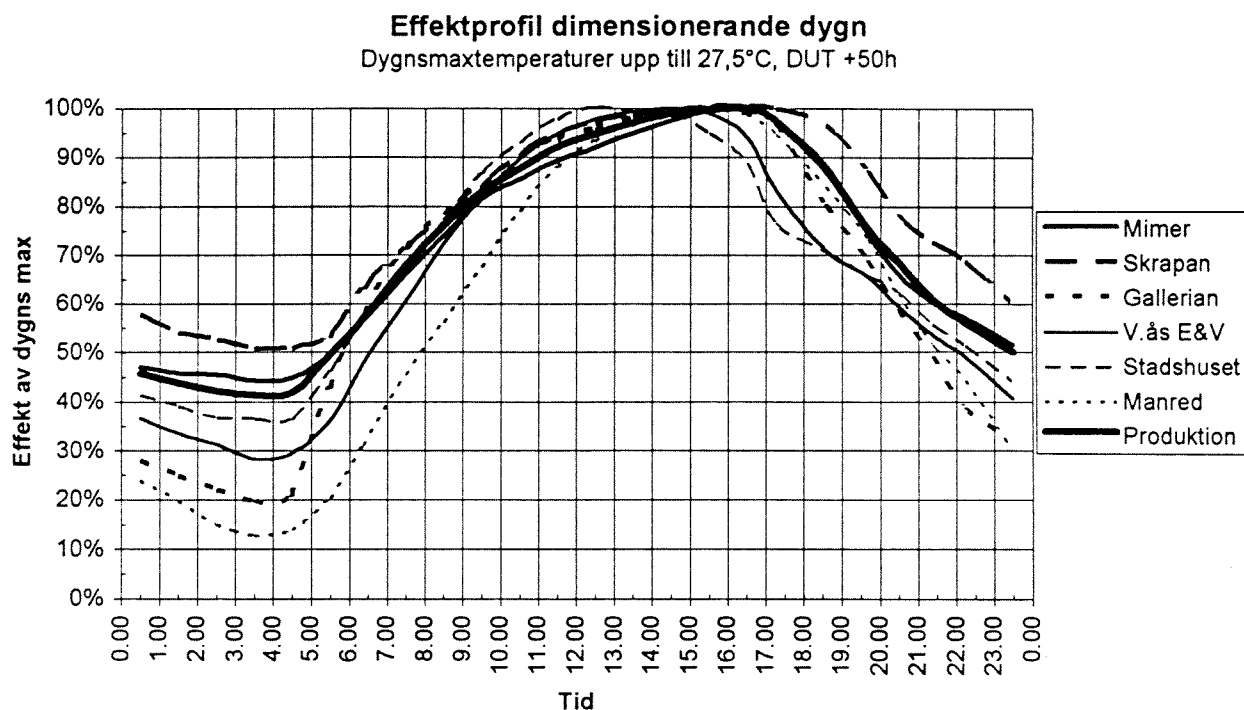


Diagram 7.3 Effektprofiler över det dimensionerande dygnet, baserad på timmedelvärden.

Ovanstående diagram 7.3 kan jämföras med driftförhållanden för ventilationsanläggningarna i tabell 7.4 nedan.

	Drifttid ventilationsanläggning
Mimer	6-18
Skrapan	6-19
Gallerian	5.30-18
V.ås E&V	6-17
Stadshuset	6-16.30
Manfred	6-19

Tabell 7.4 Drifttider för ventilationsanläggningar.

7.2 Kundinstallationernas inverkan på fjärrkylsystemet

Kundinstallationerna påverkar i princip tre faktorer i fjärrkylsystemet: erforderlig framledningstemperatur, dimensionering av distributionsnät och varaktighet för kylproduktionen.

