



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.

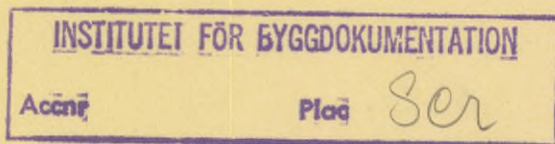


Fjärrvärme i småhusområden

Mätning av värmeförluster, bestämning
av mätfel samt undersökning av
sammanlagring

Tord Isaksson
Hans Nordström m fl

R
ALL



R47:1984

FJÄRRVÄRME I SMÅHUSOMRÅDEN

Mätning av värmeförluster, bestämning av
mätfel samt undersökning av sammanlagring

Tord Isaksson
Hans Nordström
Kurt Boij
Bror Dicksson
Kenneth Mårtensson
Hans Sabel
Jan Sundell
Jan Zetterberg

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
770988-6 från Statens råd för byggnadsforskning
till Statens Vattenfallsverk, Stockholm

I Byggforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

R47:1984

ISBN 91-54-4118-X

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Liber Tryck Stockholm 1984

INNEHÅLL	SID
FÖRORD	1
1. <u>BAKGRUND</u>	2
1.1 ALLMÄNT	2
1.2 SYFTE OCH MÅLSÄTTNING	3
2. <u>UPPLÄGGNING AV UNDERSÖKNINGEN</u>	4
2.1 MÄTFÖRFARANDE	4
2.2 VAL AV PROVOMRÅDEN	4
2.3 ADMINISTRATION AV MÄTNINGARNA	5
3. <u>MÄT- OCH REGISTRERINGSUTRUSTNING</u>	6
3.1 MÄTMETOD	6
3.2 KONTROLL AV MÄTUTRUSTNING	7
4. <u>RESULTAT</u>	7
4.1 PRIMÄRANSLUTNING MED HOPBYGGD VÄRMEVÄXLARE OCH FÖRRÄDSBEREDARE I VARJE HUS	7
4.1.1 Linköping, Ektunavägen	7
4.1.2 Linköping, Långgatan	8
4.1.3 Uppsala, kv Timjanen	9
4.1.4 Malmö, Marieholm	9
4.1.5 Västerås, Kronhjortsgatan	10
4.1.6 Västerås, Mårdvägen	10
4.2 PRIMÄRANSLUTNING MED VÄRMEVÄXLARE OCH GENOMSTRÖMNINGSBEREDARE I VARJE HUS	11
4.2.1 Uppsala, Slädvägen	11
4.3 SEKUNDÄRANSLUTNING MED GEMENSAM VÄRMEVÄXLING OCH SEPARAT GENOM- STRÖMNINGSBEREDARE FÖR TAPPVARM- VATTEN I VARJE HUS	11
4.3.1 Växjö, Sjötorpet	11

	SID	
4.3.2	Luleå, Hammaren	12
4.3.3	Malmö, Kristineberg	12
4.4	SEKUNDÄRANSLUTNING MED GEMENSAM VÄRMEVÄXLING OCH VARMVATTEN- BEREDNING I GENOMSTRÖMNINGS- BEREDARE (4-RÖRSYSTEM)	13
4.4.1	Uppsala, kv Clementinen	13
4.5	ANALYS AV FYSIKALISKA PARAMETRAR SOM PÅVERKAR MÄTFÖRLUSTERNA	14
4.5.1	Beräkningsmetodik	14
4.5.2	Resultatdiskussion	16
5.	<u>SAMMANLAGRING</u>	24
5.1	TEORI	24
5.2	SYFTE	25
5.3	MÄTPLATSER	25
5.4	MÄTUTRUSTNING	26
5.5	MÄTRUTINER	26
5.6	UTVÄRDERING AV MÄTRESULTAT	27

BILAGEFÖRTECKNING

- 1 a+b Principschema för anslutning till fjärrvärmenätet
- 2 Sammanställning över mätobjekt
- 3 Modell för korrigerig av månadsvärden
- 4 a Avläsningstabell
- 4 b Datautskrift
- 5 Mätutrustning och mätfel
- 6 Uppskattning av tillgodgjord, ej uppmätt, värme från inomhusinstallationer
- 7 Kulvertsträckning, Ektunavägen, Linköping
- 8 Kulvertsträckning, Långgatan, Linköping
- 9 a Kulvertsträckning, kv Timjanen Uppsala
- 9 b Stapeldiagram över mätresultat kv Timjanen, Uppsala
- 10 a Kulvertsträckning, Marieholm, Malmö
- 10 b Stapeldiagram över mätresultat, Marieholm, Malmö
- 11 Kulvertsträckning, Kronhjortsgatan, Västerås
- 12 a Kulvertsträckning, Mårdvägen, Västerås
- 12 b Stapeldiagram över mätresultat, Mårdvägen, Västerås
- 13 a Kulvertsträckning, Slädvägen, Uppsala
- 13 b Stapeldiagram över mätresultat, Slädvägen, Uppsala
- 14 a Kulvertsträckning, Sjötorpet, Växjö
- 14 b Stapeldiagram över mätresultat, Sjötorpet, Växjö
- 15 a Kulvertsträckning, Hammaren, Luleå,
- 15 b Stapeldiagram över mätresultat, Hammaren, Luleå
- 16 a Kulvertsträckning, Kristineberg, Malmö
- 16 b Stapeldiagram över mätresultat Kristineberg, Malmö

- 17 a Kulvertsträckning, Clementinen,
Uppsala
- 17 b Stapeldiagram över mätresultat,
Clementinen, Uppsala
- 18 Totalsammanställning av mätresultat,
samtliga områden
- 19 Analys av fysikaliska parametrar som påverkar
nätförlusterna
- 20 Abonnenternas förbrukning, Ektunavägen
- 21 , Långgatan
- 22 , kv Timjänen
- 23 , Slädvägen
- 24 , kv Clementinen
- 25 , Marieholm
- 26 , Kristineberg
- 27 , Kronhjortsgatan
- 28 , Mårdvägen
- 29 , kv Sjötorpet II
- 30 , kv Sjötorpet III
- 31 , Hammaren

SAMMANFATTNING

I rapporten redovisas värmeförluster och mätfel för 11 svenska fjärrvärmeanslutna småhusområden samt sammanlagring i två av dessa. Redovisningen är begränsad till de lokala näten, dvs fördelnings- och servisledningar, och omfattar således bara en mindre del av ett värmeverks totala distributionsnät.

Värmeförlusterna har bestämts genom att mätning skett av till området inmatad energi som jämförts med summan av hos abonnenterna uppmätt energi. Den totala differens som konstaterats består av förluster i det lokala nätet, mätfel hos värmemätarna samt hos abonnenterna tillgodogjord, men ej uppmätt och debiterad energi.

Både inmatningspunkter till områdena och samtliga småhus inom ett provområde har varit utrustade med kompletta värmemängdsmätutrustningar bestående av hetvattenmätare, temperaturgivare i fram- och returledningar samt integreringsverk. I inmatningspunkter samt i utvalda småhus inom varje mätområde har energimängderna timvis registrerats på magnetbandspelare.

Brister i värmemätarnas mätnoggrannhet och tillförlitlighet har motiverat en noggrann kontroll av mätutrustningen under och efter mätperioder för att kunna fastställa mätfelens betydelse. Trots denna noggranna efterkontroll har dock alla mätfel inte kunnat fastställas.

Nätförluster

Mätresultaten från de olika provområdena sammanfattas kortfattat i tabellen på nästa sida. Där visas den uppmätta differensen mellan i inmatningspunkten levererad och hos abonnenterna debiterad energi (i procent av den mängd som levererats från inmatningspunkten), mätfelet, den beräknade tillgodogjorda ej uppmätta energin i husen samt den utifrån dessa värden framräknade värmeförlusten i det lokala distributionsnätet.

Mätvärdena är normalårskorrigerade men resultaten uppvisar trots detta i vissa områden stor variation mellan olika mätperioder. Denna variation kan delvis förklaras av brister hos mätutrustningen (t ex tröga eller helt stillastående flödesmätare) som inte kunnat beaktas vid mätfelsanalysen, samt ändrade driftbetingelser.

Mätområde	Total diff %	Mätfel %	Tillgodo i hus %	Värmeförlust %
Linköping, Ektunav	20,2-22,5	6,6	5,1-5,2	8,4-10,8
Linköping, Långgatan	14,8-27,4	6,8	-	8,0-20,6
Uppsala Timjanen	22,8-23,7	1,5	5,4-5,9	15,9-16,3
Uppsala Slädvägen	33,4-35,3	1,4	9,7-10,1	21,9-24,2
Uppsala Clementinen	11,0-13,1	0,1	4,5-4,8	6,1-8,5
Malmö Marieholm	23,1-32,5	2,1	1,2-1,3	19,7-29,2
Malmö Kristineberg	34,2	2,3	0,6	31,3
Västerås Kronhjortsg	22,1-23,1	2,6	0,9	18,6-19,6
Västerås Mårdvägen	20,9-26,1	3,3	0,8	16,8-22,0
Växjö Sjötorpet	15,9-25,9	2,0	-	13,9-23,9
Luleå Hammaran	29,6	2,0	1,2	26,4

Värmeförlusterna sommartid är i absoluta tal små - även om de procentuella värdena blir höga - och har därför liten inverkan på årsmedelvärdet. Även om fjärrvärmedistributionen i vissa delar av ett större nät kan ha höga förluster innebär detta inte att förlusterna för ett värmeverks hela distributionsnät generellt är höga. Av Svenska Värmeverksföreningens statistik framgår att värmeförlusterna i de studerade värmeverkens totala fjärrvärmenät för motsvarande tidsperioder som de genomförda mätningarna omfattar ligger på nivån 10 %.

Ur utredningsresultatet kan följande slutsatser dras:

- att kulverttyp och i synnerhet kulvertarnas ålder och tillstånd påverkat värmeförlusterna. I de områden där bristande otäta skyddshöljen samt dränkning av kulvertsträckor har förekommit har detta varaktigt försämrat värmeisoleringen och ökat förlusterna. Detta motiverar en ökad strävan till inomhusförläggning. Larmtrådar inlagda så att fuktstörningar snabbt kan lokaliseras och repareras är dessutom en välmotiverad åtgärd.
- att förläggningstekniken är av stor betydelse. Tillfredsställande dränering och återfyllning med skonsamt material är en nödvändig förutsättning för låg skadefrekvens på kulvertsystemet. Anslutningssättet mot byggnaders grundmurar påverkar också värmeförlusterna. Otäta genomföringar bidrar till okontrollerade luftströmmar och avkylning av ledningarna speciellt om kulvertkonstruktionen är sådan att luftströmning längs rören kan förekomma,
- att optimal dimensionering av systemet är av stor vikt. Områden med överstora fördelningsledningar avsedda för en senare utbyggnad har visat större värmeförluster än fullt utnyttjade lokalnät. Sparåtgärder hos abonnenterna kan ytterligare öka överdimensioneringen. Med kännedom om verklig sammanlagring kan dock nyanläggningar optimeras med god noggrannhet,
- att småhusområdenas energitäthet (exploateringsgrad) påverkar värmeförlusterna i hög grad, och detta visar att en hög exploateringsgrad är ett måste vid nybyggnation av småhusområden där fjärrvärme är ett uppvärmningsalternativ,
- att typ av reglerutrustning i abonnentanläggningar kan ha betydelse för värmeförlusterna i ledningarna. Anläggningar med retur begränsare ger jämförelsevis låga returtemperaturer och därmed lägre värmeförluster. Rundgångar skall undvikas eftersom de medför låga temperaturdifferenser och därigenom höga returtemperaturer, vilket ger ökade värmeförluster,
- att otäta styrventiler kan orsaka ett värmeläckage som är större än aktuellt uttag vilket resulterar i höjda returtemperaturer och ökade värmeförluster,
- att gruppanslutning med sekundär fördelning i s k 4-rörssystem gett relativt sett lägre värmeförluster sommartid,

att värmeomformarnas konstruktion kan öka tomgångsförlusterna i fjärrvärmeledningarna. Sommartid kan värme läcka över från tappvarmvattenkretsen till radiatorkretsen i värmeomformaren.

Mätfelen

Onoggrannheten hos den använda utrustningen kan sammanfattas med:

att mätfelen legat inom av tillverkaren och distributören angivna marginaler

att de relativa mätfelen är säsongsberoende, höga sommartid > 5 % samt låga resten av året < 5 %

att de absoluta felen däremot är små under sommaren vid låga flöden jämfört med värmesäsongen

att mätarna i de gemensamma inmatningspunkterna genomgående visat ett positivt fel, dvs för stor förbrukning

att mätarna i varje hus oftast visat ett negativt fel, dvs för liten förbrukning

att den svagaste länken i de använda värmemätarna varit flödesmätarna.

Sammanlagring

På grund av sammanlagringen ökar inte maximala momentana effektuttagen linjärt med antalet anslutna abonnenter. Sammanlagringsfaktorn, som anger hur det maximala effektuttaget förändras då antalet abonnenter ökar, har bestämts genom att olika antal värmeförbrukare sektionerats, varefter effektbehovsmätning med god upplösning skett för respektive abonnentantal.

God kännedom om sammanlagringen ger bl a möjligheter att välja optimal produktionseffekt och kulvertdimensioner med åtföljande lägre investeringsbehov och energiförluster.

De mätningar som gjorts bekräftar att sammanlagringsfaktorn för småhus så gott som enbart beror på varmvattenuttaget och att sammanlagringseffekten för uppvärmningseffekt ej är märkbar. För ett normalområde har sammanlagringen i huvudsak fullbordats redan vid ett 30-tal abonnenter, dvs ett större antal abonnenter kopplade till samma matningspunkt minskar inte det sammanlagrade effektbehovet per abonnent. Denna slutsats gäller inte generellt, utan hänsyn måste tas till framför allt den typ av varmvattenberedare som abonnentcentralerna har.

Slutsats och förslag till fortsatta studier

Denna utredning visar ganska klart att distribution av värme i äldre system med låg energitäthet har höga värmeförluster samtidigt som vissa av de modernare systemen visar helt acceptabla förluster.

Vid nyanslutning av småhus bör det därför vara möjligt att bygga lokala värmedistributionssystem med värmeförluster <10 % per år.

Ett väsentligt resultat av denna utredning är att den pekar på betydelsen av ökade kunskaper om värmeförlusterna i lokala värmedistributionssystem. Utredningen har dessutom visat att mättekniken inom detta område bör utvecklas mot en tillfresställande måtnoggrannhet även vid små flöden.

Ett fortsatt arbete inom detta område föreslås få följande inriktning:

1. Mätning, beräkning och optimering av lokala värmedistributionssystem med sk gruppcentralteknik.
2. Inventering, provning samt utveckling av värmemätare för små flöden.

FÖRORD

Gränsdragningen mellan fjärrvärme och elvärme i småhusområden har av naturliga skäl intresserat både Statens Vattenfallsverk och Svenska Värmeverksföreningen. Vid denna gränsdragning har distributionsförlusterna antagits ha stor betydelse. Projektets huvudsyfte har därför varit att mäta och analysera sådana förluster i lokala nät för distribution inom småhusområden.

Vattenfall har alltsedan elvärmens introduktion som ett uppvärmningsalternativ i småhus i mitten av 1960-talet kontinuerligt sökt redovisa undersökningar avsedda som underlag för att bedöma energiekonomin vid olika uppvärmningssystem. Avsikten har varit att ge underlag för såväl övergripande energiplanering som för enskilda villaägares val av värmesystem. Vattenfalls analyser har grundats på omfattande mätningar. För registrering, insamling och bearbetning av mätresultat har ett datoranpassat mätsystem byggts upp.

Som branschorgan för landets fjärrvärmeverk har Svenska Värmeverksföreningen en samlad kunskap om teknik och ekonomi på fjärrvärmeområdet. För detta projekt har speciellt kunskap om kulvert-, abonnent- och mätteknik varit av stort värde som komplement till Vattenfalls resurser. Ett samarbete mellan Vattenfall och VVF är därför naturligt när det gäller att kartlägga de differenser mellan levererad och mottagen energi i lokala fjärrvärmda småhusområden som tidigare antagits helt bestå av värmeförluster i kulvertledningarna.

1978 bildades en arbetsgrupp för att genomföra ett projekt som benämndes "Mätning av värmeförluster inom fjärrvärmeanslutna småhusområden samt undersökning av sammanlagringsfaktor". Mätnoggrannheten och drifttillgängligheten hos energimätarna har under projektets gång visat sig ha stor betydelse. Projektarbetet har därför i hög grad kommit att behandla mätarfrågor.

Projektet har drivits inom en arbetsgrupp som i slutfasen har följande sammansättning:

Tord Isaksson, Vattenfall (projektledare)
Jan Sundell, Vattenfall
Hans Sabel, Svenska Värmeverksföreningen
Knut Boij, Malmö Energiverk (ledamot av VVF:s mätargrupp)
Kenneth Mårtensson, Uppsala Kraftvärme AB
Hans Nordström, Uppsala Kraftvärme AB
Jan Zetterberg, Uppsala Kraftvärme AB
Bror Dicksson, Tekniska Verken i Västerås (ledamot av VVF:s kulvertkommitté)

Projektet, vars resultat härmed presenteras, har genomförts med stöd från Statens Råd för Byggnadsforskning.

1. BAKGRUND

1.1 ALLMÄNT

De ledningsbundna distributionsformerna - elvärme och fjärrvärme - av energi för uppvärmning har under senare år dominerat i nyproduktionen av bostäder i stadsbebyggelse. Även i det befintliga byggnadsbeståndet har det i betydande omfattning skett en övergång till dessa båda uppvärmningsformer. Vid mitten av 70-talet diskuterades livligt vilken av nämnda distributionsformer som var fördelaktigast för värmeförsörjning i tätorternas småhusområden. Faktorer som ökade krav på energibesparing, mindre bostadsytor m m har emellertid ändrat på de förutsättningar för småhusuppvärmning som då gällde, och idag är även andra alternativ, som exempelvis värmepumpar av olika slag, av stort intresse.

Energien till elvärmda byggnader produceras i vattenkraftverk, kärnkraftverk och kraftverk baserade på fossila bränslen, främst olja. Distributionen av energin sker via stamlinjenät, regionala nät och till den enskilda abonnenten - över samma lokala nät som övrig eldistribution.

Fjärrvärme produceras i stora värmecentraler eller kraftvärmeverk med hög verkningsgrad. Eldningsolja får snabbt allt mindre betydelse i fjärrvärmeanläggningar. Substituten är fasta bränslen, spillvärme, centrala stora värmepumpar och ledig produktionskapacitet på el. Via ett fjärrvärmenät levereras vatten vid temperaturer normalt mellan 80° - 120° C beroende på utomhustemp. Värmen överförs via värmeväxlare till abonnentens installation för uppvärmning av radiatorer och varmvatten. Till ett fjärrvärmenät kan alla byggnader med vattenburen värme anslutas utan större ingrepp i byggnaden. Utifrån skillnader i kostnadskarakteristik och energiekonomi blir faktorer som områdenas storlek samt bebyggelsens struktur och utformning bestämmande för vilket uppvärmningssystem som väljs för olika områden. I orter som är tillräckligt stora för att ge ett ekonomiskt underlag för en fjärrvärmeutbyggnad anslutes bebyggelse med tillräcklig värmtäthet till fjärrvärme. Småhusbyggelsen ligger f.n. i gränsskiktet mellan fjärrvärme och andra uppvärmningsformer.

Den ekonomiska gränsen mellan fjärrvärme och andra uppvärmningsformer är således beroende av värmebelastningens täthet. Företagsekonomiska överväganden kommer därför i de flesta fall att ligga till grund för avvägningen mellan fjärrvärme och elvärme. Denna påverkas dessutom av faktorer av övergripande karaktär, såsom bestämmelser om energihushållning, energiskatter och finansieringsregler.

Som nämnts kan såväl fjärrvärme som elvärme i detta sammanhang ses som distributionsformer för energin. Leveranskostnader i dessa system bestäms för stora leveranser till sin huvuddel av produktionskostnaden. För mindre leveranser av fjärrvärme, t ex till det enskilda småhuset, har distributionskostnaderna större betydelse.

Betydelsen av värmeförluster, mätfel samt sammanlagring har varit dåligt kända i småhusområden med central vattenburen värmeförsörjning, vilket resulterat i osäkerhet i gränsdragningen mellan olika uppvärmningsformer. Statens Vattenfallsverk och Svenska Värmeverksföreningen startade därför, som tidigare nämnts, 1978 gemensamt ett projekt för att öka kunskaperna inom dessa områden. BFR beviljade ett anslag med 890 000 kr för genomförandet av de mätningar som ligger till grund för de resultat och slutsatser som presenteras i föreliggande rapport.

1.2 SYFTE OCH MÅLSÄTTNING

Det primära syftet med projektet var att kartlägga värmeförlusterna inom olika typer av småhusområden med central vattenburen värmeförsörjning. De parametrar som påverkar dessa förluster är bland annat värmesystemprinciper, kulverttyper, kulvertdimensioner, kulvertisolering, nätets sträckning, områdets energitäthet samt drift och underhåll. Provområdena, sammanlagt 11 st, geografiskt fördelade mellan Luleå - Malmö har valts för att motsvara dessa förutsättningar. Tanken var även att utredningens resultat skulle kunna utgöra underlag för förbättringar av drift och underhåll på befintliga kulvertar och för val av nya distributionssystem.

Ytterligare en målsättning med denna utredning har varit att bestämma sammanlagringsfaktorn vid olika systemlösningar. Bättre kännedom om sammanlagrings-egenskaperna leder till en säkrare optimering av distributionssystemen både med avseende på investeringskostnader och energiekonomi.

För att nå ett resultat vad gäller ovannämnda målsättningar visade det sig snart efter projektstarten att en undersökning av noggrannheten hos den mätutrustning som användes var av stor betydelse och det är en förhoppning att resultaten skall komma till nytta även i andra sammanhang, t ex för utveckling av nya typer av småhusmätare.

2. UPPLÄGGNING AV UNDERSÖKNINGEN

2.1 MÄTFÖRFARANDE

Kartläggande av det lokala kulvertnätets distributionsförluster inom de utvalda mätområdena har genomförts på följande sätt.

I inmatningspunkterna till respektive småhusområde sker mätning av den inmatade energimängden till området samt av temperaturen i fram- och returledningarna varvid mätvärdena registreras timvis på magnetbandspelare.

I samtliga småhus inom mätområdet har den förbrukade energimängden registrerats genom individuella energimätare. Inom varje område har dessutom vissa hus utvalts där värmemängd och fram- och returtemperaturer timvis registrerats på magnetbandspelare. Dessa abonnenter har utvalts så att olika delar av det lokala nätet blivit representerade, eventuella temperaturdifferenser beroende på avståndet från den matande kammaren kunnat fastställas, samt att olika hustyper inom samma område medtagits. Homogena områden med genomgående samma typ av hus var ett önskemål som tyvärr inte kunde uppfyllas i alla de undersökta fjärrvärmenäten.

Genom att jämföra den inmatade energin till hela området med den registrerade förbrukningen hos abonnenterna har - efter korrigerings med hänsyn till mätfel - en god bild av områdets lokala värmeförluster kunnat erhållas.

Den differens mellan den inmatade energin till området och den hos abonnenterna uppmätta och summerade energin kan delas in i tre komponenter.

1. Ej tillgodogjord förlust i mark och hus
2. Tillgodogjord ej uppmätt värme från inomhusinstallationer
3. Mätfel

2.2 VAL AV PROVOMRÅDEN

De svenska fjärrvärmesystemen för småhusområden kan i första hand delas in i två huvudtyper med hänsyn till inkopplingen; primär- resp sekundärkoppling. I primärkopplade nät sker värmeleverans till varje småhusenhet direkt med fjärrvärmenätets vatten. I sekundärkopplade nät finns en gemensam mellanliggande värmeväxling så att man i sekundärsystemet kan välja andra tryck och temperaturer än i primärnätet. I ett sekundärnät kan varmvattenberedning ske separat eller gemensamt. För bägge systemen kan tappvarmvattnet beredas med förråds- eller genomströmningsberedare.

Följande fyra anslutningsprinciper har undersökts.

- 1) Primäranslutning med ihopbyggd värmepump och förrådsberedare i varje hus.
- 2) Primäranslutning med värmepump och genomströmningsberedare i varje hus.
- 3) Sekundäranslutning med gemensam värmepump och separat genomströmningsberedare för tappvarmvatten i varje hus.
- 4) Sekundäranslutning med gemensam värmepump och varmvattenberedning i genomströmningsberedare (4-rörssystem).

./. ./.

Anslutningsprinciperna redovisas i bilaga Ia och Ib. Vid valet av mätobjekt har, utöver anslutningsprinciper, följande faktorer beaktats.

- Områdets storlek
- Energitäthet
- Hustyp och ålder
- Kulverttyp, kulvertlängd (utomhus respektive inomhus), kulvertålder

De områden som utvalts för undersökningen är geografiskt spridda över hela landet från Luleå i norr till Malmö i söder.

./.

En ingående sammanställning av data för samtliga mätområden redovisas i bilaga 2.

2.3 ADMINISTRATION AV MÄTNINGARNA

Genom värmeverkens försorg har avläsningar och kassettbodyten i samtliga mätområden gjorts en gång i månaden och i möjligaste mån samtidigt. I några enstaka områden har inte avläsningar kunnat ske genom värmeverkens försorg och i dessa områden har abonnenterna själva anlåtats för avläsning av mätarna. Där avläsningarna inte har kunnat göras samtidigt har mätvärdena korri-gerats till att gälla samma tidsperiod. För denna mätvärdeskorrigering har en beräkningsmodell använts som tar hänsyn till tidsperiod och utomhustemperatur (graddagar), se bilaga 3.

./.

Efter avläsningar och kassettbodyten varje månadsskifte har mätresultaten sammanställts på speciella blanketter (bilaga 4a) som tillsammans med kassetterna skickats till Vattenfall för bearbetning.

./.

./.

Efter en bearbetningsprocess i flera led har tabeller över energi och temperatur timvis framställts med hjälp av dator, bilaga 4b. Mätresultaten har sedan följts upp och analyserats för att man i möjligaste mån snabbt skulle kunna upptäcka och åtgärda eventuella felaktigheter i mätutrustningen.

3. MÄT- OCH REGISTRERINGSUTRUSTNING

Som redan framgått har både inmatningspunkter och samtliga småhus inom ett mätområde varit utrustade med en komplett värmemängdsmätningssystem. Denna består av en hetvattenmätare, ett integreringsverk och motståndstermometrar i fram- och returledning. I samtliga inmatningspunkter samt i utvalda småhus inom varje mätområde har energimängderna timvis registrerats på magnetbandspelare. Temperaturer i fram- och returledningarna i inmatningspunkterna samt i vissa småhus har även uppmätts och timvis registrerats.

./.

Magnetbandspelare har i samtliga mätområden genomgående varit av samma tillverkning, Westinghouse WR-4C-60, medan den övriga mätutrustningen varit fördelad på olika typer och fabrikat. Av bilaga 2 framgår vilken mätutrustning de olika mätområdena varit försedda med.

3.1 MÄTMETOD

Hetvattenmätaren registrerar den mängd vatten som strömmar genom ett rör. Mätaren är försedd med ett kontaktverk som för en viss mängd genomströmmat vatten avger en puls som avläses i integreringsverket. Varje puls motsvarar således en bestämd vattenkvantitet.

Temperaturgivarna registrerar temperatur på det in- och utgående vattnet i systemet. Har en värmekonsumtion skett blir temperaturen på det utgående vattnet, returledningen, alltid lägre än på det ingående, framledningen. Även temperaturerna avläses av integreringsverket, som kan sägas vara "hjärnan" i mätutrustningen. Temperaturskillnaden, omvandlad till pulser, multiplicerad med flödespulserna ger en värmeeffekt som integrerad i tiden ger den värmemängd som motsvarar den förbrukade energin.

Energien framräknas i integreringsverket som:

$$W = \int_0^t k \times q \times (T_f - T_r) \times dt$$

där W = energin

k = värmekapacitivet

q = genomströmmad volym per tidsenhet

T_f = framledningstemperatur

T_r = returledningstemperatur

t = integrationstiden

3.2 KONTROLL AV MÄTUTRUSTNING

Den utrustning som har använts i projektet kontrollerades före uppsättandet och enbart mätare med värden inom gällande normgränser installerades.

Efter mätningarnas avslutande har en kontroll av den använda mätutrustningen genomförts för att kunna faställa mätapparaturens status och maximala mätfel.

Ett slumpmässigt urval från varje provområde av integreringsverk, temperaturgivare och hetvattenmätare har nedmonterats och kontrollmätning av utrustning har skett mot masteranläggning och datoriserad provstation hos Malmö Energiverk (auktoriserad provplats).

Med hjälp av det resultat som kontrollmätningen gav har det totala mätresultat som erhållits från flera års mätningar kunnat korrigeras. Detta har skett med hjälp av en statistisk bearbetningsmetod som redovisas i bilaga 5.

./.

4. RESULTAT

./.

