

VÄRMEFÖRLUSTER I SMÅHUS- OMRÅDET PRÄSTMARKEN, VÄXJÖ



Heimo Zinko, ZW Energitechnik
Benny Bøhm, DTU

Forskning och Utveckling | 2005:126

VÄRMEFÖRLUSTER I SMÅHUSOMRÅDET PRÄSTMARKEN, VÄXJÖ

Forskning och Utveckling | 2005:126

Heimo Zinko, ZW Energiteknik
Benny Bøhm, DTU

ISSN 1401-9264
© 2005 Svensk Fjärrvärme AB
Art nr FOU 2005:126

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

Sammanfattning FOU 2005:126 – Värmeförluster i småhusområdet Prästmarken, Växjö

Sveriges fjärrvärmenät är idag så pass väl utbyggda att det är svårt att hitta nya kunder inom de värmeförbrukande fjärrvärmeområdena. Samtidigt är det med hänsyn till Sveriges energisystemssituation (kraftvärmeproduktion) mycket önskvärt, att ännu flera kunder ansluts till fjärrvärmenät. Detta innebär att villaområden har blivit mycket aktuella för anslutning till fjärrvärme. Inför den förväntade fortsatta utbyggnaden är det därför viktigt att studera hur fjärrvärmenät i områden med låg värmeförbrukning fungerar. Det främsta intresset gäller således värmeförlusten från distributionsledningar och serviser, men även annan information såsom t ex drifttegenskaper sommartid (vid låga flöden) är av intresse.

Av den anledningen har Svensk Fjärrvärme i samarbete med Växjö Energi AB (VEAB) och en forskningsgrupp från Danmarks Tekniske Universitet (DTU) och ZW Energiteknik AB genomfört ett projekt för att mera ingående studera värmeförlusterna från ett lokalt villanät. Det utvalda nätet försörjer ett område på 103 villor anslutna till VEABs fjärrvärmenät. Villorna är relativt nybyggda (utbyggnaden skedde mellan 1995-2004) och nätet började installeras 1995. Den genomsnittliga värmeanvändningen per hus är ca 15000 kWh/år och nätlängden ca 3000 m, vilket resulterar i en linjetäthet på 0,5 MWh/m. Fjärrvärmenätet består till 22 % av prefabricerade stålrörsledningar (enkelrör) och till 78 % av dubbelrörsledning med Cu-mediärör.

Mätmetoden är baserad på energidifferensen mellan den till området tillförda energin och den till husens fjärrvärmecentraler levererade energin. Mätningen av energin till området skedde med en huvudmätare installerad i en mätcontainer och ansluten till fjärravläsningssystemet. Mätningarna av levererad energi skedde medelst fjärravläsningssystemet som är installerat i varje hus. Differensen mellan dessa två typer av mätningar utgör den uppmätta värmeförlusten. För att erhålla signifikanta resultat skedde utvärderingen främst under sommartid.

En jämförelse mellan den teoretiskt beräknade värmeförlusten och den uppmätta värmeförlusten visar att den teoretiska värmeförlusten såväl för dubbelrör- som för enkelrörssystem ger en konsistent bild av förhållandena, om man tar hänsyn till rörens förväntade åldringsegenskaper. Åldringen är särskilt utpräglad för rör med CO₂-blåst PUR-isolering lagda i början av perioden, mellan 1995 och 1997. Nätets värmeförlust har på årsbasis ökat med ca 8 % jmf med de ursprungliga värmeförlustkoefficienterna. Trots detta är värmeförlusten på årsbasis endast 19 % av till området levererad värme eller 24 % av till husen levererad värme eller i absoluta siffror 363 MWh. Under juli utgör värmeförlusten 40 % av all till området levererad värme.

En viktig iakttagelse är att temperaturfallet längs fjärrvärmeledningen kan bli stor sommartid pga den låga förbrukningen. Nätets medeltemperatur är på sommaren ca 6-7°C lägre än den genomsnittliga temperaturen till området och den kan vara så låg som 50°C vid vissa hus i slutet av en fjärrvärmegren trots att ingångstemperaturen är ca 75°C. Inkoppling av temperaturstyrda rundgångar bör därför övervägas.

Den teoretiska analysen och mätningarna ger konsistenta resultat. Men pga de ovan nämnda osäkerhetsfaktorerna beträffande nätets medeltemperatur och problemet med tillförlitligheten av fjärravläsningssystemet (troligtvis är det svårt att uppnå 100 % tillgänglighet på samtliga fjärravläsningsmätare), vill vi rekommendera tillämpning av en isothermisk mätmetod för liknande mätningar i framtiden.

Sökord

Fjärrvärme, värmegles, värmesystem för småhus, låg värmetetthet, värmeförlust, ledningsförluster.

Tack

Projektet genomfördes under aktiv medverkan av

Per Bjerdahl (VEAB)

Per Johansson (VEAB)

Peter Christiansson (ZW Energiteknik)

som bidrog till att jobbet ute på fältet ledde till analyserbara resultat.

Författarna vill också tacka Svensk Fjärrvärme, Statens energimyndighet och Växjö Energi AB för finansiering av projektet samt Lars Ehrlén, VEAB och Anders Tvärne, Capital Cooling Europe, för värdefulla kommentarer till rapporten.

Projektets resultat har även diskuterats med en referensgrupp bestående av följande medlemmar:

Lars Ehrlén, Växjö Energi AB

Tore Nordensvan, Svensk Fjärrvärme AB

Göte Ekström, Svensk Fjärrvärme AB

Magnus Johansson, Luleå Energi AB

Hans Carenmark, Enköping Energi AB

Frederick Cederborg, FVB

Ola Nordgren, FVB.

Summary FOU 2005:126 - Heat losses in the single family houses area of Prästmarken, Växjö, Sweden

The Swedish district heating nets are in many places at the border of their extension possibilities, i. e. it is difficult to find new customers within areas with adequate heat density. On the other hand, Sweden's energy situation in future would improve if co-generation based heat and power production could be increased, both as far delivered power and delivered kWh are concerned. That means that new district heating customers are very desirable and that is why detached houses have gained increased interest for connection to district heating. Before the continued extension of district heating to areas with detached houses, it is therefore of interest to study the function of district heating in areas with low line density. One of the important questions is of course heat loss from mains and service pipes, but also other questions such as operational conditions in summer time are to be studied.

Swedish District Heating Association has therefore in cooperation with Växjö Energi AB (VEAB) and a research group from the Technical University of Denmark (DTU) and ZW Energiteknik AB carried out a project for studying in detail the heat losses from a local district heating net for detached houses called Prästmarken. The selected net delivers heat to an area with 103 detached houses connected to the district heating net of VEAB. The houses are relatively new, built in the time between 1995 and 2004 and the DH-net was also built during the same period. The average annual heat load is about 15000 kWh / per house and the trench length is about 3000 m, resulting in a line density of about 0.5 MWh/m. The network consists of 78 % twin pipes and 22 % single preinsulated pipes.

The measurement method is based on determining the energy difference between the heat delivered to the area and the sum of all energy delivered to the substations of the houses. The total energy delivered to the area was measured by means of a main meter connected to the distant metering system of VEAB placed in a measurement container together with a data logger. The measurements of the substations in the houses were done by the recently installed remote metering system also connected to VEAB. The difference between the main meter reading and the sum of all substation readings gives the energy loss due to the net. In order to receive reliable results, the measurements were performed in summer time.

The comparison of the theoretical and measured data gives a consistent result, if the ageing of the district heating pipes, especially of the pipes with CO₂ blown insulation foam, installed between 1995 and 1997, are accounted for. The annual heat loss of all pipes, between the time they were new and July 2004, has increased by 8 %. In spite of that, the total annual heat loss of the local net is only 19 % of the total energy delivered to the area (or 24 % of the energy delivered to the houses). In absolute figures, the annual heat loss is 363 MWh or 14.9 W/m. In July, the heat loss is but 40 % of totally delivered energy.

An important finding is also the relatively large decrease of temperature in the net in summer time. This is mostly due to the low summer load. The mean temperature of the network is about 6-7°C lower than the mean temperature of the network at the entrance to the area (at measurement container). In some substations, at the end of the branches, the temperature can well be below 50°C in spite of incoming 75°C to the area. An installation of temperature-controlled bypasses should therefore be further investigated.

The analysis and measurements give comparable results. However, due to the above-mentioned uncertainty about the network temperatures and some meters in the houses not working properly during the measurements (but corrected for in the analysis), we recommend that a method based on isothermal conditions in the network should be used to for similar measurements in the future.

Subjects

District heating, heating of detached houses, low line density, heat loss, pipe losses.

Acknowledgement

The project was carried out with active co-operation of

Per Bjerdahl (VEAB)

Per Johansson (VEAB)

Peter Christiansson (ZW Energiteknik)

who very helpfully contributed to the field work leading to the results to be analysed in this project.

The authors thank Swedish District Heating Association and Swedish Energy Agency as well as Växjö Energi AB for financial support. We also want to thank Lars Ehrlén, VEAB and Anders Tvärne, Capital Cooling Europe for valuable comments on the report.

The results of the project have also been discussed with a reference group with the following members:

Lars Ehrlén, Växjö Energi AB

Tore Nordensvan, Svensk Fjärrvärme AB

Göte Ekström, Svensk Fjärrvärme AB

Magnus Johansson, Luleå Energi AB

Hans Carenmark, Enköping Energi AB

Frederick Cederborg, FVB

Ola Nordgren, FVB.

Innehållsförteckning

1.	Inledning	9
2.	FV-systemet i Prästmarken	10
2.1.	Villaområdet	10
2.2.	FV-nätet	11
2.3.	Husens fjärrvärmecentral	13
2.4.	Mätcontainer för mätning av tillförd energi till området.....	14
2.5.	Mätsystemet för fjärravläsning av villacentralerna	15
3.	Mätdata	17
3.1.	Typ av mätdata	17
3.2.	Korrigerig av energivärden i FC med ofullständiga mätdata	18
3.3.	Villornas energianvändning	20
3.4.	Distribuerad energi till området.....	23
3.5.	Energibalans för området Prästmarken	24
3.6.	Effektbalans för Prästmarken	24
4.	Nätsimulering	26
4.1.	Området Minnesotavägen söder	26
4.2.	Beräknad värmeförlust	27
4.3.	Temperaturfall i nätet	28
4.4.	Teoretisk värmeförlust.....	31
4.5.	Jämförelse av teoretisk och uppmätt värmeförlust.....	33
4.5.1.	Korrelation med framledningstemperaturen.....	33
4.5.2.	Korrelation med värmelasten.....	35
4.6.	Jämförelse med temperaturfallet som uträknades med hjälp av effektbalansen.....	35
5.	Analyser	37
5.1.	Värmeförluster från Prästmarken på årsbasis.....	37
5.2.	Beräkning av värmeförlusten i ett system med nya rör	38
5.3.	Flödesbalans och mätfel.....	39
5.4.	Nyckeltal	40
6.	Slutsatser	42
6.1.	Slutsatser beträffande Prästmarken	42
6.2.	Övriga utvärderingar som mätningarna inbjuder till.....	43
6.3.	Synpunkter till liknande utvärderingar.....	43
7.	Referenser	45

Bilagor:

Bilaga 1: Fjärrvärmenätet i området Prästmarken, Växjö.

Bilaga 2: Inkoppling av mätcontainern till huvudnätet för mätning av till området tillförd energi.

Bilaga 3: Förteckning över rörtyper och rördimensioner samt värmeförlustkoefficienter.

Bilaga 3a.:Värmeförlustberäkningar för Prästmarken, Växjö:

Bilaga 4a: Prästmarken - Beräkning av värmeförluster för fyra olika driftfall.

Bilaga 4b-fortsättning: Värmeförlust Prästmarken april.

Bilaga 4c-fortsättning: Värmeförlust Prästmarken maj.

Bilaga 4d-fortsättning: Värmeförlust Prästmarken juni.

Bilaga 4e-fortsättning Värmeförlust Prästmarken juli.

Bilaga 5: Värmeförlust koefficienter för Prästmarken med nya rör.

Bilaga 6: Driftförhållanden under ett år i Prästmarken loggade i containern.
Alla bilder i bilagan gäller för perioden 1. augusti 2003 till 31. juli 2004.

Bilaga 7: Systemskiss över Fjärrvärmecentralen Redan 2000/00 som används i Prästmarken.

1. Inledning

Sveriges fjärrvärmenät är idag så pass väl utbyggda att det är svårt att ansluta nya kunder inom de värm tätta fjärrvärmeområdena. Samtidigt är det med hänsyn till Sveriges energisystems situation (kraftvärmeproduktion) mycket önskvärt, om ännu flera kunder kunde anslutas till fjärrvärmenät. Detta innebär att villaområden har blivit mycket aktuella för anslutning till fjärrvärme. Inför den förväntade fortsatta utbyggnaden är det därför viktigt att studera hur fjärrvärmenät i områden med låg värm tätthet fungerar. Det främsta intresset gäller således värmeförlusten från distributionsledningar och serviser, men även annan information såsom t ex driftegenskaper sommartid (med låga flöden) är av intresse.

I det här projektet valdes området Prästmarken anslutet till VEABs fjärrvärmesystem i Växjö för en djupare analys. Anledning är att området är nybyggt och väldokumenterat. Det har låg linjetäthet (ca 0,5 MWh/m) och representerar således ett område nära den undre gränsen av värm tätthet som anses kan vara lönt att ansluta till fjärrvärme. Ledningssystemet består såväl av enkelrör som dubbelrör, den största delen av ledningarna är konstruerade med cyklopentan-blåst PUR skum. Områdets hus är försedda med fjärravläsningsystem som skulle kunna underlätta analysen, när väl systemet har övervunnit sina barnsjukdomar.

Målsättningen med projektet var således att utvärdera nätets värmeförlust samt att undersöka, hur sommardriften i ett sådant värmeglest nät beter sig.

2. FV-systemet i Prästmarken

2.1. Villaområdet

Prästmarken är ett bostadsområde med 103 stycken småhus, mestadels av enfamiljstyp, exploaterat mellan 1995 och 2004, dvs med tämligen nya hus. Området Prästmarken avser två kvarter kring Minnesotavägen och Kaunasvägen, se Figur 2.1 och Bilaga 1.



Figur 2.1: Området Prästmarken i Växjö.

Location of the evaluated area Prästmarken in Växjö.

Husen har olika värmestandard, somliga t ex utrustade med frånluftsvärmepump, men samtliga hus är nu 2004 anslutna till fjärrvärme. Spridningen av värmebehovet är stor, som framgår av Tabell 3.3 och Figur 3.1, men hela området behöver ca 1500 MWh/år, dvs i



Figur 2a,b: Bebyggelse i Prästmarken.

Detached houses in Prästmarken.

genomsnittet är husens behov på inköpt fjärrvärme ca 15 MWh/år. Några exempel på områdets bebyggelse framgår av Figur 2.2 a,b.

2.2. FV-nätet

Området Prästmarken förses med fjärrvärme från VEABs fjärrvärmeverk. Dimensionen på den till området dragna ledningen är DN 100, sedan förekommer olika dimensioner ner till DN 28 på stamledningen och DN 22 för serviser. Ledningarna är prefabricerade plastmantelrör, dels av dubbelrörstyp i koppar och dels av enkelrörstyp i stål. Den äldsta ledningen är från 1995 och den senaste installerade ledningen är från 2004. Tabell 2.1 visar en förteckning över alla ledningsdimensioner, längder och deras installationsår. I Bilaga 3 finns en mera detaljerad lista uppdelad efter stamledning och serviser och som innehåller även ledningarnas teoretiska

Tabell 2. 1: Tabell över olika rörtyper i Prästmarken

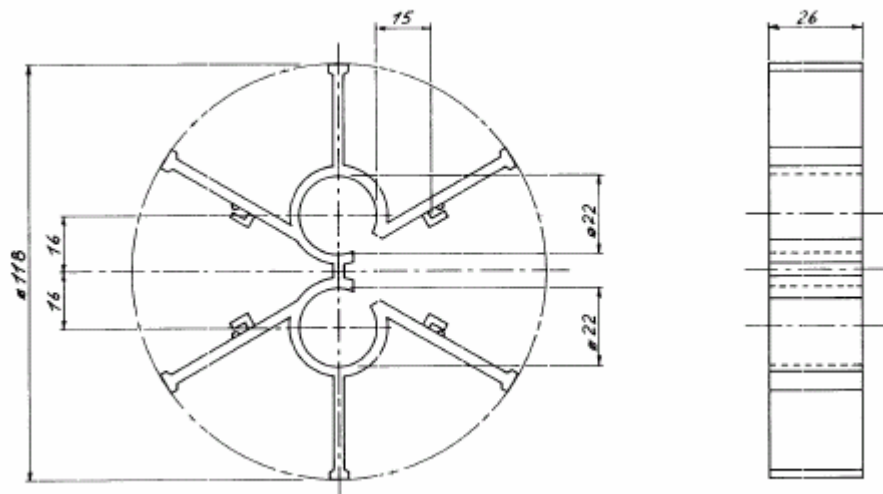
List of pipe dimensions in Prästmarken

	Byggår	Dimension	Längd (m)
Dubbelrör	2001	22-125-125	402,4
Koppar	1995	28-140-140	258,46
PUR	1996	28-140-140	16,58
	1997	28-140-140	4,91
	1998	28-140-140	200,79
	1999	28-140-140	263,28
	2000	28-140-140	253,16
	2001	28-140-140	37,82
	1998	35-140-140	24,06
	1999	35-140-140	32,05
	2000	35-140-140	64,22
	2001	35-140-140	66,13
	1995	42-160-160	55,99
	1998	42-160-160	45,34
	1999	42-160-160	67,17
	2000	42-160-160	65,63
	2001	42-160-160	58,86
	1995	54-160-160	324,01
	2000	54-160-160	76,69
	2001	54-160-160	58,25
			2375,8

Enkelrör	1995	25-110-110	13,76
Stål	1999	25-110-110	25,09
PUR	1999	28-90-90	198,19
	1999	40-125-125	8,42
	2001	50-140-140	13,82
	1995	65-160-160	101,76
	1999	65-160-160	47,98
	2000	65-160-160	3,35
	1995	80-200-200	35,84
	1999	80-200-200	193,51
	2001	100-225-225	18,9
			660,62
			3036,42

U-värden (karaktiserande den specifika värmeförlusten). (Alla uppgifter kring nätet är baserade på information lagrad i VEABs GIS-system, referens [4]).

Totalt (stamledning och servisledning) ingår alltså 3036 m ledning i det redovisade fjärrvärmenätet. Ledningens totala vattenvolym uppgår till ca 9 m³. Detta innebär att den genomsnittliga mediarördiametern är ca 43 mm (medeldiameter ca DN 40). Isoleringen utgörs av PUR-skum och motsvarar med få undantag Serie 2. Dubbelrören är konstruerade på så sätt att de två medierören ligger ganska nära med endast 1 cm avstånd mellan rören (se Figur 2.3 för konstruktion av avståndshållaren). Detta är speciellt för Cu-dubbelrör och innebär en stor värmeåterkoppling mellan fram- och returröret inne i ledningen (stort U_3 -värde, se Bilaga 3). Ledningskonstruktionen för enkelrörssystemen är av standardtyp (se Fig 2.4).

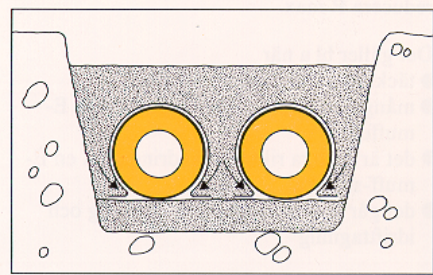


Figur 2.3: Sektion av dubbelrör med avståndshållare

Double pipe section showing distance piece

Som framgår av bilaga 1, är nätet indelat i två delar: Kaunasvägen (1712 m) och Minnesotavägen (1324 m). Området Kaunasvägen består av tre delgrenar och Minnesotavägen av två delgrenar. De äldsta ledningarna i stamnätet är från 1995, men de mer perifera delarna har byggts till så sent som under åren 1998-2000. Beträffande

husanslutningarna så har dessa genomförts under hela perioden fram till 2004, med tyngdpunkt dock under åren 1998-2000. Enligt uppgift av rörleverantören Alstom är de äldsta rören (1995-1997) skummade med CO₂-PUR, medan det fr o m 1998 användes Cyklopentan-skummade rör. Detta innebär att man under utvärderingsåret 2004 måste räkna med väsentligt högre värmeförluster för de äldsta



Figur 2.4: **Sektion för dike med enkelrör**

Section of single pipe trench.

rören än vad som är fallet för de nyare rören (se sammanställning Bilaga 3). Enligt uppgift finns inga rundgångar installerade i distributionsnätet. Med hänsyn till de förekommande temperaturerna och den totala uppmätta effekten (ca 600 kW vid -15°C) kan man dra slutsatsen att nätet är lagom dimensionerat för det området med 103 hus (den maximala effekten vid $\Delta T = 40^\circ\text{C}$ och 1 m/sek strömningshastighet är ca 740 kW). Ledningslängden är totalt 1377 m för stamledningen och 1638 m för serviserna. Möjligtvis borde man ha byggt in temperaturstyrda rundgångar vid slutet av ledningsgrenarna för att undvika för stora temperaturfall sommartid längs ledningen (se avsnitt 5).