Kundens temperaturkrav på framledningen påverkar produktionskostnaden för fjärrkyla. Då den enskilde kunden kan styra temperaturen i hela fjärrkylsystemet bör en noggrann utredning göras gällande kundens temperaturkrav och varaktigheten på detta. En annan faktor som påverkas är dimensionering av styrventiler i de övriga kundanläggningarna. En låg framledningstemperatur under låglastperioder kan medföra att övriga anläggningar måste anpassas vad gäller dimensionering och antalet styrventiler.

I Västerås har det inte varit några problem att klara kyleffekterna i kundanläggningarna med den levererade framledningstemperaturen. Man har i Västerås inga värmeväxlare installerade mellan fjärrkylsystemet och befintliga kylsystem. Den växlare som installerades på Mimers interna system dimensionerades för 7°-16°/18°-10°C, för att klara de temperaturer som gäller enligt de tekniska leveransbestämmelserna. Även kylsystemet efter växlaren dimensionerades för högre temperaturer. Enligt diagram 5.20 var den verkliga driften 10°C-16,2°/17,8°-13,2°C. Den befintliga växlaren på våning 14 i Skrapan var dimensionerad för att klara kylbehovet med en prima framledningstemperatur på 10°C. Returtemperaturen från växlaren är inte uppmätt. Effekten från den är dock liten i förhållande till fastighetens totala kylbehov.

I Västerås har garanterats en framledningstemperatur på högst 7°C vid utomhus-temperaturer över 24°C, och man garanterar 10°C vid utomhustemperaturer under 18°C. Mellan dessa punkter är förhållandet linjärt. Returtemperaturen skall enligt leveransbestämmelserna vara 16°C vid utomhustemperaturer över 18°C, för befintliga system. Vid nyproduktion före-skriver man returtemperaturer på 18°C.

Kundens påverkan på nätdimensioneringen härrör från effektbehovet och den differens-temperatur som erhålls vid dimensionerande fall. Vid anslutning till fjärrkyla gäller samma som för fjärrvärmeanslutning, alltså att kundens system bör inventeras och åtgärdas så att "onödiga" kortslutningar och låga temperaturdifferenser undviks.

Kundernas effektuttag påverkar produktionsbehovet men det är flödesbehovet som styr nätets dimensionering. Därför bör uppvärmningen i kundanläggningen beaktas vid fastläggande av "effekten" för fastigheten. Kundernas returtemperaturer är också en avgörande faktor för hur stor en eventuell ackumulator måste vara.

Varaktigheten av förbrukningen över dygnet kommer att påverka dimensioneringen av en eventuell ackumulator i fjärrkylsystemet. Om man ser på diagram 7.3 har olika kundsystem olika behov av ackumulatorstorlekar. Andelen "baskyla" är avgörande för ackumulatorns dimensionering. Då effektbehovet under helgerna är mindre än på vardagar skulle det eventuellt gå att ha ett veckolager. Ett problem vid lagring av kylan är dock de låga differens-temperaturerna.

7.3 Taxekonstruktion och taxans betydelse

Denna studie omfattar inte taxefrågor. Då lämpligheten i att ansluta en kund i grunden dock är en ekonomisk fråga behandlas detta kortfattat. Om en kund ansluts kommer då totalekonomin att förbättras? Erhålls för kunden en kostnad som är lägre än hans alternativkostnad? Taxekonstruktionen är av central betydelse. Kommer den enskilde kunden att betala sin verkliga kostnad?

Taxekonstruktionen är till stora delar en fråga om anpassning till marknadsförutsättningar men baseras i grunden på kapitalbindning och den rörliga produktionskostnaden i leverantörens anläggning.

Kunden påverkar utformningen av produktionsanläggning och distributionsnät med de tidigare nämnda faktorerna: *Krav på framledningstemperatur, momentan effekt och varaktighet.*

Två viktiga parametrar vid fastställande av taxans utformning är: *avspegla den verkliga kostnaden* så att klimatvariationer år från år inte påverkar budgetutfallet, *ge kunden incitament till önskade systemanpassningar.*

Vid utformande av taxan bör risken för suboptimeringar beaktas. Ett primärt intresse är returtemperaturen då kulvertinvesteringen ofta utgör en stor del av investeringen.