I bilaga 6 redovisas en modell för beräkning av energi från fjärrvärmeinstallationer innanför husens ytterväggar, som inte uppmäts men som ändå kommer husens uppvärmning tillgodo och dessutom de sifferberäkningar som gjorts. I bilaga 18 redovisas samtliga mätresultat. Nedan görs en sammanfattning av de viktigaste resultaten.

./.

4.1 PRIMÄRANSLUTNING MED HOPBYGGD VÄRMEVÄXLARE OCH FÖRRÅDSBEREDARE I VARJE HUS

4.1.1 Linköping, Ektunavägen

Området består av 14 st $1 \frac{1}{2}$ plans kedjehus med källare, byggda 1971-72. Det bedömda maximala effektbehovet är 17,9 kW per hus.

./.

Kulverten består av stålrör, dimension 200/40 till 200/20 mm, se bilaga nr 7.

Markbeskaffenheten inom området är sand och mo. Under större delen av året är marken torr. Distributionsnätet, som ligger inom huvudnätet, uppgår till 22,5 m/hus varav 14 m är inomhusledning.

Mätningarna startade 1978, men den i denna rapport redovisade mätperioden startade juli 1979. Resultaten från det första driftåret blev orimliga (mycket låga nätförluster) p g a mätarfel och felavstämda avläsningsperioder.

Den tillgodogjorda energin beräknas till 1,52 MWh/hus och år, vilket omräknat till procent på tillförd energi blir 5,1-5,2 % för mätperioderna juli 79-juni 81.

Mätutrustningen i detta område har inte haft tillfredsställande mätnoggrannhet och det totala mätfelet uppgår enligt mätfelsanalysen till hela 6,6 %.

Efter korrigeringar för ej uppmätt tillgodogjord värme från inomhusledningar i husen och mätfel visar mätresultaten under perioden juli 79-juni 81 att områdets nätförlust uppgår till 2,8 MWh/år och hus eller ca 10 % av tillförd energi. På grund av att avläsningsperioderna varit olika i kammare och hos de enskilda abonnenterna blir den månadsvisa nätförlusten felaktig varvid endast årsmedelvärden för nätförlusten redovisas.

Det finns tendenser till över tiden ökande differenser, mellan levererad energi till kammare och summa uppmätt energi hos abonnenterna. Detta beror på att rundgångarna (dvs kortslutning mellan fram- och returledning) har ökat och att flödesmätarna blivit sämre, vissa har t o m stannat.

4.1.2 Linköping, Långgatan

Området består av 6 st friliggande småhus utan källare, byggda 1974. Det bedömda maximala effektbehovet är 13,1 kW per hus. Kulverten är Aquavarm med dimensioner 15-22 mm, se bilaga nr 8.

Markbeskaffenheten inom området är sand och mo. Under större delen av året är marken torr. Distributionsnätet, som ligger inom huvudnätet, uppgår till 16 m/hus varav 0,5 m är inomhusledning.

Mätningarna startade 1978 och den redovisade mätperioden startade juli 1978. Mätresultaten för perioden juli 1980-juni 1981 blev orimliga p g a stillastående flödesmätare.

Efter korrigering för mätfelet som i detta område uppgår till 6,8 % blir nätförlusten under perioden juli 1978-juni 1980 1,6 MWh/hus år eller i genomsnitt ca 8 %.

På grund av att avläsningsperioderna varit olika i kammare och hos abonnenterna blir den månadsvisa nätförlusten felaktig. Därför redovisas endast årsmedelvärden för differensen. Den ökning av differensen som sker över tiden kan förklaras av att rundgångarnas omfattning har ökat och att flödesmätarna blivit trögare, vissa har dessutom stannat.

4.1.3 Uppsala, Timjanen

./.

Området består av 86 st friliggande småhus med källare, byggda 1972. Det bedömda maximala effektbehovet är 15 kW per hus. Asbetscementkulverten i distributionsnätet har skyddsror respektive mediarör av stål i dimensionerna 200/40 och 200/20 mm, se bilaga nr 8a.

Markbeskaffenheten inom området är lera och under större delen av året är marken fuktig. Distributionsnätet, som ligger inom huvudnätet, uppgår till 22 m/hus varav 11 m är inomhusledning.

Mätningarna startade 1978 och den redovisade mätperioden startade juli 1978.

Den ej uppmätta tillgodogjorda energin uppgår till 1,70 MWh/hus, år, vilket motsvarar 5.4-5.9 % av tillförd energi. Mätfelet motsvarar 1.5 % tillförd energi.

Nätförlusten under perioden juli-78 - juni -81 blir då i genomsnitt ca 16%. Det motsvarar 4,8 MWh/år och hus.

./.

De månadsvisa nätförlusterna redovisas i procent och absoluta tal i bilaga nr 9b. Den låga nätförlusten maj -79 och den höga i juni samma år beror på felaktigheter i avläsningsperioden.

Den relativt höga nätförlusten beror på en dålig kulvertkvalitet. Isoleringen har blivit sämre med tiden beroende på bristfällig dränering, där äldre åkermark genom avklippta dräneringar avvattnas så att vattnet tränger in i kulvertsystemet vilket har medfört att kulverten utsätts för upprepade dränkningar och därigenom tappat en del av sin isoleringsförmåga.

4.1.4 Malmö, Marieholm

Området består av 14 st 1 1/2 plans villor med källare, byggda 1930. Anslutning till fjärrvärme skedde 1978. Det bedömda maximala effektbehovet varierar mellan 9-17 kW.

./.

Kulverten är Aquavarm med dimensioner på mediarör 20-50 mm, se bilaga nr 10a.

Distributionsnätet, som ligger inom huvudnätet, uppgår till 44 m/hus varav 4,5 m är inomhusledning. Mätningarna startade slutet av 1979 och den redovisade mätperioden startade jan 1980. Den ej uppmätta, tillgodogjorda energin uppgår till 0,67 MWh/hus, år, eller 1,2-1,3 %, och mätfelet är 2,1 %. Nätförlusten under perioden juni -80 - dec -81 blir då i genomsnitt ca 25 %. Det motsvarar 13 MWh/år och hus.

De månadsvisa nätförlusterna redovisas i procent och absoluta tal i bilaga nr 10b.

Minskningen av differensen mellan år 1980 och 1981 beror på att merparten av flödesmätarna byttes till mätare med lägre startvärden.

4.1.5 Västerås, Kronhjortsgatan

Området består av 38 st villor utan källare, byggda 1976-1979. Det bedömda maximala effektbehovet uppgår till 16,5 kW per hus.

Kulverten är Aquavärm med dimensioner på mediarör 18-70 mm, se bilaga nr 11.

Distributionsnätet, som ligger inom huvudnätet, uppgår till 33 m/hus varav 2 m är inomhusledning. Mätningarna startade tidigare under 1979, men resultat kan redovisas endast från och med sept -79.

Den tillgodogjorda ej uppmätta energin är 0,3 MWh/år och hus, eller 0,9 %. Mätfelet är 2,6 %.

Nätförlusten under perioden sept -79 - juni -81 är då i genomsnitt ca 19 %. Det motsvarar 6,3 MWh/år och hus.

På grund av att avläsningsperioderna varit olika i kammare och hos abonnenterna blir den månadsvisa nätförlusten felaktig. Därför redovisas endast årsmedelvärden för nätförlusten.

4.1.6 Västerås, Mårdvägen

Området består av 87 st 2-plans radhus utan källare, byggda 1977-78. Det bedömda maximala effektbehovet uppgår till 12 kW per hus. Kulverten är Aquavärm med dimensioner 18-70 mm, se bilaga nr 12a.

Distributionsnätet, som ligger inom huvudnätet, uppgår till 16 m/hus varav 1 m är inomhusledning. Den redovisade perioden börjar sept -79, men mätningarna startade tidigare under 1979.

Den ej uppmätta, tillgodogjorda energin är 0,15 MWh/år, hus eller 0,8 %. Mätfelet är 3,3 %.

Nätförlusten under perioden sept -79 - juni -81 är då i genomsnitt ca 19 %. Det motsvarar 3,8 MWh/år och hus.

De månadsvisa nätförlusterna redovisas i procent och absoluta tal i bilaga nr 12b.

Ökningen av förlusterna mellan de båda mätåren beror på att ca 100 m kulvert har varit dränkt. Ledningen blev utbytt under 1981.

4.2 PRIMÄRANSLUTNING MED VÄRMEVÄXLARE OCH GENOMSTRÖMNINGSBEREDARE I VARJE HUS

4.2.1 Uppsala, Slädvägen

Området består av 49 st 1-plansvillor med källare, byggda 1967-69. Det bedömda maximala effektbehovet uppgår i genomsnitt till 20 kW per hus.

Asbetscementkulverten i distributionsnätet har skyddsror respektive mediarör i dimensionerna 200/65 till 200/25 mm, se bilaga nr 13a.

Distributionsnätet, som ligger inom huvudnätet, uppgår till 29 m/hus varav 20 m är inomhusledning.

Mätningarna startade 1980. Den redovisade perioden börjar jan -80. Den i husen ej uppmätta tillgodogjorda energin har beräknats till 4,6 MWh/år, hus eller 9,7 - 10,1 % av tillförd energi. Mätfelet är 1,4 %. Nätförlusten under perioden jan -80 - juni -81 är då i genomsnitt ca 23 %. Det motsvarar 10,8 MWh/år och hus.

De månadsvisa nätförlusterna redovisas i procent och absoluta tal i bilaga nr 13b.

Den höga energiförlusten beror på dålig isolering av kulvert. Vidare ligger mediarören fria i hålkulverten på så sätt att en luftströmning och bortventilering av värme kontinuerligt har skett. Genomströmningsberedarna har i flera hus börjat läcka. Hög temperaturnivå i mediarören.

Den sänkning av differensen som har skett mellan de båda mätåren beror troligen på att samtliga flödesmätare hos abonnenterna byttes ut under hösten 1980.

4.3 SEKUNDÄRANSLUTNING MED GEMENSAM VÄRMEVÄXLING OCH SEPARAT GENOMSTRÖMNINGSBEREDARE FÖR TAPPVARMVATTEN I VARJE HUS

4.3.1 Växjö, Sjötorpet

Området består av 88 st friliggande småhus utan källare, byggda 1976. Det bedömda maximala effektbehovet uppgår i genomsnitt till 15,4 kW per hus.

Kulverten består av Virsbo Pex-rör lagda i skålad mineralull med dimensionerna 28-90 mm, se bilaga nr 14a.

Distributionsnätet, som ligger inom huvudnätet, uppgår till 20 m/hus där i stort sett all ledning är förlagd utomhus.

Markbeskaffenheten inom området är sand och mo. Under större delen av året är marken torr. Mätningarna startade 1978 och den redovisade perioden startade jan -78.

Mätfelet är uppskattat till 2 %, och nätförlusten under perioden jan -78 - dec -81 är i genomsnitt ca 20 %. Det motsvarar 4,8 MWh/år och hus.

./. De månadsvisa nätförlusterna redovisas i procent och absoluta tal i bilaga nr 14b.

Den relativt höga energiförlusten beror på låg energitäthet och rundgångar. Differensensökning fram till 1981 kan hänföras till allt trögare flödesmätare, även i vissa fall helt stillastående mätare, som successivt byttes ut under 1981.

4.3.2 Luleå, Hammaren

Området består av 85 st friliggande småhus utan källare, byggda 1979-80. Det bedömda maximala effektbehovet uppgår i genomsnitt till 15 kW per hus.

./. Kulverten består av friktionsfixerad plaströrskulvert av fabrikat ICM, med dimensioner 25-125 mm, se bilaga nr 15a.

Distributionsnätet, som matas från en transportabel panncentral, uppgår till 29 m/hus varav 1 m är inomhusledning.

Mätningarna startade 1981 och den redovisade perioden startade april -81.

Tillgodogjord ej uppmätt energi har beräknats till 0,4 MWh/år och hus, eller 1,2 %. Mätfelet är 2 %.

Nätförlusten under perioden april -81 - mars -82 är i genomsnitt ca 26 %. Det motsvarar 7,4 MWh/år och hus.

./. De månadsvisa nätförlusterna redovisas i procent och absoluta tal i bilaga nr 15b.

Systemet är försett med rundgångar som kraftigt bidrar till den höga energiförlusten.

4.3.3 Malmö, Kristineberg

Området består av 35 st 1 1/2 plans villor utan källare, byggda 1965. Anslutning till fjärrvärme gjordes 1979. Det maximala effektbehovet är 12 kW.

./. Kulverten är av typen Pan-Isovit med dimensioner 15-65 mm, se bilaga nr 16a.

Distributionsnätet, som ligger inom huvudnätet, uppgår till 39 m/hus varav 1 m är inomhusledning.

Mätningarna startade 1980 och den redovisade mätperioden startade juli -80.

Den i husen tillgodogjorda ej uppmätta energin är 0,2 MWh/år, hus eller 0,6 %, och mätfelet är 2,3 %.

Nätförlusten under perioden juli -80 - juni -81 är ca 31 %. Det motsvarar 7,4 MWh/år och hus.

./. De månadsvisa nätförlusterna redovisas i procent och absoluta tal i bilaga nr 16b.

Den höga nätförlusten beror på mycket låg energitäthet och rundgångar.

4.4 SEKUNDÄRANSLUTNING MED GEMENSAM VÄRMEVÄXLING OCH VARMVATTENBEREDNING I GENOMSTRÖMNINGSBEREDARE (4-rörsystem)

4.4.1 Uppsala, Kv. Clementinen

Området består av 27 st 1 1/2 plans radhus utan källare, byggda 1979. Det bedömda maximala effektbehovet uppgår i genomsnitt till 10,9 kW per hus.

./. Kulverten är Aquavarm med dimensioner 18-42 mm, se bilaga nr 17a.

Distributionsnätet, som är en del i Knivstas huvudnät, uppgår till 10,5 m/hus varav 6 m är inomhusledning.

Mätningarna startade januari 1980 och den redovisade perioden startade feb -80.

Den i husen tillgodogjorda ej uppmätta energin är 0,8 MWh/år och hus eller 4,5 %. Mätfelet är 0,1 %.

Nätförlusten under perioden feb -80 - dec -81 är i genomsnitt ca 7 %. Det motsvarar 1,2 MWh/år och hus.

./. De månadsvisa nätförlusterna redovisas i procent och absoluta tal i bilaga nr 17b.

Minskningen i nätförlusten mellan de båda mätåren beror på att plattvärmväxlarna i abonnentcentralen har värmeisolerats, vilket skedde i okt -80. Områdets låga nätförlust beror på hög energitäthet, låg värmegenomgång och relativt låg temperaturnivå i distributionssystemet. Vidare innebär ett 4-rörsystem att uppvärmningsdelen helt kan stängas av sommartid och därigenom inte dra några tomgångsförluster.

4.5 ANALYS AV FYSIKALISKA PARAMETRAR SOM PÅVERKAR NÄTFÖRLUSTERNA

De redovisade nätförlusterna varierar starkt mellan mätområdena och även årsvisa variationer inom ett och samma område förekommer. Nätförlusterna ligger inom 6-31 % och denna spridning kräver naturligtvis förklaringar.

Det är uppenbart att nätförlusterna påverkas av kulvertens isolering, ledningarnas grovlek, temperaturer på hetvatten och omgivningsluft samt kulvertlängd. Hur dessa faktorer kvantitativt bestämmer nätförlusterna redovisas nedan.

4.5.1 Beräkningsmetodik

Den momentana nätförlusten (effekt) är

$$P_f = k \cdot A \cdot D$$

där k = värmeegenomgångstalet ($W/m^2, ^\circ C$), relaterat till mediarörens mantelyta.

$$A = \text{mediarörens mantelyta (m}^2\text{)}$$

$$D = \frac{t_f + t_r}{2} - t_o \quad \text{d v s temperaturdifferens mellan hetvatten och omgivning (}^\circ C\text{)}$$

Här antas att transienta tillstånd kan försummas. Värmeegenomgångstalet k ses som ett effektivt årsmedelvärde för det betraktade distributionsnätet och inkluderar värmemotstånd i isolering och mark.

Den årliga nätförlusten (energi) fås genom integration över året.

$$W_f = k \cdot A \cdot \int D d\tau$$

där $\int D d\tau$ = gradtidtalet ($^\circ C \cdot h$, gradtimmar) för fjärrvärmedistribution, dvs ett mått på temperaturnivån i fjärrvärmenätet i förhållande till omgivningstemperaturen.

Den relativa nätförlusten är då

$$q_f = \frac{W_f}{W_i} = \frac{k \cdot A \cdot \int D d\tau}{W_i}$$

där W_i = inmatad energimängd till det betraktade fjärrvärmenätet.

Ovanstående uttryck kan även skrivas som

$$q_f = k \cdot \frac{\left(\frac{A}{L}\right) \cdot \int Dd\tau}{\left(\frac{W_i}{L}\right)}$$

där L = fjärrvärmenätets kulvertlängd (m).

Om uttrycket ovan baseras på förbrukad energi hos abonnenterna, W , istället för inmatad energi i fjärrvärmenätet, W_i , fås

$$\frac{q_f}{1-q_f} = k \cdot \frac{\left(\frac{A}{L}\right) \cdot \int Dd\tau}{\left(\frac{W}{L}\right)}$$

Detta uttryck kan användas för att beräkna nätförlusterna i ett projekterat fjärrvärmeområde.

Storleken på den relativa nätförlusten bestäms alltså av fyra parametrar.

- värmegenomgångstalet k , dvs isoleringsgraden
- specifika mantelytan A/L , dvs ledningarnas grovlek
- gradtidtalet $\int Dd\tau$, dvs ett mått på hetvattentemperaturen i förhållande omgivningstemperaturen
- linjetätheten W/L , dvs ett mått på fjärrvärmebehovets geografiska koncentration

Med utgångspunkt från mätresultaten för de 11 studerade områdena samt deras kulvertsträckor och -dimensioner har respektive mätområdes effektiva värmegenomgångstal kunnat beräknas enligt

$$k = \frac{q_f}{1-q_f} \cdot \frac{\left(\frac{W}{L}\right)}{\left(\frac{A}{L}\right) \cdot \int Dd\tau}$$

./.

Resultaten av dessa beräkningar redovisas i bilaga 19. Parametrarna har bestämts enligt följande:

- Den relativa nätförlusten har beräknats i enlighet med kap 2.1
- Den specifika mantelytan har beräknats genom att ur kulverttritningar för resp område mäta upp sträckor med olika dimensioner och sedan väga samman dessa, varvid områdets medeldimension erhållits. På grund av bristfälligt ritningsunderlag har värdena för Marieholm och Kristineberg dock uppskattats.

- Graddtidalet har beräknats med månadsmedelvärden för uppmätta hetvattentemperaturer och omgivnings-temperaturer. På grund av att temperaturmätningar inte gjordes i Sjötorpet har graddtidalet för detta område måst uppskattats.
- Linjetätheten har beräknats ur abonnenternas uppmätta årsmedelförbrukning och kulvertsträckor utomhus.

4.5.2 Resultatdiskussion

Resultaten från denna analys har givit kvantitativa svar på hur olika faktorer påverkar nätförlusterna och därmed gjort det möjligt att på ett enkelt sätt jämföra olika områden med avseende på isoleringsgrad, temperaturnivåer m m. Nedan diskuteras dessa parametrar områdesvis, och i förekommande fall hänvisas till resultatsammansättningen i bilaga 19.

./.

Linköping, Ektunavägen. Som nämdes i kap 4.1.1 har mätresultaten för 1978/79 förkastats på grund av orimliga resultat.

Denna typ av kulvert återfinns inte i något annat mätområde, varför en jämförelse avseende värmeegenomgångstalet får göras mot andra kulverttyper. Om asbestcementkulvertarna (kv Timjanen och Slädvägen) inte beaktas, så kan konstateras att denna stålrörskulvert har det högsta k-värdet.

Den specifika mantelytan, dvs mediarörens grovlek, är normal med hänsyn till bl a antal förbrukare.

Graddtidalet får anses vara något högt med hänsyn till klimatet, vilket kan förklaras av att rundgångar förekommer vilket höjer returtemperaturen.

Den geografiska koncentrationen av värmebehovet, dvs linjetätheten, är relativt hög, och området får ur denna synpunkt anses vara bra planerat för fjärrvärme.

Trots relativt högt värmeegenomgångstal och graddtidtal, är nätförlusterna låga, ca 10 %, främst tack vara hög linjetäthet.

Linköping, Långgatan. Mätresultaten för 1980/81 förkastas här på grund av orimliga resultat, se kap 4.1.2.

Detta område är, liksom de flesta andra, försett med Aquavarm-kulvert, och värmeegenomgångstalen för kulvertarna i dessa områden ligger alla på ungefär samma nivå; ca 1,5-2 W/m², °C. Med undantag för stålrörskulvert (Ektunavägen) och asbestcementkulvert (kv Timjanen och Slädvägen) är detta k-värde något högre än för övriga kulverttyper.

Den specifika mantelytan är mycket låg, främst beroende på få antal abonnenter i detta område.

Temperaturmätningarna visar att detta område har samma temperaturer i framledningarna som Ektunavägen, men trots rundgångar även här, är returtemperaturerna lägre. Grادتidalet är här ca 15 % lägre än för Ektunavägen på grund av detta.

Linjetätheten, dvs den geografiska koncentrationen av värmebehovet, är här relativt låg vilket påverkar nätförlusterna negativt. Trots detta stannar dessa förluster vid ca 8 % tack vare positiv verkan av de andra parametrarna.

Uppsala, kv Timjanen. Mätresultaten ligger här på en stadig nivå under en lång mätperiod.

Området är försett med asbestcementkulvert som utsatts för upprepade dränkningar (se kap. 4.1.3), vilket visar sig i att värmegenomgångstalet här är högt.

Med hänsyn till antalet förbrukare i detta område är den specifika mantelytan mycket liten, vilket tyder på bra dimensionering av mediarören.

Gradtidalet får anses vara normalt med hänsyn till klimat och anslutningsprincip.

Områdets linjetäthet är relativt hög vilket betyder bra planering av området ur fjärrvärmesynpunkt.

Det höga värmegenomgångstalet ger, trots goda förhållanden i övrigt, en relativ nätförlust om ca 16 %.

Malmö, Marieholm. Mätresultaten för 1980 diskuteras inte här på grund av att de är orimliga (se kap. 4.1.4).

Kulverten i detta område är Aquavarm, men jämfört med andra områden med samma kulvertyp är värmegenomgångstalet relativt högt.

Den specifika mantelytan har uppskattats ur angivna ledningsdimensioner.

Med hänsyn till klimatet är gradtidalet här mycket högt. På grund av att området byggdes 1930 och inte är planerat för fjärrvärme, är linjetätheten här relativt låg.

De relativa nätförlusterna är höga, ca 20 %, främst på grund av höga hetvattentemperaturer och låg energitäthet.

Västerås, Kronhjortsgatan. Även detta område är försett med Aquavarm-kulvert vilken är relativt bra dimensionerad och har ett medelbra värmegenomgångstal.

Hetvattentemperaturerna får med hänsyn till klimat och anslutningsprincip anses vara normala.

Området har dock en mycket låg linjetäthet vilket resulterar i relativt höga nätförluster, ca 19 %.

Västerås, Mårdvägen. Kulverten är även här Aquavarm vilken till viss del varit dränkt (se kap 4.1.6). Detta visar sig också i de relativa nätförlusterna som ökar mellan de båda mätperioderna på grund av ökat värmeomgångstal.

Den specifika mantelytan är med hänsyn till antalet abonnenter normal.

Liksom för Kronhjordsgatan får gradtidtalet anses vara normalt med hänsyn till klimat och anslutningsprincip.

Linjetätheten är här relativt låg vilket påverkar nätförlusterna negativt.

Nätförlusterna är även här relativt höga, ca 19 %, vilket förutom dränkningen främst beror på låg linjetäthet.

Uppsala, Slädvägen. Detta område är, liksom kv Timjanen, försett med asbestcementkulvert. Värmeomgångstalet är här mycket högt beroende på dålig isolering m m (se kap 4.2.1).

Distributionssystemet är överdimensionerat och har de största förbrukarna längst bort, vilket visar sig i hög specifika mantelyta.

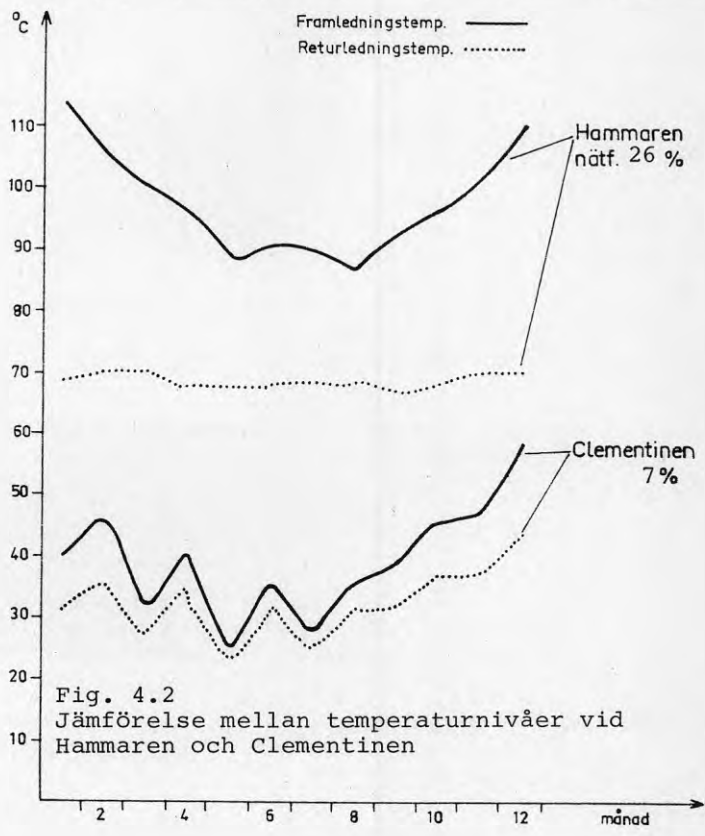
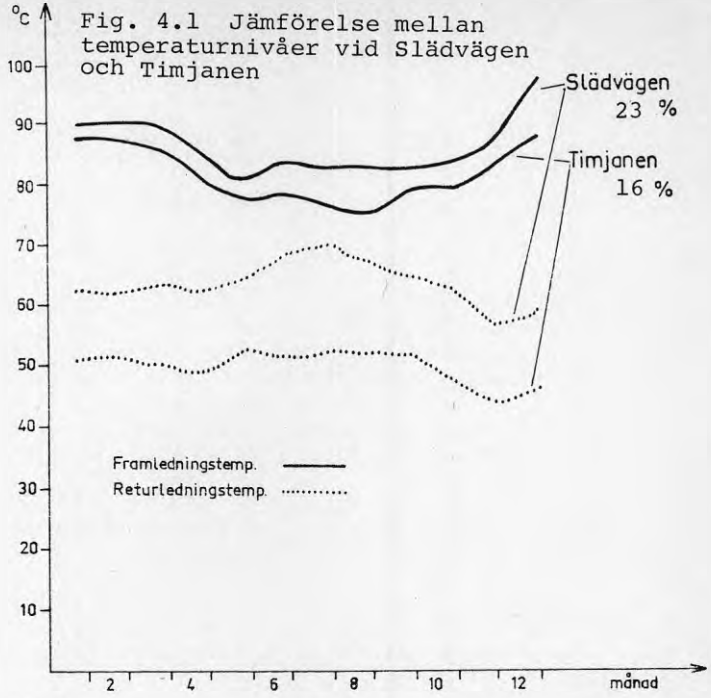
Hetvattentemperaturerna är höga vilket medför högt gradtidtal. I figur 4.1 jämförs temperaturnivåerna för kv Timjanen och Slädvägen.

Området har dock mycket hög linjetäthet men trots detta är de relativa nätförlusterna höga, ca 23 %, på grund av högt värmeomgångstal, höga temperaturer och grova mediarör.

Växjö, Sjötorpet. Detta område är egentligen uppdelat i två områden, Sjötorpet II och Sjötorpet III, men av mättekniska skäl redovisas de som ett enda område. Kulverten är här Virsbo Pex i skålad mineralull, och dess värmeomgångstal är i genomsnitt ca $1,2 \text{ W/m}^2, ^\circ\text{C}$ vilket är ett jämförelsevis mycket bra värde.

Mediarörens specifika mantelyta är mycket stor, vilket trots många abonnenter tyder på en viss överdimensionering.

Systemet är sekundäranslutet och dimensionerat för temperaturerna $80/60 \text{ } ^\circ\text{C}$ i fram-respektive returledning. Här förekommer rundgångar vilket medför höga returtemperaturer och gradtidtalet är också därför relativt högt. Gradtidtalet har dock uppskattats ur beräknade temperaturdifferenser mellan fram- och returledning i matande punkt.



Värmebehovets geografiska koncentration, dvs linjetätheten, är här relativt låg.

Trots kulvertens låga värmegenomgångstal är nätförlusterna här relativt höga, ca 20 %, beroende på grova mediarör, höga mediatemperaturer och låg linjetäthet.