2.3. Husens fjärrvärmecentral

Den fjärrvärmecentral (FC) som till övervägande del är representerade i området är av typen ”Redan Villacentral 2000/00”. Den består av ett i de flesta fall vägghängt skåp som innehåller själva centralen. Se Figur 2.5 a,b. FCn ansluts via två avstängningsventiler till husets servisledningar. I plåtskåpet, i vilket FCn är inbyggd, finns vid sidan om reglerutrustningen (ventiler, givare) även mätutrustningen för fjärravläsningen. Centralskåpet är placerat ca 120 cm över golvet. Serviserna, som kommer upp ur golvet under centralskåpet, är isolerade upp till skåpet. En systemskiss över centralen visas i bilaga 7.

Karakteristiska data för denna fjärrvärmecentral är:

Värmeeffekt: 18 kW; Varmvatteneffekt: 60 kW; Differentryck 1- 6 bar.



Figur 2.5: Villafjärrvärmecentraler av Typ Redan 2000 installerade i området Prästmarken. Observera de oisolerade rören inne i centralen.

Substations type Redan 2000 installed in the detached houses in Prästmarken. Note the uninsulated pipes inside the substation chamber.

Som framgår av bilderna i Figur 2.5 är den använda FC-typen en kompaktstation väl lämpad för småhus, med alla regler- och mätfunktioner integrerade. Kännetecknande för stationen är en proportionalventil för varmvattenberedning som ger mycket god följsamhet vid små varmvattentappningar. Vidare finns det en termisk ventil med bypassfunktion inbyggd i fjärrvärmecentralen, vilken tillåter visst varmhållningsflöde när temperaturen i FCn faller under ett visst värde.

2.4. Mätcontainer för mätning av tillförd energi till området

Syfte med mätcontainern var att installera en temporär mätplats för att mäta den till området tillförda energin (dvs flöde och fram- och returledningstemperatur, samt nätets tryck) (se bilaga 2 för en skiss över inkopplingen). Vidare kopplades där också in en mätsond för att mäta jordtemperaturen som insamlades av en datalogger och en skrivare. I början insamlades mätvärden varje timme, för att på våren 2004 övergå till 10-minuters värden. Mätresultaten överfördes via fjärravläsningssystemet till VEABs databas.



Figur 2.6 a,b: Inredning av mätcontainern. a) (Till vänster): Anslutning till huvudledningen. b) (höger): Fjärravläsningsenhet och tryckgivare.

Inside the measurement container: a) (left): Connection to the main pipes. b) (right): Distant reading unit and pressure sensor.

Loggningen skedde med en PC HP32 i 5-minutersintervaller, varifrån timmedelvärden bildades. Mätssystemet var i drift i över ett år, dvs från juni 2003 till juli 2004 (med undantag av ett strömbortfall på 10 dagar i juni 2004).

Jordtemperaturen mättes separat med hjälp av en jordsond försedd med fem termoelement och fem termistorer. Termistorerna användes endast för kontroll av termoelementmätningen. Termoelementen mäter jordsondens temperatur relativ till en referenssond som är placerad 0,5 m från sonden och ca 0,5 m under markytan. Referenssondens temperatur mättes med ett långt termoelement som var direktkopplat till en kall lödpunkt i HP3852-loggern.

Vid mätningarnas start låg den översta temperatursensorn ca 2 cm under markytan. I samband med vissa markarbeten lades dock våren 2004 ytterligare 16 cm jord på denna yta, vilket gjorde att temperaturgivarna därefter låg 16 cm djupare än i början. De övriga fyra temperaturgivarna låg 17,5, 35, 70 och 105 cm under den översta givaren.

Uppgifter om marktemperaturen användes för beräkning av värmeförlusten från nätet. Meningen var att den ska ligga i ostörd mark, detta gjordes så gott det gick på plats. Sonden placerades ca 8,2 m från containern, 9 m från fjärrvärmeledningen och 5,4 m från det närmaste huset.

Samtidigt med temperaturmätningar i marken mättes även utelufttemperatur, temperatur inne i containern samt dataloggerns temperatur, som skulle vara mellan 20 och 28°C för bästa mät noggrannhet. Detta krav kunde dock inte upprätthållas pga av inverkan av sommarsol och vinterkyla. Det lyckades dock att hålla containern frostfri med hjälp av ett värmeelement.

Slutligen mätte dataloggningssystemet även temperatur och tryck i fjärrvärmeledningar, såväl framledning som returledning. Typiska driftdata som de som loggades med dataloggern i containern över ett år från augusti 2003 tom 31 juli, 2004, redovisas i bilaga 6.

2.5. Mätssystemet för fjärravläsning av villacentralerna

Energiförbrukningen mäts hos varje fjärrvärmecentral. Mätssystemet består i första hand av en flödesmätare, två temperaturgivare samt integreringsverk. Utgången från integreringsverket är kopplad till ett fjärravläsningssystem - MT2000 Kundkommunikationssystem. Systemet är anslutet via en Interface och signalledning

till en central IP-Router som via elnätet överför mätdata till en centraldator hos VEAB. Mätdata insamlas och organiseras som timvärden i en SQL-databas, varur man kan hämta informationen med hjälp av ett databasprogram, t ex Microsoft Access.

Mätsystemet levererades av Milab och var färdiginstallerat i mars 2004. Innan dess skedde mätdatainsamling (för debiteringsändamål) manuellt. Utvärderingen av detta projekt gjordes fr o m april t o m juli 2004. Det har visat sig under mätperioden att mätsystemet har haft en tillgänglighet på ca 85 %, dvs att data hos 15 % av centralerna i genomsnitt inte var tillgängliga vid en given tidpunkt. Detta innebär att mätningar fick kompletteras med hjälp av manuella avläsningar som började under maj när det stod klart i vilken omfattning det saknades data.

De i varje FC uppmätta värden var av två typer: *Momentanvärden* (temperaturer, flöde, effekt) och *ackumulerade värden* (energi, vattenvolym). Den centrala mätdatainsamlingen var programmerat så att endast ögonblickliga temperatur- och flödesvärden samlades in tillsammans med ackumulerade flödes- och energivärden ut från integreringsverket. Detta gör att mera omfattande analyser endast kan genomföras för de klockslagen då mätvärden var tillgängliga, i regel varje full timme.

Tre olika typer av flödesmätare används i området: Multical Comp (Kamstrup), WSF4D, WSF4D, WSF3B, Ultraheat (Landis+Gyr). Eftersom det är frågan om relativt nya mätsystem kan man utgå ifrån att dessa är kalibrerade och följer kravet på mätnoggrannhet för energimätning, dvs i regel ca $\pm 2\%$ för flödet och energin. Vid låga energibehov under sommaren och korta tappningar kan dock dessa mätfel uppgå till väsentligt högre värden, beroende på samplingstider¹, typ av mätare och typ av tappning. Bland de mätare som installerades i Prästmarken hade ca en fjärdedel samplingstider av 1 sek, de övriga samplingstider på 30 sek. I avsnittet 5.3 har vi konstaterat att en jämförelse av teoretiska beräkningar och energimätningar visar en samstämmighet inom 5 %. Vi utgår ifrån att detta är det högsta sammanvägda fel som kan ha förorsakats av energimätare.

¹ Det har dock framkommit vid SP's provningar av flödesmätare att stora fel (>10 %) kan uppstå under sommaren med låga samplingsfrekvenser, dvs 30 sek samplingstid, vilket var vanligt hos mätare installerade under 1990-talet (se vidare ref [5]).

3. Mätdata

Huvudsyfte med insamling av mätdata var att analysera värmeförluster från nätet. I princip var det alltså energi- och temperaturdata som behövdes för att kunna genomföra analysen. Nätets energiförlust kan beräknas som differens mellan den i mätcontainern uppmätta till området tillförda energin och summan av den energin som kunderna använde. Analysens noggrannhet bygger således på största möjliga tillförlitlighet av mätdata.

3.1. Typ av mätdata

Följande mätdata har loggats i varje villa:

Momentanvärden varje timme:

Framledningstemperatur

Returledningstemperatur

- Temperaturdifferens (fram – retur)
- Flöde
- Effekt

Akkumulerade värden:

Flödesvolymen

- Energi

Det bör nämnas att insamling av data skedde med viss begränsad upplösning. Detta beror på att mätdata i första hand är programmerade för kunddebitering och viss mån för driftövervakning. En användning i samband med teknisk/vetenskaplig analys var inte planerad när upphandlingen av mätsystemet skedde. De data som kan fås fram i databasen har således följande upplösning:

Temperaturer:	0,1°C
Flöde:	1 l/h
Akkumulerat flöde:	10 l
Energi:	1 kWh
Effekt:	10 W resp 100 W (beroende på mätare).

Mätdata från mätcontainern har liknande upplösning.

För att utvärdera villornas energiförbrukning kan man helt enkel addera energimätarnas avläsning för en viss period. Vi valde först månaderna april - juni som redovisningsperiod eftersom vi hoppades att mätsystemet nu skulle fungera fullt ut.

Det uppdragades dock under en första kontroll av aprilvärdena att en del av mätsystemen inte fungerade alls eller inte tillförlitligt. Vi räknade redan från början med sådana problem och bad husägarna att fylla i en blankett med manuell avläsningarna en gång per vecka, där temperaturer, ackumulerat flöde och ackumulerad energianvändning registrerades. Detta gjordes av vissa kunder men inte av alla, vilket innebar att vi till sist var tvungna att rycka ut för att själv avläsa förbrukningen i enstaka fjärrvärmecentraler.

3.2. Korrigering av energivärden i FC med ofullständiga mätdata

För de villor där insamlingssystemet ej har fungerat korrekt har felande värden korrigerats och en beräknad energimängd för aktuell period tagits fram för respektive fastighet. För vissa fastigheter finns energidata registrerat periodvis. För andra saknas data helt. Korrigering har gjorts genom att linjärextrapolera data till respektive månads brytdatum från närmast kända förbrukningsögonblick för respektive fastighet.

I de fall energidata saknas helt har värden från manuell avläsning använts för att uppskatta en medelförbrukning för aktuell period. I de korrigeringar som gjorts har alltid avläst mätarställning för energimängd använts. Följande manuella avläsningar har gjorts enligt Tabell 3.1 a,b.

Tabell 3.1 a,b: Manuella avläsningar av mätvärden i juni och juli som tjänar som underlag för beräkning av energiförbrukningen enligt Tabell 3.2

Personal energy readings in June and July as basis for calculated energy use correction where no measurement data was available.

Nod. nr.	Anl. nr.	MWh	m³	Tfram	Tretur	kW	m³/h	Datum	Tid
1457	44430	39,739	805,40					2004-06-29	
1517	55707	10,881	471,33					2004-06-29	
1527	42193	62,661	1313,37	54,7	27,1	0,6	25,00	2004-06-23	17:35
640	37556	44,738	908,07	58	29		0,03	2004-06-23	18:15
659	38312	17,083	361,31	61	35		0,00	2004-06-23	18:05
729	42180	46,643	914,30	49	26		0,00	2004-06-23	17:20
734	38752	34,846	653,27	68	17		2,48	2004-06-23	17:55
748	42179	61,177	1291,12					2004-06-24	
750	42192	62,428	1315,03	55	26,2	0,0	0,00	2004-06-23	17:30
754	42191							2004-06-23	
772	38317	40,620	938,70					2004-06-24	
778	37659	53,847	1236,17					2004-06-23	18:00
814	42185	59,343	1236,83	54	42	0,0	0,00	2004-06-23	17:40
935	44427	30,437	585,86					2004-06-23	17:05
941	44424	31,399	589,10					2004-06-23	17:15
943	44429	44,952	1145,74	55	25		0,00	2004-06-23	17:00
948	44425	34,153	616,88					2004-06-23	17:10

Avläsning juni:

Avläsning augusti:

Nod. nr.	Anl. nr.	MWh	m³	Tfram	Tretur	kW	m³/h	Datum	Tid
1457	44430	40,302	821,13					2004-08-16	
1517	55707	11,070	493,70					2004-08-02	17:25
1527	42193	63,281	1329,88					2004-08-16	
640	37556	45,137	917,64	62,0	26,0		0,00	2004-08-02	17:50
659	38312	17,117	363,77	53,0	39,0		0,00	2004-08-02	17:40
729	42180	46,873	920,35	36,0	31,0		0,00	2004-08-02	18:45
734	38752	35,346	666,76	56,0	50,0		0,01	2004-08-02	17:30
748	42179	61,689	1303,19	61,0	48,0		0,00	2004-08-02	18:40
750	42192	62,897	1326,21	52,3	44,5	0,0	0,00	2004-08-02	17:10
754	42191	67,813	1409,75					2004-08-16	
772	38317	41,041	951,84	51,0	44,0		0,00	2004-08-02	17:40
778	37659	54,496	1258,33					2004-08-16	
814	42185	59,630	1244,44	51,0	43,0		0,00	2004-08-02	17:15
935	44427	30,795	594,79					2004-08-02	17:00
941	44424	31,746	597,90					2004-08-02	18:50
943	44429	45,416	1158,06	61,0	45,0		0,00	2004-08-02	16:55
948	44425	34,580	627,30					2004-08-02	18:30

Uppskattning av fel för dessa korrigeringar

Samtliga mätvärden i husen har avlästs vid ovanangivna tillfällen. Dessutom har i några enstaka fall villaägarna själva gjort avläsningar veckovis. Den extrapoleringen gjordes från dessa avläsningstidpunkter tills summeringsdatumet för perioden genom linjärextrapolering av den aktuella uppmätta förbrukningen. Pga semestertider och väderleksförhållanden kan naturligtvis uppskattningen innebära ett grovt fel för den enstaka förbrukaren inom en viss tidsperiod. Sett över en längre period, stämmer dock förbrukningsvärdena.

För att se vilket fel som den av oss tillämpade korrekturmetod kan innebära så kan vi jämföra med en annan korrekturmetod. Vi baserar våra mätresultat endast på de säkra månadsvärdena, som t ex i juni finns dessa för 94 hus (av 103). Extrapoleringen till 103 hus skulle då resultera i en förbrukning av 45219 kWh istället för 45404 kWh som redovisats i Tabell 3.3. Skillnaden av dessa båda värden är 0,4 % i juni. Osäkerheten med månadssummorna är således betydligt mindre än osäkerheten i själva mätvärden. I Tabell 3.2 ges en sammanställning av korrigeringarna för juni och juli.

Tabell 3.2: Uppmätta förbrukningsvärden samt korrigeringar för Prästmarken.

Measured energies use and corrected energy use in Prästmarken.

		Juni	Juli
Korrigerad summa enligt individuella avläsningar	kWh	45404	35699
Genomsnittlig energianvändning	kWh/dag,hus	14,69	11,55
Summa av alla FC med säkra avläsningar	kWh	41268	30846
Antalet ej fungerande mätsystem		9	14
Totala antalet FC		103	103
Extrapolerad månadssumma baserad på fungerande system	kWh	45219	35698
Skillnad mellan de två korrekturmetoderna		0,996	1

För juli ger båda korrigeringsmetoderna i stort sett samma resultat.

3.3. Villornas energianvändning

Tabell 3.3: Prästmarkens energianvändning. Energy use in detached houses in Prästmarken.

Energiförbrukning / månad

Prästmarken, juni och juli 2004

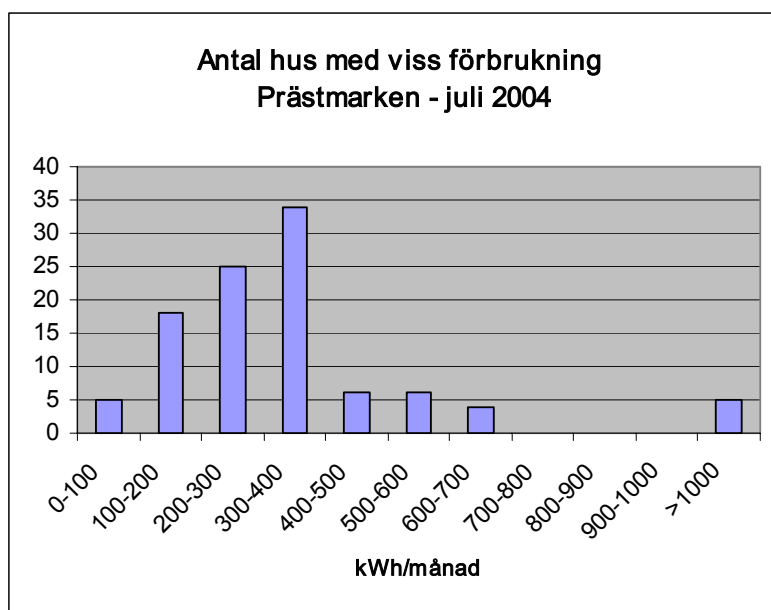
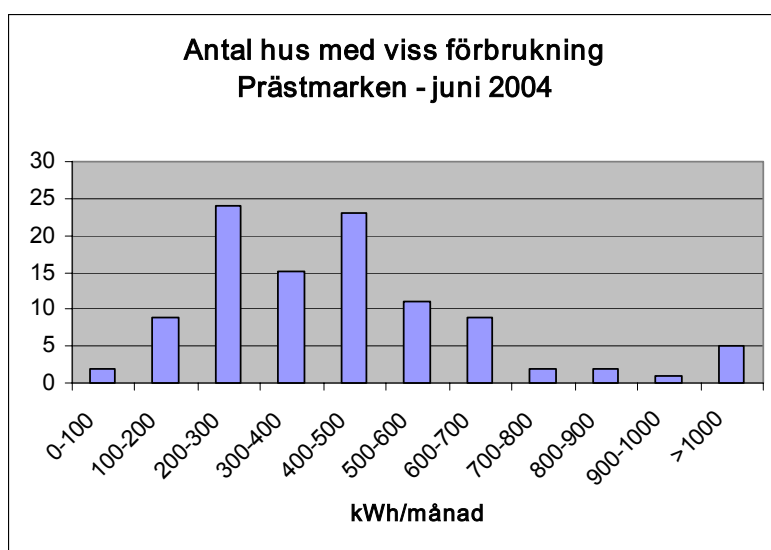
Grå markering = korrigerad förbrukning

Hus	Juni kWh	Juli kWh	Hus	Juni kWh	Juli kWh
1	497	398	53	451	236
2	582	396	54	272	195
3	577	318	55	302	258
4	165	165	56	434	353
5	574	445	57	233	199
6	505	278	58	420	326
7	1250	1116	59	236	225
8	227	195	60	416	376
9	118	105	61	355	282
10	879	509	62	579	459
11	743	666	63	298	388
12	247	227	64	260	190
13	628	515	65	617	535
14	116	91	66	407	325
15	380	346	67	554	509
16	829	653	68	292	231
17	196	173	69	405	314
18	1270	1428	70	422	334
19	602	589	71	180	101
20	942	622	72	591	477
21	1095	1021	73	170	154
22	397	348	74	275	222
23	99	66	75	248	214
24	422	307	76	638	455
25	397	355	77	457	326
26	382	187	78	291	185
27	293	212	79	240	189
28	372	259	80	440	366
29	1192	1003	81	259	255
30	270	223	82	304	238
31	269	240	83	692	439
32	252	203	84	251	198
33	279	251	85	500	392
34	482	316	86	465	304
35	397	392	87	1528	1048
36	319	161	88	227	180
37	310	221	89	357	284
38	601	386	90	532	396
39	679	537	91	169	66
40	501	359	92	294	259
41	344	326	93	435	359
42	416	294	94	459	383
43	400	294	95	302	272
44	289	232	96	206	175
45	140	114	97	412	332
46	674	388	98	417	324
47	478	363	99	108	83
48	553	366	100	423	373
49	214	136	101	753	663
50	371	342	102	643	481
51	400	236	103	486	315
52	85	82			

Från Tabell 3.3 framgår den uppmätta resp korrigerade energianvändningen för alla hus (husnumreringen är en projektintern numrering och avser varken adressnummer eller mätstationsnummer).

Obs: Såväl för juni som för juli har månadens längd – för jämförelsens skull - antagits vara 30 dagar.

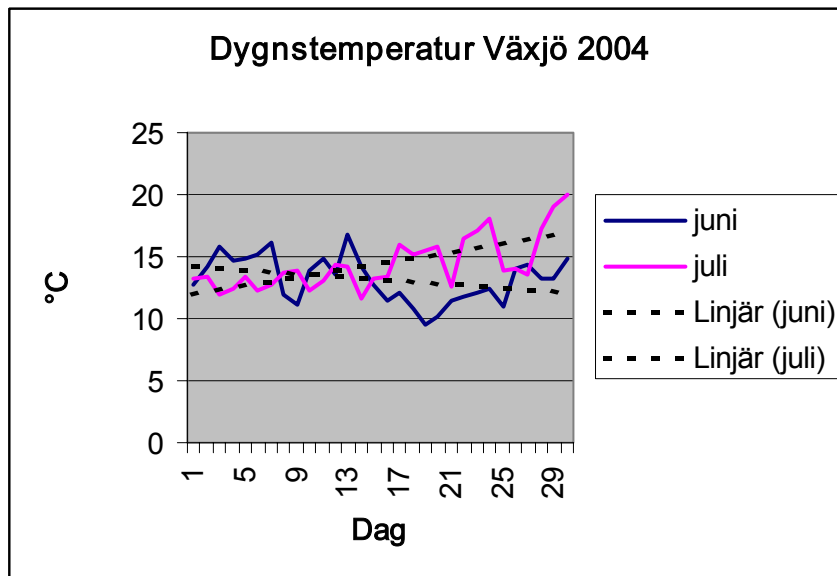
Vi ser från förbrukningssiffrorna att energianvändningen var större i juni än i juli. Orsaken kan dels vara att viss uppvärmning sker i juni. I juli avser lasten i första hand tappvarmvatten. Vidare är juli en vanlig semestermånad, vilket gör att även tappvarmvattenförbrukningen är mindre än i juni. Den dagliga energianvändningen är i juni ca 3 kWh större än i juli. Det kan vara intressant, att titta på de enskilda husens energiförbrukning. I Figurerna 3.1a,b visas husens förbrukning indelad i olika förbrukningsklasser.