Normalt utformas taxan med tre till fyra parametrar.

Ett exempel är: *anslutningsavgift år 1 samt fast-, energi- och effektagift årligen.*

- Anslutningsavgiften baseras på beräknat eller av kunden önskat effektbehov vid anslutningstillfället
- Den fasta avgiften kan täcka mätning debitering etc
- Energiavgift
- Effektagift baserad på uppmätt värde eller anslutningseffekten.

En årligen justerad effektagift ställer högre krav på en korrekt utformad taxa och en väl definierad mätmetod. Effektagiften bör vara relaterad till erhållen returtemperatur.

Lämpligheten är beroende av lokala förhållanden som produktionssätt, kyltätthet etc, varför det är svårt att generellt säga att en viss typ av kund är bra eller inte.

7.4 Föresättningar för olika kundinstallationer

Direkt eller indirekt anslutning

Indirekt anslutning skall i möjligaste mån undvikas då det försämrar temperaturdifferensen över kundanläggningen och medför ett ökat investeringsbehov med därav försämrad konkurrenskraft. En försämrad differensstemperatur kräver större servis- och stamledningar. Växlaren medför även att temperaturen på den interna framledningen blir högre än fjärrkylnätets. En fördel med indirekt anslutning kan dock vara att man ej behöver byta armatur och ledningssystem i fastigheten i de fall det ej klarar erforderligt systemtryck. En annan fördel är den minskade skaderisken vid läckage.

Nedanstående diagram 7.5 visar en investeringsjämförelse för kundanläggningen vid direkt och indirekt anslutning.

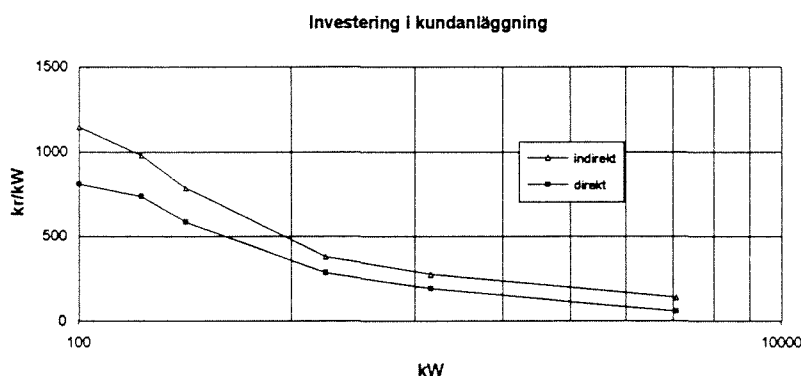


Diagram 7.5 Investeringsbehov för kundanläggningar.

Temperaturdifferensens betydelse kan visas med följande exempel. Om det antas att differensstemperaturen i dimensionerande lastläge försämrats med 2°C medför det en flödesökning med mellan 10 - 20 % beroende på framledningstemperatur i nätet. Merinvesteringen i kulvertnätet på grund av flödesökningen varierar beroende på aktuell kulvertdimension. En flödesökning med 20 % innebär en merinvestering för kulverten på ca 10 - 20 %.

Nackdelar med indirekt anslutning

- Ökad investering i kulvertnät och eventuell ackumulator
- Ökad investering för växlare
- Kundens sekundärnät kan kräva ombyggnad för att anpassas till en högre framledningstemperatur

Fördelar med indirekt anslutning

- + Fastigheter med låg tryckklass kan anslutas utan övrig ombyggnad
- + Fastigheter med högre höjd än det statiska trycket i nätet kan anslutas (Kan dock anslutas direkt med tryckstegring och reducering)
- + Minskad skaderisk vid läckage