Luleå, Hammaren. Området är försett med friktionsfixerad plaströrskulvert av fabrikat ICM, vilken har det lägsta värmegenomgångstalet i denna studie.

Mediarören är dock överdimensionerade bl a beroende på ändrade utbyggnadsplaner i området.

Distributionsnätet matas från en transportabel panncentral, vilken orsakar höga temperaturer i systemet, se figur 4.2. Dessutom förekommer rundgångar vilket medför höga returtemperaturer. Dessa faktorer medför ett extremt högt gradtidtal.

Den mycket låga linjetätheten tyder på dålig planering av området ur fjärrvärmesynpunkt.

Trots det låga värmegenomgångstalet är nätförlusterna höga, ca 26 %, beroende på överdimensionering, mycket höga temperaturer och låg koncentration av värmebehovet.

Malmö, Kristineberg. Detta område är försett med kulvert av fabrikat Pan-Isovit, vars värmegenomgångstal är relativt bra.

Den specifika mantelytan har uppskattats ur angivna ledningsdimensioner.

Med hänsyn till klimat och anslutningsprincip är gradtidtalet här något högt, främst beroende på att rundgångar förekommer.

Området byggdes 1965 men anslöts till fjärrvärme 1977. Att detta område inte är planerat för fjärrvärme framgår av den extremt låga linjetätheten.

De mycket höga nätförlusterna - ca 31 %, beror här i stort sett uteslutande på den mycket låga koncentrationen av värmebehovet.

Uppsala, Clementinen. Området har Aquavarmkulvert och dess värmegenomgångstal är karakteristiskt för detta fabrikat i denna studie.

Anslutningsprincipen för detta område (4-rörssystem) innebär att den specifika mantelytan är hög, vilket i detta fall inte betyder att mediarören därför är överdimensionerade.

Eftersom detta är ett typiskt lågtemperatursystem (se fig 4.2) är gradtidtalet extremt lågt.

Området är mycket bra planerat ur fjärrvärmesynpunkt, vilket framgår av den höga linjetätheten.

Nätförlusterna i detta område är mycket låga, ca 7 %, tack vare bra planering och låga temperaturer. Nackdelen med denna typ av system, stor specifik mantelyta, uppvägs av fördelen med låga temperaturer. Dessutom kan uppvärmningsdelen helt stängas av sommartid vilket minskar värmeförlusterna.

Synpunkter och slutsatser. Isoleringsförmågan hos en fjärrvärmekulvert försämras med tiden beroende på åldring av isolermaterial, upprepade dränkningar av kulverten m m.

I allmänhet förbättras med tiden erfarenheterna som ligger till grund för dimensioneringen av mediarören. Här spelar ökade kunskaper om sammanlagringsfenomen en stor roll.

Ökade energipriser medför även att fjärrvärmeplanerad bebyggelse blir mer koncentrerad i form av bl a radhus, samt att temperaturerna i distributionssystemen hålls på så låg nivå som möjligt för att minska värmeförlusterna.

Konsekvensen av detta måste vara att nätförlusterna minskar ju senare ett område planeras för och ansluts till fjärrvärme. Denna tendens illustreras i figur 4.3.

Trots högt värmegenomgångstal för kv Timjanen, är nätförlusterna måttliga, ca 16 %. Med bättre kulvertförhållanden, antag k -värdet $2 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$, så sjunker nätförlusterna till 8 %. Med samma antagande för Slädvägen så sjunker nätförlusterna från 23 % till 9 %.

Slädvägen utgör även ett exempel på överdimensionerade mediarör. Under antagandet att den specifika mantelytan är $0,2 \text{ m}^2/\text{m}$, sjunker nätförlusterna 5 %. Även distributionssystemet i Hammaren är överdimensionerat. Antas den specifika mantelytan vara $0,25 \text{ m}^2/\text{m}$ så sjunker nätförlusterna här 4 %.

Onödigt höga mediatemperaturer på grund av rundgångar, dålig returtemperaturreglering i abonnentcentraler m m, påverkar nätförlusterna negativt. Här kan Hammaren tas som exempel. Sänks temperaturnivån till motsvarande gradtidtalet $5,8 \cdot 10^5 \text{ } ^\circ\text{C h}$ så sänks nätförlusterna 3 %.

Kristineberg, som har en nätförlust om ca 31 %, planeras inte alls för fjärrvärme. Som åskådningsexempel antas att linjetätheten är $1,5 \text{ MWh/m}$ vid i övrigt konstanta förhållanden, dvs bebyggelsen antas vara tätare. De relativa nätförlusterna skall i så fall vara ca 11 %.

Nätförlust

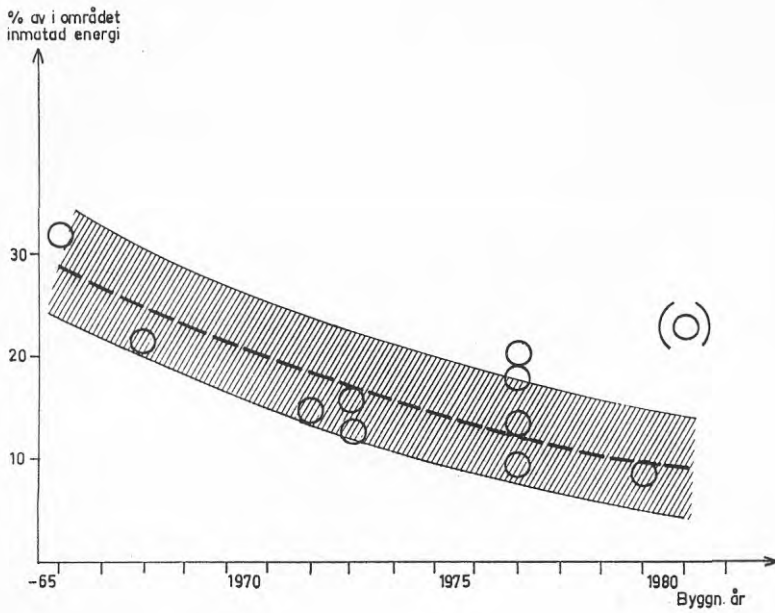
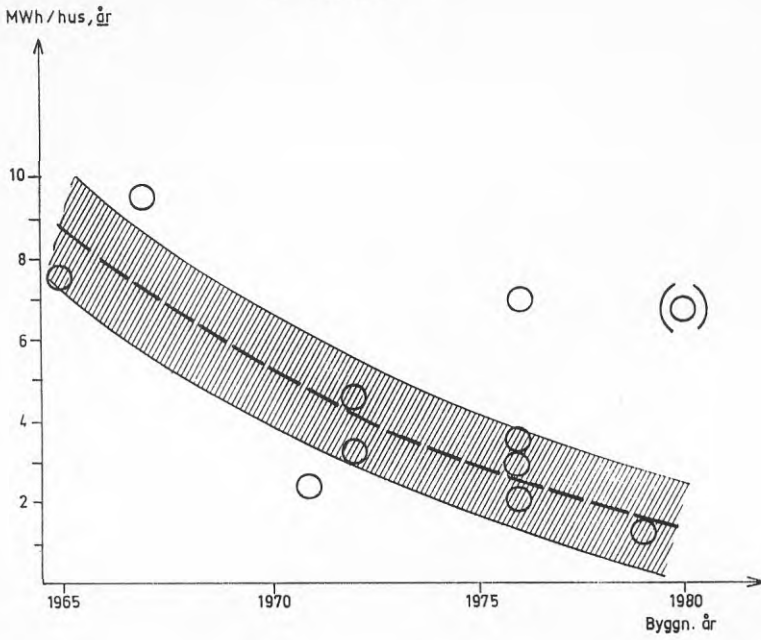


Fig 4.3 Närförlusten som funktion av byggnadsår för de olika provområdena.

Om samma linjetäthet antas för Clementinen, dvs sämre områdesplanering, fördubblas där nätförlusterna. Med samma antagande för Hammaren, dvs en dryg fördubbling av linje tätheten, sjunker nätförlusterna från 26 % till 14 %.

Dessa enkla åskådningsexempel visar i hur hög grad några områdets nätförluster påverkas av olika fysikaliska parametrar. Det framgår klart att nätförlusterna kan hållas på en fullt acceptabel nivå om följande beaktas:

. God kulvertkvalité och förläggningsteknik

De kulverttyper som i dag huvudsakligen används vid nyanläggningar har acceptabla egenskaper vad gäller isoleringsförmåga, hållbarhet mot marksättningar, påverkan av fukt etc. Dessutom är ofta larmtrådar inlagda så att fuktstörningar snabbt kan lokaliseras och åtgärdas. Tillfredsställande dränering, återfyllning med skonsamt material och goda rörelsemöjligheter för kulverten är nödvändiga förutsättningar för låga kulvertförluster.

. Optimal dimensionering

Tidigare valdes väl tilltagna rördimensioner vid installationen. Sparåtgärder hos abonnenterna ökar ytterligare överdimensioneringen. Med kännedom om verklig sammanlagring kan dock nyanläggningar optimeras med god noggrannhet.

. Låg temperaturnivå

Övervakning av drifttemperaturer anslutningsprincip och installationen inom byggnaderna är faktorer som alla påverkar temperaturnivån i nätet. Detsamma gäller även okontrollerade rundgångar, varför sådana bör undvikas.

. Hög energitäthet

Högsta möjliga energitäthet fås genom att kulvertlängden per hus minimeras. Detta åstadkommes genom korta matningsledningar och centralt placerade växlingspunkter, dvs att värmebehovet koncentreras rent geografiskt.

5. SAMMANLAGRING

5.1 TEORI

När man dimensionerar distributionsnät och konstruerar tariffer både för el och värme, är sammanlagring ett centralt begrepp. Maximum för summan av ett antal belastningar är alltid mindre än summan av maximum för de enskilda belastningarna och kvoten mellan de båda talen definieras som sammanlagringsfaktorn.

Beroende på slumpmässiga faktorer och skilda brukarvanor behöver alltså inte en abonnent större andel av kapaciteten av distributionssystemet på en viss nivå, än vad som motsvaras av sammanlagringsfaktorn multiplicerat med abonnentens egen maxeffekt. Man kan således göra stora besparingar både i investeringskostnader och nätförluster vid dimensioneringen av ett system om sammanlagringen i olika punkter kan bestämmas relativt noggrant.

Man har visat (1) att elektriska hushållsbelastningar under högladdtid är normalfördelade och om man antar att de enskilda belastningarna är lika och oberoende får man följande uttryck för maxeffekten per abonnent som funktion av antalet (1):

$$\frac{P}{n} = a + b \times \sqrt{\frac{1}{n}} \text{ där } a \text{ och } b \text{ är konstanter}$$

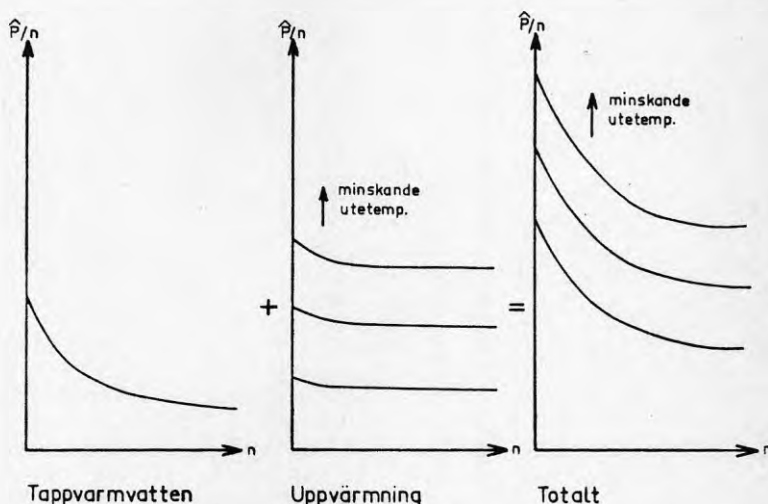
Ur detta uttryck kan även Velanders formel (2) härledas.

Det vanliga antagandet, att belastningarna är okorrelerade, dvs oberoende, är emellertid inte alltid sant, särskilt inte för värmebelastningar. Om man i stället antar att belastningarna är korrelerade och att korrelationskoefficienten mellan två av belastningarna är ρ (3) får man:

$$\frac{P}{n} = a + b \times \sqrt{\frac{1-\rho}{n}} + \rho \text{ där } 0 \leq \rho \leq 1$$

Vid fjärrvärmedistribution finns i den rena värmelasten en stark korrelation via utetemperaturen. Tappvarmvattenbelastningen är däremot mer okorrelerad, men är starkt beroende av systemtyp (Genomströmningsberedare, 4 rörsystem och förrådsberedare). I princip har man alltså en sammansättning mellan två slags belastningar, se figur 5.1.

Fig. 5.1 SCHEMATISK BESKRIVNING AV SAMMANLAGRING FÖR TAPPVARMVATTEN OCH UPPVÄRMNING



5.2 SYFTE

Syftet med sammanlagringsmätningarna var att få fram bättre tumregler för sammanlagringen i villaområden med olika systemtyper. Eftersom mätutrustning och mätorganisation fanns, erfordrades det endast en del tilläggskostnader för att genomföra sammanlagringsmätningarna.

5.3 MÄTPLATSER

Valet av mätplatser har baserats på geografisk belägenhet och på områdets utformning.

Kvarteret Timjanen i Uppsala är ett av de två områden som valts för bestämning av sammanlagringen. Mätplatsen bedömdes vara lämplig eftersom den kan anses vara representativ för Mellansverige. Området matas ifrån två summepunkter. Detta möjliggjorde en sektionering av det lokala nätet utan att äventyra energileveranssäkerheten. I området, som består av 86 lika källarförsedda villor, finns det ett antal avstängningsventiler. Detta har medfört att sammanlagringen har studerats vid 1, 11, 16, 33, 53, 70, 75 och 86 hus.

Det andra området som sammanlagringen studerats i är kvarteret Hammaren i Luleå. Området bedömdes vara intressant, eftersom det råder låga utomhustemperaturer relativt långa perioder. Området, som består av 85 villor, matas ifrån en undercentral, som i sin tur matas ifrån en transportabel panncentral. Ifrån undercentralen utgår två kulvertar, som försörjer 15 respektive 70 villor. För att kunna mäta på flera husgrupper har en provisorisk mätkur placerats i området. Härifrån kan sammanlagringen för 5 respektive 24 villor bestämmas. Vidare har det funnits utrustning i vissa av husen för att kunna bestämma effektbehovet.

5.4 MÄTUTRUSTNING

För att kunna mäta värmeeffekterna visade sig de magnetiska bandspelarna ha allt för dålig tidsupplösning. De ackumulerar effektsignalerna under en timme och redovisar detta värde. Detta innebär att effekttoppar med kort varaktighet inte registrerades.

I stället införskaffades 12 st effektmätare av typen värme-effekt-mätare FB 112. Effektmätare inkopplas direkt på integreringsverket. Effektmätaren analyserar och omvandlar pulsutgången ifrån integreringsverket till analoga utgångar och redovisar detta som värmeeffekt, flöde och temperaturdifferens. Utvärderingen är baserad på medelvärdet av mätförloppet under 4 kontaktvarvspulser, vilket kan vara lika med ett centrumvarv på flödesmätaren. Detta innebär att effekttoppar av mycket kort varaktighet registrerades. Via en inbyggd tillsats var det möjligt att mäta utomhustemperaturen. Detta gjordes i några punkter i varje mätplats.

Till varje effektmätare, som har visande instrument, har det kopplats en linjeskrivare. Pappersremsorna ifrån dessa skrivare har sedan använts för att utvärdera sammanlagringen.

5.5 MÄTRUTINER

I kvarteret Timjanen påbörjades mätningen under mars månad 1981, men den månaden användes till injustering av mätutrustningen. Den egentliga mätperioden sträckte sig fr o m april till maj månad. Detta innebar att sammanlagringen under några extremt kalla dagar aldrig erhöles. 8 st enskilda abonnenter utvaldes. Urvalskriterium var att alla skulle vara medelenergiförbrukare i området. Hos var och en av dessa abonnenter placerades en effektmätarutrustning. I varje inmatningskammare placerades också en effektmätarutrustning.

I kvarteret Hammaren påbörjades mätningar under november 1981, men här upptäcktes ganska snart att de befintliga integreringsverken lämnade ifrån sig felaktiga signaler. Detta innebar att integreringsverken fick utbytas, vilket även förde med sig utbyte av kontaktverk och flödesmätare. Alla dessa modifieringar innebar att de egentliga mätningarna inte startade förrän i februari 1982. 5 st enskilda abonnenter utvaldes, på samma premisser som i kvarteret Timjanen. Vidare placerade en effektmätarutrustning för 5, 15, 24 respektive 70 hus.

5.6 UTVÄRDERING AV MÅTRESULTAT

För båda områdena gäller att maxeffektvärdet för dygnet har använts. Samtidigt har utomhustemperaturen avlästs. Värdena har korrigerats för mätfel och nätförluster.

För de enskilda abonnenterna har medelvärdet av respektive abonnents maxeffektvärde beräknats.

Sammanlagringskurvorna för de båda områdena vid olika utomhustemperaturer redovisas i fig. 5.2 och 5.3. I figur 5.4 redovisas en sammanställning över sammanlagringskurvorna för utomhustemperaturerna $+ 0^{\circ}\text{C}$ och -5°C för de båda mätplatserna.

För kvarteret Timjanen, där sammanlagringen inte kunde bestämmas vid dimensionerande utomhustemperatur, kan man av de kurvor som redovisas dra den slutsatsen att någon sammanlagring i uppvärmningsenergi knappast föreligger, utan sammanlagringen går helt att hänföra till tappvarmvatteneffekten. Denna slutsats baserar sig på att sammanlagringskurvorna för olika temperaturer är parallella. Detta stämmer väl med tidigare redogjord teori.

För kvarteret Hammaren har sammanlagringen bestämts även vid dimensionerande utomhustemperatur. Detta är av stort värde vid kulvertdimensioneringen.

Skillnaden mellan sammanlagringskurvornas lutning, se figur 5.4, för de båda områdena går troligen att finna i hur tappvarmvattnet bereds. I kvarteret Timjanen finns förrådsberedare medan i kvarteret Hammaren finns genomströmningsberedare. En förrådsberedare har tillgång till begränsad effekt, medan en genomströmningsberedare har möjlighet att ta ut flera gånger större effekt. Av denna orsak gick det inte att bestämma den maximala effekten hos en abonnent då det var låg utomhustemperatur i kvarteret Hammaren. Detta har dock inte så stor betydelse eftersom det är intressant att se sammanlagringens inverkan då abonnentantalet ökar. F. ö beror skillnaden i effektbehov vid samma temperatur mellan husen i Luleå och Uppsala på att husen i Luleå är mindre och bättre isolerade.

Fig. 5.2 SAMMANLAGRING AV MAX.EFFEKTER VID
OLIKA TEMPERATURER I UPPSALA

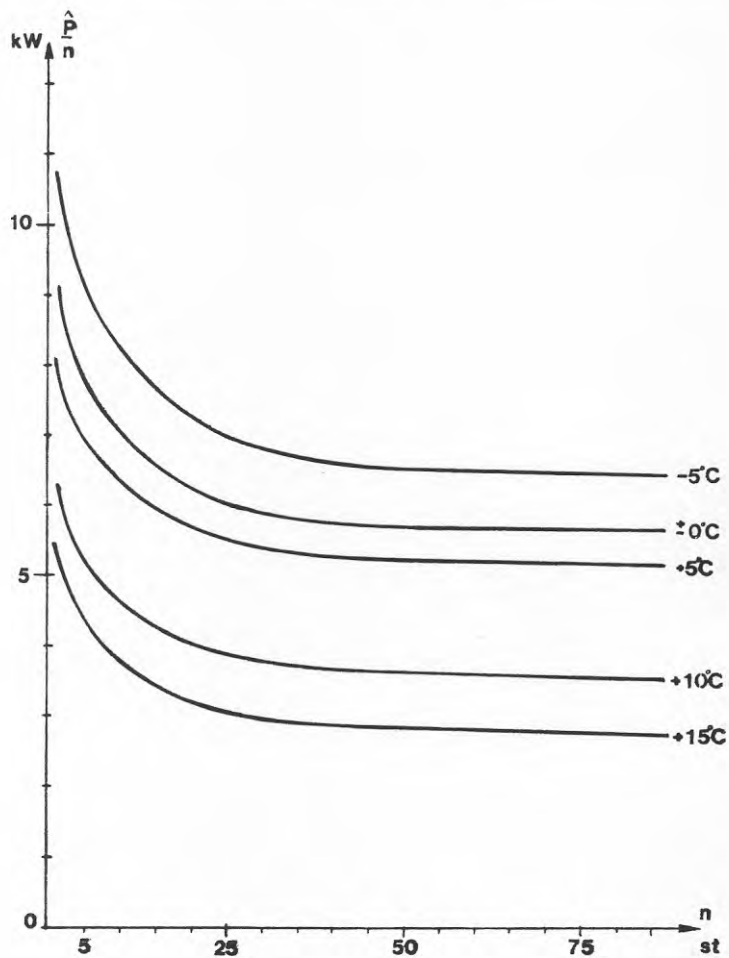


Fig. 5.3

SAMMANLAGRING AV MAX.EFFEKTER VID
OLIKA TEMPERATURER I LULEÅ

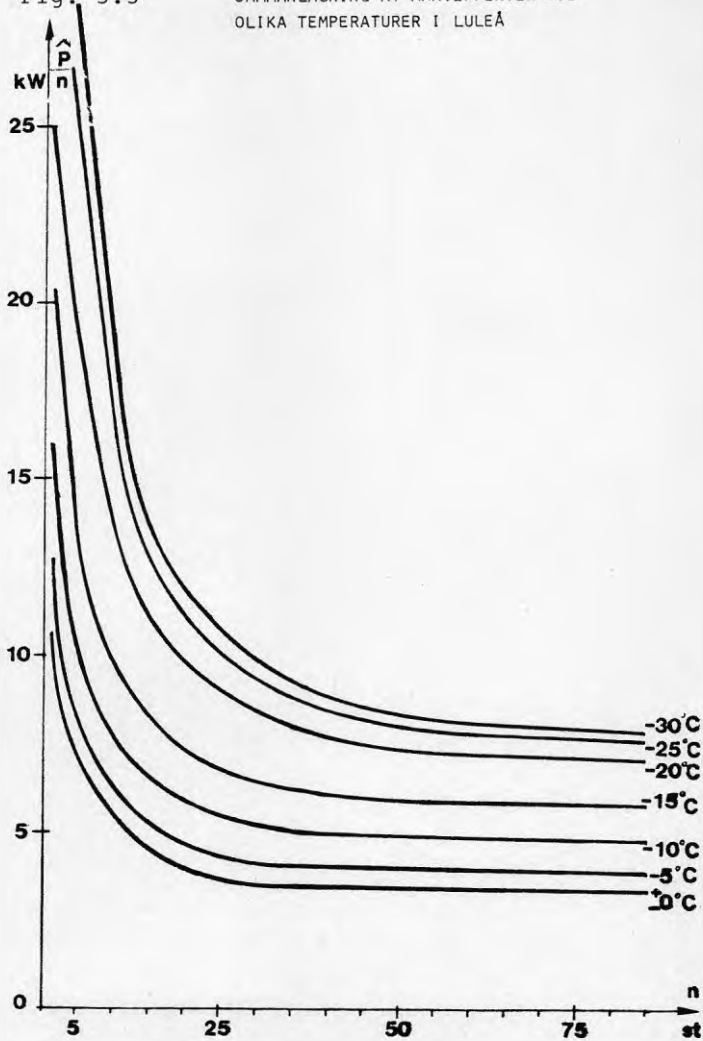
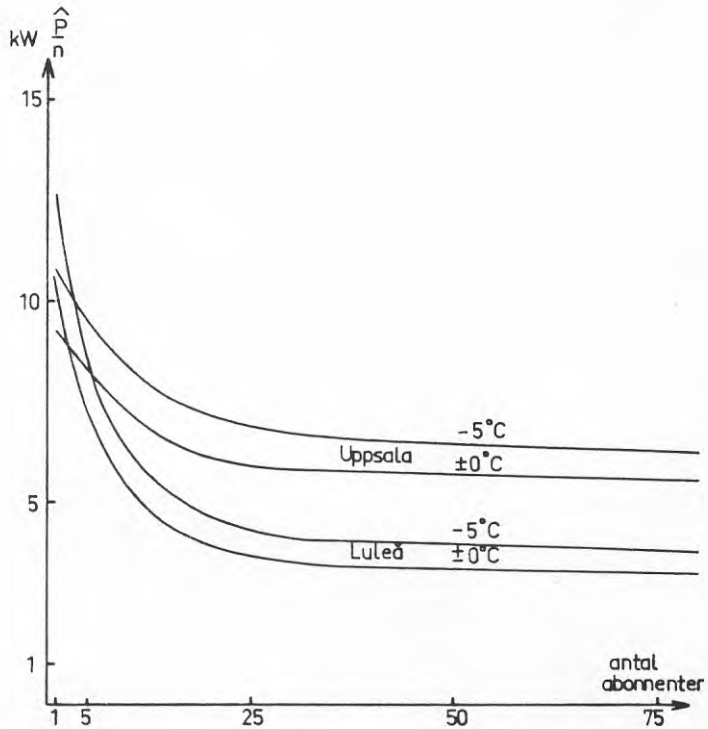


Fig. 5.4 JÄMFÖRELSE MELLAN SAMMANLAGRING I
LULEÅ OCH UPPSALA



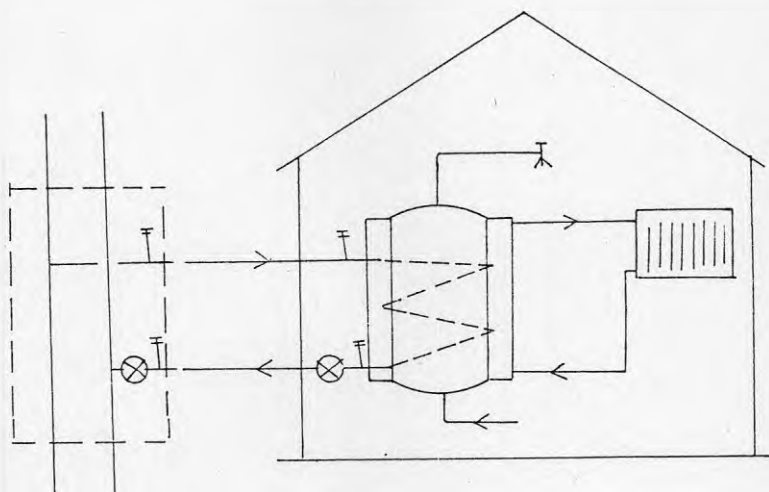
Som slutsats kan noteras att den teoretiska principen i figur 5.1 är giltig, men att stora skillnader finns mellan olika systemtyper. Dock bör försiktighet iakttagas vid generalisering till andra områden och systemtyper.

- (1) Rusck, S.: Sammanlagringar av belastningar och spänningsfall i detaljdistributionsnät. ELTEKNIK Nr 1, 1967.
- (2) Diskussionsinlägg av S. Velander vid Svenska Elverksföreningens årsmöte 1952. SEF:s handlingar nr 23, 1952, sid 35-50.
- (3) Sundell, J.: Simulation Model of Heat Pump System for Single Family Dwellings, sid 6.6-6.15. Institutionen för Elektrisk Anläggnings-teknik, KTH, Stockholm 1980.

