



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.



**Rapport**

**R19:1990**

**Abonnentcentraler i två-,  
trestegs- och parallellutförande  
Utvärdering i Gubbängen, Stockholm**

**Rune Blomquist**

V-HUSETS BIBLIOTEK, LTH



15000

400135424

**Byggforskningsrådet**

R19:1990

ABONNENTCENTRALER I TVA-, TRETEGS- OCH  
PARALLELLUTFORANDE

Utvärdering i Gubbängen, Stockholm

Rune Blomquist

Denna rapport hänföer sig till forskningsanslag 831081-8  
från Statens råd för byggnadsforskning till Riksbyggen,  
Stockholm.

## REFERAT

Rapporten redovisar mätning och utvärdering av abonnentcentraler i Gubbängen i Stockholm och behandlar två-, trestegs-, och parallellutförande. Syftet var att ta fram underlag för val av kopplingsprincip för en abonnentcentral, och mäta temperatur, flöden m m för att kunna se skillnad i funktionen av abonnentcentralen. Vissa skillnader i utförandet har uppmätts och beräknats med hjälp av mätresultat. Skillnaderna är för små för att man ska kunna dra några generella slutsatser om vilken princip som är bäst. Dessutom varierar skillnaderna under året.

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

Denna skrift är tryckt på miljövänligt, oblekt papper.

R19:1990

ISBN 91-540-5168-1

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Svenskt Tryck Stockholm 1990



## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1.	Inledning	Sid 1
1.1	Bakgrund	Sid 1
1.2	Syfte	Sid 2
2.	Projektbeskrivning	Sid 3
2.1	Installation	Sid 3
2.2	Mätprogram	Sid 5
2.3	Mätningar	Sid 7
2.4	Mätnoggrannhet	Sid 7
2.5	Beräkningar	Sid 7
3.	Resultat	Sid 8
3.1	Inomhusklimat	Sid 8
3.2	Effekter	Sid 9
3.3	Temperaturer	Sid 11
3.4	Specifikt flöde	Sid 14
3.5	Totalflöde för fjärrvärme- vattnet jämfört med varm- vattenlasten	Sid 17
3.6	Intensivmätningarna	Sid 17
3.7	Varmvattenförbrukning	Sid 19
3.8	Differenstryck	Sid 23
4.	Utvärdering av resultat	Sid 24
5.	Slutsatser	Sid 26
5.1	Fastighetsägarens synpunkt	Sid 26
5.2	Värmeleverantörens synpunkt	Sid 26

Litteraturförteckning

Bilagor (bilageförteckning)



## ABONNENTCENTRALER I TVÅ- OCH TRESTEGS OCH PARALLELLUTFÖRANDE

### UNDERSÖKNING AV PRIMÄRFLÖDEN, TEMPERATURER M M

#### 1. Inledning

##### 1.1 Bakgrund

Inkoppling av byggnader till ett fjärrvärmenät sker på olika sätt. Ett huvudvillkor är att det varma vattnet skall kylas så långt ner som möjligt. På så vis får man ett effektivt utnyttjande av fjärrvärmesystemet. Inkopplingen av varje fastighet kan göras på olika sätt. De principer som används är följande:

- Trestegskoppling
- Tvåstegskoppling
- Parallellkoppling

Det finns även förespråkare för direktkoppling dvs utan värmeväxlare. Det var en modell som man utnyttjade i fjärrvärmens barndom. Men den visade sig ha så många nackdelar att man gick ifrån den ganska snart. Nedan visas funktionen för de olika typerna av inkoppling:

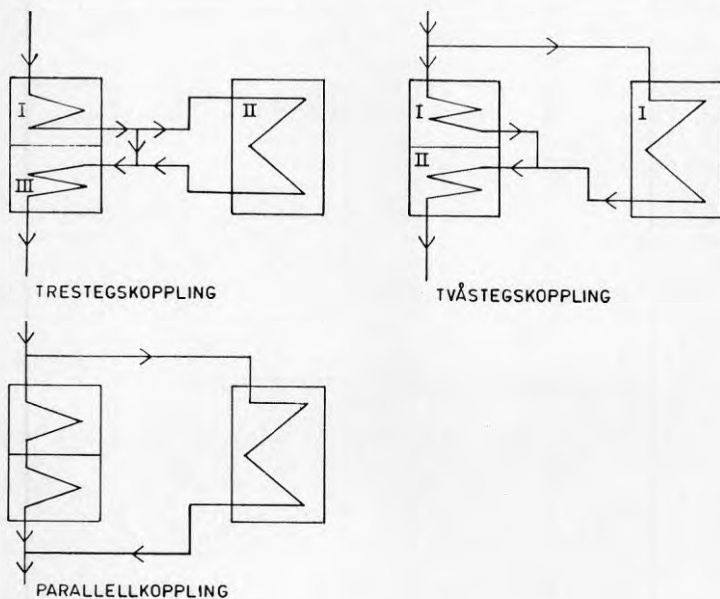


Fig 1.1 Kopplingsprinciper som provas.