Temperaturkrav

En kund som ställer krav på en låg framledningstemperatur kan som tidigare nämnts påverka produktionskostnaden. Produktionsanläggningen får arbeta med en ökad temperaturskillnad vilket ger försämrad COP. En annan faktor som påverkar produktionskostnaden är att andelen frikyla kan komma att minska. Försiktighet med anslutning av anläggningar med krav på låga temperaturer bör iakttas om:

- COP försämras i produktionsanläggningen
- Mängd frikyla påverkas
- Övriga kundanläggningars funktion påverkas

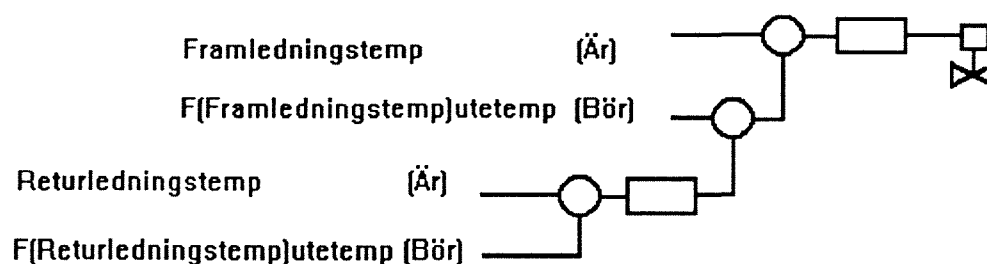
Varaktighet

Något generellt samband mellan varaktigheten och lämpligheten att ansluta en kund finns ej. Det är relationen mellan den rörliga produktionskostnaden i fjärrkylsystemet och kundens alternativkostnad som avgör om en längre varaktighet är en för- eller nackdel.

7.5 Optimering av tekniskt systemutförande

Reglering av kundanläggning

Då det visat sig i fastigheten Kv Mimer att en felaktig reglering ger kraftiga svängningar i förbrukningen är det viktigt att man får en reglering som klarar att reglera effektuttaget från fjärrkylnätet på ett sådant sätt att det maximala flödet över kundanläggningen ej överskrider behovet med hänsyn till den verkliga förbrukningen i fastigheten. Detta utgjorde även ett problem i några andra fastigheter till en början. I dessa har man dock under mätperiodens gång gjort förändringar och erhållit en bra reglering. En bra fungerande reglering har visat sig vara typ-2 reglering beskriven i 3.1. Nedan visas en principbild på hur regleringen fungerar.



Figur 7.6 Reglerprincip för typ 2-reglering.

Kulvertnätet

Den optimala drifttemperaturen bestäms av tillgänglig produktionsutrustning och kundernas behov. Vid anslutningen av kunderna i Västerås har returtemperaturkravet varit 16°C vid dimensionerande effekt. Kunderna har dock fått några år på sig att uppnå dessa returtemperaturer. Mätningarna har visat att en dimensionerande returtemperatur mellan 15°C-16°C är realistisk. I framtiden kan man förvänta sig ännu högre temperaturer, 17°C-18°C om fastigheterna anpassas till fjärrkylanslutning redan vid projekteringsstadiet. Möjliga framledningstemperaturer i fjärrkylnätet är beroende av den produktionsanläggning man har och om ackumulator skall användas i systemet.

Kulverten behöver normalt inte isoleras med hänsyn till värmeinläckage vid förläggning i mark. Om samförläggning med fjärrvärme sker bör dock temperaturgradienterna i marken studeras bättre. Vid inomhusdragning krävs dock en kondensisolering.

Vad gäller optimeringen av materialvalet har det inte framkommit att något material generellt sett är bättre än något annat. Man har dock haft problem med PEH-kulverten som används som transiteringsledning från produktionen upp till centrum. Problem har främst uppstått i T-stycken men även vid fogning i samband med slag i flera nivåer. PEH har visat sig konkurrenskraftigt vid långa sträckor med få avgreningar och främst i dimensioner < DN 300.