Figur 3.1a,b: Energianvändning av villorna i Prästmarken, juni, juli 2004.

Use of Energy in the detached houses of Prästmarken, June and July, 2004.

Som framgår av Figureerna 3.1a,b, så finns det i området ett brett register av energianvändning, från mycket liten till mycket stor. Den genomsnittliga energianvändningen är 14,69 kWh (juni) resp 11,55 kWh (juli) per hus och dag. Förbrukare med mycket låg energianvändning <100 kWh/per månad har troligen frånluftsvärmepump. Anledningen till den stora förbrukningen i några av de husen är okänd. Men från Tabell 3.3 framgår att i de flesta hus är trenden densamma, hög förbrukning i juni medför hög förbrukning i juli, och liknande gäller för hus med låg förbrukning.



Figur 3.2: Dygnsmedeltemperatur i Växjö i juni resp i juli.

Daily mean air temperature in Växjö, June and July, 2004. Also trend curves are shown.

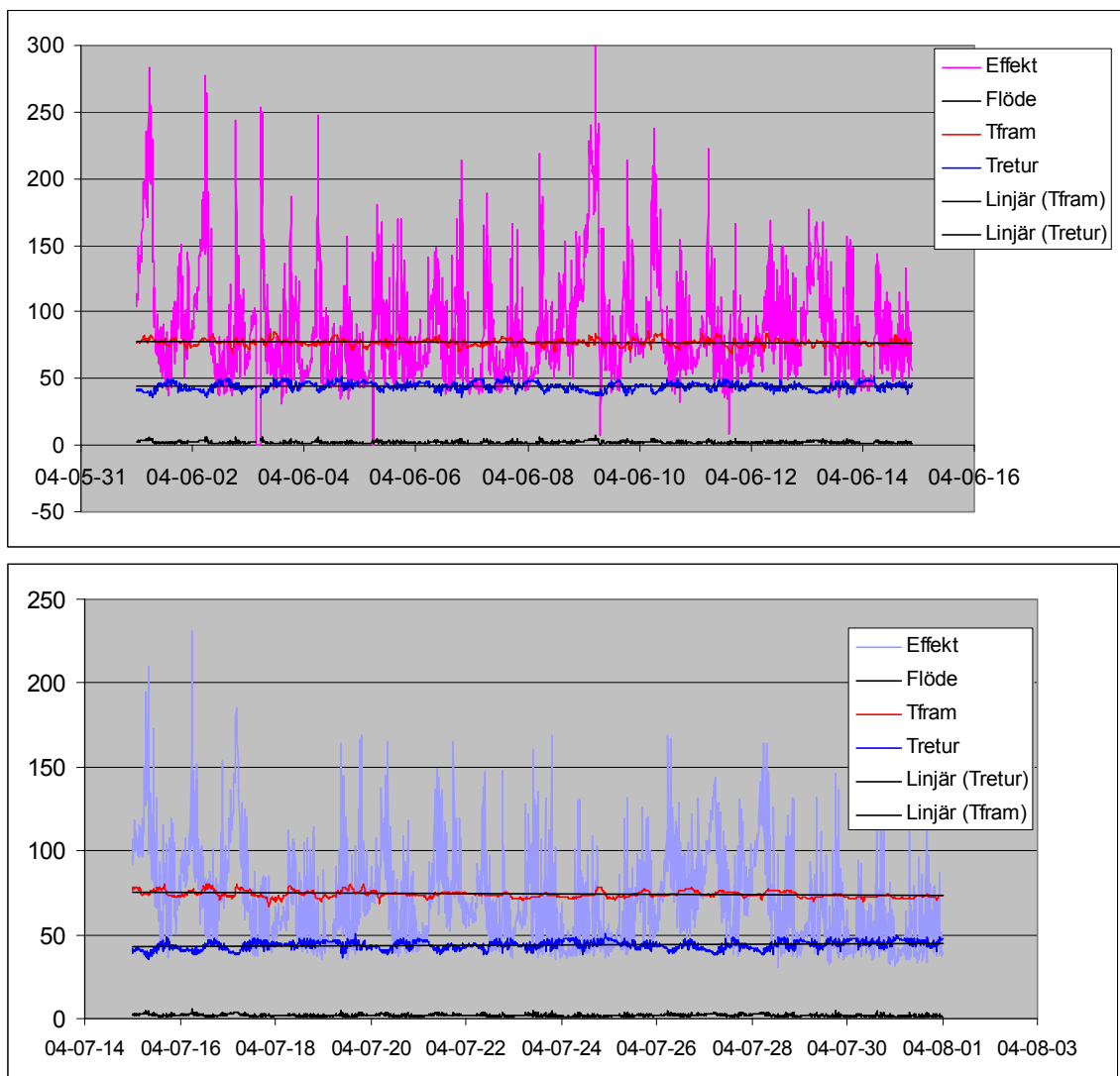
Man kan fråga sig vad värmelasten kan ha varit under dessa månader. Figur 3.2 visar att utelufttemperaturerna i Växjö var förhållandevis låga även i juli (medeltemperatur 13,2 i juni resp 14,4 °C i juli), och att en temperaturökning inträdde först i andra hälften av juli.

Man kan utgå ifrån en graddagmodell. Husen i Växjö drar i genomsnitt ca 15000 kWh per år, varav ca 3500 kWh uppskattas vara varmvatten och 11500 kWh vara värme. Om vi utgår ifrån att Växjö har ca 3500 graddagar per år så erhåller man ett samband för det genomsnittliga småhuset i Prästmarken, nämligen en graddag motsvarar 3,3 kWh värme per hus. För de moderna småhusen i Växjö kan det vidare antas en balans-temperatur på 14°C. Detta innebär att i juni var värmelasten 36,6 och i juli 17,4 graddagar eller att husen behövde ca 4,0 kWh per dag för uppvärmning i juni och 1,9 kWh/dag i juli. Det genomsnittliga varmvattenbehovet kan då ha varit ca 10 kWh/dag.

Vi anser således att härmed ha fått fram ett tämligen säkert resultat för energianvändningen för dessa två sommarmånader. För att kunna beräkna värmeförlusterna behövs det dock dessutom uppmätning av den till området tillförda energin.

3.4. Distribuerad energi till området

Den totala till området tillförda energin uppmättes med hjälp av huvudmätaren installerad i mätcontainern. Mätdata registrerades dels genom direktloggning och dels med hjälp av en mätenhet som var kopplad till fjärravläsningssystemet. Mätningen skedde i det senare fallet i 10-minuters intervaller. Från Figur 3.2 a,b framgår mätvärden för två perioder, de första 14 dagarna i juni och två veckor i slutet av juli, då det var varmare. Effektkurvan visar att även i ett villaområde med så många som hundra hus finns det ett tydligt förbrukningsmönster med morgon- och kvällstoppar och mycket lågt effektuttag under dagarna. Som vi kommer att se ligger effekttillförseln under låglasttider såväl dagtid som nattetid nära nätets värmeförlust-effekt som är 39 kW i juni och 32 kW i juli. Fjärrvärmemetemperaturen fram var omkring 77°C i juni och 76°C i juli. Returtemperaturen var omkring 43°C - 44°C i båda månaderna.



Figur 3.2 a,b: Driftmätningar av huvudmätaren till området Prästmarken under två perioder i juni resp juli.

Operational data for Prästkragen: Heating power (KW), flow (m^3/h), T_{suppl} , T_{ret} (°C).

Den till området tillförda energin har uppmätts som:

- **juni: 69099 kWh**
- **juli: 59387 kWh (1.juli - 30. juli – 30 dagar).**

3.5. Energibalans för området Prästmarken

Med de i avsnitten 3.3 och 3.4 redovisade energivärden för husen resp för tillförd energi till området kan en differens bildas som vi vill definiera som fjärrvärmenätets värmeförlust. Observera att i det här projektet är detta den valda metoden för att bestämma nätets värmeförlust under förutsättning, att inga andra värmelaster är inkopplade i det undersökta området. Enligt uppgifter är alla hus kopplade till nätet också försedda med energimätare och anslutna till fjärravläsningsystemet; några andra laster existerar inte. Den uppmätta differensen bör alltså motsvara värmeförlusterna från distributionsledningar och från serviser som även kan beräknas teoretiskt; tillkommer den eventuella förlust som härrör från ledningar nära FCn och som kan tillskrivas några antal meter ledningar som finns mellan energimätaren (installerad i FC-skåpet) och servisledningen som slutar vid husväggen.

Differensen mellan till området tillförd energi och i husen använd energi kan alltså beräknas enligt Tabell 3.4:

Tabell 3.4: Energibalans för Prästmarken (30 dagars perioder)

	Tillförd energi	Använd energi	Differens (värmeförlust)	Relativ förlust	Temperatur fram *)	Temperatur retur *)
	kWh	kWh	kWh		°C	°C
Juni	69099	45404	23695	0,34	77,4	43,3
Juli	59387	35699	23688	0,40	75,8	43,5

*) vid huvudmätaren

Som framgår av Tabell 3.4 kan vi konstatera det kända faktumet att värmeförlusterna i småhusområden under sommaren är relativt stora. Den upprättade energibalansen ger för båda månaderna ungefär samma värmeförlustvärde, även om framledningstemperaturen är något lägre i juli än i juni.

För att kunna bedöma ledningsnätets tillstånd krävs det dock en djupare analys av de ledningarna som finns i nätet.

3.6. Effektbalans för Prästmarken

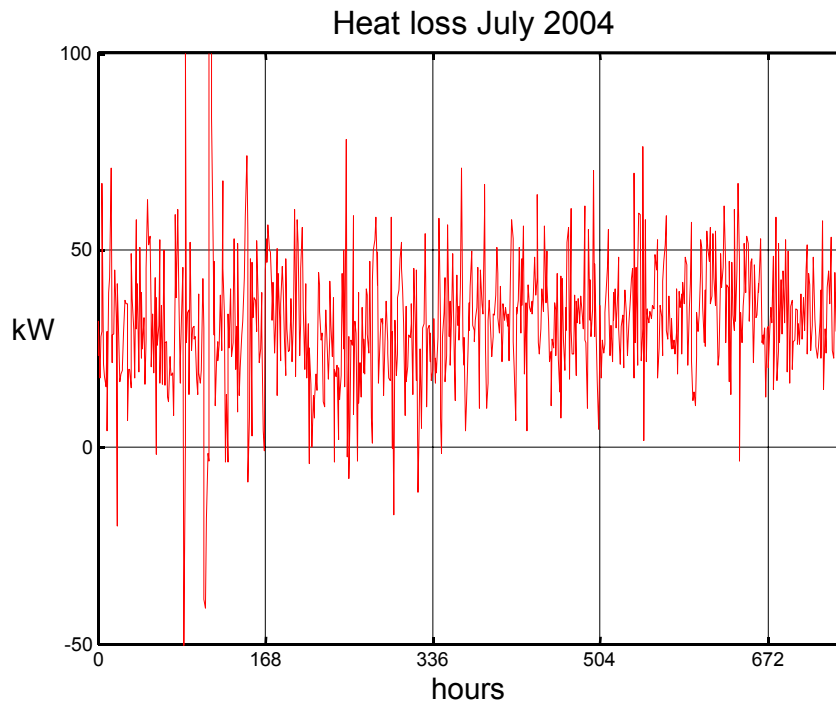
En möjlighet att beräkna värmeförlusten är att mäta värmeförlusten direkt som differens mellan tillförd effekt och summan av effekter som har tillförts husen. Detta har gjorts för månaden juli (744 h) och resultatet kan ses redovisat i diagrammet i Figur 3.3. Balansen motsvarar följande månadsvärden för 31 dagar:

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{container}} (\text{uppmätt}) &= 60\,628 \text{ kWh;} \\
 Q_{\text{summa hus}} (\text{uppmätt}) &= 36\,889 \text{ kWh.} \\
 Q_{\text{värmeförlust}} (\text{beräknad}) &= 23\,739 \text{ kWh.}
 \end{aligned}$$

Från Figur 3.3 kan man se att värmeförlustens medelvärde är mycket konstant hela månaden.

Resultatet av medelvärdet är:

$$P_{\text{värmeförlust}} = 31,9 \text{ kW.}$$



Figur 3.3. Effektbalans i området Prästmarken för juli 2004.

Heat loss as result of power difference between main meter and sum of house loads for Prästmarken, July 2004.

I avsnitt 4.4 längre fram beräknas den teoretiska värmeförlustkoefficienten för hela nätet till 0,7898 kW/°C. Detta innebär att nätets medeltemperaturdifferens (medeltemperatur mellan fram- och returledning minus marktemperatur) kan beräknas med hjälp av effektbalansen till 40,4°C. Vi kan konstatera att detta är ett mindre värde än den medeltemperaturdifferens som är uppmätt av huvudmätaren i containern och som är 46,4°C. Vi kan alltså konstatera att värmeförluster i nätet i juli bidrar till ett temperaturfall som gör att den totala medeltemperaturen är 6°C lägre än vid ingången till området. Detta är ett viktigt resultat som föranledde oss att mer i detalj undersöka temperaturfallet längs ledningssträckningen.

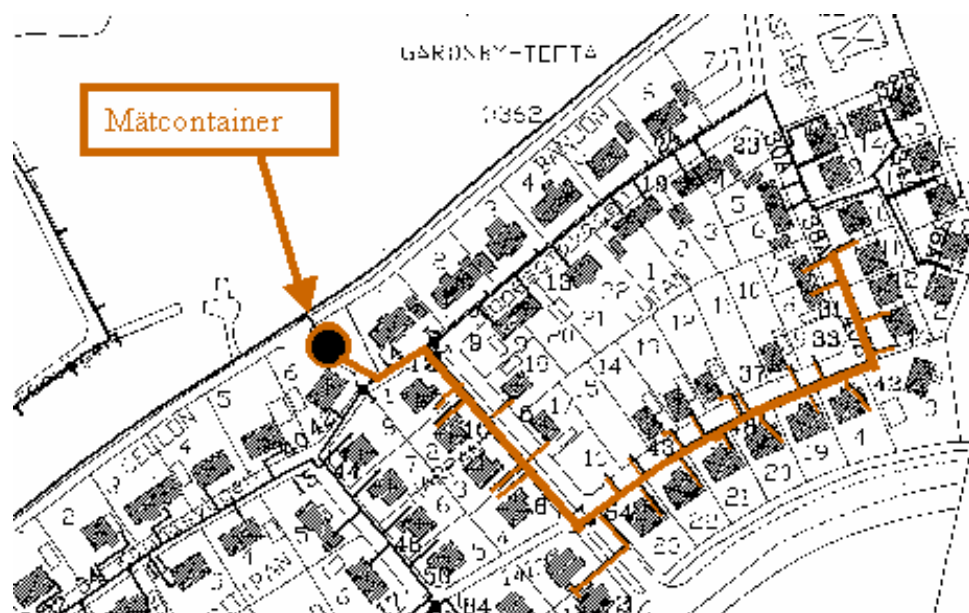
Det bör konstateras så här i efterhand att det hade varit bra om man installerat temperaturmätare på några ställen längs huvudledningen.

4. Nätsimulering

För att hitta sambandet mellan den uppmätta värmeförlusten och rörledningarnas isoleringsförmåga behövs informationen om nätets drifttemperatur. Man kan utgå ifrån att särskilt under låglasttid förekommer ett stort temperaturfall längs ledningen i ett lokalt nät, även om Redan-fjärrvärmecentralerna har en termisk ventil som upprätthåller viss läckage sommartid. Detta temperaturfall innebär att de nättemperaturer som mäts vid huvudmätaren i mätcontainern inte utgör en representativ temperatur för nätet utan utgör ett maximivärde (i framledningen). Andra temperaturmätningar förekommer inte i nätet utom endast vid FCn i husen där temperaturen återspeglar det momentana drifttillståndet. För att undersöka temperaturfallet närmare gjordes en simulering för en ledningsgren på Minnesotavägen.

4.1. Området Minnesotavägen söder

Det undersökta delnätet avser ledningsgrenen i den södra delen av Minnesotavägen med husnummerbeteckningen 2 – 12, och 38 – 54. Totalt är 26 hus anslutna till grenen (se Figur 4.1).



Figur 4.1: Fjärrvärme-grenen för detaljerad nätsimulering.

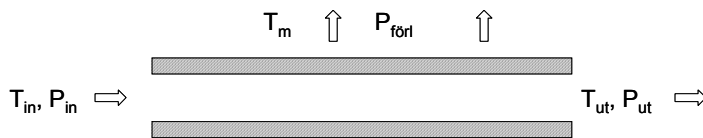
District Heating branch that is studied in detail.

4.2. Beräknad värmeförlust

Utgående från huvudmätaren i mätcontainern kan man nu genomföra en teoretisk beräkning av temperaturfallet längs ledningen genom att räkna en effektbalans för varje ledningssegment (Figur 4.2):

$$P_{i,ut} = P_{i,in} - P_{i,förl} \quad (1)$$

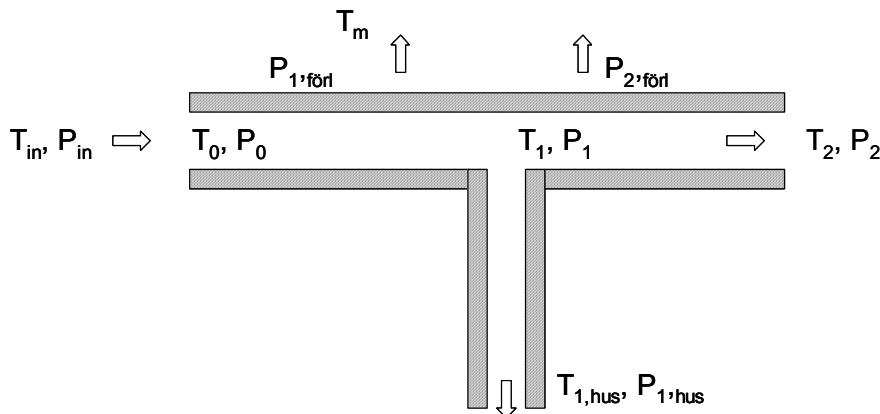
där P_i betecknar värmeeffekten för det i -te röret (in = ingående effekt, ut = utgående effekt, $P_{förl}$ = förlusteffekt pga av ledningssegmentets värmeförlust; T_m = marktemperatur).



Figur 4.2: Effektbalans för ett rörsegment med servisanslutning.

Power balance for one pipe segment.

Den utgående effekten i ett ledningssegment kan beräknas med hjälp av uppmätta momentanvärden för den till segmentet tillförda effekten minus värmeförlusteffekten. I slutet av ett segment kan det finnas en servisledning som tappar av ett viss volymflöde V_i till ett hus eller så fortsätter samma flödesvolym in i ett nytt segment, som kan ha andra egenskaper (diameter, ålder eller typ (enkelrör eller dubbelrör)), se även Figur 4.3.



Figur 4.3: Ledningssegmentering för beräkning av temperaturfallet längs ledningsnätet.

Pipe segment with service pipe connection when calculating temperature drop in pipes.

Genom att sätta uppmätta värden för volymflödet V_i och teoretiska värden avseende rörens värmeförlustkoefficienter kan den utgående temperaturen $T_{i,ut}$ beräknas. Förhållandena är något mera komplicerade än så eftersom värmeförlusten från framledningen även är kopplad till förlusten från returledningen i enlighet med följande ekvation [1]:

$$q_{förl, fram} = U_1 \cdot (T_f - T_m) - U_3 \cdot (T_r - T_m) \quad (2) \text{ och}$$

$$q_{förl, ret} = U_2 \cdot (T_r - T_m) - U_3 \cdot (T_f - T_m) \quad (3)$$

där U_1 och U_2 är värmeförlustkoefficienten i W/(m·K) för respektive rör som beskriver värmeförlusten mellan röret och den omgivande marken och U_3 är den kopplade värmeförlustkoefficient som beskriver värmeutbytet mellan framledning och returledning, också den i W/(m·K). q är då värmeförlusten i Watt per meter ledning. I vårt fall räknar vi (med ett litet fel) att rören i den varma och i den kalla har samma värmeförlustkoefficient $U_1 = U_2$ mot marken. Kopplingskoefficienten U_3 är relativt stor i Cu-dubbelrörssystem med den varma ledningen liggande över den kalla ledningen. Värmeförlustkoefficienterna för dubbelrören är beräknade enligt Multipolmetoden redovisad i [2]. Se Bilaga 3 för en komplett tabell av U-värden för de olika rören i Prästmarken. Särskilt FV-ledningar installerade 1995 och 1996 (med CO₂-blåst PUR-isolering) uppvisar idag relativt stora värmeförluster pga att CO₂ troligen har diffunderat ut.

Den utgående temperaturen $T_{i,ut}$ i framledningen kan således beräknas som följer:

$$T_{i,ut} = \frac{1}{A_i + \frac{U_{i,1} \cdot L_i}{2}} \left[\left(A_i - \frac{U_{i,1} \cdot L_i}{2} \right) T_{i,in} + U_{i,3} \cdot L_i \cdot T_{i,r} + T_m \cdot L_i (U_{i,1} - U_{i,3}) \right] \quad (4)$$

och där L_i är rörsegmentets längd (i meter) och A_i är den i respektive rörsegment transporterade värmeeffekten

$$A = V_i \cdot \rho \cdot C_p \quad [\text{W/K}] \quad (5).$$

V_i är då volymflödet, ρ mediets densitet och C_p mediets värmekapacitet ($\rho \cdot C_p$ antogs som konstant över det här betraktade temperaturområdet). När en momentan värmelast förekommer i en servisledning till ett hus så ändrar sig hela flödet i ledningssystemet uppströms från lasten.