Fjärrvärmevattnet som kommer in till abonnentcentralen växlas i värmeväxlare till värmesystemet och i vattenvärmare till varmvattensystemet. Det förstnämnda är stabilt, följer utetemperaturen och är oberoende av fastigheternas storlek, sett per lägenhet. Varmvattnet varierar med storlek på så sätt, att ju fler lägenheter per abonnentcentral, desto lägre blir den specifika topeffekten. Detta är en funktion av den sammanlagring av de olika lägenheternas förbrukning av varmvatten som sker.

## 1.2 Syfte

Syftet med undersökningarna är att ta fram ett underlag för beslut om utformning av en abonnentcentral. Det viktiga är att i första hand få fram ett underlag för val av princip för inkoppling av fjärrvärmen till husens värme- och varmvattensystem. Detta görs genom att

- dels ta fram temperaturkurvor som visar hur returledningen varierar vid olika framledningstemperaturer och olika belastningar på varmvattensystemet
- dels flödeskurvor som visar det specifika flödet per levererad energienhet. Mätningarna sker, dels med entimmesvärden, dels genom intensivmätningar.

Studien har genomförts i bostadsrättsföreningen Stockholmshus nr 11, belägen i Gubbängen, södra Stockholm. Den består av 17 byggnader med 9 abonnentcentraler och anslöts hösten 1984 till Stockholms fjärrvärmenät. Utrustningen i 6 av abonnentcentralerna utformades så, att endast genom ventilomställning driva den enligt de tre kopplingsprinciperna.

För mätningarna anlätades Mätcentralen för energiforskning vid Tekniska Högskolan i Stockholm. Under deras överinseende installerades givare i de sex abonnentcentralerna. Ifrån dessa drogs kablar till en mät dator placerad i den gamla panncentralen. Mätvärdena lagrades på kassetter, som togs till mätcentralen vid KTH och behandlades i en större dator. Kassetterna byttes regelbundet varje vecka.

För att åstadkomma den önskade simuleringen mellan de olika principkopplingarna, lades ett program upp för växling. Det innebar, att varje måndag skiftades kopplingsprincip enligt ett schema, så att varje vecka fanns det två abonnentcentraler av varje principkoppling.

Se vidare under punkt 2.2.

## 2. Projektbeskrivning

Husen är uppförda 1947-48. De hade ursprungligen en gemensam panncentral. Den var placerad där abonnentcentral 1 nu finns. Övergången till fjärrvärme skedde i slutet av 1984.

Stockholmshus nr 11 består av 380 lägenheter och 41 lokaler. Ytorna för dessa är 21.750 m<sup>2</sup> resp 1.887 m<sup>2</sup>. Den del som berör försöksobjektet har följande grunddata:

Abonnent central	Antal lägenheter	Byggnadsyta m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> BRA	Dimensionerande värme-effekt	vv-effekt
1	117	7012/5496	420	698
2	36	3354/2516	184	339
3	43	3172/2226	174	377
6	37	3040/2280	167	339
7	12	998/741	55	226
9	24	2112/1584	116	283

Dimensionerande förutsättningar för fjärrvärmeleveransen var enligt Stockholm Energis anvisningar.

	Fjärrvärme		Sekundärvärme	
	in	ut	in	ut
Värmesystem	120	65	60	80
Varmvattensystem	65	25	5	50

### 2.1 Installation

Värmesystemet är ett tvårörs pumpcirkulationssystem. Radiatorerna är försedda med termostatventiler i slutet av 70-talet. Därefter har systemet injusterats.

De hus som är anslutna till abonnentcentral 1 har ventilation med frånluft. Övriga hus är försedda med självdragsventilation.

Reglerutrustningen för de aktuella centralerna är likadan och är utförd av Tour Anderssons (TA:s) fabrikat. Det är en normal standardutrustning enligt följande:

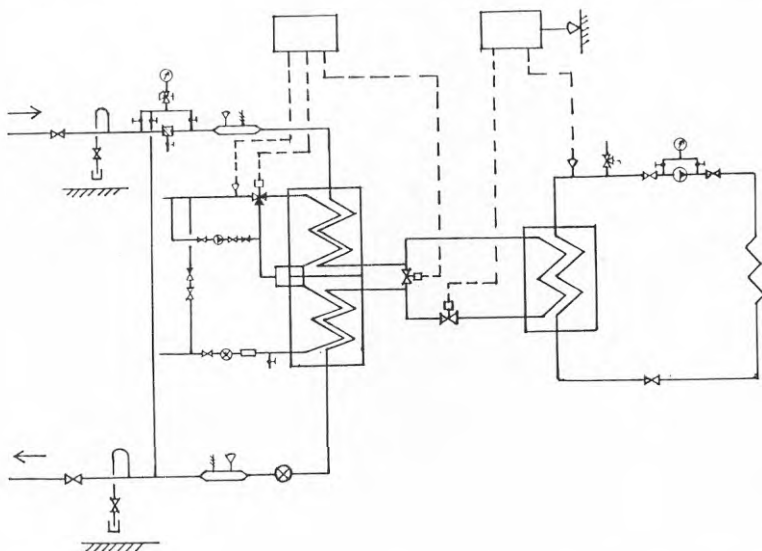
Reglerutrustning för värme:

Reglercentral:	210 U
Styrventil, 2-vägs:	STL
Vattengivare:	EGW 120 ST
Utegivare:	EGU

## Reglerutrustning för varmvatten:

Reglercentral: 209 W  
 Styrventil, 2-vägs: STL  
 Styrventil, 3-vägs: V386  
 Vattengivare: EGK 70

Den normala abonnentcentralen utformas enligt nedanstående figur. Det gäller för hus 4, 5 och 8. Utrustningen i dessa utformas som en normal trestegskoppling.



Figur 2.1 Principschema för normal abonnentcentral.

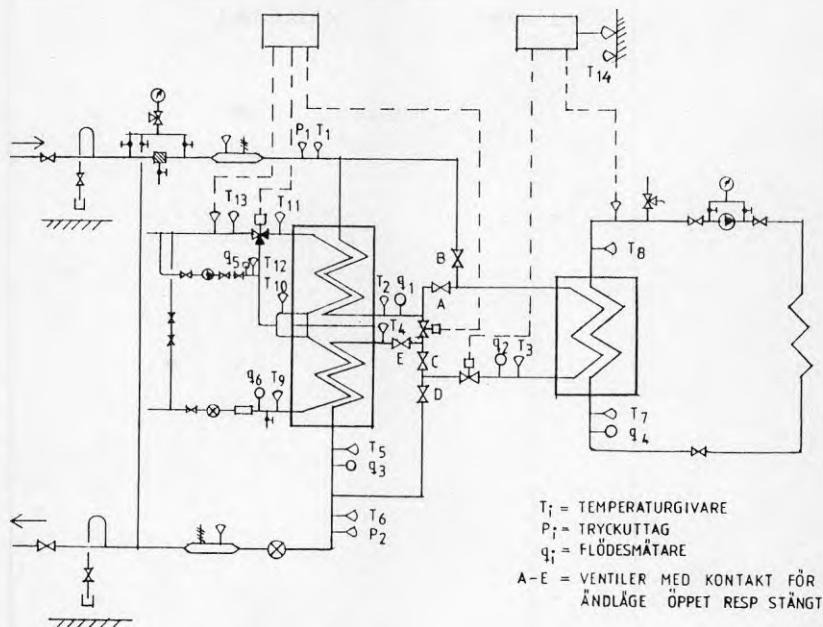
I dessa centraler gjordes inga mätningar.

Abbonentcentralerna utrustades med värmeväxlare och vattenvärmare från dels fabrikat Elge i form av rörväxlare, dels fabrikat Zander & Ingeström (Z o I) i form av plattvärmewäxlare. För reglerutrustningen valdes TA:s fabrikat, med motorventiler av typ STL på primärsidan. Abonnentcentralerna var följande:

Abbonentcentralnr	Antal lägenheter	Fabrikat	Värmeväxlare typ	Vattenvärmare typ
1	117	Elge	R-54	S2-72
2	36	ZoI	P2/HD	P2/HV3
3	43	ZoI	P2/HD	P2/HV3
6	37	Elge	R-34	S2-43
7	12	Elge	R-34	S2-52
9	24	ZoI	P2/HD	P2/HV3



För att åstadkomma de önskade driftsfallen utformades abonnentcentralerna enligt följande figur. Förbigångsledningar gjordes för insättning av ventil B och D. För övrigt sattes ventilerna A, C och E in för att åstadkomma de önskade driftfallen.



Figur 2.2 Principschema för abonnentcentral i försöksutförande.

Ventilerna A-E utrustades med kontakter för avkänning av läge. Dessa slöts vid stängda ventiler. Kontroll erhöles på att uppgjort schema följdes.