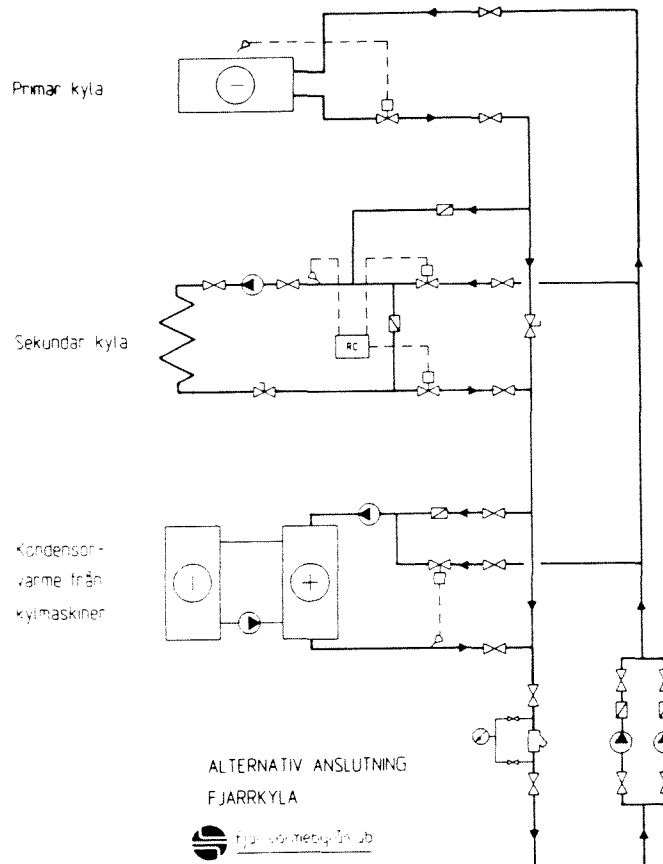
En annan viktig sak att tänka på i projekteringsstadiet av kulvertnätet är luftningsmöjligheter. Det kalla vattnet i fjärrkylsystemet binder luften i högre grad än ett fjärrvärmevatten.

Ackumulator

Optimering av en ackumulator kan ej göras generellt baserat på erhållna resultat och har ej ingått i denna studie. Om man ser till den tekniska optimeringen av en ackumulatortank är det viktigt att man känner dygnseffektprofilen som är summan av kundernas förbrukningsmönster. Används de data som erhållits genom mätningarna i Västerås, se diagram 7.3, för att optimera en dygnsackumulator erhålls följande för ett dimensionerande dygn (DUT + 50 h, +27,5°C). Dygnseffektbehovet ligger på ca 72 % av dygnsmaximum och den energimängd som förbrukas över denna nivå motsvarar 14 % av dygnsenergin. Dock bör beaktas att fastigheterna har olika dygnsprofiler och att det är sammansättningen av olika kunder i nätet som kommer att styra produktionsprofilen.

Kopplingsprincip kundanläggning

En optimering av kundanläggningarna kan vara att man i större utsträckning utnyttjar seriekoppling av kundernas olika kylsystem för att erhålla högsta möjliga returtemperatur. Kopplingsprincipen baseras på att man, om det är ett befintligt system, vanligtvis har olika temperaturnivåer i de olika systemen. En vanlig temperatur för ventilationsbatterier är 7°C-12°C och i sekundära systemet (kyltak etc) 14°C-18°C. En seriekoppling av dessa system kan i gynnsamma fall medföra en sänkning av flödesbehovet med 1/3 vid ett oförändrat effektuttag.



Figur 7.7 Principbild över seriekopplad kundanläggning.

Om man sedan kopplar till kondensorkylning för kyl- och frysmaskiner, som kan ge returtemperaturer på upp till ca 25°C, skulle en differens temperatur på 15°C till 18°C kunna erhållas.