1

PRIMÄRANSLUTNING MED HOPBYGGD VÄRMEVÄXLARE OCH FÖRRÄDSBEREDARE I VARJE HUS

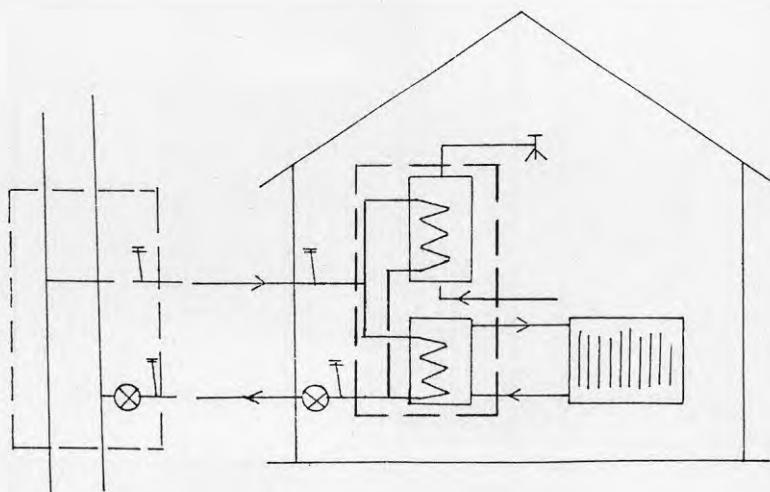
MÄTOBJEKT: UPPSALA (TIMJANEN), LINKÖPING (EKTUNAVÄGEN+LÅNGGATAN)
MALMÖ (MARIEHOLM), VÄSTERÅS (KRONHJORTSGATAN+MÅRDVÄGEN)



2

PRIMÄRANSLUTNING MED VÄRMEVÄXLARE OCH GENOMSTRÖMNINGSBEREDARE I VARJE HUS

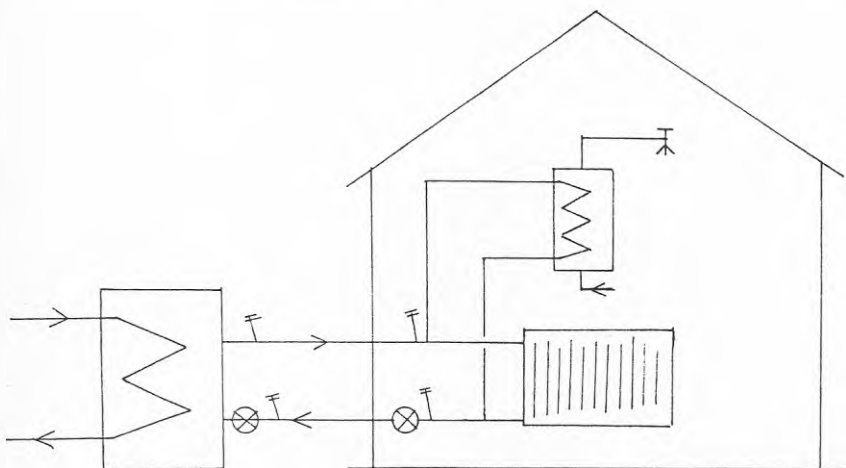
MÄTOBJEKT: UPPSALA (SLÄDVÄGEN)



3

SEKUNDÄRANSLUTNING MED GEMENSAM VÄRMEVÄXLING OCH
SEPARAT GENOMSTRÖMNINGSBEREDARE FÖR TAPPVARMVATTEN

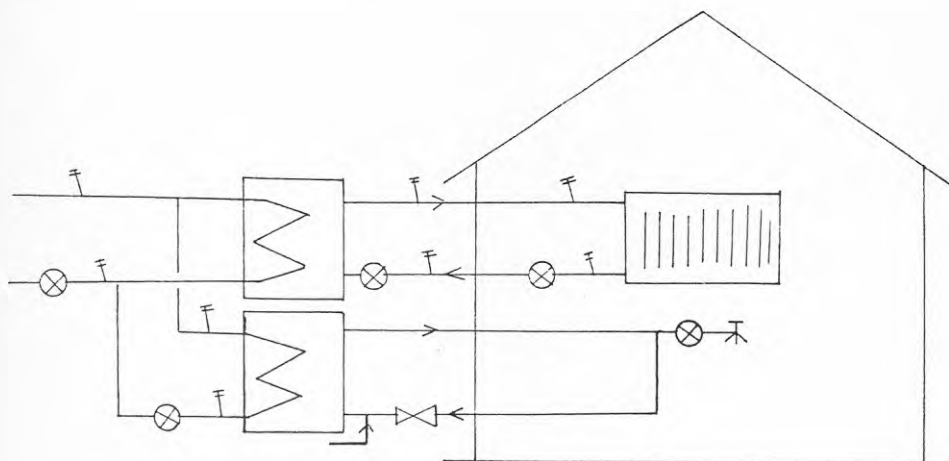
MÄTOBJEKT: VÄXJÖ (SJÖTORPET II + III), LULEÅ (HAMMAREN),
MALMÖ (KRISTINEBERG)



4

SEKUNDÄRANSLUTNING MED GEMENSAM VÄRMEVÄXLING OCH
VARMVATTENBEREDNING I GENOMSTRÖMNINGSBEREDARE
(4-RÖRSSYSTEM)

MÄTOBJEKT: UPPSALA (CLEMENTINEN)



Sammanställning över mätobjekt för nätförlust och sammanlagringsfaktor i småhusområden med fjärrvärme

Antal hus	Linköping Ektunavägen	Linköping Långgatan	Uppsala kv Timjånen	Malmö Marjoleim	Västerås Kronhjörtsg.	Västerås Mårdvägen	Uppsala Slädvägen	Växjö Sjötorget	Luleå Hammarén	Malmö Kristineberg	Uppsala Cementininen
Hustyp	14 1 1/2-plan källare	6 1 1/2-plan	86 1-plan källare	14 villor 1 1/2-plan källare	38 villor	87 radhus 2-plan	49 1-plan källare	88 friliggande småhus	85 friliggande småhus	35 villor 1 1/2-plan utan källare	27 2-plan
Byggnadsår (Fjärrvärmeanslutning)	1971-72	1974	1972	1930 (1978)	1976-79	1976-79	1967-69	1976	1979-80	1965 (1977)	1979
Anslutningsprincip	primär	primär	primär	primär	primär	primär	primär	sekundär	sekundär	sekundär	sekundär
Varmvattenberedare	förråd	förråd	förråd	förråd	förråd	förråd	genomstr	sep genomstr	sep genomstr	sep genomstr	sep genomstr
Kulverttyp	stälror	Aquavarm	Asbest- cement	Aquavarm	Aquavarm	Aquavarm	asbest- cement	Virso-Pex skål min ull	ICM	Pan-Isovit	Aquavarm
Dimensioner mediarör (mm)	20-40	15-22	20-40	20-50	18-70	18-70	25-65	28-90	25-125	15-65	18-42
Längd (m/hus)	14	0,5	11,4	4,5	2	1	19,8	-	1	1	5,9
inomhus	8,5	15,5	10,9	39,5	31	15	9,3	20	28,1	38	4,6
Abonnentcentral	Thermia FJV 200	CTC FJV 29	Thermia FJV 200	CTC Teknoterm m fl	CTC FJV 29	CTC FJV 29	Parca Parcett	Redan 65 b Parca Pk 1 CTC FJV 14	Redan	Redan	AGA-CTC
Flödesmätare (småhus)	Hydrometer	Hydrometer	Hydrometer	Pollux Istameter	Hydrometer	Hydrometer	GMF Hydrometer	Pollux	Valmet	GMF	Hydrometer
Integreringsverk (småhus)	SZB	SZB	SVM-67	SVM-67	GMF	GMF	SVM-67	SVM	Valmet	SVM-67	SVM-67

Korrigerig av månadsvärden

På ett antal år korrigeras den registrerade årsenergin (W_{reg}) hos abonnenterna med avseende på ett normalår till

$$W_{\text{korr}} = W_{\text{reg}} \left(0,3 \frac{\text{antal dagar}}{365} + 0,7 \frac{\text{uppmätta graddagar}}{\text{normalårets graddagar}} \right)$$

Empiriskt sätts varmvattenandelen till $VV = 0,3 W_{\text{korr}}$

Då man antar att varmvattenförbrukningen är konstant under året blir den per dag för normalåret

$$VV_{\text{dag}} = \frac{VV}{365} = \frac{0,3 W_{\text{korr}}}{365}$$

På registrerad månadsenergi ($W_{\text{reg,mån}}$) korrigeras värmeenergin för månaden till (utan varmvattenandelen)

$$W_{\text{korr,mån}} = \frac{W_{\text{reg,mån}} - (\text{antal dagar i månaden}) \times VV_{\text{dag}}}{\frac{\text{uppmätta graddagar under månaden}}{\text{normala graddagar under månaden}}}$$

och den totala energin för månaden sätts till

$$W_{\text{korr,mån,tot}} = \begin{cases} W_{\text{korr,mån}} + \text{antal dagar} \times VV_{\text{dag}} & \text{då } W_{\text{korr,mån}} > 0 \\ W_{\text{reg,mån}} & \text{då } W_{\text{korr,mån}} < 0 \end{cases}$$

Om man antar att kulvertförlusten under en månad är konstant, fås den korrigerade differensen mellan levererad energi per månad ($W_{\text{lev,mån}}$) och registrerad månadsenergi till

$$D_{\text{korr,mån}} = (W_{\text{reg,mån}} - W_{\text{lev,mån}}) \frac{\text{dag}_{\text{korr}}}{\text{dag}_{\text{uppm}}}$$

där dag_{korr} = antalet dagar i den månad man korrigerar till

dag_{uppm} = antalet dagar under mätperioden

Vi får sedan den levererade månadsenergin korrigerad till

$$W_{\text{lev,mån,korr}} = W_{\text{korr,mån,tot}} + D_{\text{korr,mån}}$$

varefter slutligen den korrigerade differensen i % blir

$$\Delta \% = \frac{D_{\text{korr,mån}}}{W_{\text{lev,mån,korr}}} \times 100$$

Kassetbyte och avläsning får ej göras 5 minuter före till 5 minuter efter jämn timme. Om mätarna har decimalkomma, angives detta i räkneverksställningen.

Bilaga 4a.

Bandspelare V3 14174 Kassettens kodnr:

	Dag	Mån	År	Tim	Min	Veckodag
start	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/> dag
stopp	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/> dag

Kanal A

Värmemängd

Mätare nr: 22279 -----

start (sort, konstant) MWh x 10

stopp MWh x 10

Vattenmätare

(placerad separat)

start m³

stopp m³

start m³ x 10

stopp m³ x 10

Kanal B

Framledningstemperatur

Mätare nr: -----

start °C x tim

stopp °C x tim

start tim

stopp tim

Kanal C

Returledningstemperatur

Mätare nr: -----

start °C x tim

stopp °C x tim

start tim

stopp tim

Mätplats: Clementinen, prim UC -----

Mätobjekt: -----

Anmärkingar: exkl. varmv. -----

tenfall

MÄTUTRUSTNINGEN OCH DESS MÄTFEL

Med hjälp av ett integreringsverk, ett par temperaturgivare samt en hetvattenmätare, kan förbrukad energi räknas fram i ett varmvattensystem. Behandlingen av mätvärden från temperaturgivare och hetvattenmätare sker i integreringsverket. I princip så kan man säga att följande matematiska formel används av integreringsverket för att räkna fram förbrukad energimängd:

$$W = \int_0^t k \cdot q \cdot (T_f - T_r) \cdot dt$$

där de ingående faktorernas betydelse är,

W = den förbrukade energimängden (Wh)

k = värmekapacitivet

q = genomströmmad volym per tidsenhet

T_f = temperaturen på framledningen

T_r = " - returledningen

t = integrationstiden (1 tim)

I den framräknade energimängden finns det fel, som uppstått p g a ofullkomligheter både i mätgivare och integreringsverk. Mätgivarna (temperaturgivare och hetvattenmätare) har vissa givarfel men även vissa systematiska fel. Hos integreringsverket finns i princip endast ett elektroniskt fel vid beräkningen av energin. Integreringsverkets fel är betydligt mindre än både temperaturgivarnas och hetvattenmätarnas fel, vilket kan konstateras vid kontroll av mätarna. Hos integreringsverken ligger ofta felet på någon procent, emedan hetvattenmätaren kan ha ett mätfel ända upp till hundra procent. Temperaturgivarnas fel är relativt, då de mäts i par, och kan uppgå till ett par procent. Nedan redogörs för de enskilda mätgivarna.

1. Flödesmätare

De i projektet ingående flödesmätarna har alla varit mekaniska. Detta innebär att mätarna är behäftade med mekaniska fel av olika slag, såsom rörelsemotstånd, friktioner, slitage etc. Innan det mekaniska hjulet i vattenmätaren börjar snurra och registrera någon genomströmning av vatten, måste ett rörelsemotstånd övervinnas. I flödesmätarsammanhang har man definierat detta fel såsom ett intervall mellan 100 % och 5 % mät-onoggrannhet. 5 %-gränsen benämns - q_{min} . Från q_{min} sträcker sig 5 %-intervallet fram till q_t , s k delningslinjen, där felet övergår till att enbart vara 2 % av genomströmmad mängd. Detta mätfel, 2 %, sträcker sig förbi mätarens nominella mätpunkt - q_n till det maximala tillåtna flödet - q_{max} . Vid små vattenflöden är således onoggrannheten mycket stor, men å andra sidan är ju flödena små, och det absoluta felet blir tämligen litet.

I diagrammet, figur 5.1, visas ovan beskrivna samband mellan fel och flöde där:

q = flödet

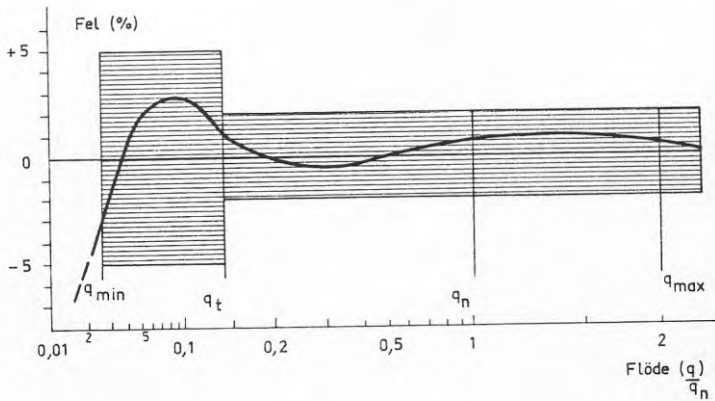
q_{\min} = mätarens lägsta tillförlitliga mätgräns

q_t = delningsgränsen mellan onoggrannheten 5 % och 2 %

q_n = nominella flödespunkten

q_{\max} = övre mätområdesgräns (därefter uppstår olinjariteter)

Fig. 5.1 Mätområdesgränser och exempel på felkurva



2. Temperaturgivare

Samtliga temperaturgivare som ingått i projektet har varit givare av motståndstyp, där motståndskroppen utgjorts av Pt100. Pt100 innebär att motståndet är av metallen platina och beteckningen "100" innebär att vid 0°C är motståndet genom tråden 100 Ohm. Rent matematisk uppvisar Pt100 en parabelkurva vid växande temperaturer, vilken dock skiljer sig åt för de enskilda givarna av tillverkningstekniska skäl o. dyl. Givarna måste dock på varje mätpunkt, dvs vid vissa temperaturer, kontrollmätas för att ej överskrida ett maximalfel. Detta maxfel är definierat av den Västtyska normen DIN, såsom:

$$T_{\text{fel}} = T \pm 0,3 + 0,005 \cdot T$$

Dessutom måste de godkända givarna därefter paras samman två och två. Normer för hur det ska gå till har stipulerats av den Västtyska provningsanstalten, PTB, och gäller för temperaturdifferenser i mätpunkter enligt:

0 < ΔT < 6	fel = +/- 0,1	($^{\circ}\text{C}$)
6 < ΔT < 30	0,2	
30 < ΔT < 50	0,3	
50 < ΔT < 100	0,5	
100 < ΔT	0,7	(ΔT =temperatordiff)

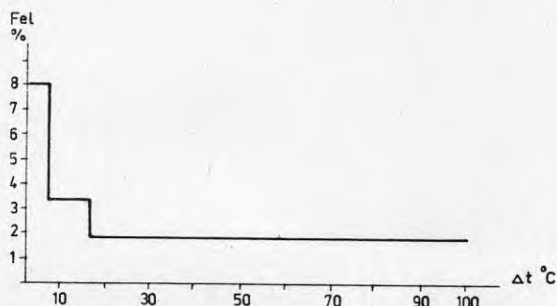
Själva parningen sker idag med datorer som kontrollerar givarnas samtliga uppmätta temperaturpunkter gentemot varandra.

Genom att enbart mäta temperaturdifferensen med parade givare hålls själva temperaturfelet tämligen litet och med en upplösning som ofta ligger på bättre än 1 $^{\circ}\text{C}$.

3. Integreringsverk

Integreringsverket samlar ihop mätresultaten från flödesmätaren i form av pulser. Varje puls motsvaras av en viss genomströmmad vattenmängd genom flödesmätaren. Integreringsverket mäter dock själv temperaturdifferensen ur temperaturgivarna. Denna mätning sker med en hög noggrannhet och uppkomna fel här beror oftast på ofullkomligheter hos givarna. Dessa ofullkomligheter kan ha uppstått p g a mekaniskt slitage o. dyl. Den Västtyska provningsanstalten, PTB, har även stipulerat normer för integreringsverkens maximala tillåtna fel, såsom "felfunktion av temperaturdifferensen", se figur 5.2. Dagens integreringsverk är elektroniska (räkneverket är mekaniskt) och redovisar förutom den ackumulerande energin oftast också flödet. Ur kurvan på figur 5.2 går det bl a att utläsa, att för en temperaturdifferens mellan fram- och returledningen, på under 5 $^{\circ}\text{C}$, får den resulterande energin endast ha ett fel på maximalt 8 %. I intervallet 5-15 $^{\circ}\text{C}$ 3,5 % samt därutöver ett fel på 2 %. Även kontrollen av integreringsverken sker idag med hjälp av datorer.

Fig. 5.2 Felkurvan för integreringsverk
inklusive termometrar enligt PTB



4. Kontroll av mätutrustning

Den utrustning som använts inom projektet hade före uppsättandet kontrollerats enligt normer. Endast de mätare som höll sig inom felgränserna har använts inom projektet. Efter det att mätningarna avslutats har en kontroll av de använda mätarna återigenom genomförts. Detta har gjorts för att kunna uppskatta mätutrustningarnas precision och status. Ur denna efterkontroll kan sedan de registrerade mätvärdena korrigeras m a p mätfelen.

Från varje mätplats har ett slumpmässigt urval gjorts av temperaturgivare, flödesmätare samt integreringsverk för efterkontroll. Denna kontroll har skett hos Malmö Energiverk (auktoriserad mätplats) som till sitt förfogande använt sig av egna masteranläggningar samt datoriserade provstationer.

Med hjälp av de uppkomna mätresultaten som kontrollmätningarna gett, har därefter det totala mätresultatet från "fältet" som erhållits från flera års mätningar, kunnat korrigeras på ett adekvat sätt för mätfel. Detta har skett med en statistisk metod som redovisas nedan.

5. Statistikbearbetning av mätresultat samt korrigering av mätvärden

Som tidigare framgått av rapporten har under mätperiodens längd timvärden registrerats för energin samt för fram- och returledningstemperaturerna i olika mätpunkter på de skilda mätområdena. Tyvärr har inte vattenflödena registrerats. Dessa värden har rekursivt uppskattats ur formeln:

$$W_e = k \cdot q \cdot (T_f - T_r) \quad (1)$$

för en timme.

Metoden som använts i detta fall, kallas för linjär regression. Linjär regression innebär i korthet att i ett kordinatsystem så kan en linjär kurva anpassas mellan å ena axeln "uppmätta" värden, å den andra axeln "riktiga" värden. Genom att därefter läsa av ett uppmätt värde utmed era axeln, så kommer linjen att ge motsvarande riktiga värde på andra axeln.

I detta fall är de uppmätta värdena, (de registrerade mätvärdena) erhållna ute på fältet. De riktiga värdena har erhållits vid efterkontrollen av mätutrustningarna.

Exempel: Vid kontrollmätning av temperaturgivare i tre punkter visar det sig att för de riktiga värdena 0, 50 och 100° C ger givaren mätvärden på 0,2, 50,4 samt 100,8° C. I ett vanligt koordinatsystem av x-y-typ går det nu att avsätta x-axeln. Naturligtvis efter samma skala. En rät linje kan nu anpassas mellan de tre skärningspunkterna $(x,y) = (0,2, 0), (50,4, 50)$ och $(100,8, 100)$. Vill man nu t ex få reda på vad 50 grader uppmätta av givarna motsvarar på riktigt, läser man bara av på x-axeln vid 50, prickar av skärningspunkten med kurvan och slutligen läser av resultatet på y-axeln, vilket torde vara ca 49,6° C. Den uppkomna linjen kan uttryckas i en ekvation som lyder:

$$y = a + b \cdot x \quad (2)$$

där a och b är korrektions-konstanter, x är x-axelns värde och y är y-axelns resultat-svar.

Korrektionskonstanternas noggrannhet ökar ju fler punkter som sätts av i koordinatsystemet. Och därmed blir även utfallet statistiskt noggrannare. Det är så man inom projektet gått till väga för att kunna mäta felen hos den enskilda mätkomponenterna. Var och en av de ingående mätarna har kontrollmätts deras mätresultat har först medelvärdesbehandlats och sedan anpassats till en rät linje. För var och en av temperaturgivarparen, flödesmätarna samt integreringsverken har därefter tre skilda kurvor ritats upp. Huvudformlerna som använts för detta ändamål är:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

$$\bar{y} = \frac{\sum Y_i}{n}$$

$$\bar{b} = \frac{\sum (x_i \cdot y_i) - \frac{\sum x_i \cdot \sum Y_i}{n}}{\sum (x_i^2) - \frac{(\sum x_i)^2}{n}}$$

$$y = \bar{\alpha} + \bar{\beta} \cdot (x - \bar{x}) = \bar{\alpha} - \bar{\beta} \cdot \bar{x} + \bar{\beta} \cdot x \quad (3)$$

där de ingående variablerna och konstanterna har följande betydelse:

\bar{x} = medelvärde av registrerade punkter x_i

n = antalet registrerade punkter

$\bar{\alpha}$ = korrektionsfaktor för riktiga punkter Y_i

$\bar{\beta}$ = korrektionsfaktor, anger även beroendet, om $\bar{\beta} = 0$ finns inget samband

y = den resulterande kurvan, utfallet

Om man nu gör en jämförelse mellan formlerna (2) och (3) så märks det att

$$1/ a = \bar{\alpha} - \bar{\beta} \cdot \bar{x} \quad \text{och}$$

$$2/ b = \bar{\beta}$$

Således kommer vi för varje typ av mätare erhålla en regressionslinje enligt följande:

$$a) W_Y = a_W + b_W \cdot W_X \quad (4)$$

där W_X är den registrerade mängden energi och W_Y är den riktiga mängden. (OBS! "riktiga" i detta fall måste tas med en nypa salt)

$$b) T_Y = a_t + b_t \cdot T_X \quad (5)$$

där T_X utgör den registrerade temperaturskillnaden.

$$c) V_Y = a_V + b_V \cdot \frac{W_X}{T_X} \quad (6)$$

där volymen räknats fram ur formeln (1) m a p värmekapacitiviteten k

Ur dessa formler (4), (5) och (6) kan så slutligen det procentuella felet för energin tas fram, där samtliga ingående komponenter finns med:

$$W_{\text{fel}} = \frac{V_Y \cdot T_Y - W_X}{V_Y \cdot T_Y} \cdot 100 \quad (\%) \quad (7)$$

Detta förfaringssätt som ovan beskrivits, innebär att mycket stora mängder data har bearbetats, vilket endast varit möjligt med hjälp av en större dator.

Efter genomförd bearbetning samt statistisk behandling av samtliga mätdata har för varje mätområde separata resultat lämnats. Dessa resultat, per mätområde, har redovisats månadsvis i procentuella avvikelser, baserat på korrigeringar gjorda på varje tim-mätvärde. Resultatet för småhusen redovisas i tabell 5.1 och för kamrarna i tabell 5.2.

En sammanfattning av onoggrannheterna hos den använda mätutrustningen skulle kunna göras i sex punkter, nämligen:

- 1) De onoggrannheter som tillverkare och distributörer av mätutrustningarna angett, stämde med verkliga förhållanden. Felet låg således inom angivna felmarginaler.
- 2) Mätfelens storlekar varierar enligt ett säsongsberoende. Under sommaren då energikonsumtionen är liten, är mätfelen som störst. Under värmesäsongen är förhållandet omvänt.
- 3) Under sommarhalvåret är de absoluta mätfelen mindre än de absoluta mätfelen under värmesäsongen. Med absoluta mätfel menas den totala mängden energi i vårt fall.
- 4) Stora mätutrustningar i kamrarna har genomgående ett litet positivt fel. Detta innebär att kamrarnas mätresultat måste korrigeras nedåt, se Figur 5.3.
- 5) Hos småhusen har mätresultatet oftast legat under det verkliga värdet, dvs ett negativt mätfel. Detta innebär att mätresultaten hos småhusen måste korrigeras uppåt, se Figur 5.3.
- 6) Med hjälp av de korrigerade mätvärdena i småhusen och i kamrarna kan nu även kulvertförlusterna mellan småhusen och just kamrarna räknas fram. Hur detta har gjorts framgår enligt Figur 5.3 och resultatet återfinns i tabell 5.3 för de skilda mätplatserna.

6. Kommentarer till mätvärdesanalysen

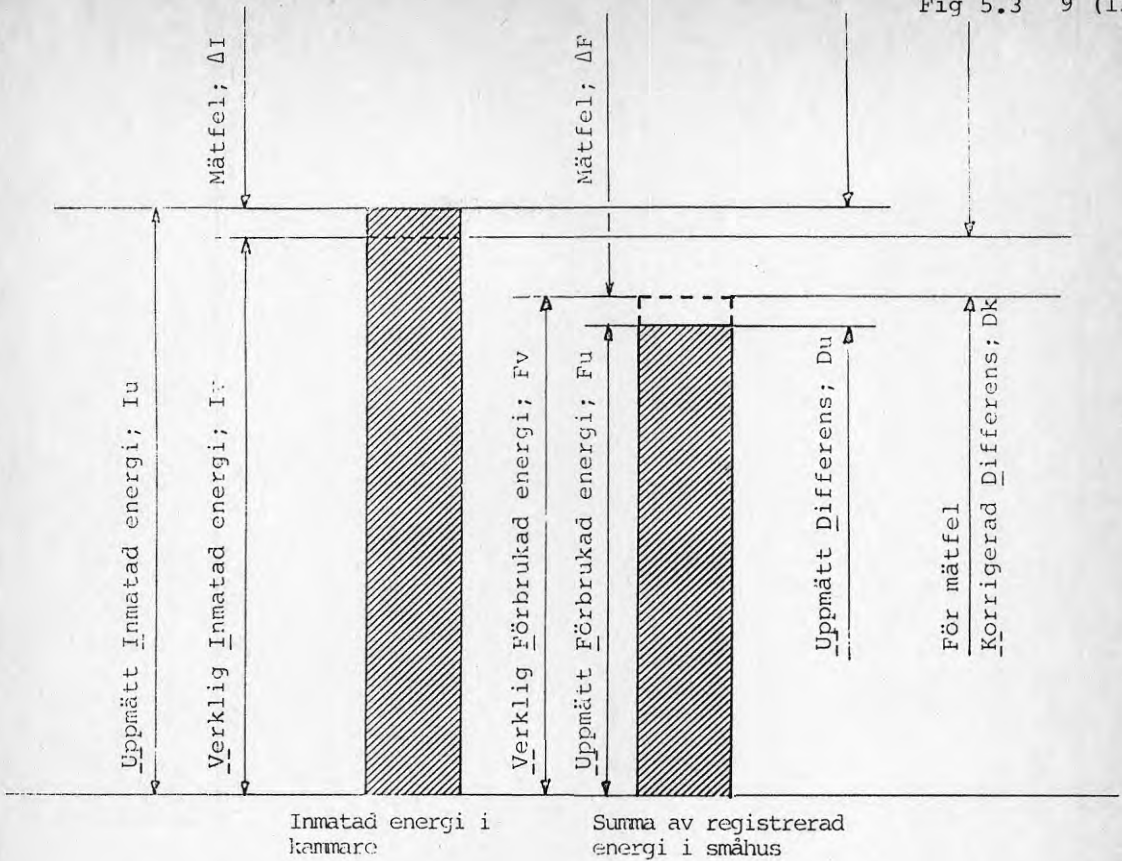
Alltid när det gäller statistisk bearbetning av data så finns det en rad invändningar. Det går alltid att peka på brister som t ex urval av material, data och statistisk bearbetningsmetod.

Så t ex har de timvisa registreringarna enbart genomförts i ett fåtal punkter på varje mätplats. Dessa mätpunkter har i analysen använts som ett typhus, medelvärde, för de resterande omätta platserna på samma område. Från varje mätplats har därefter enbart ca 10 % av den använda mätutrustningen efterkontrollerats hos Malmö Energiverk. I analysen har

man ansett att detta antal räcker för att få en bild av mätarnas kvalitet efter användandet. Någon kontroll i tiden, dvs när började mätfelen att växa, och hur, har inte varit möjligt att göra.

Analysen har dock ingen ambition att vara ett vetenskapligt oantastligt arbete. Vi har på detta sätt enbart velat fastställa storleken på mätfelen som funnits i mätutrustningarna, för att därefter kunna uppskatta förluster av olika slag, var de uppstår och hur de yttrar sig. Följande slutsatser kan dock dras av analysen:

- 1) Under en normaldrift av en värmeanläggning, ligger i allmänhet mätfelen under 5 %. Under sommarmånaderna då flödena är små och temperaturdifferenserna också är ganska små, ligger mätfelen klart över 5 %.
- 2) De fel som registrerats har legat på samma storleksordning oavsett mätplats. Dvs de flesta anläggningar har haft samma storleksordning på sina mätfel och samma typ av positiv eller negativ avvikelse
- 3) Av de i mätanläggningarna ingående komponenterna, flödesmätare, temperaturgivare samt integreringsverket har integreringsverket det minsta felet medan flödesmätarna, hetvattenmätarna står för de både absolut, och relativt, största felen. Detta innebär att den svagaste länken vid energimätning - enligt studien - är hetvattenmätaren.