Genom att räkna ut T_{ut} segment för segment kan man då beräkna temperaturfallet längs hela ledningen. Den utgående temperaturen från segmentet i utgör den ingående temperaturen till nästa segment i +1.

4.3. Temperaturfall i nätet

Den i avsnitt 4.2 beskrivna proceduren kan tillämpas såväl på stamledningen som på serviserna. Proceduren är tänkt att i första hand tillämpas på framledningsröret med returledningen på en uppskattad genomsnittstemperatur $T_{r,medel}$ (returledningstemperaturen förväntas inte ändra sig lika mycket som framledningen). Men när väl framledningens temperatur var beräknad så gick det också att beräkna returtemperaturens ändring då T_f nu är känd.

Den beskrivna proceduren tillämpades på fyra olika drifttillfällen under olika månader. Eftersom det handlar om en kvasistatisk beräkning (inga värmekapacitetseffekter är inräknade), användes drifttillfällen, då förhållandena under föregående timme var någorlunda stabila. I tabell 4.1 redovisas de viktigaste resultaten.

Tabell 4.1: Resultat från simulering av en ledningsgren längs Minnesotavägen söder.

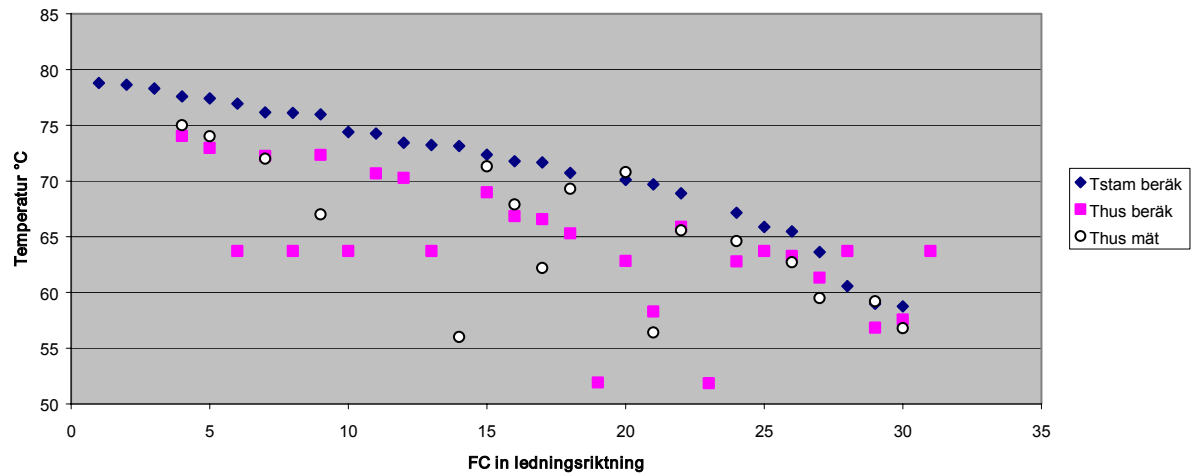
Simulation results for temperature drop along the piping in Minnesotavägen.

			1. April	14. Maj	2. juli	11. juli
Container						
T _{0,f}	°C		90,0	84,0	78,8	76,8
T _{0,r}	°C		38,3	39,1	40,6	38,3
T _{mark}	°C		4	10	10	13
Stam						
P _{förl,f}	W		7546	6394	5516	4748
P _{förl,r}	W		1327	1148	1685	1537
Summa L _i	m	337,0				
T _{medel,f}	°C		83,3	77,2	70,0	64,9
T _{medel,r}	°C		38,9	39,8	42,8	42,1
Spec förl	W/°C		155,4	155,5	155,0	155,2

<i>Fortsättning</i>			1. April	14. Maj	2. Juni	11. Juli
Serviser						
P _{förl,f}	W		4812	4201	3454	2986
P _{förl,r}	W		305	609	1176	1339
Summa L _i	m	449,8				
T _{medel,f}	°C		78,5	74,9	67,4	63,6
T _{medel,r}	°C		39,3	40,4	45,3	45,8
Spec förl	W/°C		93,21	100,97	99,83	103,72
Totalt						
Förlust-viktad delta T	°C		56,3	48,2	46,4	41,0
T _{medel,f} + T _{medel,r}	°C		120,5	116,3	112,8	107,9
T _{r,effektiv}	°C		39,1	40,1	44,1	43,9
T _{f,effektiv}	°C		81,4	76,2	68,7	64,0

Av tabellen framgår att medeltemperaturerna såväl för stamledningen som för serviserna är väsentligt mindre än den till området levererade temperaturen. Beroende på den totala värmelasten ligger medeltemperaturen 7 – 10°C under ingångstemperaturen och nätets ändtemperatur ännu lägre. Figur 4.1a,b visar förloppet av framledningstemperaturen längs ledningen och de beräknade och uppmätta värdena i husen för april och juni 2004. Beroende på hur varmvattenlasten var timmen innan beräkningstillfället så finns det större eller mindre avvikelser mellan beräknade och uppmätta värden.

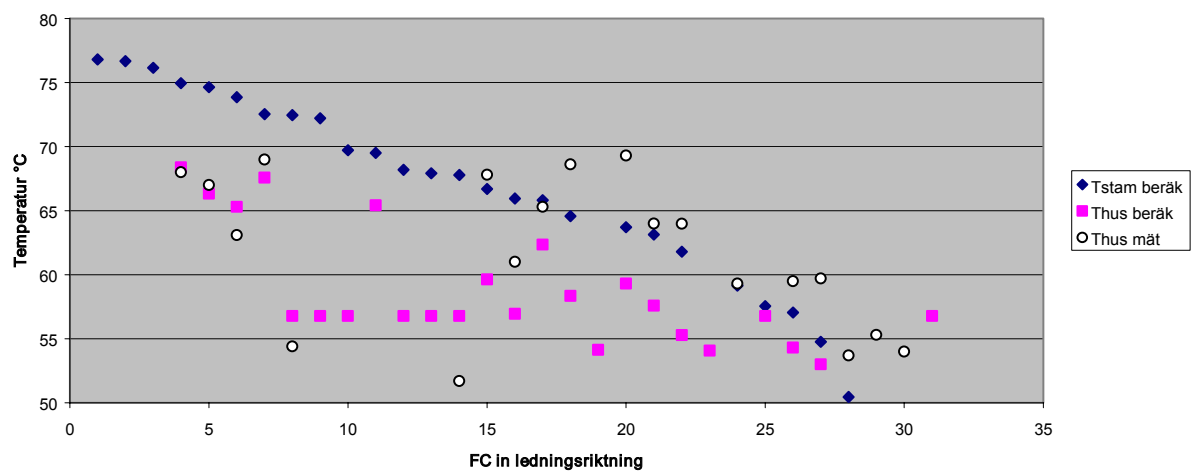
Delstam - Minnesotavägen 2. Juni 2004 kl 04.00



Figur 4.1a: Temperaturfall längs ledningen på Minnesotavägen, 2 juni.

Temperature drop along the piping in Minnesotavägen, June, 2nd.

Delstam - Minnesotavägen 11. juli 2004 kl 08.00



Figur 4.1b: Temperaturfall längs ledningen på Minnesotavägen, 11 juli.

Temperature drop along the piping in Minnesotavägen, July, 11th.

Som framgår av diagrammet i Figur 4.1 så ger de i husen uppmätta och de teoretiskt beräknade värden en ganska så konsistent bild i juni. Samma gäller också för jämförelserna gjorda i april och maj, dvs där värmelasterna också spelar viss roll. De beräknade temperaturfallen längs ledningen och i servisen leder till de temperaturer som man mäter i husens FC. För juli är överensstämmelsen sämre. De uppmätta temperaturerna i husen ligger över de beräknade värden. Detta beror på det värmeläckage genom FCn som styrs av det termostatiska bypasset som finns i Redan-FCn och som gör att FCn håller en högre temperatur än vad man skulle kunna förvänta sig när vattnet står stilla en längre tid. Vidare kan det vara så att även

värmekapacitetseffekter spelar viss roll (ledningen är fortfarande varm pga tidigare tappning). Ytterligare en faktor kan vara att marktemperaturen faktiskt är högre än vad som antagits i dessa beräkningar (13°C) och värmeförlusten därmed är mindre.

Men temperaturfallet under sommaren är så pass stort att man borde överväga att installera en temperaturstyrd rundgång vid slutet av nätet för att säkerställa bra tappvarmvattenkvalitet vid de FC som finns vid slutet av FV-grenarna.

Om vi nu förutsätter att temperatursituationen gäller för hela nätet på samma sätt som det beskrivits här för delgrenen Minnesotavägen söder, så kan de i Tabell 4.1 redovisade resultaten användas för att beräkna värmeförlustegenskaperna för hela nätet.

4.4. Teoretisk värmeförlust

I Tabell 4.1 angavs förlusteffekt-viktade medelvärden som gäller för den södra grenen på Minnesotavägen. Resultatutvärderingen innebär att man kan bestämma en *medeltemperaturdifferens* $\Delta T_{led,medel}$ för hela ledningsgrenen, dvs fram- och returledningens medeltemperatur minus marktemperatur. Vidare kan man bestämma en temperatursumma för fram- och returtemperaturen:

$$T_{s,medel} = T_{f,medel} + T_{r,medel} = 2 * (\Delta T_{led,medel} + T_m) \quad (6)$$

och därav vidare $T_{f,medel}$ om $T_{r,medel}$ är känd.

$T_{r,medel}$ kan beräknas approximativt som medelvärde för stam- och servisledningen och således kan grenens medelframledningstemperatur $T_{f,medel}$ också beräknas. Så långt gäller resultaten endast för den undersökta grenen Minnesotavägen söder.

I brist på bättre information kan vi dock också anta att resultaten är representativa för hela det lokala nätet i Prästmarkens två kvarter enligt Bilaga 1. Detta innebär att vi utnyttjar medelvärden $T_{f,medel}$ och $T_{r,medel}$ för att beräkna värmeförlusten för hela nätet.

Resultaten av dessa beräkningar framgår av Bilaga 4 och Tabell 4.2.

Tabell 4.2: Sammanställning av nätförluster för Prästmarken.

Sammanfattning nätförluster						
		Stamledning		Serviser		Hela nätet
		Dubbelrör	Enkelrör	Dubbelrör	Enkelrör	
Längd	m	968,3	409,4	1389,9	249	
Summa rör	m	1377,7		1638,9		3016,6
Spec. förlust	W/K	281,3	193,9	242,1	72,6	
Spec. förlust	W/K		475,1		314,7	789,8
01-apr						
Tf	°C	83,3		78,5		
Tr	°C	38,9		39,3		
Tm	°C	4		4		
Qförl	W	16070	11068	13293	3983	
Qförl,tot	W		27138		17276	44415
14-maj						
Tf	°C	77,2		74,9		
Tr	°C	39,8		40,4		
Tm	°C	10,0		10		
Qförl	W	13652	9402	11536	3457	
Qförl,tot	W		23054		14993	38047
02-jun						
Tf	°C	70,0		67,4		
Tr	°C	42,8		45,3		
Tm	°C	10,0		10,0		
Qförl	W	13072	9005	13090	4091	
Qförl,tot	W		22077		17180	39257
11-jul						
Tf	°C	64,9		63,6		
Tr	°C	42,1		45,8		
Tm	°C	13,0		13,0		
Qförl	W	11393	7849	10095	3025	
Qförl,tot	W		19242		13120	32362

Overview of heat losses in Prästmarken.

Av Tabell 4.2 framgår att den teoretiska beräknade **värmeförlustkoefficienten för nätet i Prästmarken är 789,8 W/K**. Detta värde baseras på de uppgifter om dimensioner och ålder på rör och tillhörande värmeförlustkoefficienter som baseras på uppgifter från Alstom. Med hjälp av detta förlustvärde - vi kallar det här **nättefficienten** - kan värmeförlusten från nätet beräknas om temperaturerna är kända.

En tillämpningsmöjlighet är således att räkna ut nätets medeltemperatur enligt Tabell 4.2 (en detaljerad redovisning finns i Bilaga 4). Medeltemperaturen är då framräknad för fyra ögonblickstillstånd av nätgrenen Södra Minnesotavägen. Beroende på framledningstemperatur och tillfälligt förbrukningsmönster får man olika medeltemperaturer vid olika tidpunkter. Med hjälp av medelvärdet för fram- respektive returtemperaturen kan sedan olika förlusteffekter beräknas. Detta är särredovisat för såväl distributionsnätet som för summan av alla serviserna, och uppdelat på enkel- och dubbelrörledning. Som framgår av Tabell 4.2, så svarar förlusterna från ledningsstammen för ungefär 60 % av förlusterna. Dubbelrör svarar för 78 % av alla ledningar men endast för ca 66 % av alla förluster; de är således något

effektivare avseende energiförluster än enkelledningar. Det bör dock beaktas att enkelledningar främst finns i det större dimensionsregistret.

Om man kände till medeltemperaturerna för nätet under hela månaden så skulle man med hjälp av nätkoefficienten även kunna beräkna en teoretisk värmeförlust.

Eftersom dock nätets sanna medeltemperatur inte är känd, måste man tillgripa mer eller mindre bra uppskattningar av nätets medeltemperatur.

4.5. Jämförelse av teoretisk och uppmätt värmeförlust

Som framgår av Tabell 4.1 och som det också redovisades i avsnitt 3.6, så finns det en större skillnad mellan containerns temperatur och nätets medeltemperatur. Man kan anta att skillnaden minskar med höga värmelaster, eftersom flödet då är mycket högre. Under sommartiden ändrar sig också framledningstemperaturen ungefär proportionellt till lasten, vilket innebär att vi kan förutsätta att det lokala nätets medeltemperatur antingen är en funktion av värmelasten eller av framledningstemperaturen. Vi kan således utnyttja båda dessa för att beräkna respektive månadens värmeförlust. Även returtemperaturen är – dock i mycket mindre grad – beroende på dessa parametrar.

4.5.1. Korrelation med framledningstemperaturen.

Av Tabell 4.3 framgår det valda sättet att beräkna de effektiva fram- och returtemperaturerna. Resultatet blir temperaturer som är nätets energiviktade månadsmedelvärden.

Tabell 4.3: Beräkning av värmeförlusten genom ett samband mellan ledningstemperatur uppmätt i containern och ledningens medeltemperatur.

Calculation of heat loss by means of determining a correlation between the temperature in the container and the calculated mean temperature of the piping.

			April	Maj	Juni	Juli
Framledning						
Uppmät framledningstemp i container vid måttillfälle	T _{f,container}	°C	90	84	78,8	76,8
Framledningens medeltemperatur vid måttillfälle	T _{fram,effektiv}	°C	81,4	76,2	68,7	64
Temperaturdifferens container minus framledning vid måttillfälle	T _{f,cont - T_{nät}}	°C	8,6	7,8	10,1	12,8
Månadsmedeltemperatur framledning i containern	T _{mån,medel}	°C	81,2	77,6	77,4	75,8
Framledningens månadsmedeltemperatur	T _{f,mån,effektiv}	°C	71,1	66,4	66,1	64,1
Returledning						
Uppmät returledningstemp i containern vid måttillfälle	T _{r,container}	°C	38,3	39,1	40,6	38,3
Returledningens medeltemperatur vid måttillfälle	T _{ret,effektiv}	°C	39,1	40,1	44,1	43,9
Temperaturdifferens container minus returledning vid måttillfälle	T _{r,cont - T_{nät}}	°C	-0,8	-1	-3,5	-5,6
Månadsmedeltemperatur returledning i containern	T _{mån,medel}	°C	39,8	41,1	43,3	43,5
Returledningens månadsmedeltemperatur	T _{r,mån,effektiv}	°C	42,6	44,1	46,5	46,7
Värmeförlust						
Medeltemperatur av hela nätet (fram och retur)	T _{nät,effektiv}	°C	56,8	55,2	56,3	55,4
Markens månadsmedeltemperatur	T _{mark}	°C	6	10	12	14
Temperaturdifferens nät minus mark	Delta T(nät-mark)	°C	50,8	45,2	44,3	41,4
Ledningens totala värmeförlusteffekt	Förl effekt	W	40124	35725	35003	32698
Drifttimmar per månad	Timmar	h	720	744	720	720
Värmeförlust, beräknad	Q_{förlust} (beräknad)	kWh	28890	26579	25202	23542
Värmeförlust, uppmätt	Q_{förlust} (uppmätt)	kWh			23695	23688

T_{f,mån,effektiv} och T_{r,mån,effektiv} är de beräknade geometriska månadsmedelvärdena för den effektiva fram- resp returtemperaturen i nätet. Överraskande är att temperaturmedelvärdet för hela nätet (för fram- och returledning alltså) ligger tämligen konstant för de fyra månaderna. För beräkningen av den effektiva temperaturen användes ett korrelationssamband mellan medeltemperaturen och den i mätcontainern uppmätta temperaturen. Följande samband gäller:

$$T_{f,mån,effektiv} = T_{f,cont} \cdot 1,2886 - 33,606 \quad (7)$$

och

$$T_{r,mån,effektiv} = T_{r,cont} \cdot 1,1141 - 1,7336. \quad (8)$$

Som Tabell 4.3 visar, erhåller man för juli en mycket bra överensstämmelse med den uppmätta energiförlusten (räknad för 30 dagar). För juni är överensstämmelsen något sämre, men väl inom det intervall man kan acceptera för dylika analyser.

4.5.2. Korrelation med värmelasten.

Istället för temperaturen i containern så kan man även välja att korrelera medeltemperaturen i ledningen med den månatliga värmelasten. Detta har den fördelen att man lättare kan extrapolera resultatet även till de kalla månaderna med höga flöden, där man kan förvänta sig att differensen mellan containertemperatur och medeltemperatur i ledningen blir mindre. Dessutom är värmelasten i regel bättre känd än ingångstemperaturen till området (mätcontainern togs bort när utvärderingen avslutats).

Använder man korrelationen mellan nätmedeltemperaturen och tillförd månadsenergi $G_{\text{mån}}$, så gäller följande samband:

$$T_{f,\text{mån,effektiv}} = G_{\text{mån}} \cdot 0,0409 - 13,617 \quad (9)$$

och

$$T_{r,\text{mån,effektiv}} = G_{\text{mån}} \cdot 0,0512 - 7,4635. \quad (10).$$

Resultatet för det fallet redovisas i Tabell 4.4.

Tabell 4.4: Beräkning av värmeförlusten genom ett samband mellan tillförd värme och ledningens medeltemperatur.

Calculation of heat loss by means of determining a correlation between the measure heat load to the area Prästmarken and the calculated mean temperature of the piping.

		April	Maj	Juni	Juli
Värmelast	kWh	143,9	96,9	69,1	60,6
$T_{f,\text{mån,effektiv}}$	°C	73,5	67,9	66,6	64,7
$T_{r,\text{mån,effektiv}}$	°C	39,8	43,6	47,2	47,9
Värmeförlust					
$T_{\text{nät,effektiv}}$	°C	56,7	55,8	56,9	56,3
T_{mark}	°C	6	10	12	14
Delta T(nät-mark)	°C	50,7	45,8	44,9	42,3
Förl effekt	W	40017	36160	35476	33378
timmar	h	720	744	720	720
Qförlust (beräknad)	kWh	28812	26903	25543	24032
Qförlust (uppmätt)	kWh			23695	23688

Som framgår av tabellen, så är resultatet ganska så likt det för temperaturkorrelationen, med en litens tendens för något högre beräknade energiförluster i fallet med värmelastkorrelationen. Felet blir troligtvis mindre med större värmelaster eftersom respektive ledningstemperatur då varierar mindre.