Nytan av seriekoppling av de olika kretsarna beror på deras effektfördelning och temperaturkrav.

Vid nyproduktion av kylanläggningar i en fastighet bör denna princip utnyttjas fullt ut för att minska flödet till kunderna. För att kunderna skall ha något intresse att bygga en anläggning med höga returtemperaturer måste de ha något incitament för detta. Man kan till exempel ha en lägre anslutningsavgift för kunder med höga returtemperaturer.

7.6 Nyckeltal från mätningen

De nyckeltal som tagits fram från mätningarna är effektbehov/m², utnyttjningstid, drifttid samt returtemperatur. För effektbehovet har dels använts medeleffekten vid 27,5° C (DUT +50 h), men även den högsta 1 h medeleffekten. För beräkning av utnyttjningstiden har vi använt oss av förbrukad energi och effekten vid DUT +50 h. Drifttiden motsvarar den tid som man har haft effektuttag från anläggningen.

	Effekt vid DUT +50 h [W/m ²]	Högsta 1 h medeleffekt [W/m ²]	Utnyttjningstid [h]	Drifttid [h]	Returtemp vid DUT +50 h [°C]
Mimer	44	56	2 350	8 760	15 - 16
Skrapan	36	41	3 080	8 760	15,5
Gallerian	56	64	2 670	8 760	16,5
V.ås E&V	29	40	990	3 100	17,2
Stadshuset	20	28	2 160	8 760	12,5
Manfred	35	49	790	2 300	15

Tabell 7.8 Sammanställning av nyckeltal från mätningen.

Genom att bortse från baskylan och den yta som endast har begränsad eller ingen kyla erhålls en medeleffekt för komfortkylbehov vid DUT +50h på 40-45 W/m² och utnyttjningstider mellan 800 och 1 000 h.

	Byggnadsår	Verksamhet	Typ av kyla	Yta [m ²]
Mimer	renov. 93-94	Kontor	Vent, sek	44 500
Skrapan	88-89	Hotell, kont, affärer	Vent, sek, kond.kyla	28 700
Gallerian	86	Kontor, affärer	Vent, sek, kond.kyla	16 600
V.ås E&V	renov. 91	Kontor	Vent, sek	3 100
Stadshuset	70, 85	Kontor,	Vent, sek, datorkyla	30 000
Manfred	70-71	Kontor, rest, affärer	Vent	8 900

Tabell 7.9 Sammanställning med fastighetsdata.

7.7 Luftfuktighetens inverkan

Ingen hänsyn har tagits till luftfuktighetens påverkan på fastigheternas effektuttag. Då luftens fukttinnehåll påverkar erforderlig effekt för att kyla luften inverkar det i viss mån på relationer som till exempel kyleffektbehov i förhållande till utomhustemperatur. För att kvantifiera dess inverkan kan man se till luftfuktighetens variation under kylsäsongen. Början av säsongen ligger på ca 64 %RF medan slutet ligger på ca 74 %RF som månadsmedelvärde, enligt VVS handboken tabeller och diagram.

Effektbehovet för att kyla 25-gradig luft med 74 %RF till 20°C kräver endast 0,3 % mer energi än motsvarande luftmängd med 64 %RF. Om kondensation uppstår kan dock skillnaden bli avsevärd. Om man i exemplet enligt ovan kyler till 18°C är skillnaden i effektbehov närmare 70 %. För att kunna ta hänsyn till fukthalt måste man således ha kännedom om kondensation har uppstått eller ej. Detta är dock inte möjligt då vi inte har kännedom om temperaturnivåer i varje enskild kylapparat.