Absolut avvikelse från uppmätta värden

$$Du = Iu - Fu = \text{Uppmätt differens, MWh}$$

$$Dk = (Iu - \Delta I) - (Fu + \Delta F) = \text{För mätfel korrigerad differens, MWh}$$

$$Dk = Du - (\Delta I + \Delta F) = \text{För mätfel korrigerad differens, MWh}$$

Procentuell avvikelse från uppmätta värden

$$Du\% = \frac{Iu - Fu}{Iu} = \text{Uppmätt differens i procent}$$

$$\Delta I\% = \frac{\Delta I}{Iu} = \text{Avvikelse på grund av mätfel i kammare i procent}$$

$$\Delta F\% = \frac{\Delta F}{Fu} = \text{Avvikelse på grund av mätfel i småhus i procent}$$

$$K\% = \Delta I\% + \Delta F\% = \text{Korrektionsfaktor i procent se tabell 5.3}$$

$$Du\% - K\% = \text{För mätfel korrigerad procentuell differens (\Delta W\%)}$$

Det fel som approximationerna i ovan redovisade beräkningar förorsakar är litet och saknar betydelse för det korrigerade slutresultatet.

Resultat av mätvärdeskorrigering. Kammare

Mätobjekt	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	Års- medel- värdet
Luleå	+1,16	+1,12	+0,86	+0,62	+0,48	+0,38	+0,21	+0,44	+0,82	+0,98	+1,04	+1,08	+1,08
Hamnaren	+0,53	+0,52	+0,52	+0,50	+0,45	+0,37	+0,44	+0,39	+0,43	+0,52	+0,61	+0,62	+0,53
Uppsala Barksp.-vägen	+0,45	+0,45	+0,35	+0,26	-0,24	-0,23	-0,22	-0,09	+0,12	+0,32	+0,41	+0,48	+0,38
Uppsala Clement	+0,25	+0,21	+0,13	+0,12	+0,12	+0	-0,12	-0,06	+0,20	+0,25	+0,24	+0,28	+0,23
Västerås Mårdvägen	+0,41	+0,39	+0,37	+0,28	+0,20	+0,12	+0,20	+0,18	+0,21	+0,38	+0,44	+0,43	+0,37
Västerås Kronhjortgatan	+0,35	+0,32	+0,29	+0,16	+0,12	+0,11	+0,10	+0,05	+0,05	+0,04	+0,32	+0,31	+0,28
Linköping Långgatan	+0,16	+0,08	+0,06	+0,02	-0,28	-0,56	-0,51	-0,57	-0,56	+0,18	+0,21	+0,20	+0,06
Linköping Ektunavägen	+0,36	+0,24	+0,36	+0,18	-0,11	-0,35	-0,34	-0,31	-0,11	+0,12	+0,20	+0,24	+0,28
Malmö Marieholm	+0,18	+0,10	+0,10	+0,22	+0,09	+0,01	+0,05	+0,10	+0,21	+0,26	+0,10	+0,12	+0,12
Malmö Kristineberg	+0,16	+0,09	+0,09	+0,12	+0,08	+0,01	+0,10	+0,14	+0,15	+0,17	+0,15	+0,15	+0,14

Resultat av måtvärdeskorrigering. Totalt

Mätobjekt	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	Års- medel värdet
Luleå	1,7	1,8	1,6	1,5	1,7	2,8	4,4	4,6	3,7	2,2	1,9	1,7	2,0
Hamaren													
Uppsala Slädvägen	1,2	1,2	1,2	1,2	1,6	3,3	4,1	3,8	2,9	2,6	1,8	1,4	1,4
Uppsala Clementinen	-0,2	-0,2	0,2	0,5	0,6	1,2	1,7	1,0	0,6	0,1	-0,1	-0,1	0,1
Uppsala Timjanen	1,2	1,3	1,2	1,3	2,3	3,4	4,1	3,7	3,5	1,8	1,1	1,3	1,5
Västerås Mårdvägen	2,5	2,6	2,8	3,1	3,5	4,5	5,5	4,9	4,9	3,7	3,3	3,2	3,3
Västerås Kronhjortgatan	1,6	2,2	2,5	2,5	3,4	4,4	4,9	4,7	4,3	3,0	2,6	2,6	2,6
Linköping Långgatan	5,4	5,8	5,8	6,4	6,6	7,1	8,1	6,5	6,3	6,6	6,4	6,1	6,8
Linköping Ektunavägen	5,6	5,5	5,9	6,4	6,6	7,2	8,0	6,9	6,5	6,5	5,6	5,8	6,6
Malnö Marieholm	1,4	1,9	1,9	2,5	4,2	4,3	4,2	4,2	3,8	2,4	2,4	2,0	2,1
Malnö Kristineberg	1,6	2,2	2,1	2,6	4,3	4,5	4,6	4,1	4,2	2,8	2,3	2,2	2,3

Uppskattning av tillgodogjord ej uppmätt värme från inomhusinstallationer

Värmeförluster från isolerade rörledningar i byggnader kan beräknas enligt VVS-handboken, tabeller och diagram 1974, sid 9:30 och 9:31.

Förlusterna kan även beräknas enligt Bo Pierre, KTH, Mekanisk värmeteorik del 2. I kap 5 anges att värmeövergången vid horisontella cylindrar kan beräknas ur ekvationen

$$Nu = 0,5 (Gr \cdot Pr)^{0,25}$$

där Nu = Nusselts tal

Gr = Grashofs tal

Pr = Prandtls tal

Ekvationen ger Nu varur det sökta värmeövergångstalet fås. Detta beräkningsförfarande visar sig vara mycket tidskrävande, då det bl a leder till passningsräkning. Därför gjordes beräkningar på detta sätt endast för Timjanen och jämfördes med resultatet som erhöles ur VVS-handboken.

<u>Timjanen</u>	Värmeförlust (W/m)	
	VVS	Mek vä
Framledn	18	11
Returledn	8	6
Totalt	26	17

För att inte överdriva storleken av de tillgodogjorda förlusterna, valdes 17 W/m att gälla.

$$\text{Tillgodogjorda förluster: } 17 \cdot 11,4 \cdot 8760 \cdot 10^{-6} = 1,70 \text{ MWh/hus, år}$$

Slädvägen

 Värmeförlust
 (W/m) enl VVS

Framledn	21
Returledn	13
Totalt	34

Detta värde korrigeras med $\frac{17}{26} = 0,65$ (se Timjanen)

Pga dålig isolering antas förlusterna vara 20 % större än beräknat.

Tillgodogjorda förluster: $34 \cdot 0,65 \cdot 1,2 \cdot 19 \cdot 8760 \cdot 10^{-6} =$
 4,60 MWh/hus, år

Ektunavägen

 Värmeförlust
 (W/m) enl VVS

Framledn	13
Returledn	6
Totalt	19

Tillgodogjorda förluster: $19 \cdot 0,65 \cdot 14 \cdot 8760 \cdot 10^{-6} =$
 1,52 MWh/hus, år

Marieholm Pga bristfälliga data antas samma temperaturer, rördimensioner mm som i Timjanen, dvs förlusterna antas vara 17 W/m

Tillgodogjorda förluster: $17 \cdot 4,5 \cdot 8760 \cdot 10^{-6} =$
 0,67 MWh/hus, år

Kronhjortsgatan Se Marieholm

Tillgodogjorda förluster: $17 \cdot 2 \cdot 8760 \cdot 10^{-6} =$
 0,30 MWh/hus, år

Mårdvägen Se Marieholm

Tillgodogjorda förluster: $17 \cdot 1 \cdot 8760 \cdot 10^{-6} =$
 0,15 MWh/hus, år

- Clementinen Jämfört med Timjanen
- ca 25% klenare dimensioner
 - 4-rörssystem > 100% mer förluster per meter
 - lägre temperaturnivåer; i genomsnitt
 - 42 % lägre temperaturdifferens medium - inomhusluft

Detta ger approximativt $17 \cdot 0,75 \cdot 2 \cdot 0,58 = 14,8$ W/m

Tillgodogjorda förluster: $14,8 \cdot 5,9 \cdot 8760 \cdot 10^{-6} =$
 $0,76$ MWh/hus,år

- Hammaren Jämfört med Timjanen:
- ca 70% grövre dimensioner
 - högre temperaturnivåer; i genomsnitt
38% högre temperaturdifferens medium - inomhusluft

Detta ger approximativt $17 \cdot 1,7 \cdot 1,38 = 39,9$ W/m

Tillgodogjorda förluster: $39,9 \cdot 1 \cdot 8760 \cdot 10^{-6} = 0,35$ MWh/hus,år

Kristineberg Se Marieholm

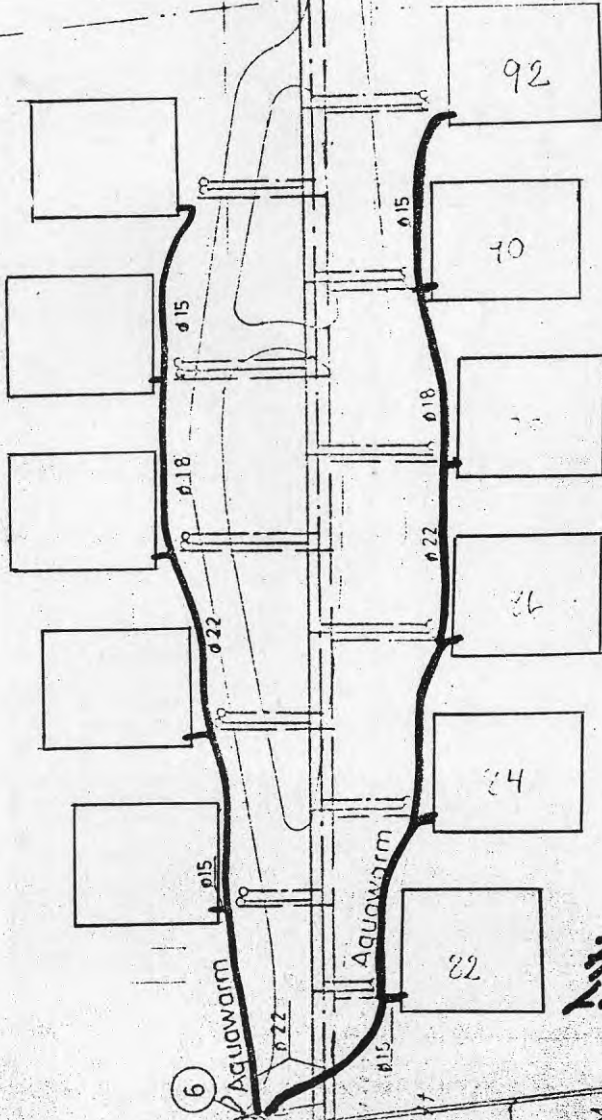
Tillgodogjorda förluster:
 $17 \cdot 1 \cdot 8760 \cdot 10^{-6} = 0,15$ MWh/hus,år

Som framgår av rubriken utgör dessa resultat ingenting annat än en uppskattning av storleksordningen för de tillgodogjorda förlusterna hos abonnenten. De approximationer som gjorts påverkar dock inte nätförlusterna nämvärt.

KV. ROTBLADET

ANSL 100 HYLSA 350

F 3



*Fjärrvärme
Långgatan.*

6

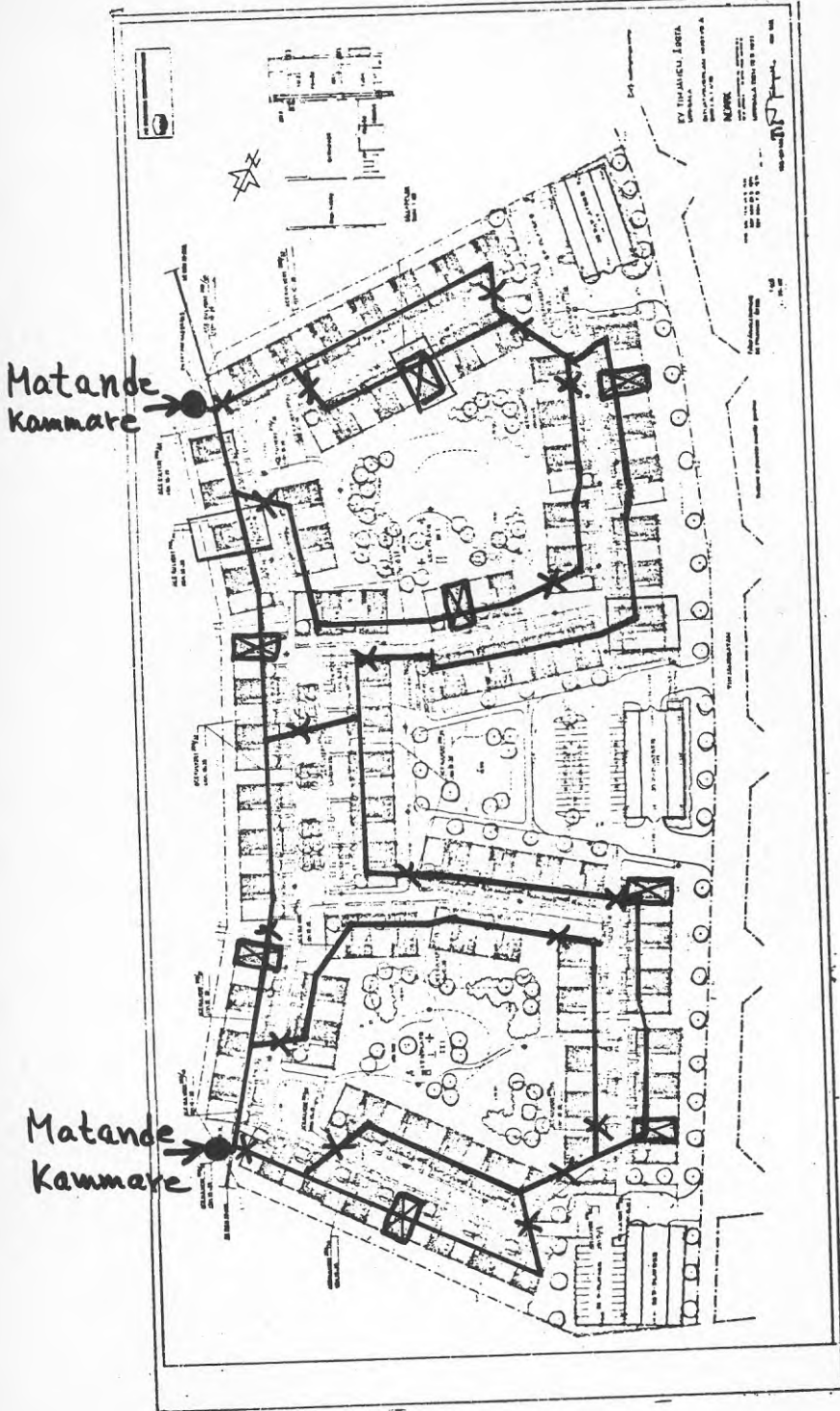
EXP

10/7

A 250

L=22M

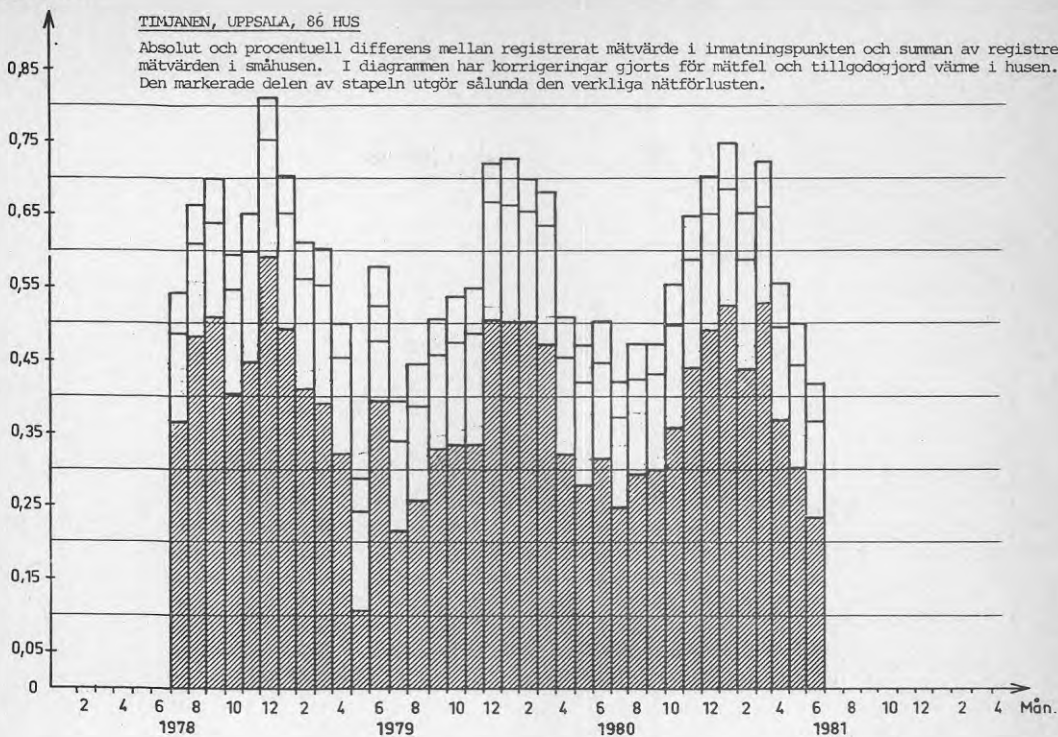
Kv. TIMJANEN UPPSALA



ΔW MWh/mån., hus

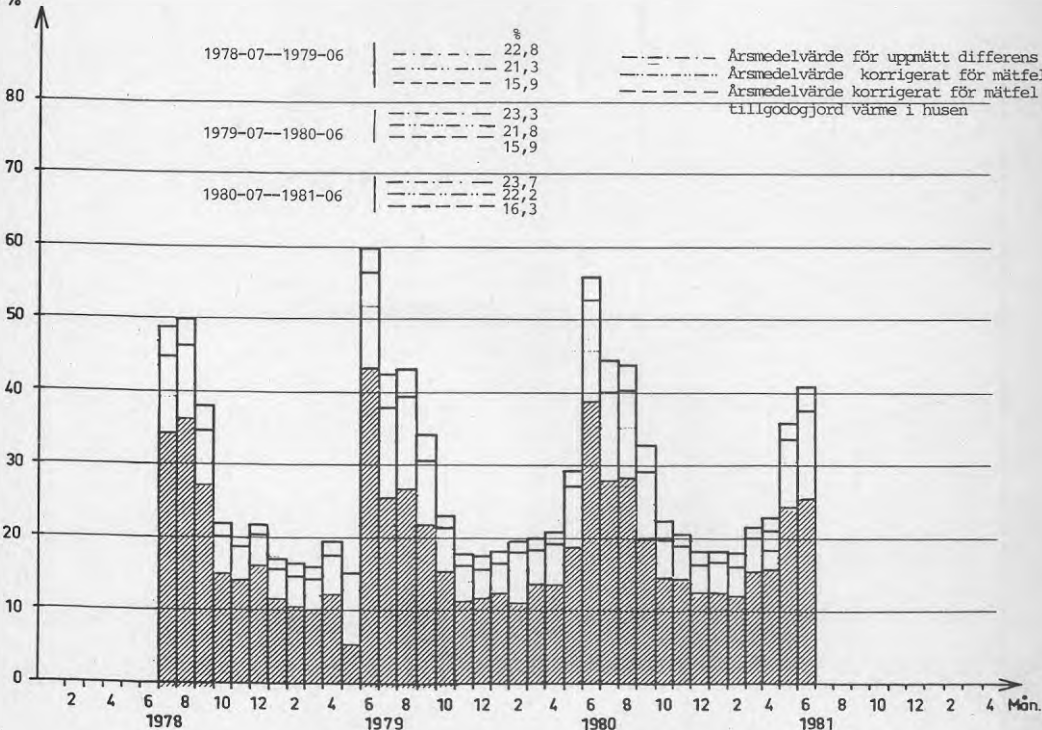
TIMJANEN, UPPSALA, 86 HUS

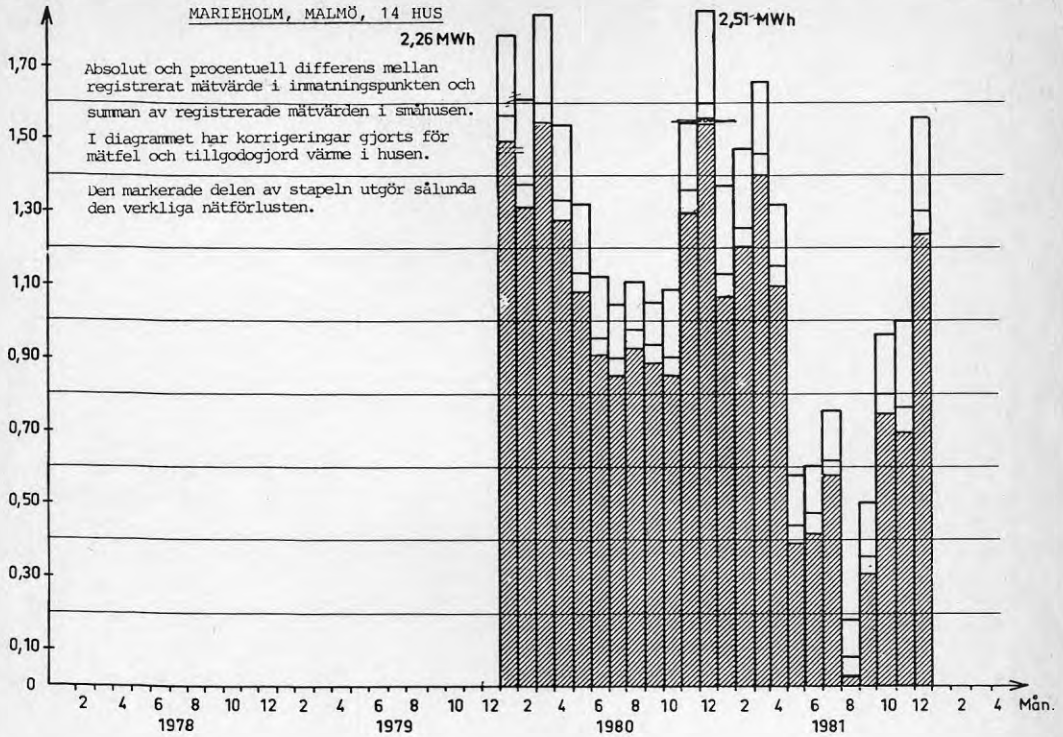
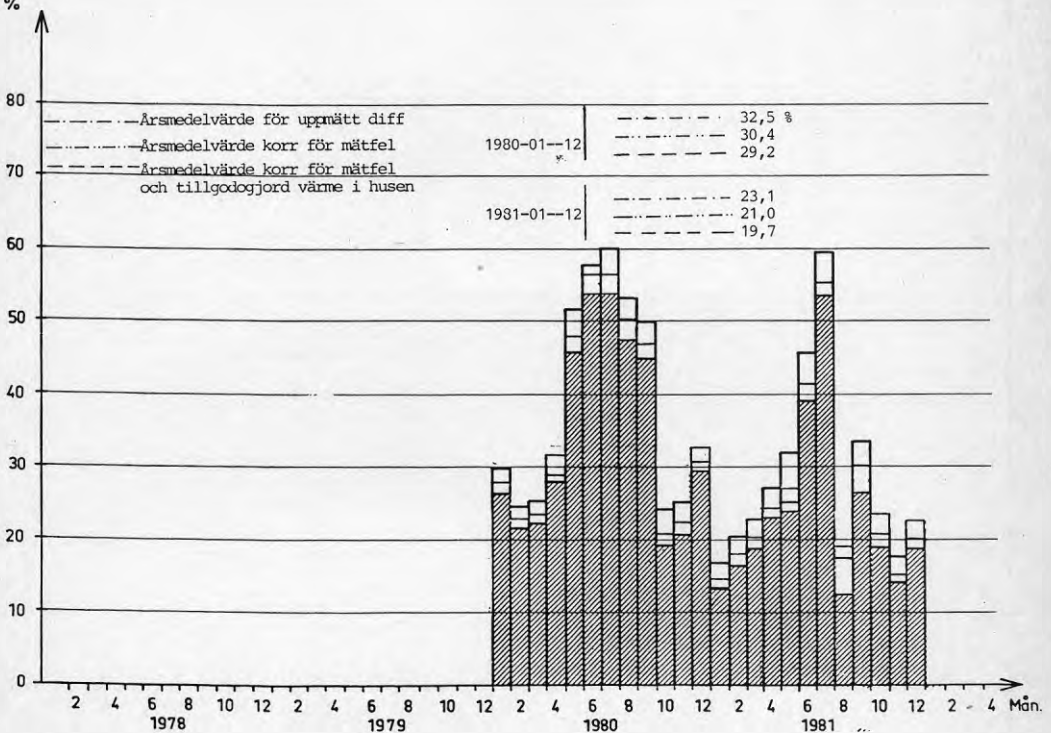
Absolut och procentuell differens mellan registrerat mätvärde i inmatningspunkten och summan av registrerade mätvärden i småhusen. I diagrammen har korrigeringar gjorts för mätfel och tillgodogjord värme i husen. Den markerade delen av stapeln utgör sålunda den verkliga nätförlusten.

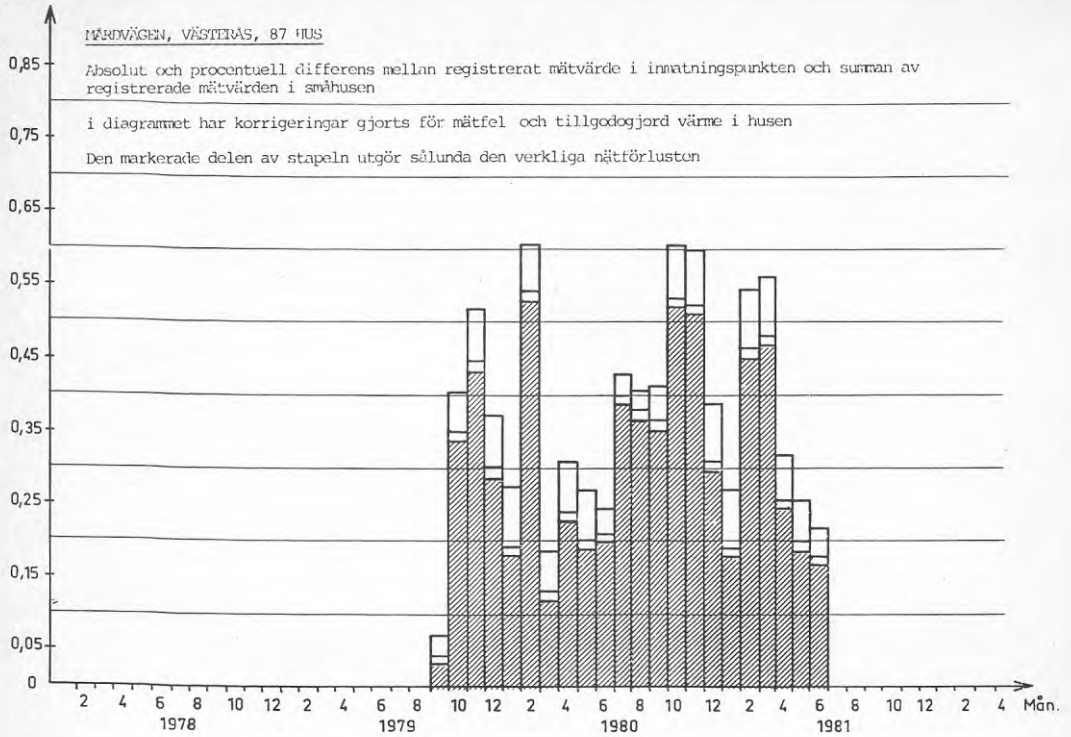
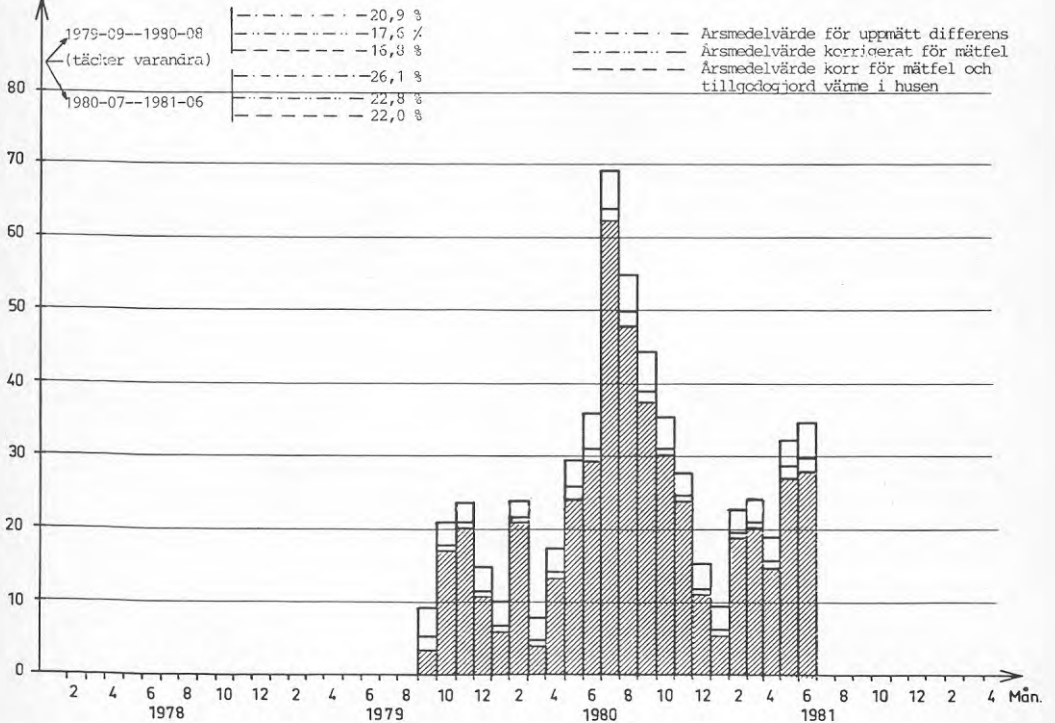


ΔW %

Period	Årsmedelvärde för uppmätt differens (%)	Årsmedelvärde för uppmätt differens korrigerat för mätfel (%)	Årsmedelvärde för uppmätt differens korrigerat för mätfel och tillgodogjord värme i husen (%)
1978-07--1979-06	22,8	21,3	15,9
1979-07--1980-06	23,3	21,8	15,9
1980-07--1981-06	23,7	22,2	16,3



ΔW MWh/mån, hus ΔW %

ΔW MWh/mån., hus ΔW %

SLÄDVÄGEN UPPSALA

- = Summa-
mätn.
- X = Separat
mätn.