4.6. Jämförelse med temperaturfallet som uträknades med hjälp av effektbalansen

I avsnitt 3.6 beräknades en medeltemperatur för nätet i Prästmarken utgående från effektbalansen. För juli beräknades då en medeltemperaturdifferens mot marken till 40,4°C, alltså 6°C lägre än temperaturen i containern. De ovan presenterade beräkningarna för hela juli- månad ger 41,4°C resp 42,3°C, för de två alternativ korrelationsmetoderna. Värmeförlusten blir således något högre enligt denna metod

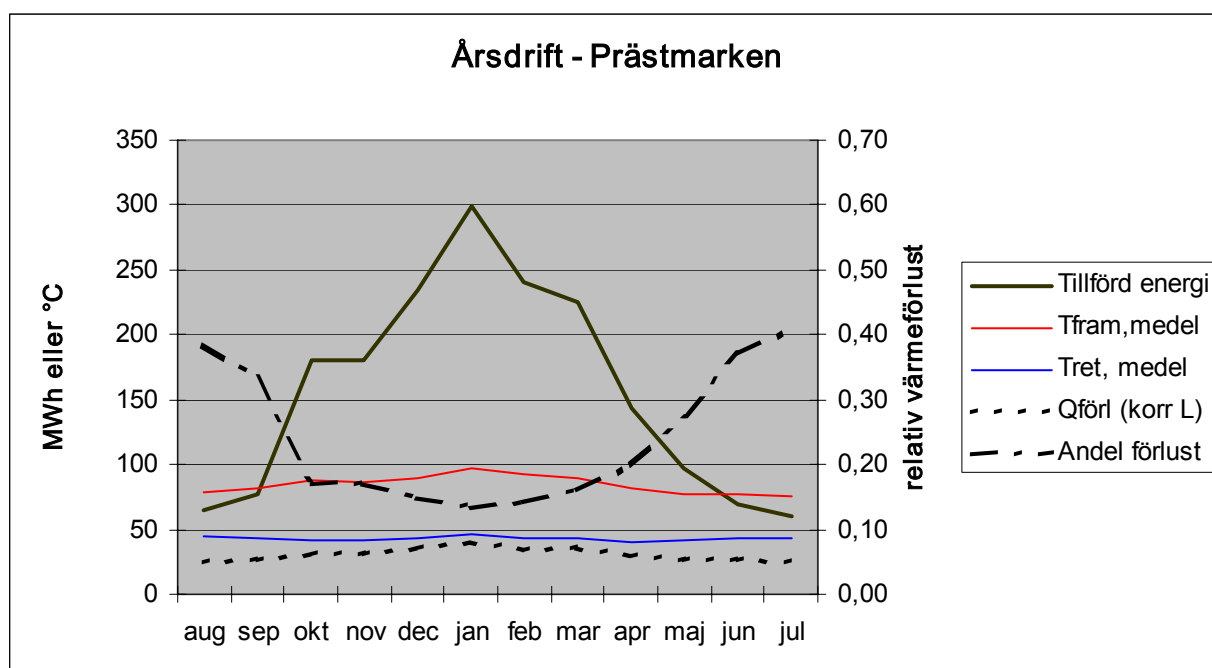
32,7 resp 33,4 kW jmf med 31,9 kW enligt effektbalansmetoden. Den största avvikelserna mellan dessa tre värden är 4,7 %, vilket vi anser är en bra överensstämmelse med hänsyn till de många osäkerheter som extrapolationen över en hel månad och från en delgren till hela nätet samt korrigering av 15 % av alla husens värmeförlust innebär. Som tidigare antydde, kan också ett ouppmätt läckageflöde genom Redan-centralerna innebära att nätet är något varmare än vad värmeförlustberäkningen enligt simuleringsmetoden medger.

Av den anledningen tycker vi att det finns bra förutsättningar att för Prästmarken beräkna den sannolika energiförlusten för hela året.

5. Analyser

5.1. Värmeförluster från Prästmarken på årsbasis

Med hjälp av korrelationerna ekv (9) och (10) kan man göra ett försök att beräkna värmeförlusterna i nätet Prästkragen på årsbasis. Om man jämför resultaten från båda alternativen så ser man viss skillnad i de teoretiska temperaturerna, men knappast någon skillnad i nätets medeltemperatur som multiplicerad med den specifika värmeförlustkoefficienten ($U_{\text{nät,förl}} = 789,8 \text{ W/K}$) ger nätets totala värmeförlust i kW.



Figur 5.1: Årsvärden på energitillförsel, värmeförlust och drifttemperaturer i Prästmarken.

Annual values for heat load, heat loss and operating temperatures in Prästmarken.

De numeriska värdena framgår av Tabell 5.1. Det är intressant att konstatera att den årliga värmeförlusten endast uppgår till 19 % av energitillförseln till området. Under sommaren når dock värmeförlusten en andel på 39 %.

Tabellen visar den månadligt tillförda energin, nätets beräknade temperaturmedelvärden på fram- och returledningen, mark- och lufttemperaturen samt beräknade värden på värmeförlusten enligt de två beskrivna korrelationsmetoderna. Qförl (korrel L) står för den metoden enligt ekv (9) och (10) med värmelasten som styrande parameter medan Qförl (korrel Tn) står för metoden enligt ekvation (7) och (8) med den i containern uppmätta temperaturen som styrande parameter.

Tabell 5.1: Månadsvärden på värmelast och drifttemperaturer i Prästmarken*Monthly value of heat load and operational temperatures.*

Energileveranser och drifttemperaturer Prästmarken 03/04						Lastkorr	Tempkorr	Lastkorr	Tempkorr
	Tillförd energi	Tfram, medel	Tret, medel	Tmark	Tluft	Qförl (korrel L)	Qförl (korrel Tn)	Andel förlust	Andel förlust
	MWh	°C	°C	°C	°C	MWh	MWh		
aug	65*)	78	44	15,0	15,0	25,025	24,736	0,39	0,38
sep	77,35	81,9	43,9	14	10	25,831	25,904	0,33	0,33
okt	179,92	87,9	42,3	10	4,2	30,539	30,866	0,17	0,17
nov	180,1	85,8	41,1	6,5	4,6	30,608	30,711	0,17	0,17
dec	234,102	90	42,6	5	1,3	34,833	34,697	0,15	0,15
jan	299,664	97,7	45,5	3	-4,3	39,910	39,737	0,13	0,13
feb	241,202	92,9	43,9	1,5	-0,9	34,511	34,573	0,14	0,14
mar	225,564	89,6	42,6	2,5	1,6	36,082	36,015	0,16	0,16
apr	143,944	81,2	39,8	6	6,8	28,821	28,898	0,20	0,20
maj	96,861	77,6	41,1	10	10,9	26,903	26,579	0,28	0,27
jun	69,099	77,4	43,3	12	13,2	25,526	25,184	0,37	0,36
jul	60,628	75,8	43,5	14	14,6	24,833	24,327	0,41	0,40
	1873,434	84,6	42,8	8,3	6,4	363,422	362,225	0,19	0,19

*) Kursiva värden är uppskattade driftvärden

Resultaten beträffande den totala värmeförlusten är mycket lika enligt båda metoderna. Den beräknade värmeförlusten på ca 363 MWh motsvarar 19 % av energitillförseln (energianvändning och förluster) och kan betecknas som låg för den typen av system, där linjetätheten endast uppgår till 0,49 MWh/m (inklusive serviser).

5.2. Beräkning av värmeförlusten i ett system med nya rör

Samma procedur som beskrivs i avsnitt fyra för att beräkna nätets förlustkoefficient kan genomföras med andra värmeförlustkoefficienter U_1 , U_2 , U_3 . Vi kan t ex undersöka hur mycket nätet har blivit sämre genom åldring, och då främst pga CO_2 har diffunderat ut ur skummet för de äldsta CO_2 -blåsta rören. Resultatet av detta redovisas i Tabell 5.2. Här antog vi att *alla* ledningssegment har de värmeförlustkoefficienter som anges från fabriken vid leverans. Bakgrundsinformation angående värmeförlustkoefficienternas nyvärden finns i Bilaga 5.

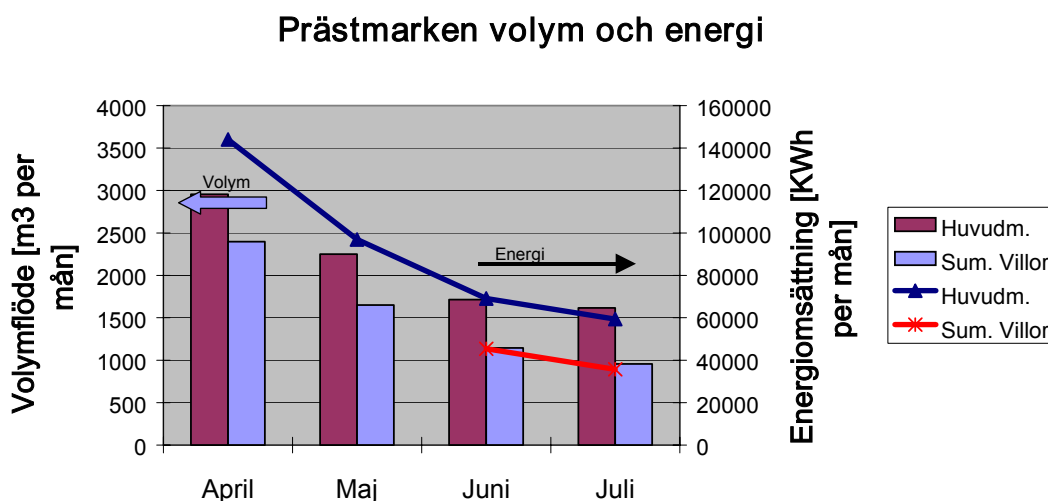
Tabell 5.2: Värmeförlusten för ett system med nya ledningar.*Heat losses of a system with new pipes.*

Sammanfattning nätförluster nya ledningar						
		Stamledning		Serviser		Hela nätet
		Dubbelrör	Enkelrör	Dubbelrör	Enkelrör	
Längd	m	968,3	409,4	1389,9	249	
Summa rör	m	1377,7		1638,9		3016,6
Spec. förlust	W/K	248,8	179,1	227,2	70,9	
Spec. förlust	W/K		427,9		298,1	726,0
Relativt till aktuellt värde						
Spec. förlust	%	88	92	94	98	
Spec. förlust	%	90		95		92

Som Tabell 5.2 visar bidrar just rör med CO₂-PUR till en väsentlig åldring. Eftersom det har lagts en större mängd dubbelrör med CO₂ – PUR under de första åren, drabbas denna kategori skenbart mer än enkelrör av åldringen. Totalt sett är försämringen ca 8 % för hela nätet under de 9 år som gått sedan nätet påbörjades.

5.3. Flödesbalans och mätfel

Vidare kan man också ställa sig frågan, hur pass väl de i villorna uppmätta flöden överensstämmer med det volymflöde som baserar huvudmätaren. Figur 5.2 jämför flödes- och energivärden från huvudmätaren och de korrigerade summorna för alla villor.



Figur 5.2: Energi- och flödesvärden för villorna jämfört med huvudmätarens värden. Såväl uppmätt energi som ackumulerat flödesvolym är sammanställda.

*Comparison of Energy and accumulated flow between main meter and sum of all house:
Measured energies and flow rates.*

Det framgår tydligt att husens mätare visar sammanlagt lägre värden. Det finns två huvudorsaker för att summan av alla flöden genom husens FV-centraler kan vara mindre än vad huvudmätaren anger:

- a) Det finns rundgångar i systemet som leder FV-vattnet förbi FV-centralerna och därmed undgår registrering.
- b) Flödesmätarna har ett systematiskt fel och visar för lite.

a) Flödet läcker genom varmhållningsbypass i Redan-centralen

Som det framgår av Bilaga 7 så har de FV-centraler som är installerade i Prästmarken genomgående ett temperaturstyrt varmhållningsbypass utanför själva centralen, vilket har som uppgift att håller en varmvattentemperatur på minst 45°C. Man skulle kunna förvänta sig att denna rundgångscirkulation är störst på sommaren och avtar mot vintern. Mätningarna enligt Figur 5.2 visar att differensen är i det närmaste konstant, nämligen ca 600 m³/månad eller 8 l/h per central. Detta beror på att det redan i april behövs ganska mycket varmhållningsläckage för att kunna säkerställa leverans av varmvatten. Vi vill här uttryckligen betona att detta läckageflöde inte påverkar energiförlustanalysen, eftersom husens mätare endast räknar in den energin som passerar centralens värmeväxlare. En rundgång av vatten bidrar ju inte till värmeförlusten, men vårt sätt att beräkna temperaturen i ledningarna berörs, eftersom vi räknade med en viss uppmätt avtappning för att beräkna temperaturändringen längs ledningen. Som vi fastställde i avsnitt 4, så är särskilt under sommaren den uppmätta temperaturen i husen något högre än den beräknade temperaturen, vilket är ett tecken på att läckageflöde förekommer.

b) Mätfel av flödesmätarna

Vad gäller mätfel av flödesmätarna, så kan detta vara en bidragande orsak till differensen, men inte i den omfattning som motsvarar 600 m³ per månad. Texten visar huvudmätaren i juli 1616 m³ och summan av alla hus uppgår till 955 m³. Skillnaden i juli är således 662 m³ (juni 569, maj 598 och april 560 m³) eller 41 % av huvudmätarens flöde. Om differensen skulle vara förorsakad av mätfel, skulle det innebära att den i Tabell 5.1 beräknade värmeförlusten skulle bli 0, vilket visserligen skulle glädja fjärrvärmebranschen men inte överensstämmer med verkligheten.

Tvärtom, vi tror inte att rören har en lägre värmeförlust än den teoretiskt beräknade baserad på leverantörsuppgifter, och denna visar sig väl överensstämma inom 5 % med vår analys av energiförlusten. De 103 fjärrvärmecentralerna använder sig av olika typer av flödesmätare med olika samplingstider med 30 sek respektive 1 sek. Enligt provningar på SP kan vissa varmvattenmätare vid 30 sekunders samplingstid uppvisa flödesmätfel på -14 %, och även -37 % förekommer i extremfall [5]. Det är inte uteslutet, att energimätningen och energiförlustanalysen även har påverkats av mätarnas mätfel, vi har dock ingen anledning att tro att detta fel är större än 5 % i vår analys.

5.4. Nyckeltal

Det vore intressant att kunna jämföra olika områden med låg värmetäthet på ett enkelt sätt, för att så småningom även kunna dra andra slutsatser, texten angående ledningsdragnings, ledningsförluster, dimensioneringen, mm.

Här kommer ett förslag på nyckeltal som karakteriserar ett ledningsnät i kombination med de värden som gäller för Prästmarken:

A	<i>Ledningslängd:</i>	Totala dikeslängd för stamledning och serviser:	3036 m
B	<i>Ledningsdiameter:</i>	Genomsnittlig ledningsdiameter	51,9 mm
C	<i>Nätcoeffcient:</i>	Nätets totala Värmeförlustkoefficient:	789 W/K
D	<i>Värmelast:</i>	Husens värmelast	1513 MWh
E	<i>Specifik värmeförlustkoefficient:</i>	Nätcoeffcient / ledningslängd (C/A)	0,2599 W/(K·m)
F	<i>Medel temperaturdifferens:</i>	Nätets medeltemperatur - medelmarktemperatur	52,5 K
G	<i>Linjetäthet:</i>	Årlig värmelast / ledningslängd (D/A)	0,5 MWh/m
H	<i>Relativ värmeförlust:</i>	Värmeförlust / värme levererad till värmelast = $1/(1+G/(E*0,008760*F))$	0,19

6. Slutsatser

6.1. Slutsatser beträffande Prästmarken

- För analys av nätets värmeförlustkoefficienter utgår vi från leverantörernas datablad och typ av isolering som finns i röret [3]. Om man tar hänsyn till tillverkningsår och leverantörens uppgifter om isoleringens åldringsegenskaper beräknas fältets teoretiska värmeförlustkoefficient till 789 W/K.
- En jämförelse av den teoretiska och uppmätta värmeförlusten bekräftar ovannämnda värde. För juli är överensstämmelsen mycket god ($< 1,5 \%$) och i juni är det teoretiska värdet ca $7,3 \%$ högre än det uppmätta värdet. Avvikelsen beror troligtvis mest på felet i uppskattningen av hela nätets medeltemperatur.
- Simuleringen i en ledningsgren visar att det finns relativt stora temperaturfall utmed ledningen sommartid. Simuleringen ger en konsistent bild med de vid FCn uppmätta framledningstemperaturerna med undantag av juli, då några temperaturer i husen visar högre värden än beräknat. Detta beror troligtvis på ett litet läckageflöde genom Redan-centralerna och den relativt låga upplösningen i energimätningen.
- Temperaturfallet längs ledningen medför att medeltemperaturen i nätet i juli är ca $6-7^{\circ}\text{C}$ lägre än temperaturen vid ingången till nätet. Detta innebär att vissa temperaturer in till FCn i slutet av ledningsgrenarna kan vara så låga som 55°C på sommaren.
- En bestämning av värmeförlusten baserad på den genomsnittliga effektbalansen resulterar i nätets förlusteffekt på 31,9 kW vilket bör jämföras med två andra värden 32,7 kW resp 33,4 kW som resulterar från två olika sätt att beräkna nätets medeltemperatur. Dessa tre värden ligger inom 5% vilket vi ser som en bra överensstämmelse med hänsyn till den osäkerhet som råder angående nätets medeltemperatur och den övriga mätosäkerheten.
- På årsbasis beräknas värmeförlusten i Prästmarken till ca 19% (363 MWh) av hela till området tillförda värmen eller 24% av husens energianvändning på 1510 MWh. Detta motsvarar en genomsnittlig värmeförlust på $14,9 \text{ W/m}$. Vi tycker att detta är lågt för ett område med en linjetäthet på ca $0,5 \text{ MWh/m}$. Den största relativa förlusten har uppmätts i juli till 40% . Att 40% av sommarlasten utgör värmeförluster är inte heller onormalt i större nät med högre värmetetthet.
- Mätningarna visar att den teoretiska värmeförlusten i nätet har ökat med ca 8% jämfört med den förlust som skulle uppstå, om ingen åldring sker. Till försämringen bidrar främst de CO_2 -blåsta skummen i ledningar lagda 1995-1997. Den största delen av CO_2 bör nu ha diffunderat ut ur dessa ledningar och det förväntas att försämringstakten avtar. Den största enstaka andelen i förlusten har dubbelrör lagda i stamledningen med relativt stora dimensioner och höga värmeförlustkoefficienter.
- Fjärravläsningsystemet i Prästmarken var nyinstallerat och togs i drift i mars 2004. Det kan dock konstateras att tillgängligheten på systemet under utvärderingstiden var mellan 85 och 90% , dvs att i varje tidsögonblick ca $10 - 15$ centraler inte kunde mätas. Vi antar dock att tillgängligheten kommer att öka när alla barnsjukdomar har åtgärdats.
- Utvärderingen för juli tyder på att ledningstemperaturen under sommartiden blir låg trots att det finns termostatstyrda rundgångsventiler i varje central. Man

borde närmare utreda om det inte skulle behövas termostatstyrda rundgångar i slutet av ledningsgrenarna.

6.2. Övriga utvärderingar som mätningarna inbjuder till

Eftersom det finns gott om mätdata på hela området, så skulle det vara möjligt att genomföra ytterligare analyser på området avseende drift av nät i värmeglesa områden.

- En analys skulle kunna studera sammanlagringseffekter i småhussystem. Det kan förväntas att småhusområden avviker mycket från vanliga flerbostadshusområden beträffande konsumtion och förbrukningsmönster. Vi har t ex sett stora skillnader i värmeanvändningen på de 103 undersökta husen även sommartid. En dygnsanalys av energianvändningen kunde ge nya intressanta underlag för dimensionering av FV-nät i värmeglesa områden.
- En bidragande orsak till variationerna i energiförbrukningen kan vara att somliga hus har frånluftvärmepumpar. Det vore intressant att studera, hur frånluftvärmepumpar påverkar fjärrvärmeanvändningen i småhus. Eventuellt förekommer även andra bivalenta systemkombinationer i området som borde analyseras närmare.
- En annan möjlighet som borde studeras närmare är att sänka framledningstemperaturen ytterligare, särskilt vintertid, med hjälp av en områdesshunt. Vi tror att man skulle kunna sänka de totala värmeförlusterna med en sådan shuntning, samtidigt som man kan ha bra kontroll över framledningstemperaturen sommartid.