NOMENKLATURFÖRKLARING

Abonnerad effekt	Anslutningseffekt enligt leveranskontrakt
Boosterkompressor	Används för att minska påfrestningarna på befintlig kompressor vid konvertering av värmepumpar från CFC12 till HCF134a
CFC	Samlingsnamn för klorfluorkarboner
COP	Värmefaktor eller köldfaktor
Direkt anslutning	Anslutning utan avskiljande värmeväxlare
DUT	Dimensionerande utomhustemperatur. DUT +50 h anger den temperatur som endast normalt överstigs under 50 h/år
HCFC	Samlingsnamn för väteklorfluorkarboner
HFC	Samlingsnamn för vätefluorkarboner
Indirekt anslutning	Anslutning med avskiljande värmeväxlare
Kondensorkyla	Aktuellt i affärslokaler för borttagande av värme från kondensorer för kyldiskar
Kylbafflar	Typ av kylutrustning som kyler luften genom självcirkulation
Kylbatteri	Kylväxlare i ventilationsaggregat
Sekundärkyla	Kundens sekundära system som kräver högre framlednings-temperatur pga kondenseringsrisken, kylbafflar, fönsteraggregat mm. De kylande aggregaten sitter ute i fastigheten, varför man ej kan tillåta någon kondensering
Strilförångare	Värmeväxlare där köldmediet förångas genom att vatten strilar ner över vertikala paneler
Torrkyla	Sekundär kyla som håller sådan temperatur att kondensering ej inträffar
Tubförångare	Värmeväxlare där köldmediet förångas genom att vatten cirkulerar i tuberna
Undercentral	Del i kundanläggningen där reglering och debiteringsmätning görs
Utnyttjningstid	Förhållandet mellan förbrukad årsenergi och maxeffekt
Ventilauktorit	Förhållandet mellan ventilens tryckfall och den reglerande enhetens tryckfall

TEKNISKA DATA PRODUKTIONSANLÄGGNING

Produktionsanläggningen består av:

Värmepump 1

Kompressortyp: 2-steps centrifugal
Förångare: Tub
Kondensor: Tub
Eleffekt drivmotor: 4,2 MW
Värmeeffekt: 12 MW
Kyleffekt: 7,8 MW
Köldmedel: CFC12
Köldmediemängd: 10 ton

Värmepump 2

Kompressor: 2-steps centrifugal med boosterkompressor
Förångare: Stril över vertikala plattor
Kondensor: Tub
Eleffekt drivmotor: 4,7 MW
Värmeeffekt: 14 MW
Kyleffekt: 9,3 MW
Köldmedel: HFC134a
Köldmediemängd : 13 ton