BARKSPADEVÄGEN

KVBESMANET

BESMANSVÄGEN

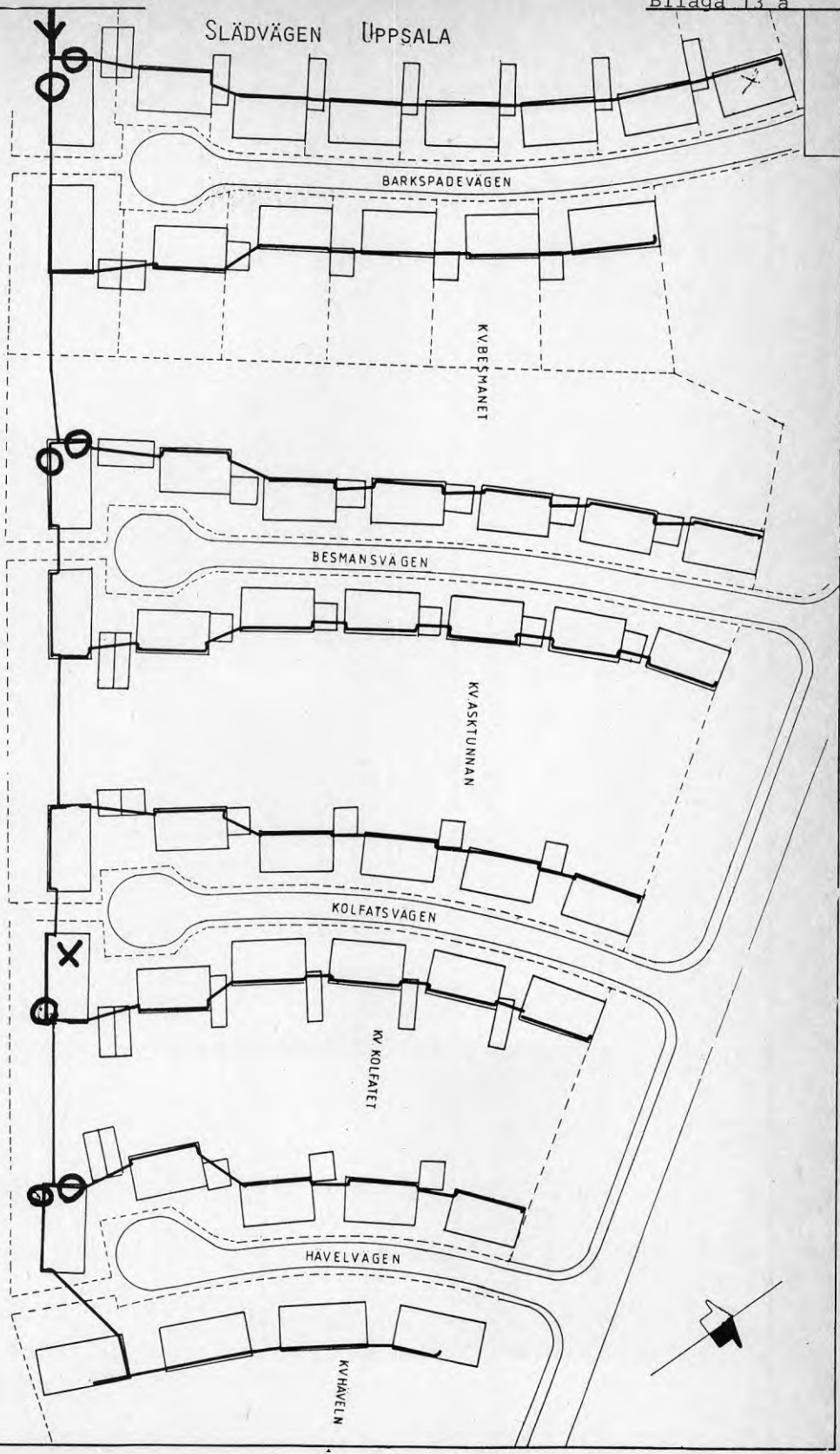
KVASKTUNNAN

KOLFATSVÄGEN

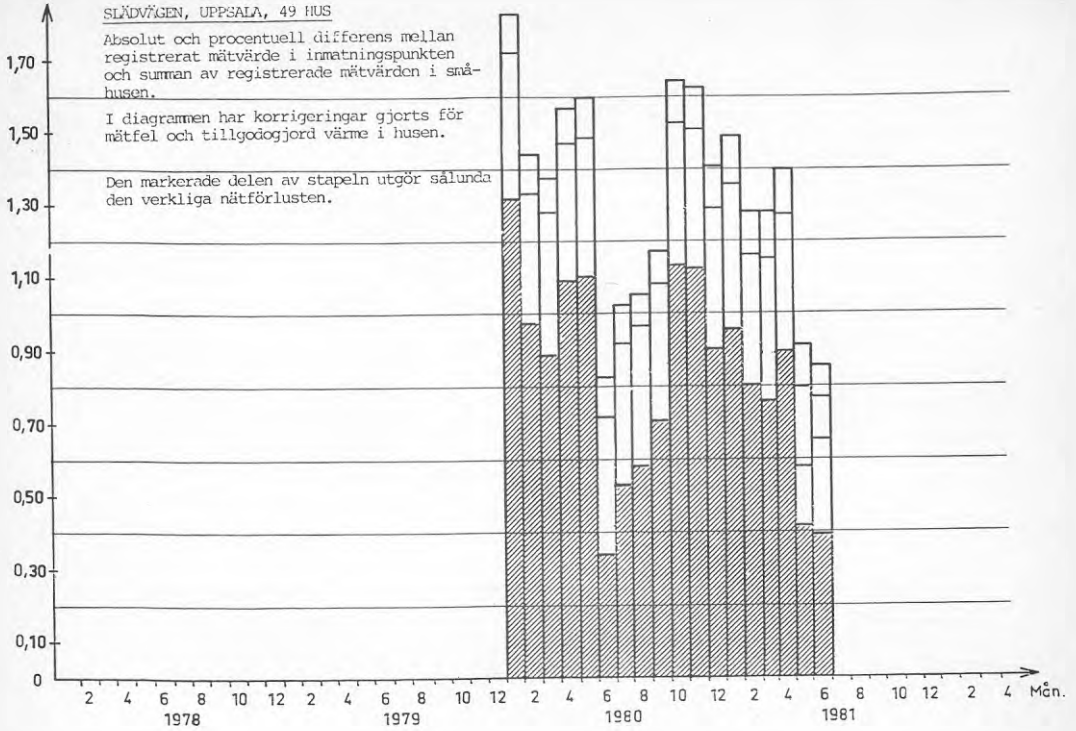
KV KOLFATET

HAVELVÄGEN

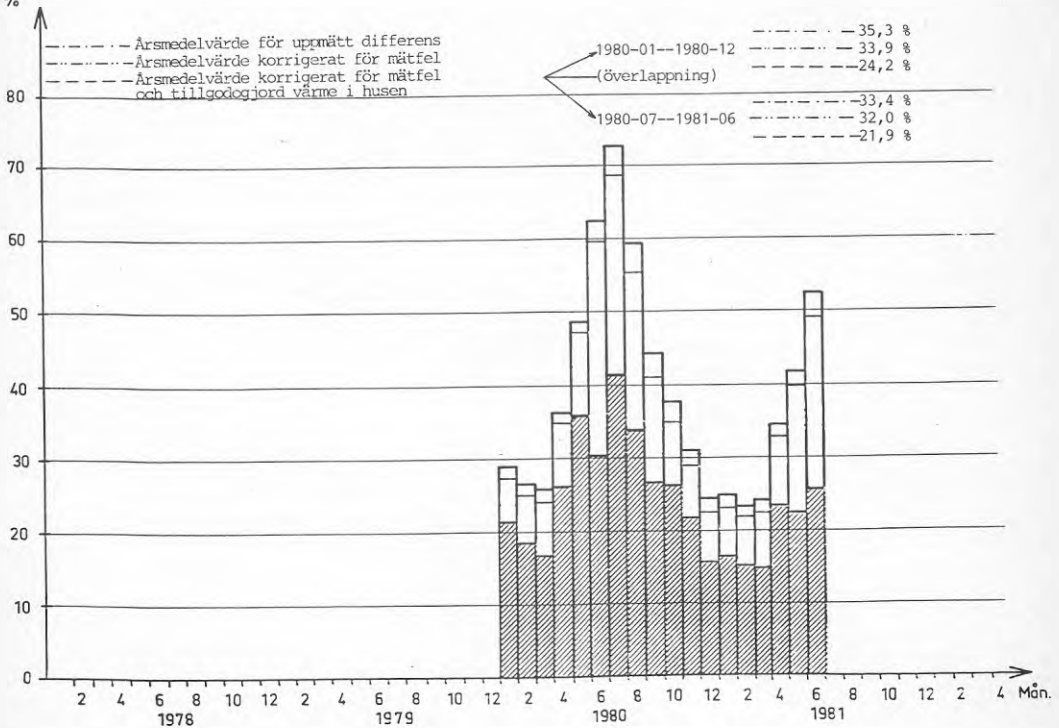
KV HAVELN



ΔW MWh/mån., hus



ΔW %



Sjötorget, Växjö

Bilaga 14a



PROJEKTANT	BYGGHÄRRE	BYGGNADSTYP	BYGGÅR	BYGGNADENS AREA	BYGGNADENS VOLYM

VÄXJÖ KRAFT-VÄRME AB

PROJEKTANT
BYGGHÄRRE
BYGGNADSTYP
BYGGÅR

SJÖTORPET II och III

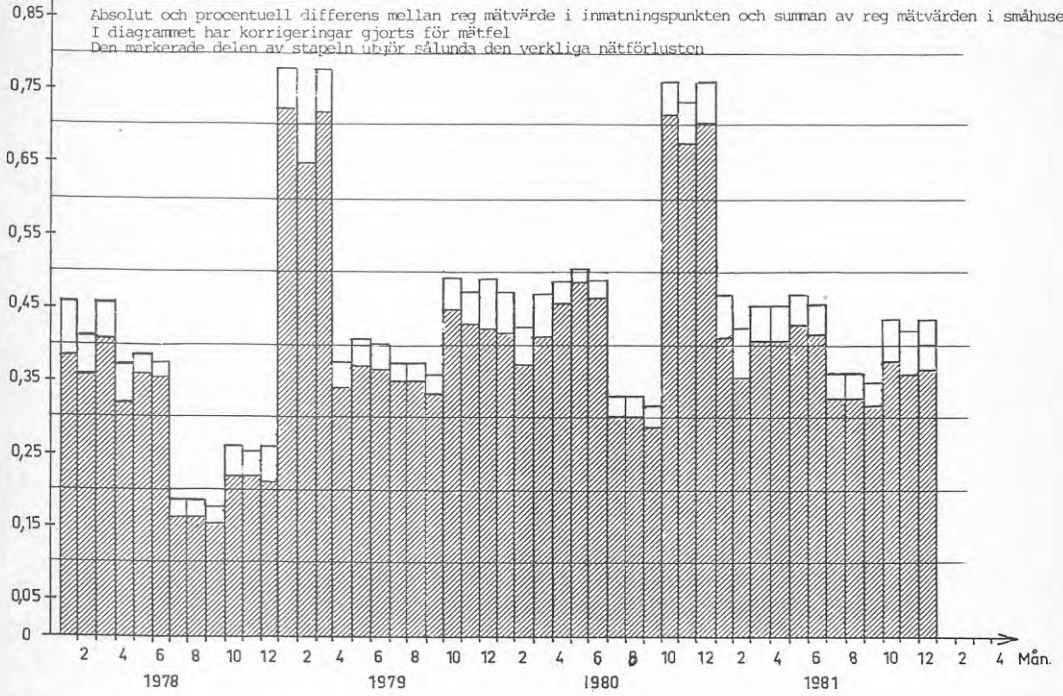
PLAN AV FJÄRRVÄRMELEDNING

SKALA 1:1000

W MWh/mån.,
hus

SJÖTORPET, VÄXJÖ, 88 HUS

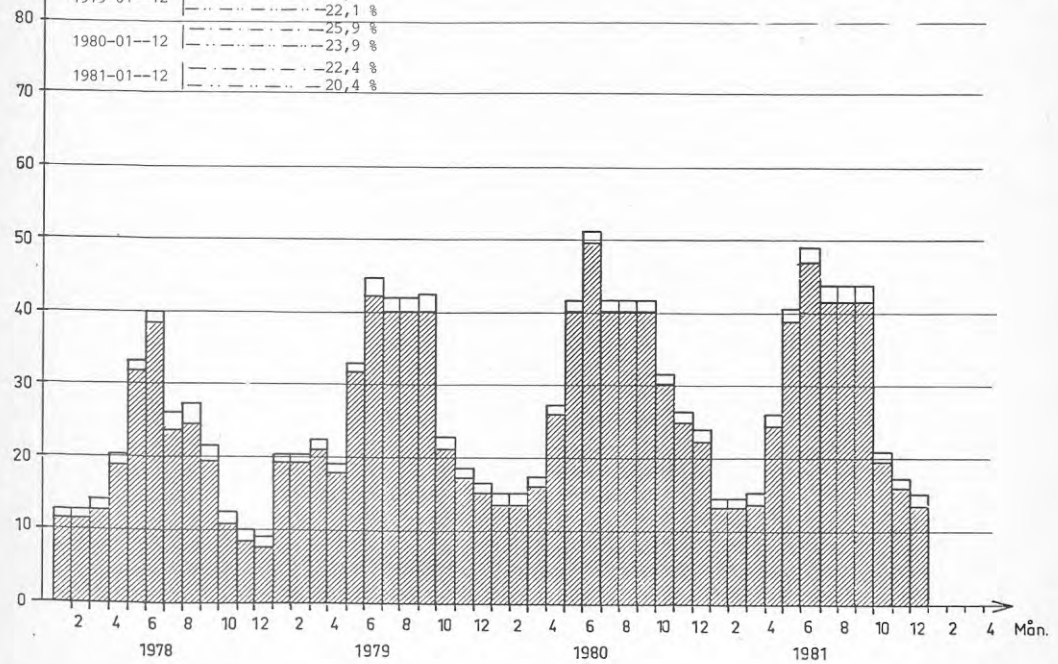
Absolut och procentuell differens mellan reg mätvärde i inmatningspunkten och summan av reg mätvärden i småhusen
I diagrammet har korrigeringar gjorts för mätfel
Den markerade delen av stapeln utgör sålunda den verkliga nätförlusten



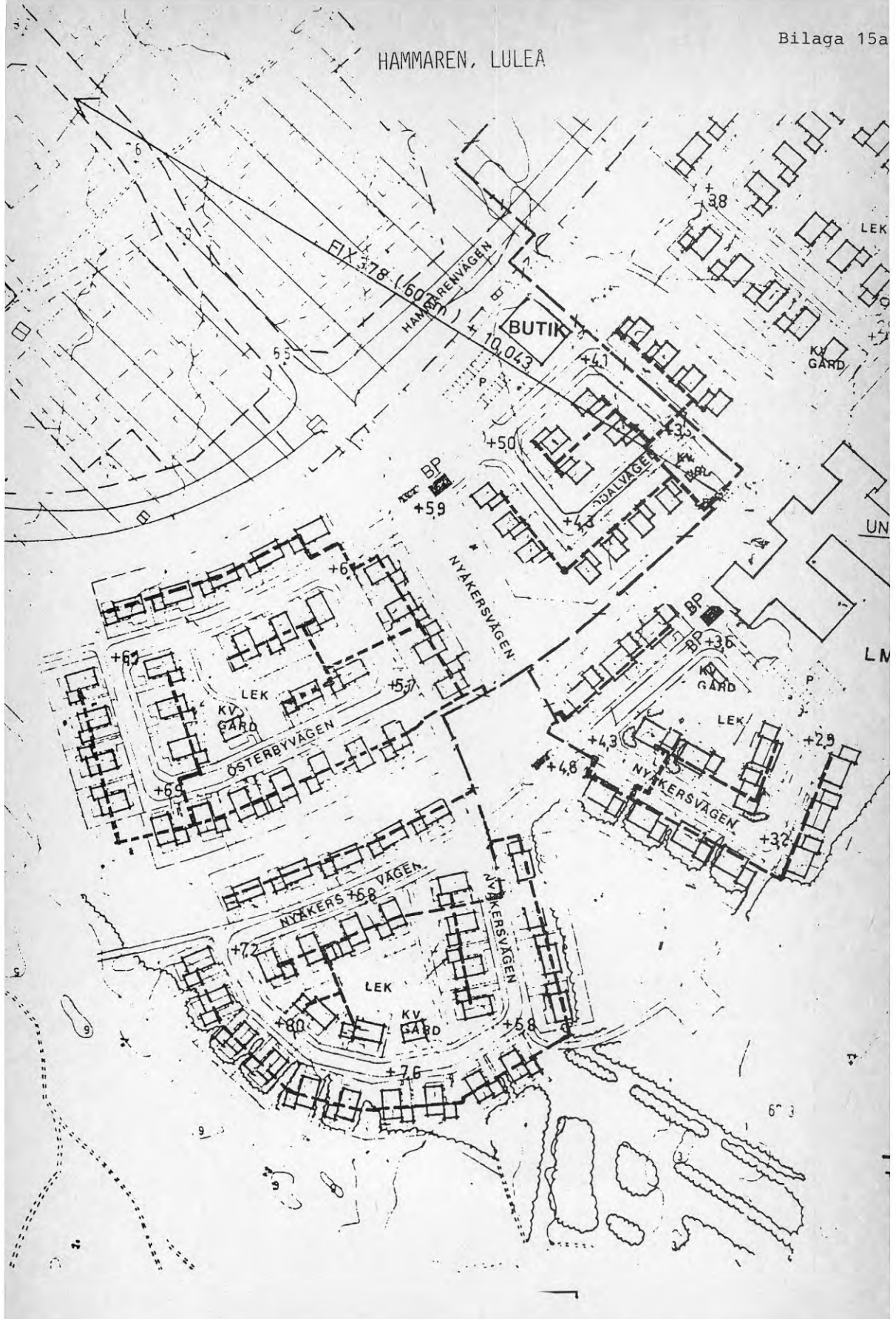
ΔW %

1978-01--12	-----	-15,9 %
	-----	-13,9 %
1979-01--12	-----	-24,1 %
	-----	-22,1 %
1980-01--12	-----	-25,9 %
	-----	-23,9 %
1981-01--12	-----	-22,4 %
	-----	-20,4 %

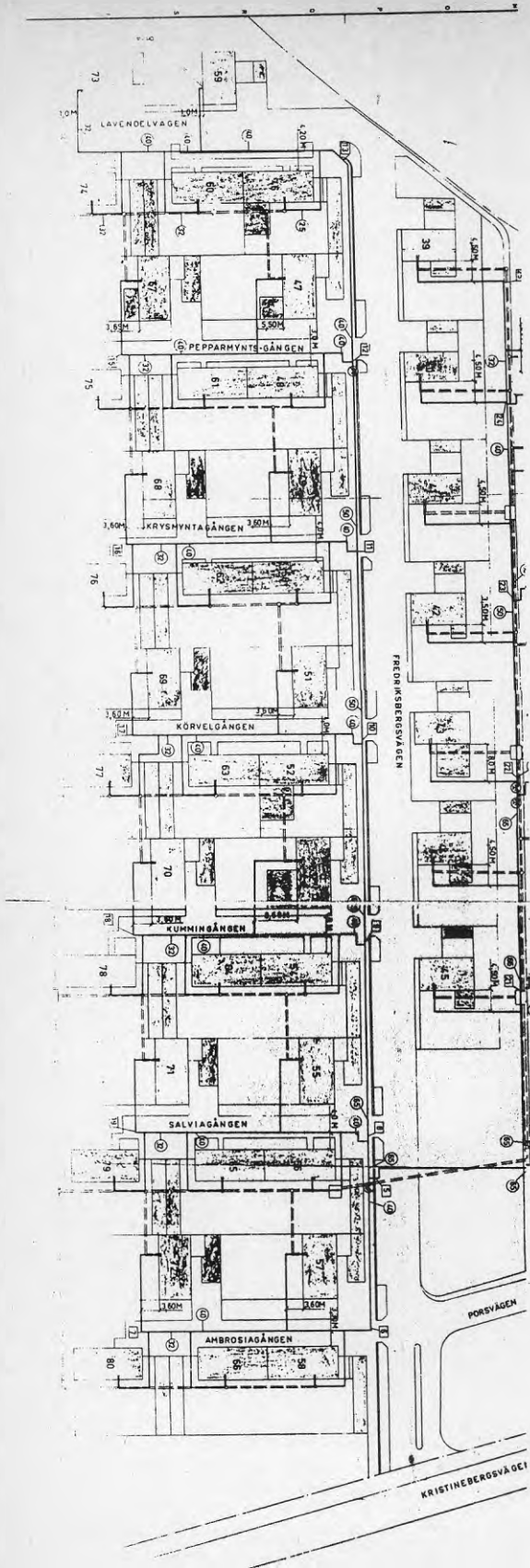
----- Årsmedelvärde för uppmätt differens
----- Årsmedelvärde korrigerat för mätfel



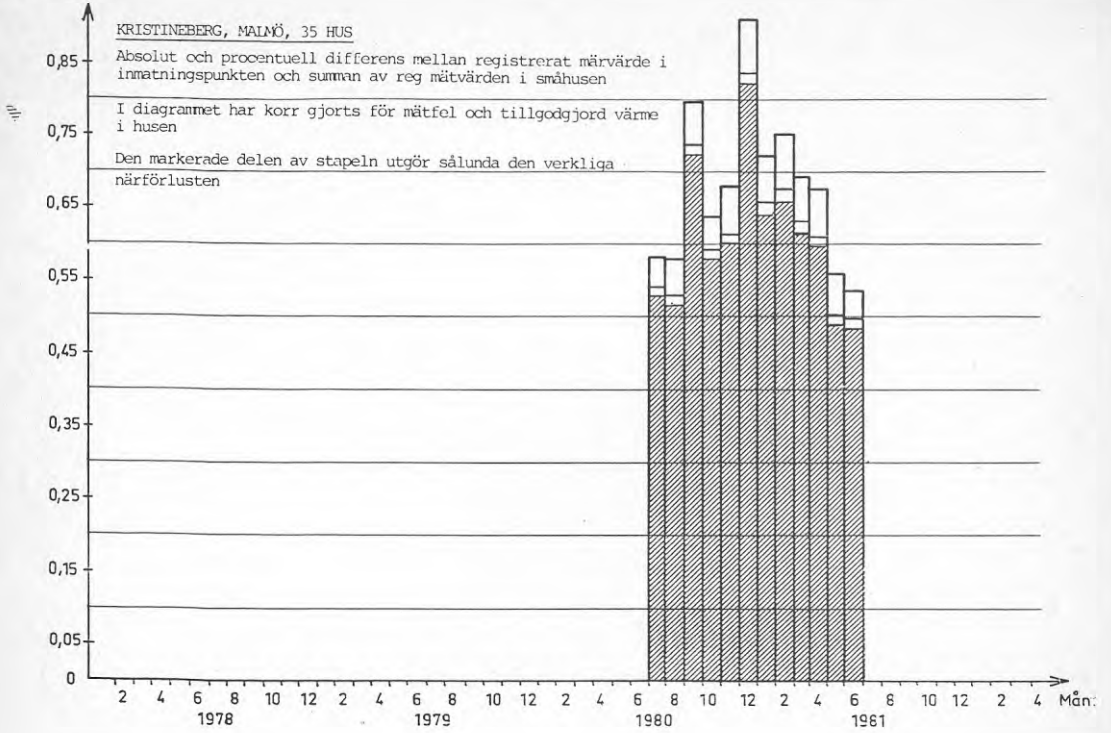
HAMMAREN, LULEÅ



KRISTINEBERG MALMÖ



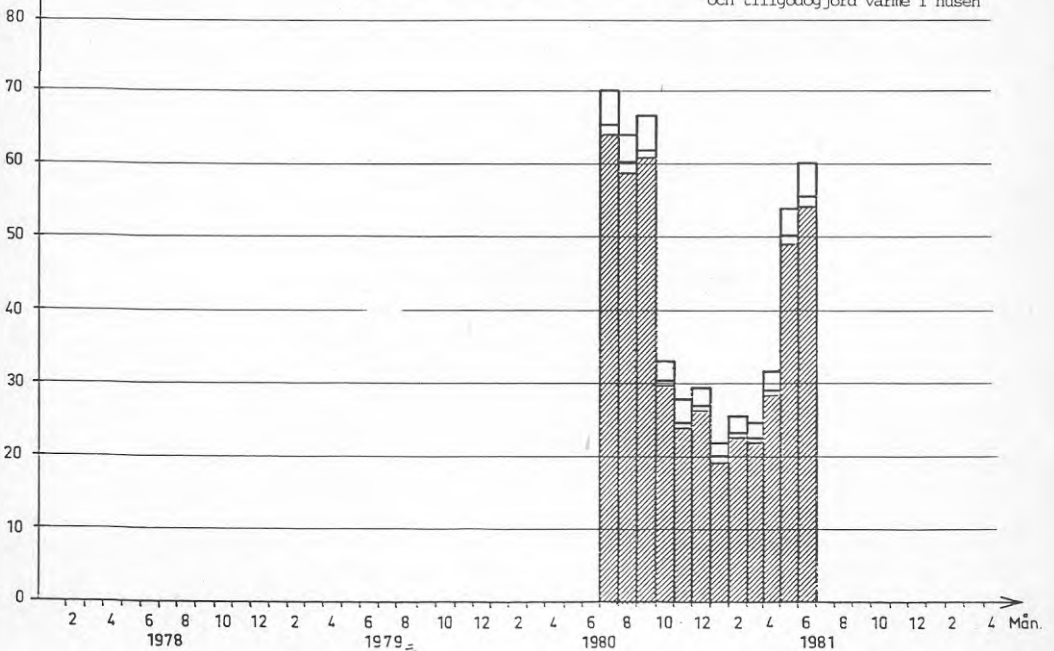
ΔW MWh/mån., hus

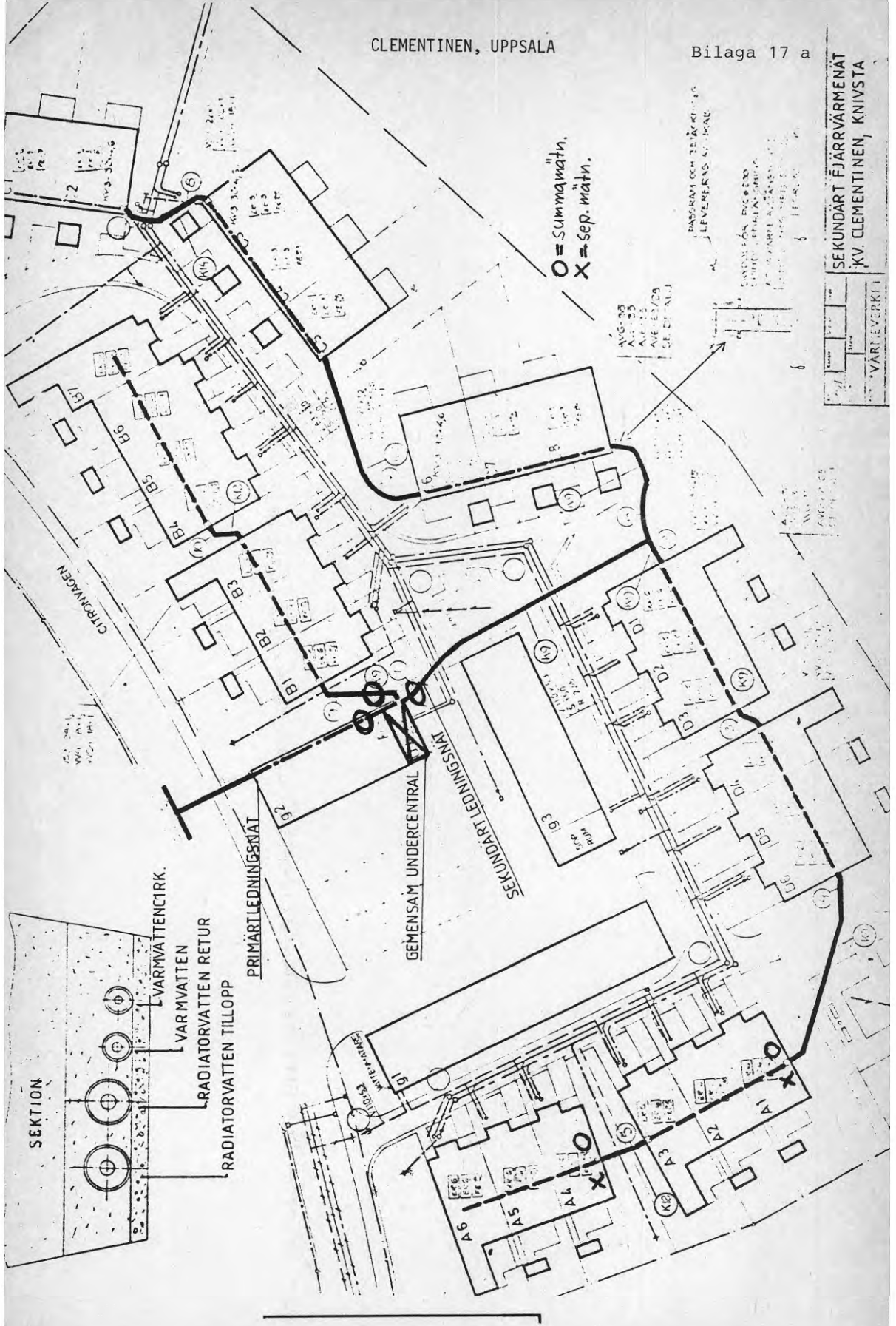


ΔW %

1980-07--1981-06

34,2 % - - - - - Årsmedelvärde för uppmätt differens
 31,9 % - - - - - Årsmedelvärde korrigerat för mätfel
 31,3 % - - - - - Årsmedelvärde korrigerat för mätfel och tillgodgjord värme i husen





O = Summavärme
 X = Sep. värme

AVG. 35
 A. 1. 25
 A. 1. 25
 A. 1. 25

PASSIVT OCH TILLFÖR
 J. LEVREKAS A. 1. 25

SÄNDEN LÅN. 1. 25
 SÄNDEN LÅN. 1. 25
 SÄNDEN LÅN. 1. 25



SEKTION

LVARMVATTENCIRK.