6.3. Synpunkter till liknande utvärderingar

- Som det största problemet med den i denna studie använda energidifferensmetoden har vi sett de stora temperaturgradienterna längs ledningen. Dessa förorsakas främst av de små ledningsdimensionerna som förekommer i slutet av ledningarna. En noggrannare mätutvärdering borde därför bygga på en isotherm mätanalys.
- En sådan isotherm mätning (som ursprungligen var föreslagen för projektet) skulle innebära att all värmelast blir avstängd under 24 – 48 h och att vatten i nätet cirkuleras genom de rundgångar som finns i fjärrvärmecentralerna så att en nära nog jämn temperatur uppnås. Genom att mäta tillförd energi och temperaturdifferensen mellan fjärrvärmenätet och marken kan värmeförlusten beräknas baserad på en känd temperatur. Vi anser att en maximal 48-timmars period utan varmvatten på sommaren borde vara accepterbar för villaägarna. Isotherm mätning av värmeförlusten från fjärrvärmenät har genomförts i Danmark med goda resultat [1].
- I den av oss tillämpade energidifferensmetoden borde man ha behövt flera temperaturpunkter utmed ledningarna för att noggrannare bestämma nätets medeltemperatur. Förbrukningsmönstren hos de olika villakunderna är så pass varierande att det inte räcker med temperaturmätningen endast vid FCn.
- Tillgängligheten hos mätsystemet är mycket viktig. Trots en föredömlig informationskampanj genom VEABs försorg som skulle involvera villaägarna att föra egna veckoanteckningar av energiförbrukning och vattenvolym, så var det endast få av dem som hade krånglande mätsystem vars anteckningar var så pass fullständiga att de kunde användas.
- Eftersom vi tillämpade en utvärdering baserad på timvärden, så borde det finnas en möjlighet att även registrera temperaturen baserad på timmedelvärden. I vårt

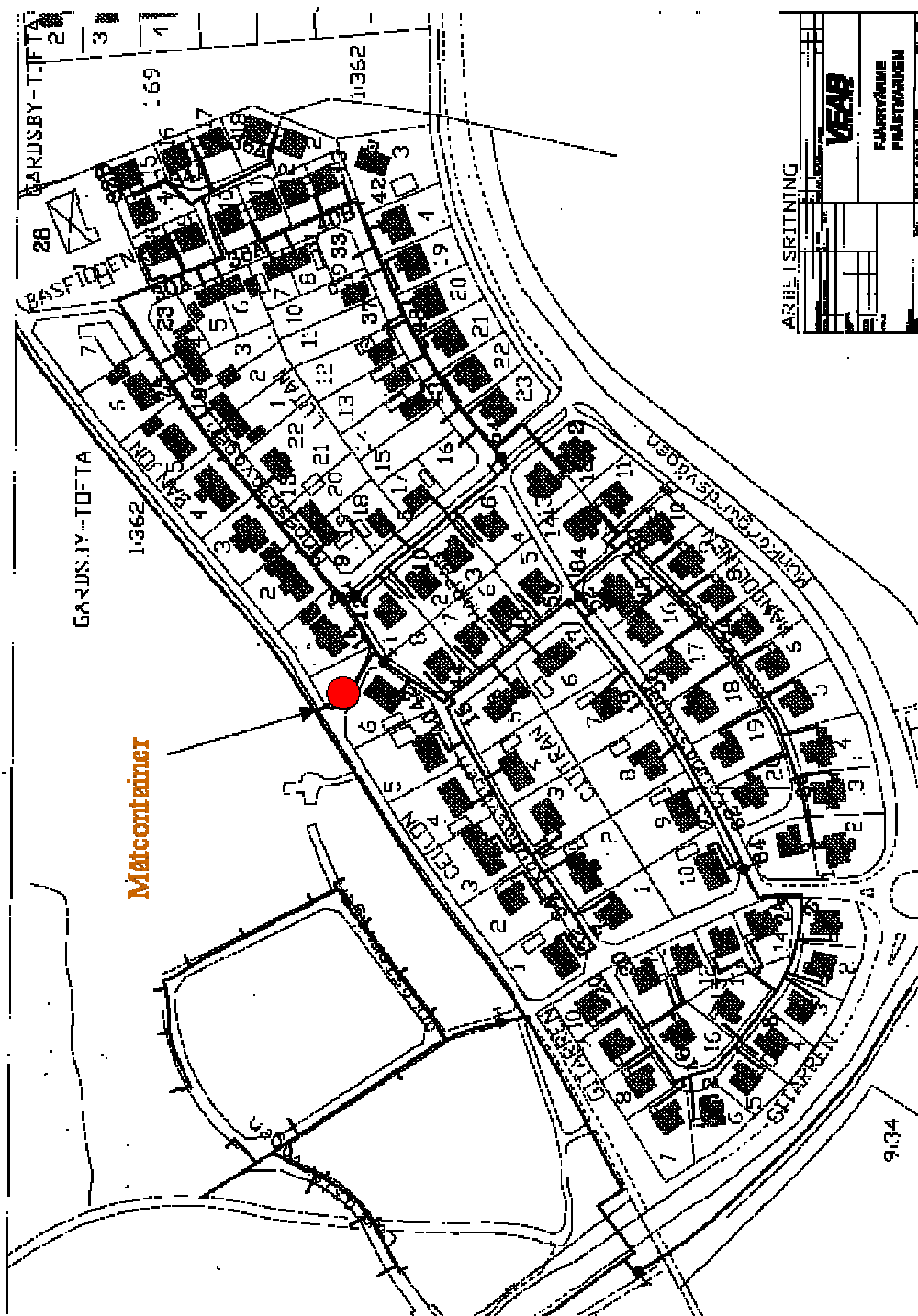
fall fanns det endast momentanvärden (vid samplingstillfället en gång per timme) tillgängliga, vilket bidrar till en ökad osäkerhet vid mätanalysen.

7. Referenser

- [1]: Bøhm, B.: Heat losses from buried district heating pipes. Polyteknisk Press.1999. ISBN 87-502-0820-9.
- [2]: Claesson, J. and Bennet, J.: Multipole Method to Compute the Conductive Heat Flows to and between Pipes in a Cylinder. LUTVDG/(TVBH-709-3)/1-58/(1987). Department of Building Technology and Mathematical Physics, Lund, Sweden.
- [3]: Alstom Power FlowSystems. Personlig kommunikation, angående användning av olika skumtyper för isolering i Danmark och Sverige under åren1995 och 2004.
- [4]: VEAB: Teknisk information om fjärrvärmenätet i Prästmarken.
- [5]: Svenska Fjärrvärme homepage: <http://www.svenskfjarrvarme.se/>. Klicka vidare till /Om Fjärrvärme/Fjärrvärmecentralen/Värmemätning/:"SP Rapport: Provning av värmemätare".

Bilaga 1

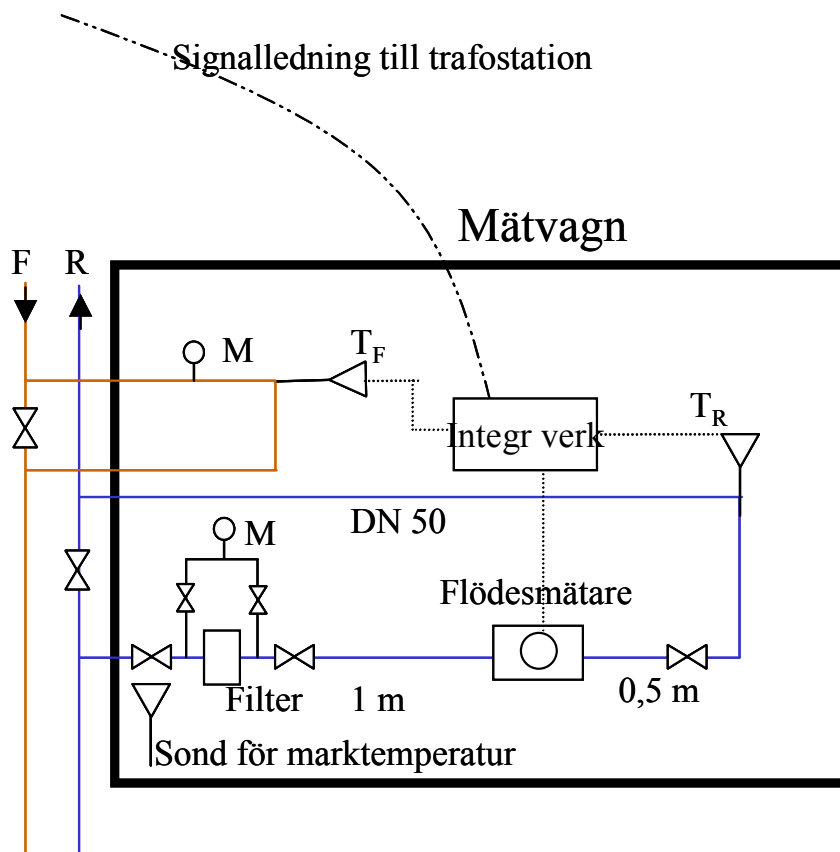
Fjärrvärmenätet i området Prästmarken, Växjö.
District heating net for detached house of the area
Prästmarken



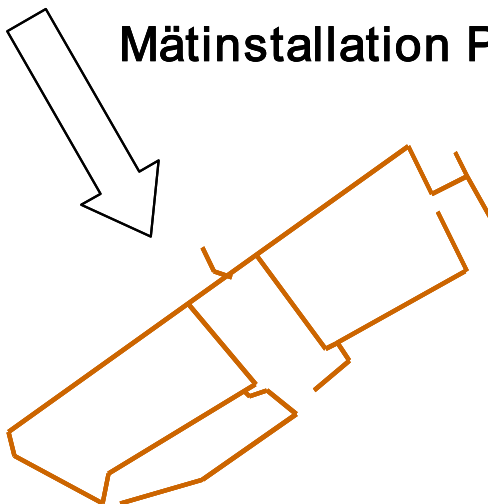
Bilaga 2

Inkoppling av mätcontainern till huvudnätet för mätning av till området tillförd energi.

Connection of measurement container to the main pipe for measurement of the total energy supplied to the area.



Mätinstallation Prästmarken



Bilaga 3

Förteckning över rörtyper och rördimensioner samt värmeförlustkoefficienter.

List of pipe types and dimensions and of their heat loss coefficients.

Stam			U1	U2	U3	(U1-U3)*L	(U2-U3)*L
Cu -dubbel		Längd/(m)	W/(m.K)	W/(m.K)	W/(m.K)	W/K	W/K
1998	28-140-140	17,6	0,169	0,169	0,083	1,52	1,52
2001	28-140-140	19	0,164	0,164	0,080	1,59	1,59
1998	35-140-140	23,2	0,200	0,200	0,093	2,49	2,48
1999	35-140-140	39	0,197	0,196	0,091	4,11	4,10
2000	35-140-140	55,5	0,197	0,196	0,091	5,85	5,84
2001	35-140-140	66,5	0,193	0,193	0,090	6,90	6,89
1995	42-160-160	56	0,272	0,271	0,132	7,80	7,77
1998	42-160-160	46,8	0,216	0,215	0,104	5,24	5,23
1999	42-160-160	67,5	0,212	0,212	0,102	7,44	7,42
2000	42-160-160	71,5	0,212	0,212	0,102	7,88	7,86
2001	42-160-160	56,5	0,209	0,208	0,100	6,13	6,11
1995	54-160-160	323,2	0,351	0,350	0,153	64,13	63,75
2000	54-160-160	76,5	0,276	0,275	0,117	12,12	12,07
2001	54-160-160	49,5	0,271	0,271	0,115	7,72	7,69
		968,3				140,94	140,31
Stål-enkel							
2001	50-140-140	13	0,206	0,206	0,008	2,57	2,57
1995	65-160-160	101,6	0,298	0,298	0,016	28,65	28,65
1999	65-160-160	46	0,236	0,236	0,010	10,40	10,40
2000	65-160-160	5	0,236	0,236	0,010	1,13	1,13
1995	80-200-200	31,8	0,278	0,278	0,013	8,44	8,44
1999	80-200-200	188	0,220	0,220	0,008	39,84	39,84
2001	100-225-225	24	0,257	0,257	0,011	5,91	5,91
		409,4				96,94	96,94
Summa	stamledning	1377,7			Summa stamledning		475,13
Serviser							
Cu-dubbel			U1	U2	U3	(U1-U3)*L	(U2-U3)*L
		Längd (m)	W/(m.K)	W/(m.K)	W/(m.K)	W/K	W/K
2001	22-125-125	366,8	0,146	0,146	0,069	28,10	28,06
2003	22-125-125	7,2	0,146	0,146	0,069	0,55	0,55
2004	22-125-125	20	0,146	0,146	0,069	1,53	1,53
1995	28-140-140	242,2	0,213	0,213	0,105	26,17	26,11
1996	28-140-140	16,8	0,213	0,213	0,105	1,82	1,81
1998	28-140-140	183,2	0,169	0,169	0,083	15,86	15,83
1999	28-140-140	255,9	0,169	0,169	0,083	22,16	22,12
2000	28-140-140	269,8	0,164	0,164	0,080	22,62	22,59
2001	28-140-140	28	0,164	0,164	0,080	2,35	2,34
		1389,9				121,16	120,94
Stål-enkel							
1995	25-110-110	25,6	0,163	0,163	0,005	4,05	4,05
1999	25-110-110	25	0,128	0,128	0,003	3,13	3,13
1999	28-90-90	198,4	0,151	0,151	0,005	29,11	29,11
1999	40-125-125	0	0,164	0,164	0,005	0,00	0,00
2001	50-140-140	0	0,206	0,206	0,008	0,00	0,00
1995	65-160-160	0	0,298	0,298	0,016	0,00	0,00
1999	65-160-160	0	0,236	0,236	0,010	0,00	0,00
2000	65-160-160	0	0,236	0,236	0,010	0,00	0,00
1995	80-200-200	0	0,278	0,278	0,013	0,00	0,00
1999	80-200-200	0	0,220	0,220	0,008	0,00	0,00
2001	100-225-225	0	0,257	0,257	0,011	0,00	0,00
		249				36,28	36,28
Summa serviser		1638,9			Summa serviser		314,67
Summa nätet		3016,6			Summa total:		789,80

Bilaga 3a.

Värmeförlustberäkningar för Prästmarken, Växjö:

Heat loss calculation for Prästmarken, Växjö.

Antaganden beträffande isoleringsegenskaper av PUR-skum [3,4]:

CO2-skum: Installerat 1995-1997: $\lambda = 0.038 \text{ W/mK}$.

Cyclo-Pentan skum:

Installerat 2001: $\lambda = 0,0290 \text{ W/mK}$

Installerat 2000: $\lambda = 0,0295 \text{ W/mK}$

Installerat 1999: $\lambda = 0,0295 \text{ W/mK}$

Installerat 1998: $\lambda = 0,0300 \text{ W/mK}$

Installerat 1997: $\lambda = 0,0300 \text{ W/mK}$

Installerat 1996: $\lambda = 0,0305 \text{ W/mK}$

Installerat 1995: $\lambda = 0,0305 \text{ W/mK}$.

Andra antaganden:

Värmeöverföringskoefficient vid markytan: $14,6 \text{ W/(m}^2\text{K)}$, [1].

Markens värmelödningskoefficient: $1,6 \text{ W/mK}$

Marktäckning över fjärrvärmeröret: 0,6 m.

Bestämning av värmeförlustkoefficienter (U-värden) och värmeförlusten:

För dubbelerör användes Multipolmetoden [2] med två olika ledningstemperaturer och därefter beräknades de tre värmeförlustkoefficienterna U_1 , U_2 och U_3 .

För enkelrör (stålrör) används analytiska uttryck. [1].

Bilaga 4a

Prästmarken - Beräkning av värmeförluster för fyra olika driftfall.

Calculation of heat losses for four different days.

Rörlista Inmätt ZW							
Stamledning	Längd (m)	U1 W/mK	U2 W/mK	U3 W/mK	(U1s-U3)*L W/K	(U2r-U3)*L W/K	
Cu-dubbelrör							
2001	22-125-125	0	0,1459	0,1458	0,0693	0,0000	0,0000
2003	22-125-125	0	0,1456	0,1456	0,0693	0,0000	0,0000
2004	22-125-125	0	0,1456	0,1456	0,0693	0,0000	0,0000
1995	28-140-140	0	0,2133	0,2131	0,1053	0,0000	0,0000
1996	28-140-140	0	0,2133	0,2131	0,1053	0,0000	0,0000
1997	28-140-140	0	0,2133	0,2131	0,1053	0,0000	0,0000
1998	28-140-140	17,6	0,1692	0,1691	0,0826	1,5239	1,5212
1999	28-140-140	0	0,1692	0,1691	0,0826	0,0000	0,0000
2000	28-140-140	0	0,1637	0,1635	0,0798	0,0000	0,0000
2001	28-140-140	19	0,1637	0,1635	0,0798	1,5932	1,5905
1998	35-140-140	23,2	0,1999	0,1996	0,0927	2,4858	2,4798
1999	35-140-140	39	0,1966	0,1964	0,0911	4,1135	4,1038
2000	35-140-140	55,5	0,1966	0,1964	0,0911	5,8539	5,8400
2001	35-140-140	66,5	0,1934	0,1931	0,0896	6,9028	6,8867
1995	42-160-160	56	0,2716	0,2711	0,1324	7,7975	7,7694
1998	42-160-160	46,8	0,2158	0,2154	0,1038	5,2405	5,2254
1999	42-160-160	67,5	0,2122	0,2119	0,1020	7,4406	7,4195
2000	42-160-160	71,5	0,2122	0,2119	0,1020	7,8815	7,8591
2001	42-160-160	56,5	0,2087	0,2084	0,1002	6,1292	6,1121
1995	54-160-160	323,2	0,3513	0,3501	0,1529	64,1279	63,7511
2000	54-160-160	76,5	0,2758	0,2751	0,1173	12,1237	12,0675
2001	54-160-160	49,5	0,2713	0,2706	0,1153	7,7242	7,6889
	968,3m				140,94	140,31	
Stål-enkelrör							
1995	25-110-110	0	0,1631	0,1631	0,005	0,0000	0,0000
1999	25-110-110	0	0,1283	0,1283	0,0031	0,0000	0,0000
1999	28-90-90	0	0,1512	0,1512	0,0045	0,0000	0,0000
1999	40-125-125	0	0,1643	0,1643	0,005	0,0000	0,0000
2001	50-140-140	13	0,2055	0,2055	0,0076	2,5727	2,5727
1995	65-160-160	101,6	0,2975	0,2975	0,0155	28,6512	28,6512
1999	65-160-160	46	0,2358	0,2358	0,0097	10,4006	10,4006
2000	65-160-160	5	0,2358	0,2358	0,0097	1,1305	1,1305
1995	80-200-200	31,8	0,2781	0,2781	0,0128	8,4365	8,4365
1999	80-200-200	188	0,2199	0,2199	0,008	39,8372	39,8372
2001	100-225-225	24	0,2568	0,2568	0,0106	5,9088	5,9088
	409,4m				96,9375	96,9375	
stamledning	1377,7m			Summa stamledning		475,1280	

Serviser	Längd (m)	U1 W/mK	U2 W/mK	U3 W/mK	(U1s-U3)*L W/K	(U2r-U3)*L W/K	
Cu-dubbelrör							
2001	22-125-125	366,8	0,1459	0,1458	0,0693	28,0969	28,0589
2003	22-125-125	7,2	0,1456	0,1456	0,0693	0,5515	0,5508
2004	22-125-125	20	0,1456	0,1456	0,0693	1,5320	1,5299
1995	28-140-140	242,2	0,2133	0,2131	0,1053	26,1716	26,1134
1996	28-140-140	16,8	0,2133	0,2131	0,1053	1,8154	1,8113
1997	28-140-140	0	0,2133	0,2131	0,1053	0,0000	0,0000
1998	28-140-140	183,2	0,1692	0,1691	0,0826	15,8622	15,8341
1999	28-140-140	255,9	0,1692	0,1691	0,0826	22,1568	22,1176
2000	28-140-140	269,8	0,1637	0,1635	0,0798	22,6238	22,5850
2001	28-140-140	28	0,1637	0,1635	0,0798	2,3479	2,3439
1998	35-140-140	0	0,1999	0,1996	0,0927	0,0000	0,0000
1999	35-140-140	0	0,1966	0,1964	0,0911	0,0000	0,0000
2000	35-140-140	0	0,1966	0,1964	0,0911	0,0000	0,0000
2001	35-140-140	0	0,1934	0,1931	0,0896	0,0000	0,0000
1995	42-160-160	0	0,2716	0,2711	0,1324	0,0000	0,0000
1998	42-160-160	0	0,2158	0,2154	0,1038	0,0000	0,0000
1999	42-160-160	0	0,2122	0,2119	0,1020	0,0000	0,0000
2000	42-160-160	0	0,2122	0,2119	0,1020	0,0000	0,0000
2001	42-160-160	0	0,2087	0,2084	0,1002	0,0000	0,0000
1995	54-160-160	0	0,3513	0,3501	0,1529	0,0000	0,0000
2000	54-160-160	0	0,2758	0,2751	0,1173	0,0000	0,0000
2001	54-160-160	0	0,2713	0,2706	0,1153	0,0000	0,0000
	1389,9m				121,16	120,94	
Stål-enkelrör							
1995	25-110-110	25,6	0,1631	0,1631	0,005	4,0474	4,0474
1999	25-110-110	25	0,1283	0,1283	0,0031	3,1300	3,1300
1999	28-90-90	198,4	0,1512	0,1512	0,0045	29,1053	29,1053
1999	40-125-125	0	0,1643	0,1643	0,005	0,0000	0,0000
2001	50-140-140	0	0,2055	0,2055	0,0076	0,0000	0,0000
1995	65-160-160	0	0,2975	0,2975	0,0155	0,0000	0,0000
1999	65-160-160	0	0,2358	0,2358	0,0097	0,0000	0,0000
2000	65-160-160	0	0,2358	0,2358	0,0097	0,0000	0,0000
1995	80-200-200	0	0,2781	0,2781	0,0128	0,0000	0,0000
1999	80-200-200	0	0,2199	0,2199	0,008	0,0000	0,0000
2001	100-225-225	0	0,2568	0,2568	0,0106	0,0000	0,0000
	249m				36,3	36,3	
Serviser	1638,9m			Summa serviser		314,7	
Nätet totalt:	3016,6m			Summa total:		789,8	