Värmeväxlare 1 och 2

Typ: Tub med spillvatten i tuberna

Cirkulationspumpar 1 och 2

Flöde: 200 kg/s
Lyfthöjd: 25 mvp

Distributionspumpar 1 och 2

Flöde: 500 kg/s
Lyfthöjd: 28 mvp

Akkumulator

Volym: 4 000 m³ brutto
Höjd: 35 m

COMPILED FIGURES AND DIAGRAMS

- Diagram 0.1 Load vs. Outside Air Temperature on design day for the district cooling network in Västerås, Sweden.
- Figure 1.1 Västerås Energi & Vatten's district cooling production plant and heat pump schematic.
- Figure 1.3 A typical district cooling production plant schematic (including system components).
- Figure 3.1 Type 1 control principle.
- Figure 3.2 Substation schematic.
- Figure 3.3 Primary line flow variations utilizing either a Type 1 or a Type 2 control principle. (*Note - Same building utilized to collect data. The outside air temperatures are however not comparable.)
- Figure 3.4 Type 2 control principle.
- Sketch 4.1 Load and return temperature variations from Mimer. (The tick line temperature, is scaled on the right hand side. The thin line, load, is scaled on the left hand side).
- Sketch 4.3 City blocks Lorens and Loke, with buildings Skrapan and Gallerian. North at top of page.
- Table 4.4 Building usage.
- Tabel 4.5 Compiled data on windows surfaces.
- Tabel 4.6 Building usage.
- Diagram 4.7 Load and return temperature variations from Gallerian. (The tick line temperature, is scaled on the right hand side. The thin line, load, is scaled on the left hand side).
- Sketch 4.8 city block Dominikanklosteret, with buildings Västerås Energi & Vatten, Stadshuset and Kommundata, North at top of page.
- Diagram 4.9 Load and return temperature variations for Västerås Energi & Vatten. (The tick line, temperature, is scaled on the right hand side. The thin line, load, is scaled on the left hand side).
- Sketch 4.10 Sections of City block Manfred. North at top of page.
- Table 4.11 Compiled data of window surfaces.
- Diagram 4.12 Gallerian's supply temperature. Recorded at 10 minutes intervals.
- Diagram 5.1 Daily average temperature variations for the monitored period compared to a normal year. Diagram presents warmest and coldest hourly average values for each day.
- Diagram 5.2 Monthly average temperatures during the monitored period.
- Diagram 5.3 Monitored outside air temperature compared to a normal year.
- Diagram 5.4 Monitored outside air temperature above +10°C compared to a normal year. Source "normala VVS handboken", tables and diagrams.
- Table 5.5 Explanation of curves in Diagrams 5.6-5.12.
- Diagram 5.6 Outside air temperature variations during the day, based on hourly average values. See Table 5.5 for explanation.
- Diagram 5.7 Daily load variations for Mimer during typical days based on hourly average values. See Table 5.5 for explanation.
- Diagram 5.8 Daily load variations for Skrapan during typical days based on hourly average values. See Table 5.5 for explanation.
- Diagram 5.9 Daily load variations for Gallerian during typical days based on hourly average values. See Table 5.5 for explanation.
- Diagram 5.10 Daily load variations for Västerås Energi & Vatten during typical days based on hourly average values. See Table 5.5 for explanation.

Diagram 5.11	Daily load variations for the City Hall (Stadshuset) during typical days based on hourly average values. See Table 5.5 for explanation.
Diagram 5.12	Daily load variations for Manfred during typical days based on hourly average values. See Table 5.5 for explanation.
Diagram 5.13	Customer load duration.
Diagram 5.14	Production Load Profile vs. Outside Air Temperature. The loads are based on average hourly values.
Diagram 5.15	Customer Load Profile vs. Outside Air Temperature. The loads are based on average hourly values.
Diagram 5.16	Cooling Load vs. Solar Radiation based on average hourly values.
Diagram 5.17	Weekly cooling energy consumption.
Diagram 5.18	Monthly cooling energy consumption.
Diagram 5.19	District cooling supply and return temperatures at the production plant based on average hourly values.
Diagram 5.20	Cooling return temperature from customer buildings.
Diagram 5.21	Temperature on secondary side of heat exchanger.
Diagram 5.22	Return temperatures from the secondary system.
Diagram 5.23	Relationship between flow and outside temperature.
Table 6.1	Decreased refrigerant usage by the customers connected to district cooling.
Table 6.2	Decreased power usage by the customers connected to district cooling.
Diagram 7.1	Load duration curves for various customer requirements.
Table 7.2	Loads during various time periods.
Diagram 7.3	Design day load profiles (DUT - 50 h).
Diagram 7.4	Ventilation system operating hours.
Diagram 7.5	Capital costs for building conversions.
Figure 7.6	Type 2 control principle.
Figure 7.7	Schematic for a serially connected customer.
Table 7.8	Metering data.
Table 7.9	Building data.

Värmeforsk är ett organ för industrisamverkan inom värmeteknisk forskning och utveckling. Forskningsprogrammet är tillämpningsinriktat och fokuseras på energi- och processindustriernas behov och problem. Bakom Värmeforsk står följande huvudmän:

- Elforsk
- Svenska Fjärrvärmeföreningen
- Skogsindustrierna
- Övrig Industri

Värmeforsk samarbetar med Statens Energimyndighet.

VÄRMEFORSK Service AB

101 53 Stockholm

Tel 08-677 25 80 • Fax 08-677 25 35

<http://www.varmeforsk.se>