VARMVATTEN

RADIATORVATTEN RETUR

RADIATORVATTEN TILLOPP

PRIMÄRTLEDNINGSNÄT

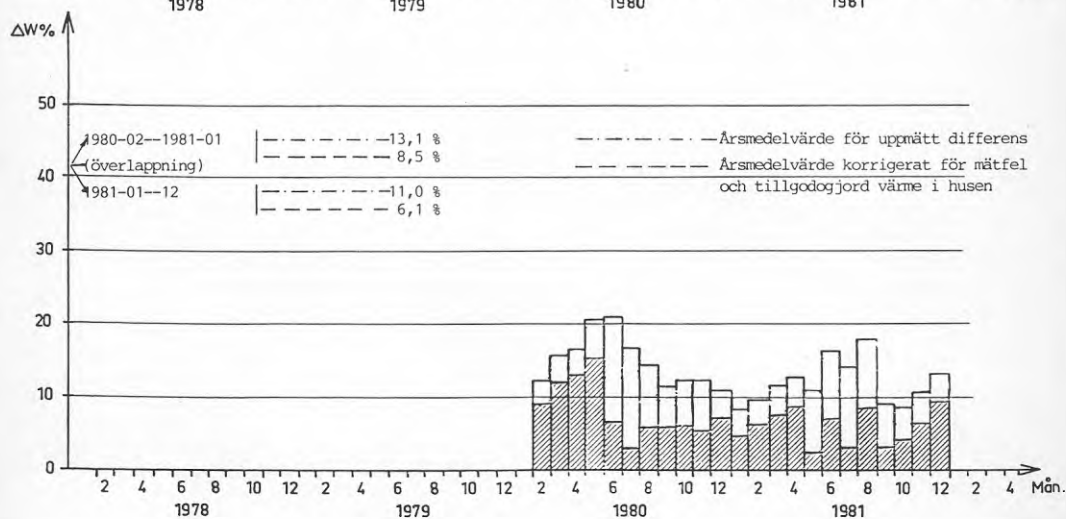
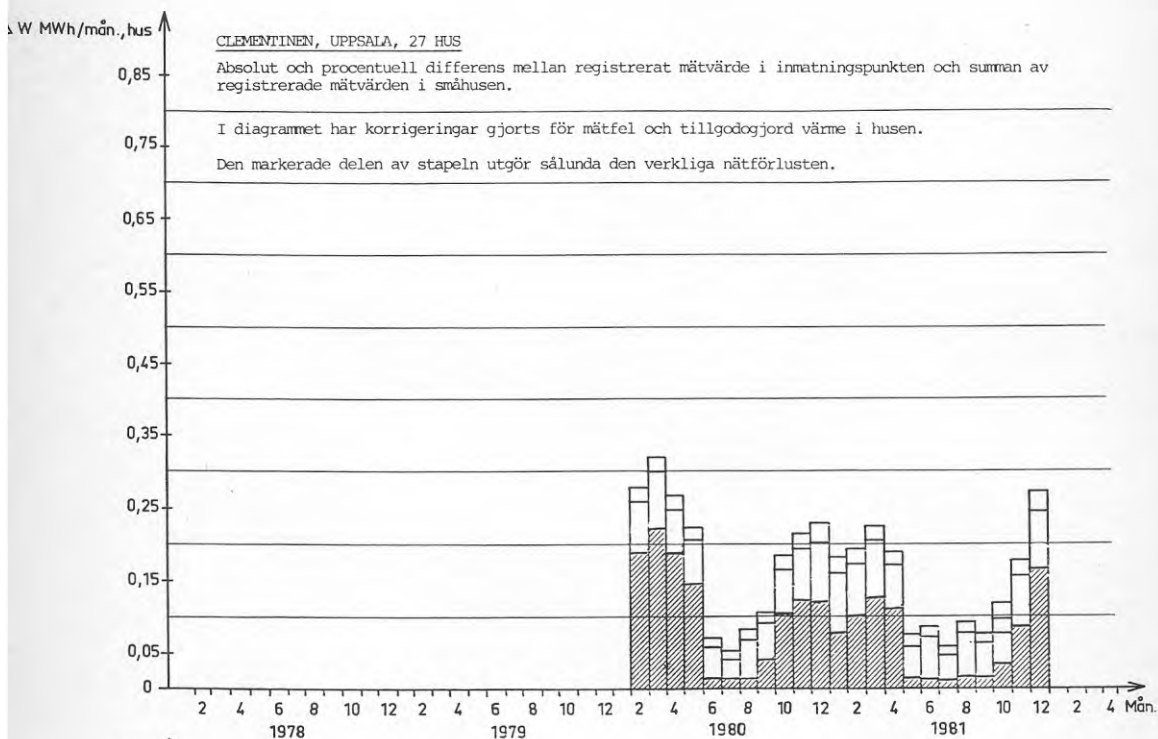
GEMENSAM UNDERCENTRAL

SEKUNDÄRT LEDNINGSNÄT

CITRIVÄGEN

KIVSTAVÄGEN

VÄRMEVERKET



Sammanställning av mätresultat

Normaliserade värden

	Linköping Ektunav	Linköping Långgatan	Uppsala Timjanen	Uppsala Slädvägen	Malmö Marieholm	Västerås Kronhjortag	Västerås Mårdvägen	Växjö Sjötorget	Uppsala Clementinen	Luleå Hammarén	Malmö Kristineberg
DIFFERENS											
(MMh/hus, år)	5,86-6,62	2,83-5,36	6,75-7,15	15,29-16,77	11,84-17,97	7,39-7,72	4,10-5,01	3,78-6,04	1,75-2,20	8,31	8,10
(%)	20,2-22,5	14,8-27,4	22,8-23,7	33,4-35,3	23,1-32,5	22,1-23,1	20,9-26,1	15,9-25,9	11,0-13,1	29,6	34,2
MÄTTEL											
(MMh/hus, år)	1,91-1,94	1,23-1,35	0,44-0,46	0,64-0,66	1,08-1,16	0,86-0,87	0,63-0,65	0,45-0,49	0,02	0,56	0,54
(%)	6,6	6,8	1,5	1,4	2,1	2,6	3,3	2,0	0,1	2,0	2,3
TILLGOD I HUS											
(MMh/hus, år)	1,52	-	1,70	4,60	0,67	0,30	0,15	-	0,76	0,35	0,15
(%)	5,1-5,2	-	5,4-5,9	9,7-10,1	1,2-1,3	0,9	0,8	-	4,5-4,8	1,2	0,6
NÄTFÖRLUST											
(MMh/hus, år)	2,43-3,16	1,60-4,03	4,60-4,99	10,05-11,51	10,09-16,14	6,16-6,55	3,30-4,23	3,31-5,58	0,97-1,42	7,40	7,41
(%)	8,4-10,8	8,0-20,6	15,9-16,3	21,9-24,2	19,7-29,2	18,6-19,6	16,8-22,0	13,9-23,9	6,1-8,5	26,4	31,3
ÅRSFÖRBRUKNING											
(MMh/hus)	22,8-23,1	14,2-16,9	22,2-24,1	30,5-30,7	37,3-39,5	25,7-25,8	14,2-15,5	17,3-20,0	14,2-14,6	19,7	15,6
					1930					1980	1965
BYGGÅR husen	1971-72	1974	1972	1967-69		1976-79	1976-79	1976	1979		
KULVERTLÄNGD											
Totalt (m/hus)	22,5	16	22,3	29,1	44	33	16	20	10,5	29,1	39
Inomhus "	14	0,5	11,4	19,8	4,5	2	1	-	5,9	1	1
Utomhus "	8,5	15,5	10,9	9,3	39,5	31	15	20	4,6	28,1	38
KULVERTTYP	Stålrör	Aquavärm	Asbestciment	Asbestciment	Aquavärm	Aquavärm	Aquavärm	Virsb-Pex	Aquavärm	ICM	Par-isowit
								skäl.min.ull			
DIMENSIONER (m m)	20-40	15-22	20-40	25-65	20-50	18-70	18-70	28-90	18-42	25-125	15-65

Ämn: Ektunavägen; årsvärden 79/80 och 80/81, tidigare värden orimliga

Långgatan; årsvärden 78/79, 79/80 och 80/81. Differensen ökar sprängartat 80/81. Teor. nätförlust 2,15 MMh/hus, år

Marieholm; differensen sjunker kraftigt. Årsvärden 1980 och 1981

Mårdvägen; ökande differens

Sjötorget; mätfelens storlek saknas, antagande 2 %. Första året (1978) relativt liten differens

Clementinen; sjunkande differens

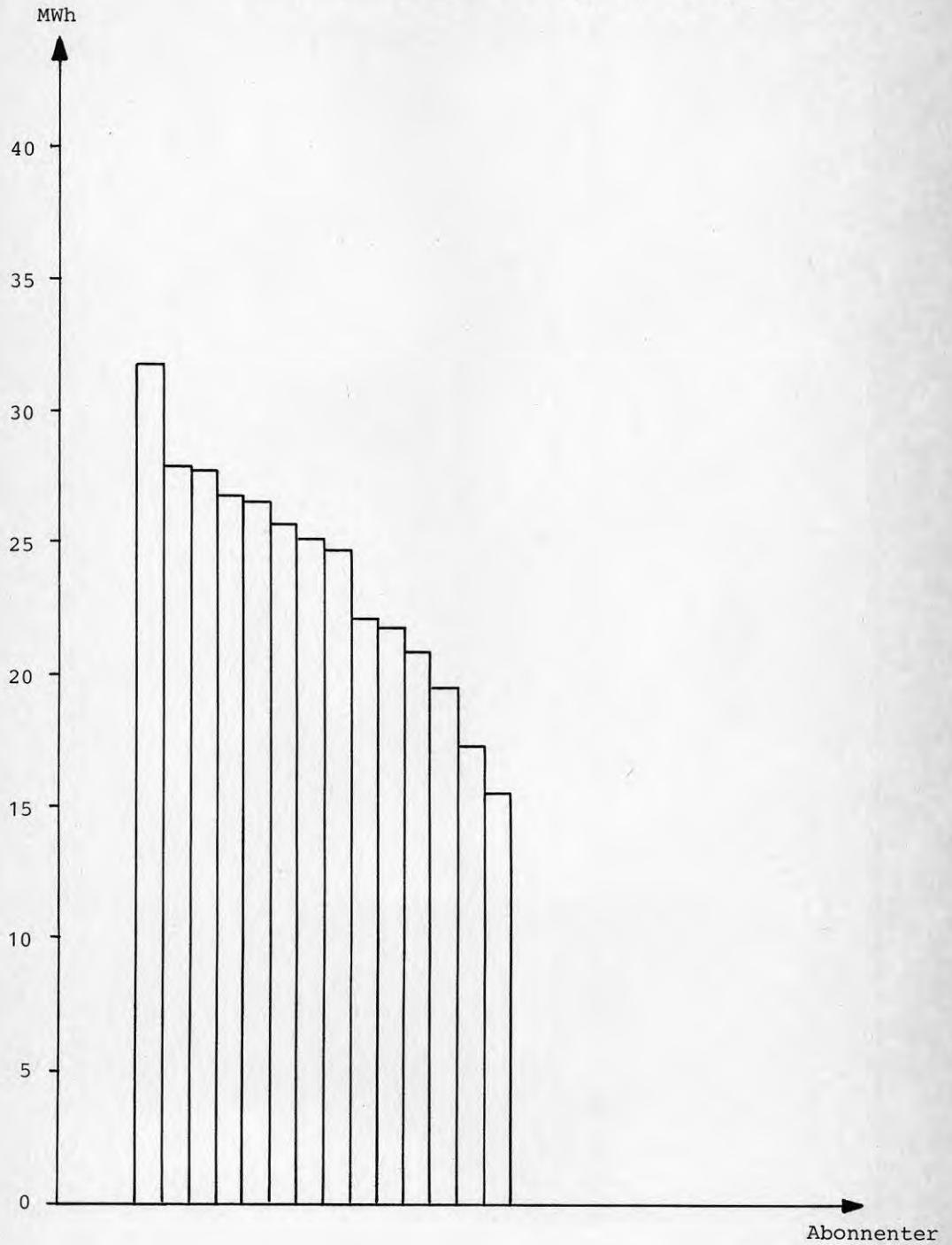
$$k = \frac{q_f}{1 - q_f} \cdot \frac{\left(\frac{W}{L}\right)}{\left(\frac{A}{L}\right) \cdot \int Dd\tau} \quad (W/m^2, ^\circ C) \quad W \text{ avser förbrukad energi}$$

		q_f	$\frac{A}{L}$	$\int Dd\tau$	$\frac{W}{L}$	k
		RELATIV NÄTFÖRLUST (-)	SPECIFIK MÄNTELYTA (m^2/m)	GRADTIDTAL ($^\circ C \cdot h \cdot 10^3$)	LINJETÄTHET (MWh/m)	VÄRMEGENOMGÅNGSTAL ($W/m^2, ^\circ C$)
EKTUNAVÄGEN	(JULI 78- JUNI 79	0,025		520,8	2,848	0,71)
	JULI 79- JUNI 80	0,084		578,2	2,722	2,19
	JULI 80- JUNI 81	0,108		511,5	2,679	3,22
	MEDELVÄRDE	0,096	0,197	544,8	2,701	2,67
LANGGATAN	JULI 78- JUNI 79	0,080		471,7	1,093	1,59
	JULI 79- JUNI 80	0,088		462,3	0,991	1,63
	(JULI 80- JUNI 81	0,206		470,6	0,915	3,97)
	MEDELVÄRDE	0,084	0,127	467,0	1,042	1,61
TIMJANEN	JULI 78- JUNI 79	0,159		540,8	2,214	4,30
	JULI 79- JUNI 80	0,159		538,9	2,036	3,97
	JULI 80- JUNI 81	0,163		535,5	2,033	4,11
	MEDELVÄRDE	0,160	0,180	538,4	2,094	4,12
MARIEHOLM	(JAN- DEC 80	0,292		608,3	0,944	3,09)
	JAN- DEC 81	0,197		567,8	1,001	2,09
	(MEDELVÄRDE	0,246	0,207 ^S	588,1	0,972	2,61)
KRONHJORTS- GATAN	SEP 79- AUG 80	0,186		524,3	0,833	1,67
	JULI 80- JUNI 81	0,196		532,3	0,829	1,74
	MEDELVÄRDE	0,191	0,218	528,3	0,831	1,70
MARDVÄGEN	SEP 79- AUG 80	0,168		516,1	1,032	1,59
	JULI 80- JUNI 81	0,220		524,2	0,946	2,00
	MEDELVÄRDE	0,194	0,254	520,2	0,989	1,80
SLÄDVÄGEN	JAN- DEC 80	0,242		605,8	3,302	6,40
	JULI 80- JUNI 81	0,219		609,7	3,282	5,55
	MEDELVÄRDE	0,231	0,272	607,8	3,292	5,98
SJÖTORPET	JAN- DEC 78	0,139			1,002	0,86
	JAN- DEC 79	0,221			0,947	1,43
	JAN- DEC 80	0,239			0,865	1,44
	JAN- DEC 81	0,204			0,878	1,20
	MEDELVÄRDE	0,201	0,330	570,0 ^S	0,923	1,23
HAMMAREN	APR 81- MARS 82	0,264	0,312	710,1	0,702	1,14
KRISTINEBERG	JULI 80- JUNI 81	0,313	0,225 ^S	509,0	0,410	1,63
CLEMENTINEN	FEB 80- JAN 81	0,085		362,4	3,176	2,08
	JAN- DEC 81	0,061		352,4	3,076	1,45
	MEDELVÄRDE	0,073	0,391	357,4	3,126	1,76

^SUPPSKATTADE VÄRDEN

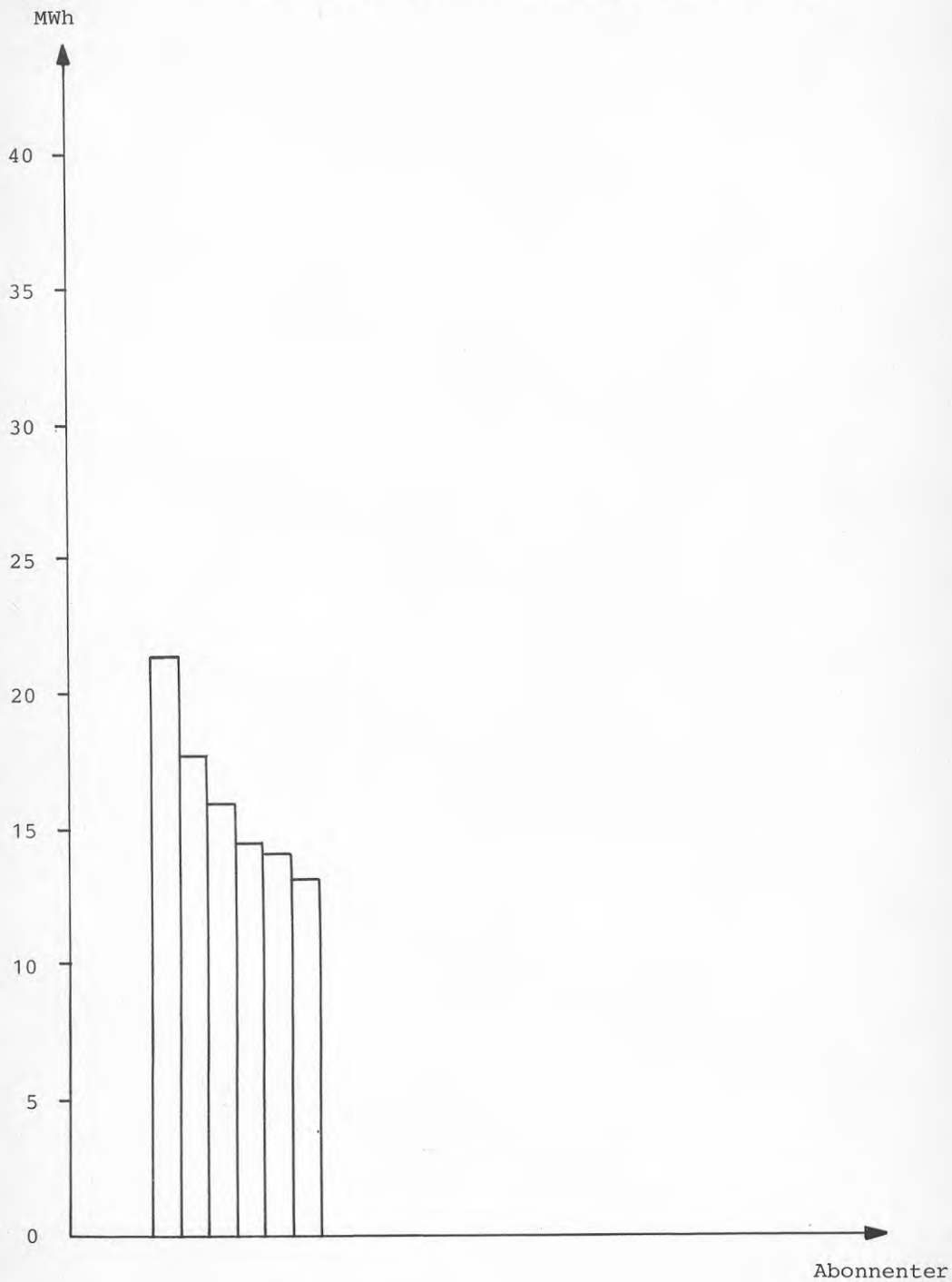
Ektunavägen - Kvinnebyvägen, Linköping

Normalårskorrigerad förbrukning för år 1979



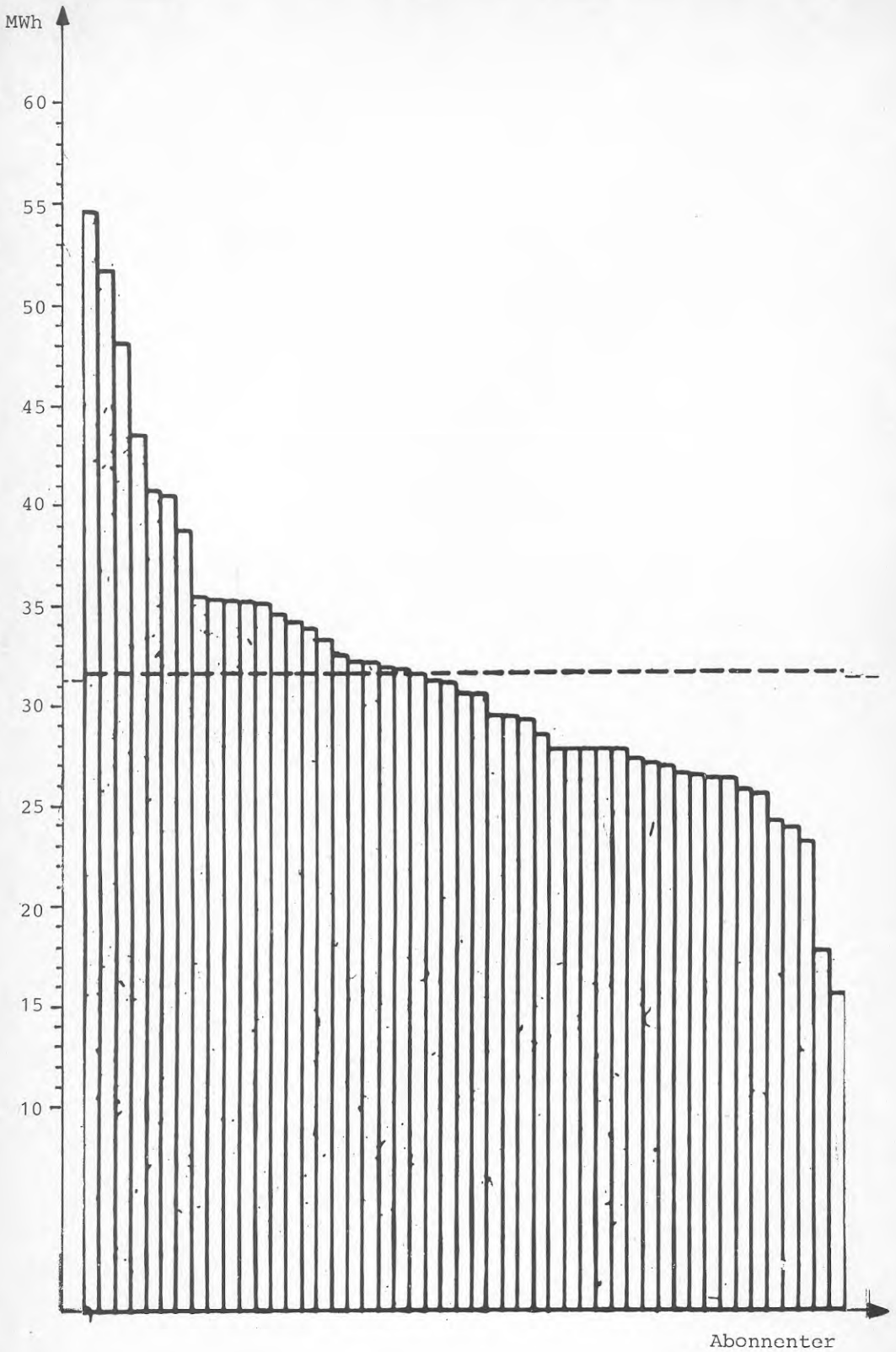
Långgatan, Linköping

Normalårskorrigerad förbrukning för år 1979



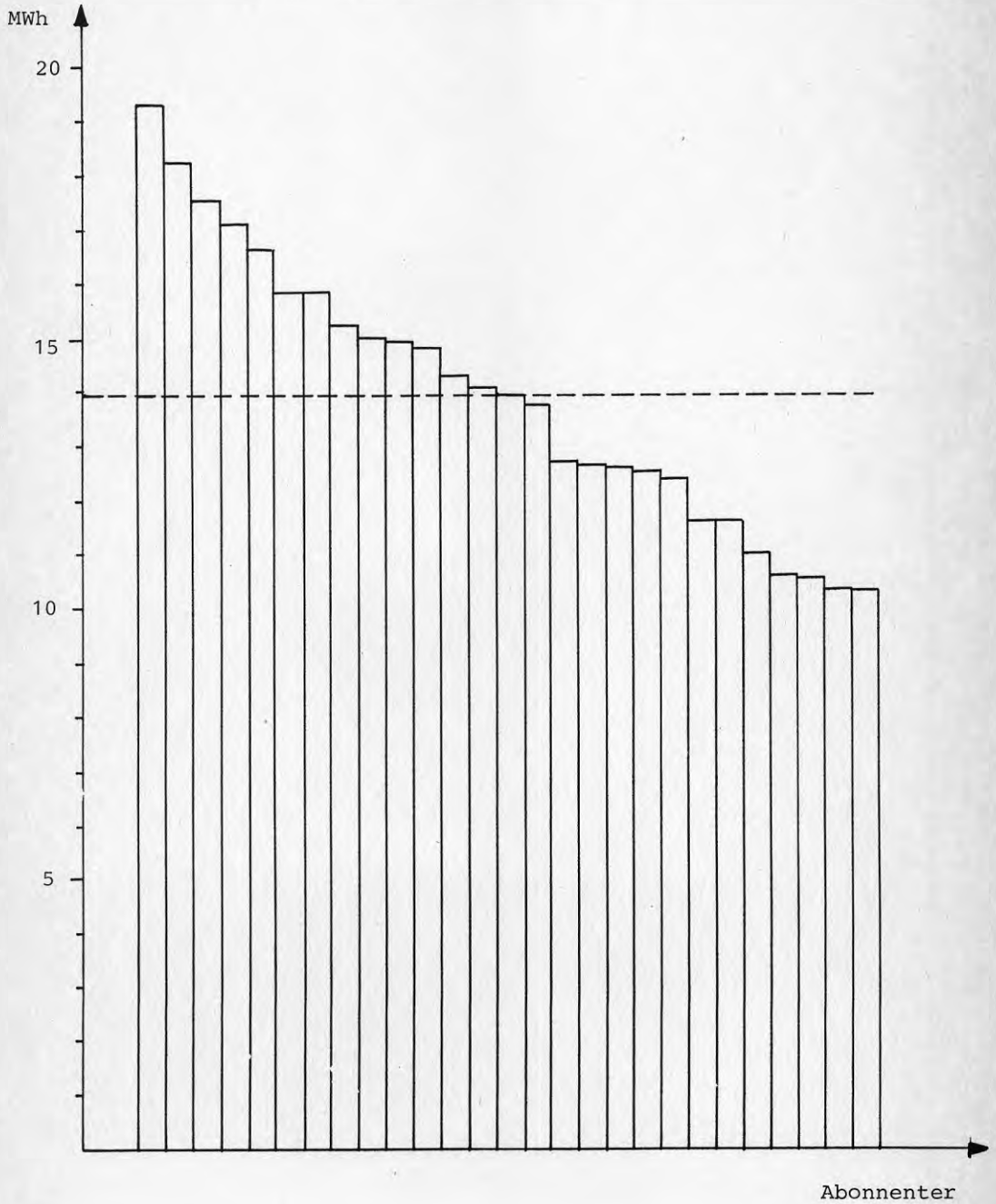
Diagrammet visar registrerad förbrukning för respektive abonnent i kv Timjanen.