Bilaga 4b-fortsättning

Värmeförlust Prästmarken april

Continued: Heat – loss April

Rörlista inmätt ZW								
Stamledning			Ts °C	Tr °C	Ta °C	Qs W	Qr W	Qsum W
Cu-dubbelrör								
2001	22-125-125	83.3	83.3	38.9	4	0	0	0
2003	22-125-125	38.9	83.3	38.9	4	0	0	0
2004	22-125-125	4	83.3	38.9	4	0	0	0
1995	28-140-140		83.3	38.9	4	0	0	0
1996	28-140-140		83.3	38.9	4	0	0	0
1997	28-140-140		83.3	38.9	4	0	0	0
1998	28-140-140		83.3	38.9	4	121	53	174
1999	28-140-140		83.3	38.9	4	0	0	0
2000	28-140-140		83.3	38.9	4	0	0	0
2001	28-140-140		83.3	38.9	4	126	55	182
1998	35-140-140		83.3	38.9	4	197	87	284
1999	35-140-140		83.3	38.9	4	326	143	469
2000	35-140-140		83.3	38.9	4	464	204	668
2001	35-140-140		83.3	38.9	4	547	240	788
1995	42-160-160		83.3	38.9	4	618	271	889
1998	42-160-160		83.3	38.9	4	415	182	598
1999	42-160-160		83.3	38.9	4	590	259	849
2000	42-160-160		83.3	38.9	4	625	274	899
2001	42-160-160		83.3	38.9	4	486	213	699
1995	54-160-160		83.3	38.9	4	5084	2225	7309
2000	54-160-160		83.3	38.9	4	961	421	1382
2001	54-160-160		83.3	38.9	4	612	268	881
		W/K				11174	4896	16070
Stål-enkelrör								
1995	25-110-110		83.3	38.9	4	0	0	0
1999	25-110-110		83.3	38.9	4	0	0	0
1999	28-90-90		83.3	38.9	4	0	0	0
1999	40-125-125		83.3	38.9	4	0	0	0
2001	50-140-140		83.3	38.9	4	204	90	294
1995	65-160-160		83.3	38.9	4	2272	1000	3271
1999	65-160-160		83.3	38.9	4	825	363	1188
2000	65-160-160		83.3	38.9	4	90	39	129
1995	80-200-200		83.3	38.9	4	669	294	963
1999	80-200-200		83.3	38.9	4	3158	1390	4549
2001	100-225-225		83.3	38.9	4	468	206	675
						7686	3383	11068
Stamledning								
27138								
Rörlista inmätt ZW								
Serviser			Ts °C	Tr °C	Ta °C	Qs W	Qr W	Qsum W
Cu-dubbelrör								
2001	22-125-125	78.5	78.5	39.3	4	2093	990	3083
2003	22-125-125	39.3	78.5	39.3	4	41	19	61
2004	22-125-125		78.5	39.3	4	114	54	168
1995	28-140-140		78.5	39.3	4	1950	921	2871
1996	28-140-140		78.5	39.3	4	135	64	199
1997	28-140-140		78.5	39.3	4	0	0	0
1998	28-140-140		78.5	39.3	4	1182	559	1740
1999	28-140-140		78.5	39.3	4	1650	780	2431
2000	28-140-140		78.5	39.3	4	1685	797	2482
2001	28-140-140		78.5	39.3	4	175	83	258
1998	35-140-140		78.5	39.3	4	0	0	0
1999	35-140-140		78.5	39.3	4	0	0	0
2000	35-140-140		78.5	39.3	4	0	0	0
2001	35-140-140		78.5	39.3	4	0	0	0
1995	42-160-160		78.5	39.3	4	0	0	0
1998	42-160-160		78.5	39.3	4	0	0	0
1999	42-160-160		78.5	39.3	4	0	0	0
2000	42-160-160		78.5	39.3	4	0	0	0
2001	42-160-160		78.5	39.3	4	0	0	0
1995	54-160-160		78.5	39.3	4	0	0	0
2000	54-160-160		78.5	39.3	4	0	0	0
2001	54-160-160		78.5	39.3	4	0	0	0
						9025	4268	13293
Stål-enkelrör								
1995	25-110-110		78.5	39.3	4	301	143	444
1999	25-110-110		78.5	39.3	4	233	110	344
1999	28-90-90		78.5	39.3	4	2168	1027	3195
1999	40-125-125		78.5	39.3	4	0	0	0
2001	50-140-140		78.5	39.3	4	0	0	0
1995	65-160-160		78.5	39.3	4	0	0	0
1999	65-160-160		78.5	39.3	4	0	0	0
2000	65-160-160		78.5	39.3	4	0	0	0
1995	80-200-200		78.5	39.3	4	0	0	0
1999	80-200-200		78.5	39.3	4	0	0	0
2001	100-225-225		78.5	39.3	4	0	0	0
						2703	1280	3983
Serviser								17276
Nätet totalt:					Totalt			44411

Bilaga 4c-fortsättning

Värmeförlust Prästmarken maj.

Continued: Heat – loss May.

Rörlista inmätt ZW									
Stamledning		Mai	Ts °C	Tr °C	Ta °C	Qs W	Qr W	Qsum W	
Cu-dubbelrör									
2001	22-125-125	77,24	77,2	39,8	10	0	0	0	
2003	22-125-125	39,76	77,2	39,8	10	0	0	0	
2004	22-125-125	10	77,2	39,8	10	0	0	0	
1995	28-140-140		77,2	39,8	10	0	0	0	
1996	28-140-140		77,2	39,8	10	0	0	0	
1997	28-140-140		77,2	39,8	10	0	0	0	
1998	28-140-140		77,2	39,8	10	102	45	148	
1999	28-140-140		77,2	39,8	10	0	0	0	
2000	28-140-140		77,2	39,8	10	0	0	0	
2001	28-140-140		77,2	39,8	10	107	47	154	
1998	35-140-140		77,2	39,8	10	167	74	241	
1999	35-140-140		77,2	39,8	10	277	122	399	
2000	35-140-140		77,2	39,8	10	394	174	567	
2001	35-140-140		77,2	39,8	10	464	205	669	
1995	42-160-160		77,2	39,8	10	524	231	755	
1998	42-160-160		77,2	39,8	10	352	155	508	
1999	42-160-160		77,2	39,8	10	500	221	721	
2000	42-160-160		77,2	39,8	10	530	234	764	
2001	42-160-160		77,2	39,8	10	412	182	594	
1995	54-160-160		77,2	39,8	10	4312	1897	6209	
2000	54-160-160		77,2	39,8	10	815	359	1174	
2001	54-160-160		77,2	39,8	10	519	229	748	
		Watt				9476	4175	13652	
Stål-enkelrör									
1995	25-110-110		77,2	39,8	10	0	0	0	
1999	25-110-110		77,2	39,8	10	0	0	0	
1999	28-90-90		77,2	39,8	10	0	0	0	
1999	40-125-125		77,2	39,8	10	0	0	0	
2001	50-140-140		77,2	39,8	10	173	77	250	
1995	65-160-160		77,2	39,8	10	1926	853	2779	
1999	65-160-160		77,2	39,8	10	699	309	1009	
2000	65-160-160		77,2	39,8	10	76	34	110	
1995	80-200-200		77,2	39,8	10	567	251	818	
1999	80-200-200		77,2	39,8	10	2679	1185	3864	
2001	100-225-225		77,2	39,8	10	397	176	573	
		Watt				6518	2884	9402	
stamledning		Watt						23054	
Rörlista inmätt ZW									
Serviser			Ts °C	Tr °C	Ta °C	Qs W	Qr W	Qsum W	
Cu-dubbelrör									
2001	22-125-125	74,9	74,9	40,4	10	1823	853	2676	
2003	22-125-125	40,4	74,9	40,4	10	36	17	53	
2004	22-125-125		74,9	40,4	10	99	47	146	
1995	28-140-140		74,9	40,4	10	1698	794	2492	
1996	28-140-140		74,9	40,4	10	118	55	173	
1997	28-140-140		74,9	40,4	10	0	0	0	
1998	28-140-140		74,9	40,4	10	1029	481	1510	
1999	28-140-140		74,9	40,4	10	1437	672	2110	
2000	28-140-140		74,9	40,4	10	1468	687	2154	
2001	28-140-140		74,9	40,4	10	152	71	224	
1998	35-140-140		74,9	40,4	10	0	0	0	
1999	35-140-140		74,9	40,4	10	0	0	0	
2000	35-140-140		74,9	40,4	10	0	0	0	
2001	35-140-140		74,9	40,4	10	0	0	0	
1995	42-160-160		74,9	40,4	10	0	0	0	
1998	42-160-160		74,9	40,4	10	0	0	0	
1999	42-160-160		74,9	40,4	10	0	0	0	
2000	42-160-160		74,9	40,4	10	0	0	0	
2001	42-160-160		74,9	40,4	10	0	0	0	
1995	54-160-160		74,9	40,4	10	0	0	0	
2000	54-160-160		74,9	40,4	10	0	0	0	
2001	54-160-160		74,9	40,4	10	0	0	0	
		Watt				7859	3677	11536	
Stål-enkelrör									
1995	25-110-110		74,9	40,4	10	263	123	386	
1999	25-110-110		74,9	40,4	10	203	95	298	
1999	28-90-90		74,9	40,4	10	1888	885	2773	
1999	40-125-125		74,9	40,4	10	0	0	0	
2001	50-140-140		74,9	40,4	10	0	0	0	
1995	65-160-160		74,9	40,4	10	0	0	0	
1999	65-160-160		74,9	40,4	10	0	0	0	
2000	65-160-160		74,9	40,4	10	0	0	0	
1995	80-200-200		74,9	40,4	10	0	0	0	
1999	80-200-200		74,9	40,4	10	0	0	0	
2001	100-225-225		74,9	40,4	10	0	0	0	
		Watt				2354	1103	3457	
Serviser		Watt						14993	
Nätet totalt:		Watt				Totalt		38047	

Bilaga 4 d-fortsättning

Värmeförlust Prästmarken juni.

Continued: Heat – loss June

Rörlista inmätt ZW								
Stämledning		Juni	Ts °C	Tr °C	Ta °C	Qs W	Qr W	Qsum W
Cu-dubbelrör								
2001	22-125-125	70,0	70,0	42,8	10	0	0	0
2003	22-125-125	42,8	70,0	42,8	10	0	0	0
2004	22-125-125	10	70,0	42,8	10	0	0	0
1995	28-140-140		70,0	42,8	10	0	0	0
1996	28-140-140		70,0	42,8	10	0	0	0
1997	28-140-140		70,0	42,8	10	0	0	0
1998	28-140-140		70,0	42,8	10	92	50	141
1999	28-140-140		70,0	42,8	10	0	0	0
2000	28-140-140		70,0	42,8	10	0	0	0
2001	28-140-140		70,0	42,8	10	96	52	148
1998	35-140-140		70,0	42,8	10	149	81	231
1999	35-140-140		70,0	42,8	10	247	135	382
2000	35-140-140		70,0	42,8	10	352	192	543
2001	35-140-140		70,0	42,8	10	415	226	641
1995	42-160-160		70,0	42,8	10	468	255	723
1998	42-160-160		70,0	42,8	10	315	172	486
1999	42-160-160		70,0	42,8	10	447	244	690
2000	42-160-160		70,0	42,8	10	473	258	731
2001	42-160-160		70,0	42,8	10	368	201	569
1995	54-160-160		70,0	42,8	10	3851	2094	5945
2000	54-160-160		70,0	42,8	10	728	396	1124
2001	54-160-160		70,0	42,8	10	464	253	716
						8463	4609	13072
Stål-enkelrör								
1995	25-110-110		70,0	42,8	10	0	0	0
1999	25-110-110		70,0	42,8	10	0	0	0
1999	28-90-90		70,0	42,8	10	0	0	0
1999	40-125-125		70,0	42,8	10	0	0	0
2001	50-140-140		70,0	42,8	10	154	85	239
1995	65-160-160		70,0	42,8	10	1720	941	2662
1999	65-160-160		70,0	42,8	10	625	342	966
2000	65-160-160		70,0	42,8	10	68	37	105
1995	80-200-200		70,0	42,8	10	507	277	784
1999	80-200-200		70,0	42,8	10	2392	1308	3701
2001	100-225-225		70,0	42,8	10	355	194	549
						5821	3184	9005
								22077
stämledning Watt								
Rörlista inmätt ZW								
Serviser			Ts °C	Tr °C	Ta °C	Qs W	Qr W	Qsum W
Cu-dubbelrör								
2001	22-125-125	67,4	67,4	45,3	10	1614	991	2605
2003	22-125-125	45,3	67,4	45,3	0	37	25	62
2004	22-125-125	10,0	67,4	45,3	0	103	69	173
1995	28-140-140		67,4	45,3	0	1765	1183	2948
1996	28-140-140		67,4	45,3	0	122	82	205
1997	28-140-140		67,4	45,3	0	0	0	0
1998	28-140-140		67,4	45,3	0	1070	717	1787
1999	28-140-140		67,4	45,3	0	1494	1002	2496
2000	28-140-140		67,4	45,3	0	1526	1023	2549
2001	28-140-140		67,4	45,3	0	158	106	265
1998	35-140-140		67,4	45,3	0	0	0	0
1999	35-140-140		67,4	45,3	0	0	0	0
2000	35-140-140		67,4	45,3	0	0	0	0
2001	35-140-140		67,4	45,3	0	0	0	0
1995	42-160-160		67,4	45,3	0	0	0	0
1998	42-160-160		67,4	45,3	0	0	0	0
1999	42-160-160		67,4	45,3	0	0	0	0
2000	42-160-160		67,4	45,3	0	0	0	0
2001	42-160-160		67,4	45,3	0	0	0	0
1995	54-160-160		67,4	45,3	0	0	0	0
2000	54-160-160		67,4	45,3	0	0	0	0
2001	54-160-160		67,4	45,3	0	0	0	0
						7891	5198	13090
Stål-enkelrör								
1995	25-110-110		67,4	45,3	0	273	183	456
1999	25-110-110		67,4	45,3	0	211	142	353
1999	28-90-90		67,4	45,3	0	1963	1319	3282
1999	40-125-125		67,4	45,3	0	0	0	0
2001	50-140-140		67,4	45,3	0	0	0	0
1995	65-160-160		67,4	45,3	0	0	0	0
1999	65-160-160		67,4	45,3	0	0	0	0
2000	65-160-160		67,4	45,3	0	0	0	0
1995	80-200-200		67,4	45,3	0	0	0	0
1999	80-200-200		67,4	45,3	0	0	0	0
2001	100-225-225		67,4	45,3	0	0	0	0
						2447	1644	4091
Serviser		Watt						
Nätet totalt:		Watt				Totalt		39257

Bilaga 4 e-fortsättning.

Värmeförlust Prästmarken juli.

Continued: Heat – loss July

Rörlista inmätt ZW									
Stamledningnina		Jul	Ts	Tr	Ta	Qs	Qr	Qsum	
Cu-dubbelrör			°C	°C	°C	W	W	W	
2001	22-125-125	64.9	64.9	42.1	13	0	0	0	
2003	22-125-125	42.1	64.9	42.1	13	0	0	0	
2004	22-125-125	13	64.9	42.1	13	0	0	0	
1995	28-140-140		64.9	42.1	13	0	0	0	
1996	28-140-140		64.9	42.1	13	0	0	0	
1997	28-140-140		64.9	42.1	13	0	0	0	
1998	28-140-140		64.9	42.1	13	79	44	123	
1999	28-140-140		64.9	42.1	13	0	0	0	
2000	28-140-140		64.9	42.1	13	0	0	0	
2001	28-140-140		64.9	42.1	13	83	46	129	
1998	35-140-140		64.9	42.1	13	129	72	201	
1999	35-140-140		64.9	42.1	13	214	119	333	
2000	35-140-140		64.9	42.1	13	304	170	474	
2001	35-140-140		64.9	42.1	13	358	200	558	
1995	42-160-160		64.9	42.1	13	405	226	631	
1998	42-160-160		64.9	42.1	13	272	152	424	
1999	42-160-160		64.9	42.1	13	386	216	602	
2000	42-160-160		64.9	42.1	13	409	228	637	
2001	42-160-160		64.9	42.1	13	318	178	496	
1995	54-160-160		64.9	42.1	13	3329	1852	5181	
2000	54-160-160		64.9	42.1	13	629	351	980	
2001	54-160-160		64.9	42.1	13	401	223	624	
						7316	4077	11393	
Stål-enkelrör									
1995	25-110-110		64.9	42.1	13.0	0	0	0	
1999	25-110-110		64.9	42.1	13.0	0	0	0	
1999	28-90-90		64.9	42.1	13.0	0	0	0	
1999	40-125-125		64.9	42.1	13.0	0	0	0	
2001	50-140-140		64.9	42.1	13.0	134	75	208	
1995	65-160-160		64.9	42.1	13.0	1487	832	2320	
1999	65-160-160		64.9	42.1	13.0	540	302	842	
2000	65-160-160		64.9	42.1	13.0	59	33	92	
1995	80-200-200		64.9	42.1	13.0	438	245	683	
1999	80-200-200		64.9	42.1	13.0	2068	1157	3225	
2001	100-225-225		64.9	42.1	13.0	307	172	478	
						5032	2817	7849	
Stamledningnina		Watt							
Rörlista inmätt ZW									
Serviser			Ts	Tr	Ta	Qs	Qr	Qsum	
Cu-dubbelrör			°C	°C	°C	W	W	W	
2001	22-125-125	63.6	63.6	45.8	13	1421	921	2341	
2003	22-125-125	45.8	63.6	45.8	13	28	18	46	
2004	22-125-125	13.0	63.6	45.8	13	77	50	128	
1995	28-140-140		63.6	45.8	13	1324	857	2180	
1996	28-140-140		63.6	45.8	13	92	59	151	
1997	28-140-140		63.6	45.8	13	0	0	0	
1998	28-140-140		63.6	45.8	13	802	519	1322	
1999	28-140-140		63.6	45.8	13	1121	726	1846	
2000	28-140-140		63.6	45.8	13	1144	741	1885	
2001	28-140-140		63.6	45.8	13	119	77	196	
1998	35-140-140		63.6	45.8	13	0	0	0	
1999	35-140-140		63.6	45.8	13	0	0	0	
2000	35-140-140		63.6	45.8	13	0	0	0	
2001	35-140-140		63.6	45.8	13	0	0	0	
1995	42-160-160		63.6	45.8	13	0	0	0	
1998	42-160-160		63.6	45.8	13	0	0	0	
1999	42-160-160		63.6	45.8	13	0	0	0	
2000	42-160-160		63.6	45.8	13	0	0	0	
2001	42-160-160		63.6	45.8	13	0	0	0	
1995	54-160-160		63.6	45.8	13	0	0	0	
2000	54-160-160		63.6	45.8	13	0	0	0	
2001	54-160-160		63.6	45.8	13	0	0	0	
						6127	3968	10095	
Stål-enkelrör									
1995	25-110-110		63.6	45.8	13	205	133	337	
1999	25-110-110		63.6	45.8	13	158	103	261	
1999	28-90-90		63.6	45.8	13	1472	955	2427	
1999	40-125-125		63.6	45.8	13	0	0	0	
2001	50-140-140		63.6	45.8	13	0	0	0	
1995	65-160-160		63.6	45.8	13	0	0	0	
1999	65-160-160		63.6	45.8	13	0	0	0	
2000	65-160-160		63.6	45.8	13	0	0	0	
1995	80-200-200		63.6	45.8	13	0	0	0	
1999	80-200-200		63.6	45.8	13	0	0	0	
2001	100-225-225		63.6	45.8	13	0	0	0	
						1835	1190	3025	
						13120			
Serviser		Watt							
Nätet totalt:		Watt							
						Totalt			

Bilaga 5

Värmeförlust koefficienter för Prästmarken med nya rör.

Heat loss coefficients for Prästmarken with new pipes.