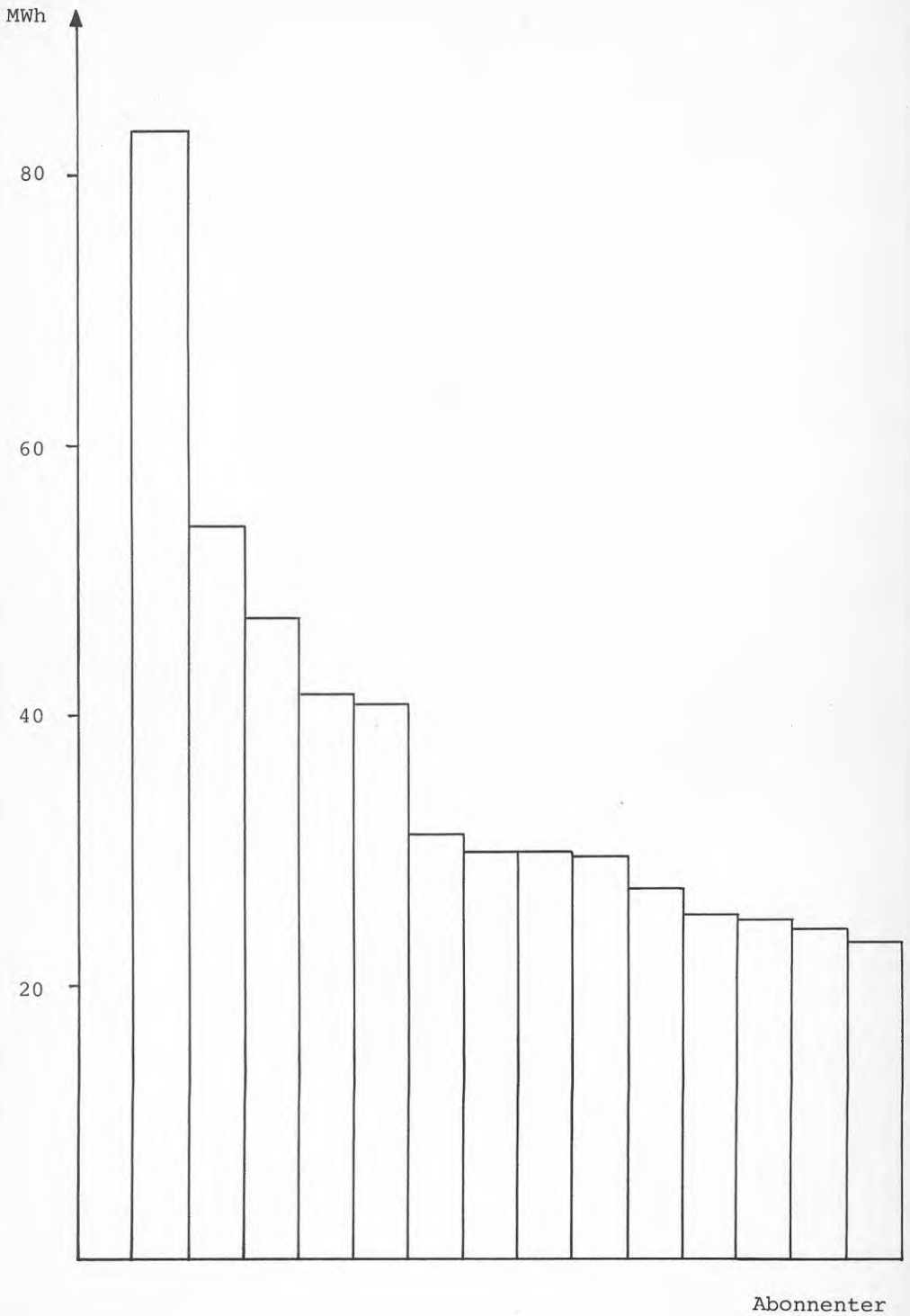


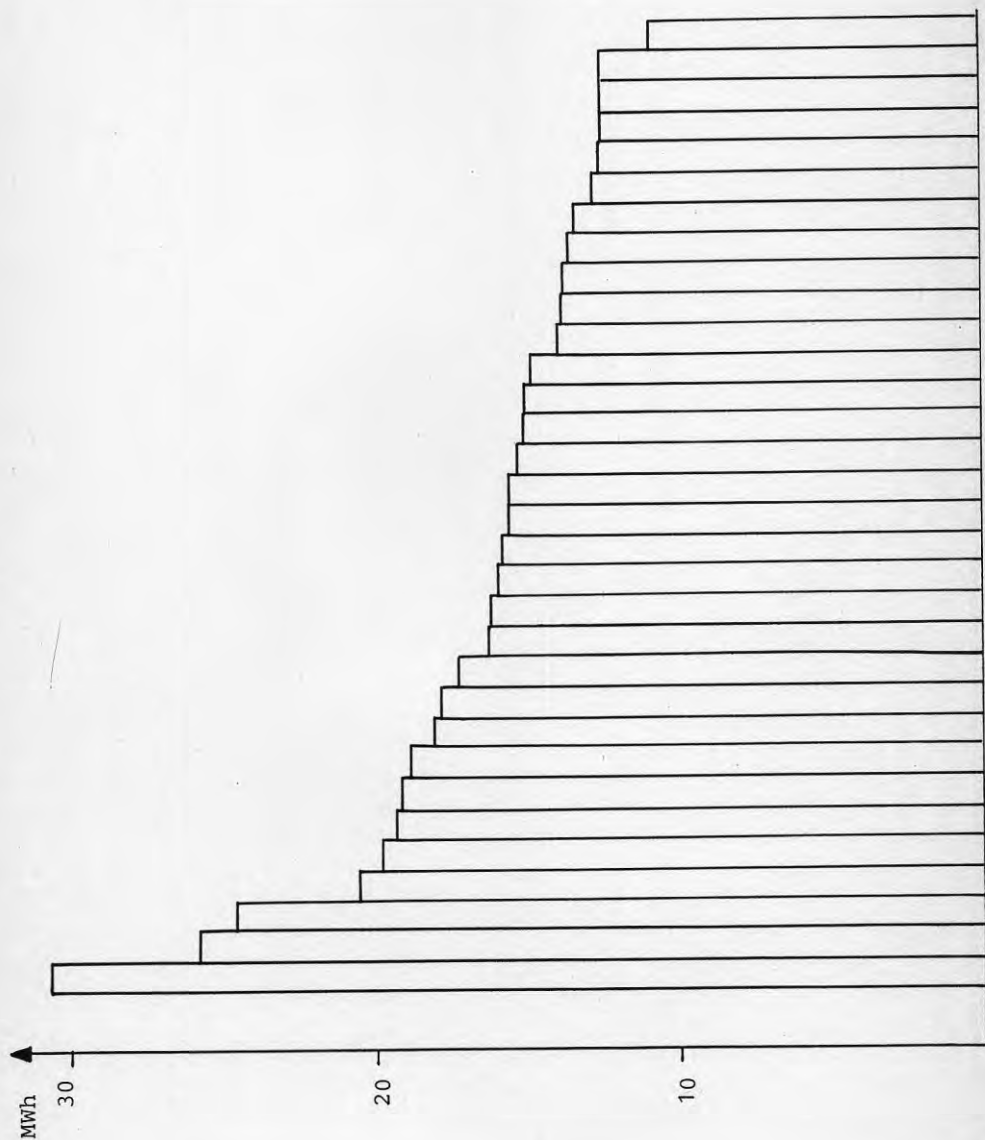
DIAGRAMMET VISAR
NORMALÅRS-
KORRIGERAD FÖRBRUKNING FÖR 1981

Clementinen



Marieholm 80/81

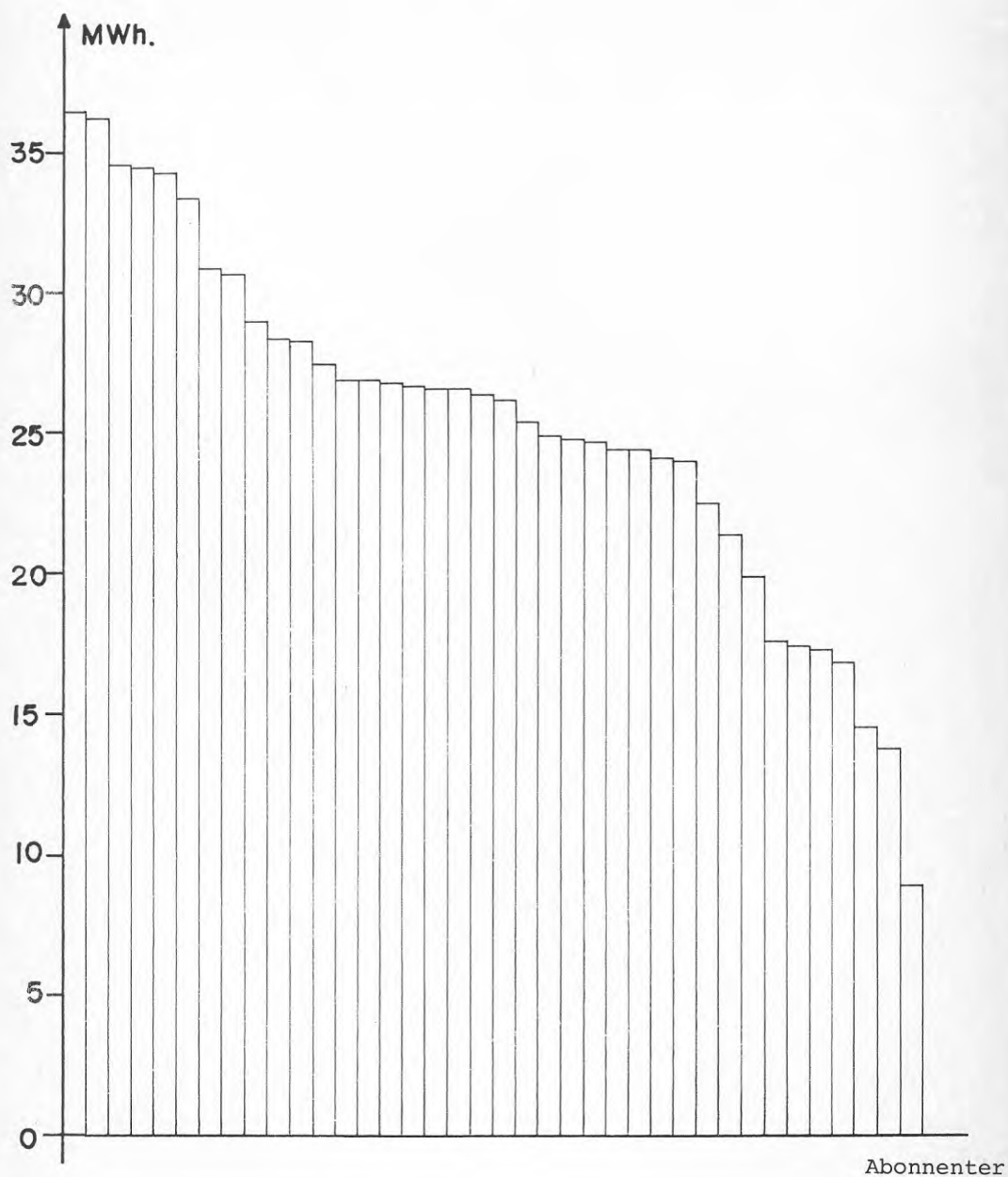




Abbonnenter

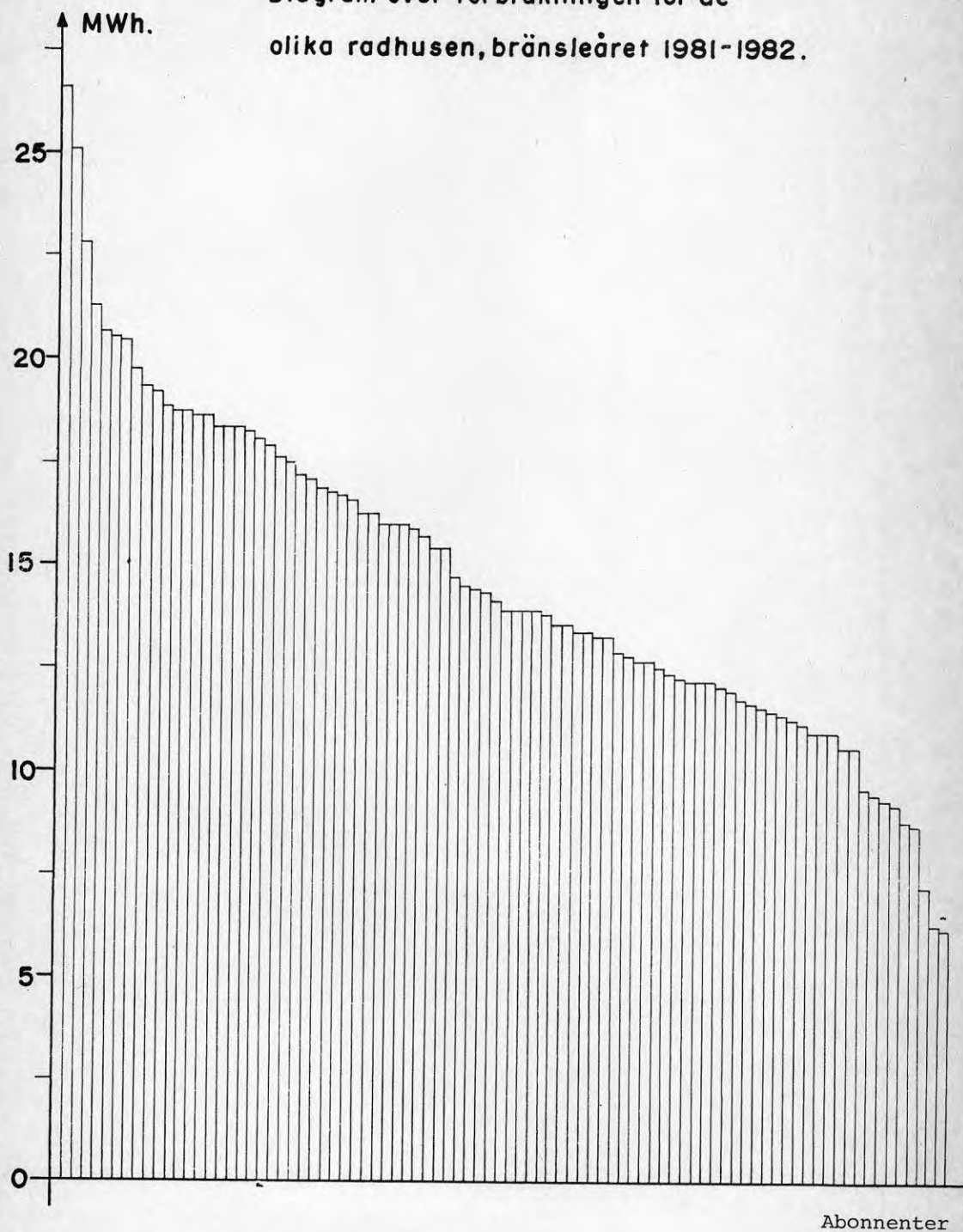
KRONHJORTSGATAN, 37 SMÅHUS.

Diagram över förbrukningen för de
olika småhusen, bränsleåret 1981-1982.

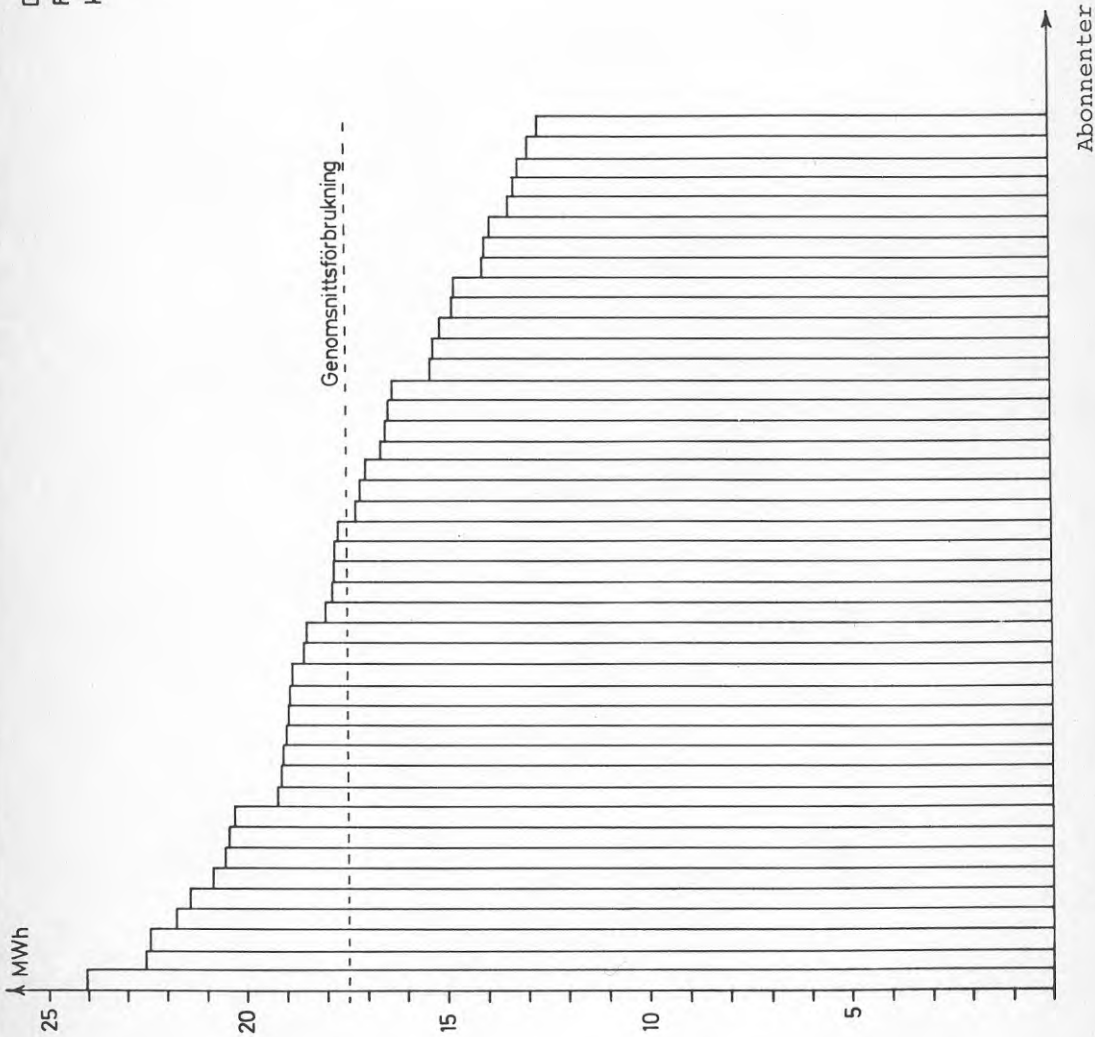


MÅRDVÄGEN, 87 RADHUS.

Diagram över förbrukningen för de
olika radhusen, bränsleåret 1981-1982.



DIAGRAMMET VISAR NORMALÅRSKORRIGERAD
FÖRBRUKNING UNDER 1981,
KV SJÖTORPET II, VÄXJÖ.



VEAB
VÄXJÖ ENERGI AB

Sjöpartsvägen 1, 352 34 Växjö, Tel 0470-225 60

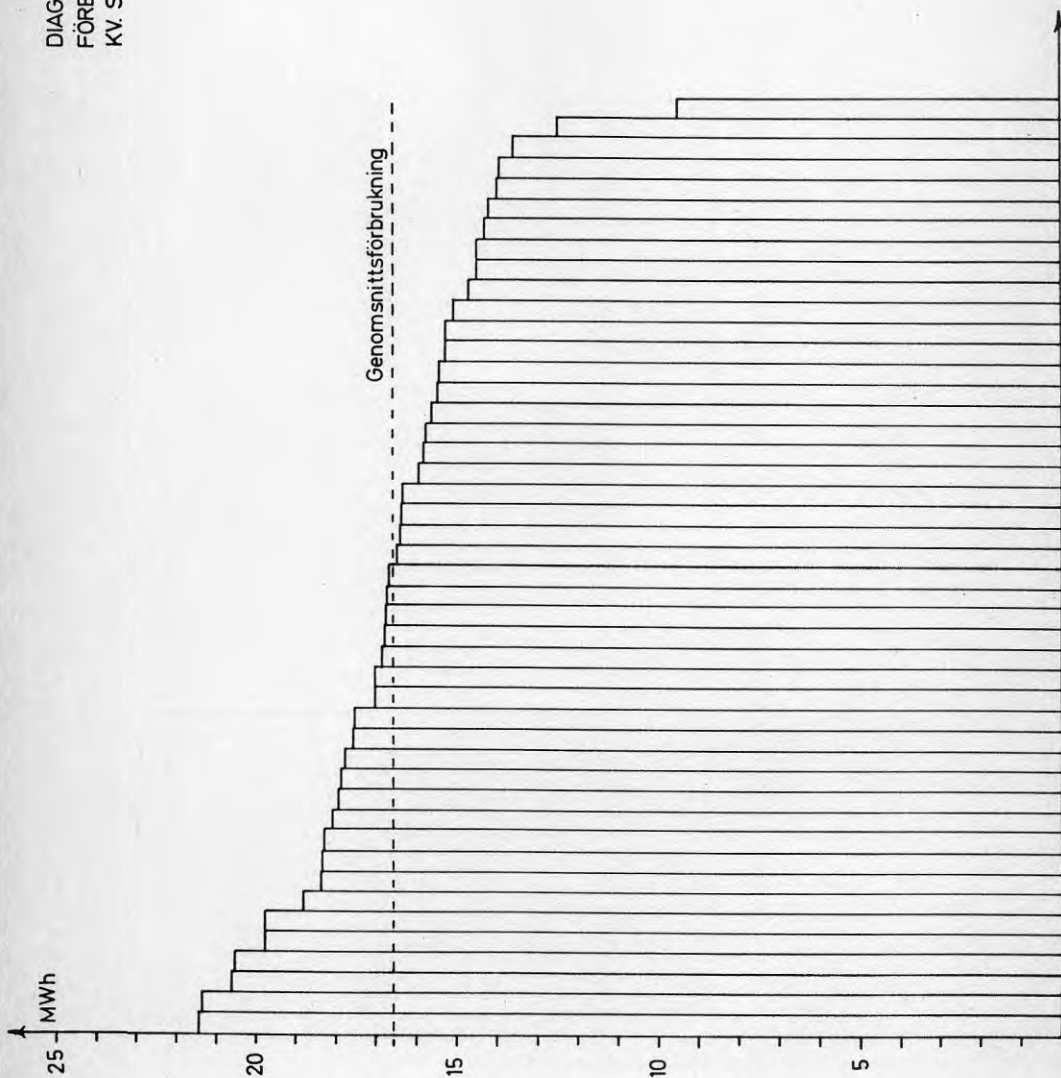
RFID 10001 AV GRANSKOD AV OMBESTÄMMNING

1983 03 11

RFIDNUMMERNUMMER: 96

KOD TYP POS

DIAGRAMMET VISAR NORMALÅRSKORRIGERAD
FÖRBRUKNING UNDER 1981,
KV. SJÖTORPET III, VÄXJÖ.

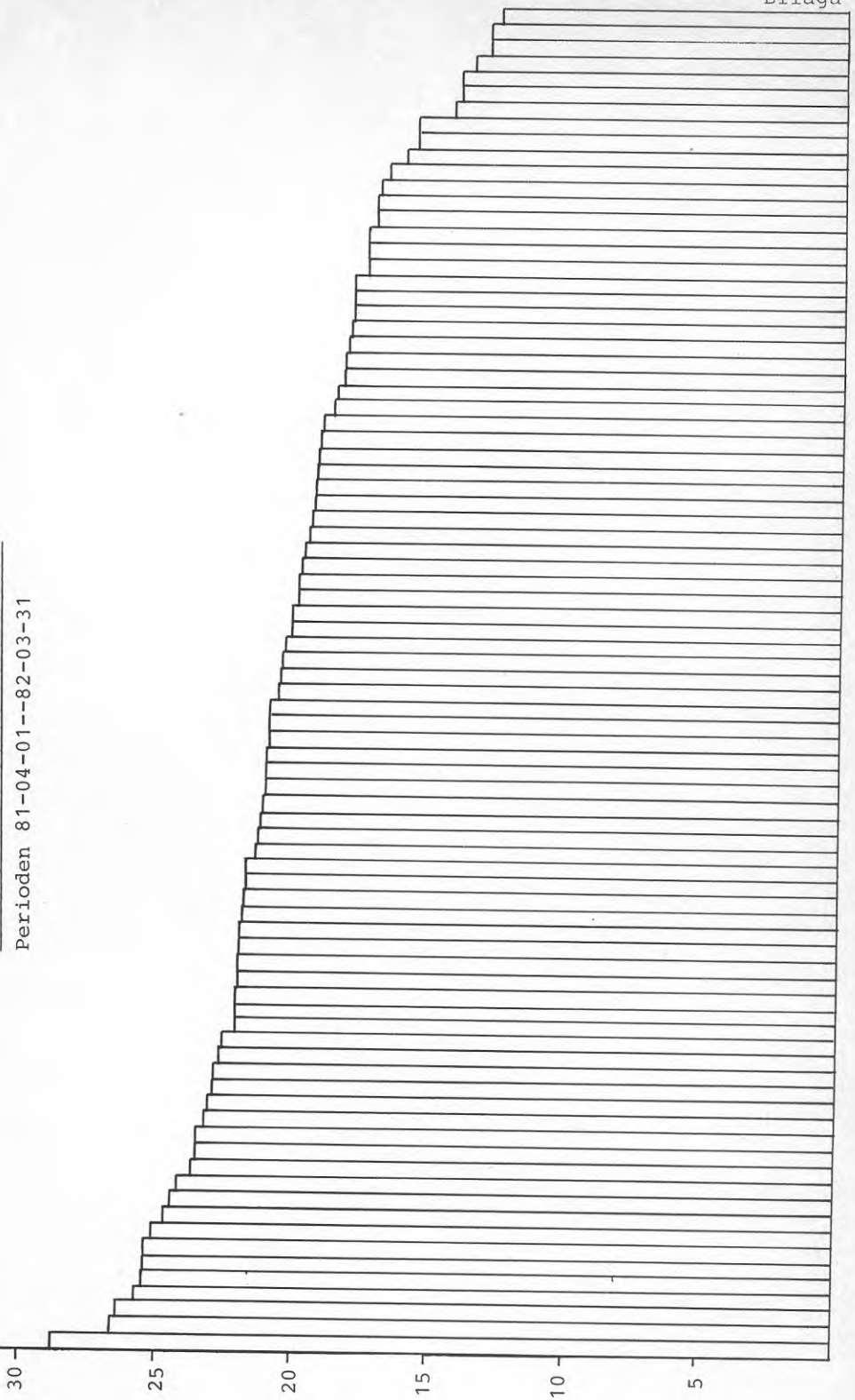


VEAB
 VÄXJÖ ENERGI AB
 Sköparendagen 1, 352 34 Växjö, Tel 0470-225 60
 RETAD SVENSK AV GRUNDLAG AV OBLASTNUMMER
 1983 03 11
 RETNINGSSAMMÅR 97

Abbonnenter

LULEÅ OMR. HAMMAREN ENERGIFÖRBR.
Perioden 81-04-01--82-03-31

MWh
Energiförbr. ↑



**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
770988-6 från Statens råd för byggnadsforskning
till Statens Vattenfallsverk, Stockholm.**

R47: 1984

ISBN 91-54-4118-X

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6704047

**Abonnemangsgrupp:
W. Installationer**

**Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 7853
103 99 Stockholm**

Cirkapris: 35 kr exkl moms