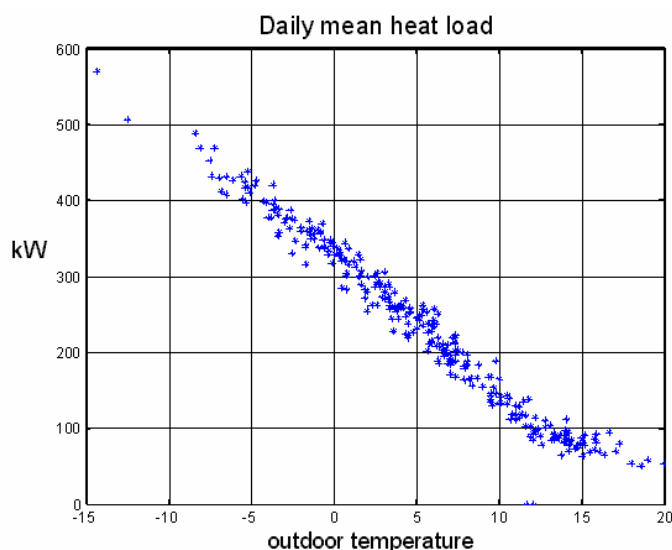
Prästmarken	(m)	W/mK	W/mK	W/mK	W/mK	W/mK
Nya rör	Längd	U1	U2	U3	(U1s-U3)*L	(U2r-U3)*L
22-125-125	0	0,1459	0,1458	0,0693	0,0000	0,0000
22-125-125	0	0,1455	0,1458	0,0693	0,0000	0,0000
22-125-125	0	0,1455	0,1458	0,0693	0,0000	0,0000
28-140-140	0	0,1637	0,1635	0,0798	0,0000	0,0000
28-140-140	0	0,1637	0,1635	0,0798	0,0000	0,0000
28-140-140	0	0,1637	0,1635	0,0798	0,0000	0,0000
28-140-140	17,6	0,1637	0,1635	0,0798	1,4758	1,4733
28-140-140	0	0,1637	0,1635	0,0798	0,0000	0,0000
28-140-140	0	0,1637	0,1635	0,0798	0,0000	0,0000
28-140-140	19	0,1637	0,1635	0,0798	1,5932	1,5905
35-140-140	23,2	0,1934	0,1931	0,0896	2,4082	2,4026
35-140-140	39	0,1934	0,1931	0,0896	4,0483	4,0388
35-140-140	55,5	0,1934	0,1931	0,0896	5,7610	5,7475
35-140-140	66,5	0,1934	0,1931	0,0896	6,9028	6,8867
42-160-160	56	0,2087	0,2084	0,1002	6,0750	6,0580
42-160-160	46,8	0,2087	0,2084	0,1002	5,0769	5,0628
42-160-160	67,5	0,2087	0,2084	0,1002	7,3225	7,3021
42-160-160	71,5	0,2087	0,2084	0,1002	7,7564	7,7348
42-160-160	56,5	0,2087	0,2084	0,1002	6,1292	6,1121
54-160-160	323,2	0,2713	0,2706	0,1153	50,4334	50,2033
54-160-160	76,5	0,2713	0,2706	0,1153	11,9374	11,8829
54-160-160	49,5	0,2713	0,2706	0,1153	7,7242	7,6889
	968,3				124,64	124,18
25-110-110	0	0,1283	0,1283	0,0031	0,0000	0,0000
25-110-110	0	0,1283	0,1283	0,0031	0,0000	0,0000
28-90-90	0	0,1512	0,1512	0,0045	0,0000	0,0000
40-125-125	0	0,1643	0,1643	0,005	0,0000	0,0000
50-140-140	13	0,2055	0,2055	0,0076	2,5727	2,5727
65-160-160	101,6	0,2358	0,2358	0,0097	22,9718	22,9718
65-160-160	46	0,2358	0,2358	0,0097	10,4006	10,4006
65-160-160	5	0,2358	0,2358	0,0097	1,1305	1,1305
80-200-200	31,8	0,2199	0,2199	0,008	6,7384	6,7384
80-200-200	188	0,2199	0,2199	0,008	39,8372	39,8372
100-225-225	24	0,2568	0,2568	0,0106	5,9088	5,9088
	409,4				89,5600	89,5600
Stamledning	1377,7			Summa stamledning		427,9484

Serviser	Längd (m)	U1	U2	U3	(U1s-U3)*L	(U2r-U3)*L
22-125-125	366,8	0,1459	0,1458	0,0693	28,0969	28,0589
22-125-125	7,2	0,1455	0,1458	0,0693	0,5515	0,5508
22-125-125	20	0,1455	0,1458	0,0693	1,5320	1,5299
28-140-140	242,2	0,1637	0,1635	0,0798	20,3094	20,2746
28-140-140	16,8	0,1637	0,1635	0,0798	1,4087	1,4063
28-140-140	0	0,1637	0,1635	0,0798	0,0000	0,0000
28-140-140	183,2	0,1637	0,1635	0,0798	15,3620	15,3357
28-140-140	255,9	0,1637	0,1635	0,0798	21,4582	21,4215
28-140-140	269,8	0,1637	0,1635	0,0798	22,6238	22,5850
28-140-140	28	0,1637	0,1635	0,0798	2,3479	2,3439
35-140-140	0	0,1934	0,1931	0,0896	0,0000	0,0000
35-140-140	0	0,1934	0,1931	0,0896	0,0000	0,0000
35-140-140	0	0,1934	0,1931	0,0896	0,0000	0,0000
35-140-140	0	0,1934	0,1931	0,0896	0,0000	0,0000
42-160-160	0	0,2087	0,2084	0,1002	0,0000	0,0000
42-160-160	0	0,2087	0,2084	0,1002	0,0000	0,0000
42-160-160	0	0,2087	0,2084	0,1002	0,0000	0,0000
42-160-160	0	0,2087	0,2084	0,1002	0,0000	0,0000
42-160-160	0	0,2087	0,2084	0,1002	0,0000	0,0000
42-160-160	0	0,2087	0,2084	0,1002	0,0000	0,0000
54-160-160	0	0,2713	0,2706	0,1153	0,0000	0,0000
54-160-160	0	0,2713	0,2706	0,1153	0,0000	0,0000
54-160-160	0	0,2713	0,2706	0,1153	0,0000	0,0000
	1389,9				113,69	113,51
25-110-110	25,6	0,1283	0,1283	0,0031	3,2051	3,2051
25-110-110	25	0,1283	0,1283	0,0031	3,1300	3,1300
28-90-90	198,4	0,1512	0,1512	0,0045	29,1053	29,1053
40-125-125	0	0,1643	0,1643	0,005	0,0000	0,0000
50-140-140	0	0,2055	0,2055	0,0076	0,0000	0,0000
65-160-160	0	0,2358	0,2358	0,0097	0,0000	0,0000
65-160-160	0	0,2358	0,2358	0,0097	0,0000	0,0000
65-160-160	0	0,2358	0,2358	0,0097	0,0000	0,0000
80-200-200	0	0,2199	0,2199	0,008	0,0000	0,0000
80-200-200	0	0,2199	0,2199	0,008	0,0000	0,0000
100-225-225	0	0,2568	0,2568	0,0106	0,0000	0,0000
	249				35,4404	35,4404
Serviser	1638,9			Summa serviser		298,0781
	3016,6			Summa total:		728,0265

Bilaga 6

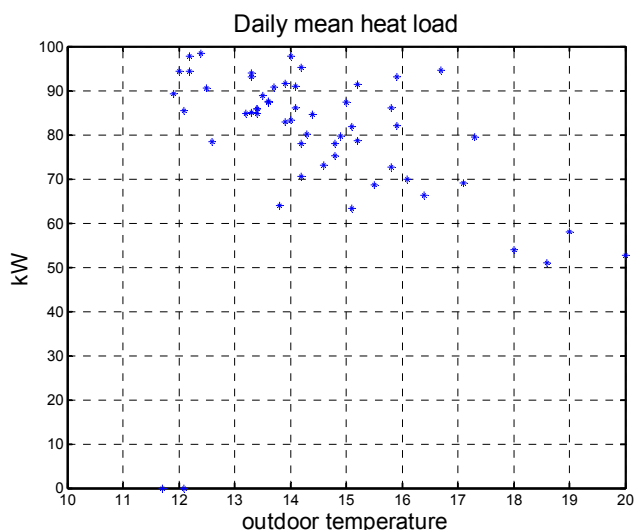
Driftförhållanden under ett år i Prästmarken loggade i containern. Alla bilder i bilagan gäller för perioden 1. augusti 2003 till 31. juli 2004.

Operational conditions for one year in Prästmarken (datalogging at measurement container). All figures in this appendix correspond to the period August, 1, 2003 to July, 31, 2004.



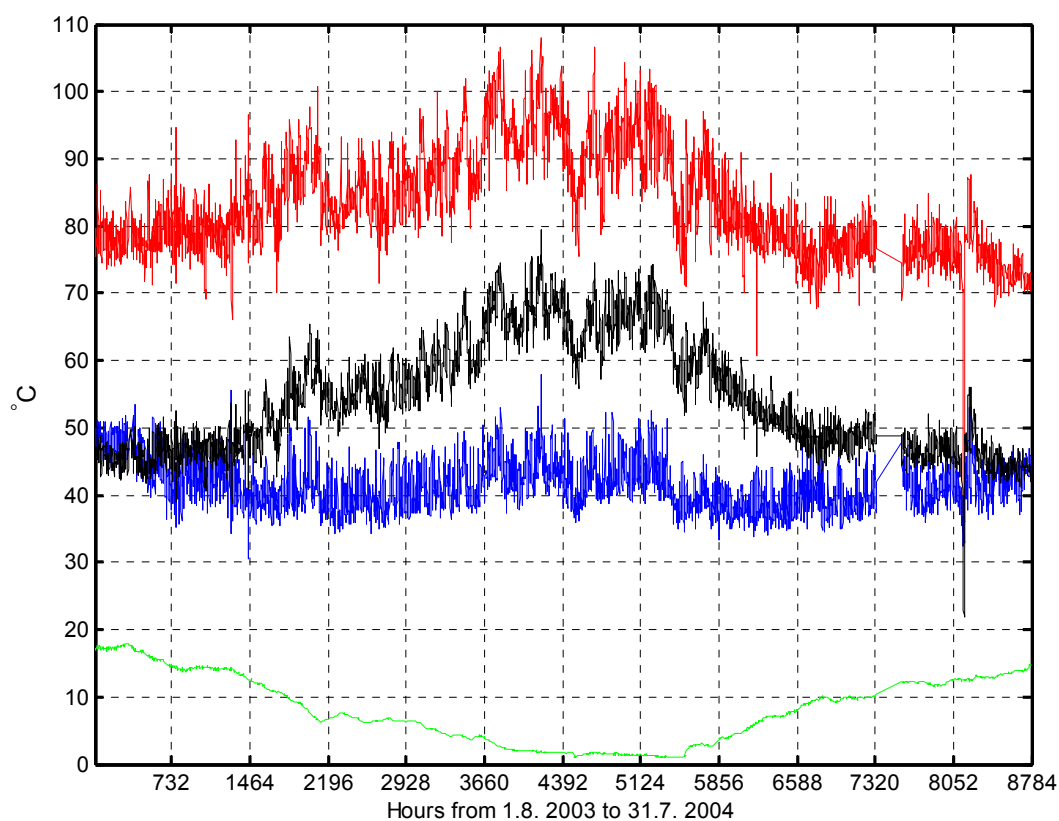
Figur B6.1: Prästmarken energisignatur, dvs totallast (dygnsmedeleffekt) som funktion av utelufttemperatur.

Energy characteristic of Prästmarken (daily mean heat load as a function of outdoor air temperature).



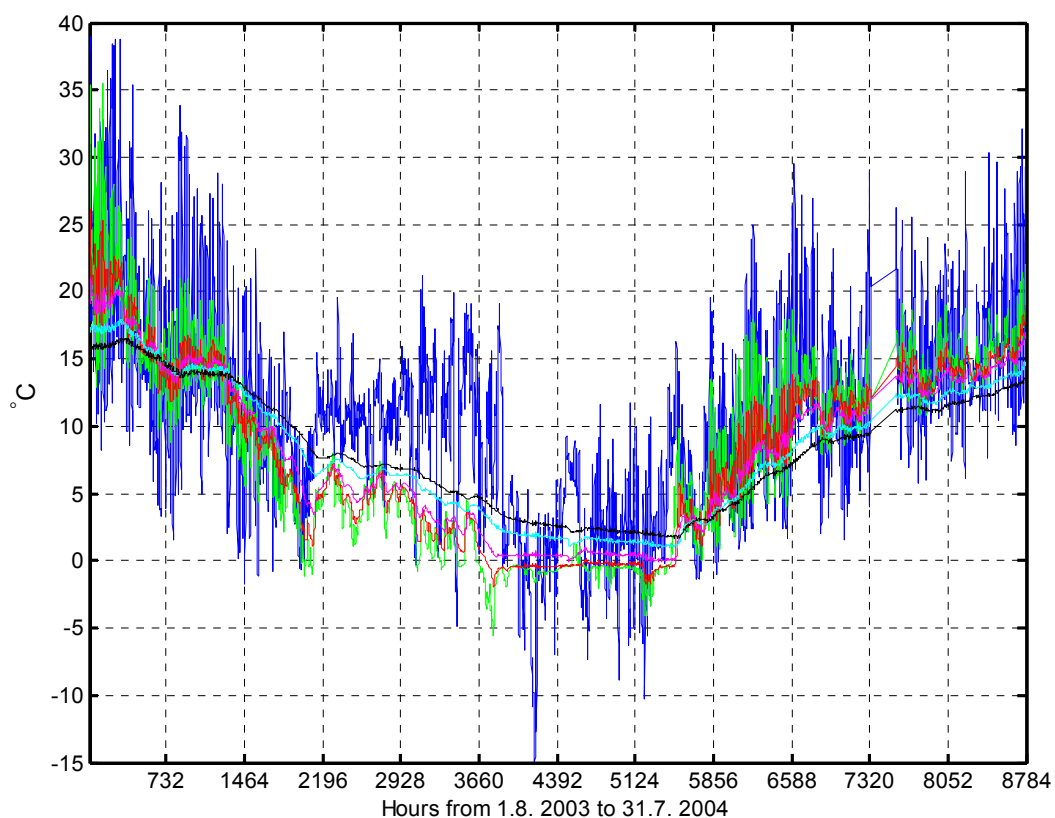
Figur B6.2: Prästmarkens energisignatur, dvs totallast som funktion av utelufttemperatur. Samma som Figur 6B6.1, men med högre upplösning. Man ser att nätet når nästan 50 kW en varm juli månad, dvs värmelasten är endast 11 kW medeleffekt (värmeförluster 39 kW).

Energy characteristic of Prästmarken at higher resolution. The heat load of the houses comes down to 11 kW at a hot summer day (compared to 39 kW heat loss).



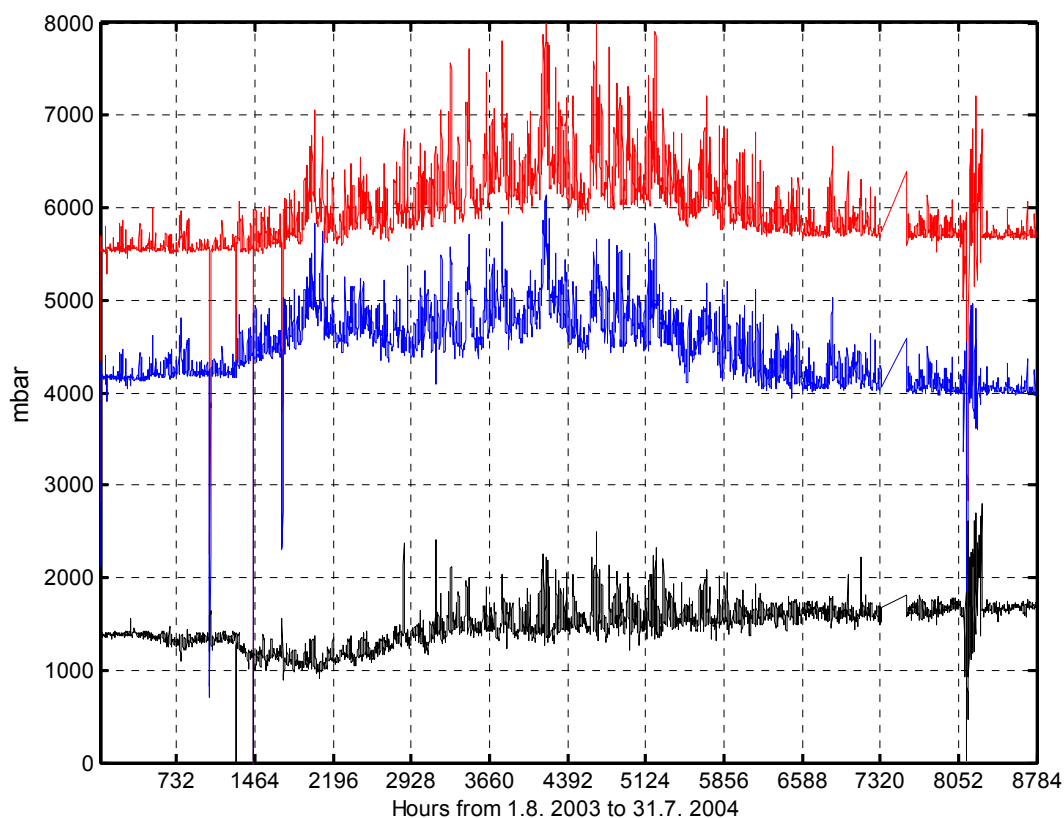
Figur B6.3: Framledningstemperatur (röd), returtemperatur (blå), marktemperatur (0,72 m under markytan)(grön), samt medeltemperaturdifferensen $[(T_f + T_r)/2 - T_m]$ mellan fjärrvärmeledningen och marken (svart).

DH-Temperatures over the year: Supply (T_f - red), return (T_r - blue), ground temperature T_m (0,72 m under ground surface - green) and the mean temperature difference $[(T_f + T_r)/2 - T_m]$ (black).



Figur B6.4: Utelufttemperaturen (blå) nära containern samt marktemperaturen på fem olika nivåer. Den ljusblå kurvan används för beräkning av värmeförlusterna. Man ser att denna nivå håller sig frostfritt hela året.

Outdoor air temperature close to the container and the ground temperature in five different levels. The light blue curve was used for the calculation of the heat losses. It can be seen that this level is above 0°C all year.



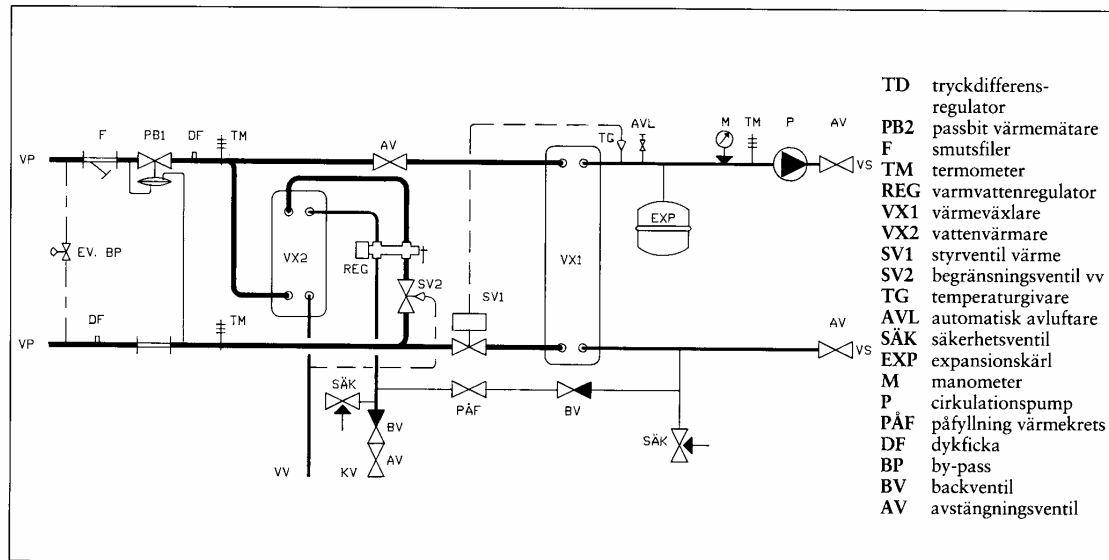
Figur B6.5: Tryckförhållandena i fjärrvärmeledningar vid containern: Fram (röd) retur (blå) och tryckdifferens (svart). Trycket var förhållandevis stabilt under 2004.

Main pipes pressure at container: Supply (red), return (blue) and pressure difference (black). The pressure was essentially quite stable under 2004.

Bilaga 7

Systemskiss över Fjärrvärmecentralen Redan 2000/00 som används i Prästmarken.

Drawing of substation Redan 2000/00 used in Prästmarken.



Rapportförteckning

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

<i>Nr</i>	<i>Titel</i>	<i>Författare</i>	<i>Publicerad</i>
FORSKNING OCH UTVECKLING – RAPPORTER			
1	Inventering av skador på befintliga skarvar med CFC-blåsta respektive CFC-fria fogskum	Hans Torstensson	maj-96
2	Tryckväxlare – Status hösten 1995	Bror-Arne Gustafson Lena Olsson	maj-96
3	Bevakning av internationell fjärrvärmeforskning	Sture Andersson Gunnar Nilsson	maj-96
4	Epoxirelining av fjärrvärmerör	Jarl Nilsson	sep-96
5	Effektivisering av konventionella fjärrvärmecentraler (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 blåstring av medieröret någon effekt?	Ulf Jarfelt	juni-00
44	Mindre lokala produktionscentraler för kyla med optimal värmeåtervinningsgrad i fjärrvärmesystemen	Peter Margen	juni-00
45	Fullskaleförsök med friktionsminskande additiv i Herning, Danmark	Flemming Hammer Martin Hellsten	feb-01
46	Nedbrytningen av syrereducerande medel i fjärrvärmenät	Henrik Bjurström	okt-00
47	Energimarknad i förändring Utveckling, aktörer och strategier	Fredrik Lagergren	nov-00
48	Strömförsörjning till värmemätare	Henrik Bjurström	nov-00
49	Tensider i fjärrkylennät – Förstudie	Marcus Lager	nov-00
50	Svensk sammanfattning av AGFWs slutrapport ”Neuartige Wärmeverteilung”	Heimo Zinko	jan-01
51	Vattenläckage genom otät mantelrörsskarv	Gunnar Bergström Stefan Nilsson	jan-01
52	Direktförlagda böjar i fjärrvärmeledningar Påkänningar och skadegränser	Sven-Erik Sällberg Gunnar Bergström Stefan Nilsson	jan-01
53	Korrosionsmätningar i PEX-system i Landskrona och Enköping	Anders Thorén	feb-01
54	Sammanlagring och värmeförluster i närvärmenät	Jochen Dahm Jan-Olof Dalenbäck	feb-01
55	Tryckväxlare för fjärrkyla	Lars Eliasson	mars-01
56	Beslutsunderlag i svenska energiföretag	Peter Svahn	sept-01
57	Skarvtätning baserad på svällande material	Henrik Bjurström Pal Kalbantner 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 röret – 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 Fellelsson	dec-03
101	Fjärrvärmevärmda torkrumsanläggningar	Peter Neikell Tobias Nilsson	nov-03
102	Kyllager i befintligt kylnät	Fredrik Setterwall Benny Andersen	nov-03
103	Reglerdynamik, tryckhållning och tryckslag i stora rörsystem	Gunnar Larsson	dec-03
104	Energimätning i småhus. Förstudie.	Jan Eliason Morgan Romvall Håkan Walletun	dec-03
105	Konsekvenser av mindre styrventiler i distributionsnät	Håkan Lindkvist Håkan Walletun	jan-04
106	Inventering av nya inspektionsinstrument för statuskontroll av fjärrvärmerör	Göran Sund	jan-04
107	Kopplingar i fjärrvärmesystem – inventering av alternativ och utvecklingspotential	Rolf Sjöblom Jöns Hilborn	feb-04
108	Gratid för kyla	Peter Lundell	april-04
109	Effektivare rundgångar	Håkan Walletun Karolina Näsholm	april-04
110	Mikrobiell aktivitet i fjärrkylennät	Magnus Nordling	april-04
111	Effektivare distribution av fjärrkyla	Olle Källman Per Hindersson Börje Nord	maj-04
112	Värmedriven kyla	Magnus Rydstrand Viktoria Martin Mats Westermark	maj-04

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

FORSKNING OCH UTVECKLING – ORIENTERING

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

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



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