## 2.2 Mätprogram

Mätpunkterna framgår av figur 2.2 ovan. Litet  $q$  står för flödesmätare. Stort  $T$  står för temperaturmätare. Litet  $p$  står för tryckmätare. Mätvärdena insamlas på en dator HP 9825 A av fabrikat Hewlett Packard AB. Övrig hjälputrustning är av samma fabrikat.

Mätgivarna för temperatur är insatta i ett dykrör. Temperaturgivarna är av typ PT 100. Flödesgivarna är av fabrikat Clorius typ T3 och SVMV-4 resp -1.

För att få ett jämnt fördelat resultat upprättades följande schema:

Datum	Under- centraler	Drift- fall	Öppna ventiler	Stängda ventiler
1/9	1	2-steg	B, C, E	A, D
	2	parallell	B, D	A, C
	3	3-steg	A, C	B, D
	6	parallell	B, D, E	A, C
	7	3-steg	A, C, E	B, D
	9	2-steg	B, C	A, D
8/9	1	3-steg	A, C, E	B, D
	2	2-steg	B, C	A, D
	3	parallell	B, D	A, C
	6	2-steg	B, C, E	A, D
	7	parallell	B, D, E	A, C
	9	3-steg	A, C	B, D
15/9	1	parallell	B, D, E	A, C
	2	3-steg	A, C	B, D
	3	2-steg	B, C	A, D
	6	3-steg	A, C, E	B, D
	7	2-steg	B, C, E	A, D
	9	parallell	B, D	A, C
22/9	1	2-steg	B, C, E	A, D
	2	parallell	B, D	A, C
	3	3-steg	A, C	B, D
	6	parallell	B, D, E	A, C
	7	3-steg	A, C, E	B, D
	9	2-steg	B, C	A, D
29/9	1	3-steg	A, C, E	B, D
	2	2-steg	B, C	A, D
	3	parallell	B, D	A, C
	6	2-steg	B, C, E	A, D
	7	parallell	B, D, E	A, C
	9	3-steg	A, C	B, D

Mätcyklerna var upplagda så att samma principkoppling samtidigt förelåg för dels växlare av fabrikat Elge dels växlare av fabrikat Zander & Ingeström. Dessa mätningar utfördes med regelbundna tidsintervaller. Avläsning gjordes var 5:e minut. Dessa mätvärden summerades till 1-timmesvärden, som lagrades för ytterligare bearbetning. Mot slutet av mätperioden gjordes intensivmätningar. Detta innebar att för några abonnentcentraler gjordes avläsningar var 20:e sekund för vissa mätvärden. Intensivmätningarna omfattar varmvattenflöde, kallvattenflöde, varmvattentemperatur, primärflöde radiator, primärflöde totalt, utetemperatur, primärtemperatur fram, primärtemperatur retur.

### 2.3 Mätningar

Mätningarna utfördes av Mätcentralen för Energiforskning vid KTH (MCE). En separat rapport från dem ingår som bilaga 1. I denna redogörs för mätutrustning, mätnoggrannhet m m.

### 2.4 Mätnoggrannhet

Temperaturgivarna är utformade enligt 1/5 DIN klass A. Det innebär en noggrannhet av  $\pm 600$ -dels grader. Noggrannheten i de uppmätta värdena bedöms vara 1/10-dels grad. För att undersöka inverkan av temperaturvariationerna, mättes stigtiderna för PT100-givare monterade i olika typer av dykrör. Denna undersökning redovisas i bilaga 2. En total analys av felet vid mätningarna är svår att få. Frågan har diskuterats med Stockholms Universitet. Det kan inte till rimliga kostnader ge någon analys av de fel som kan uppkomma.

Flödesmätarna är dels roterande dels induktiva mätare. Mätnoggrannheten har beräknats genom jämförelse mellan olika mätvärden. Detta beskrivs i bilaga 1, MCE:s rapport. Mätcentralen anger vid senare kontroller att det i de flesta fall är god överensstämmelse mellan de olika mätvärdena. Det finns dock vissa mätare som har gett större felaktigheter. Dessa mätare är av ett och samma fabrikat och hänsyn till dessa felaktiga mätvärden har tagits vid utvärderingen.

### 2.5 Beräkningar

Ur de uppmätta värdena för flöden och temperatur beräknas följande parametrar:

- totaleffekt för abonnentcentralen
- radiatoreffekt
- varmvatteneffekt
- effekt för varmvattencirkulation
- specifikt flöde
- olika effekter per lägenhet

Vidare görs en utvärdering av effekten per ytenhet. Tidsintervallerna är här ett dygn. En kurva görs som en tredjegrads ekvation. Programmet tar fram en anpassning till denna kurva.

Det specifika flödet i liter per kilovattimme beräknas så att en tredjegrads ekvation får representera kurvan för anpassning till olika utetemperaturer. Även här bedöms anpassningen av mätvärdena.

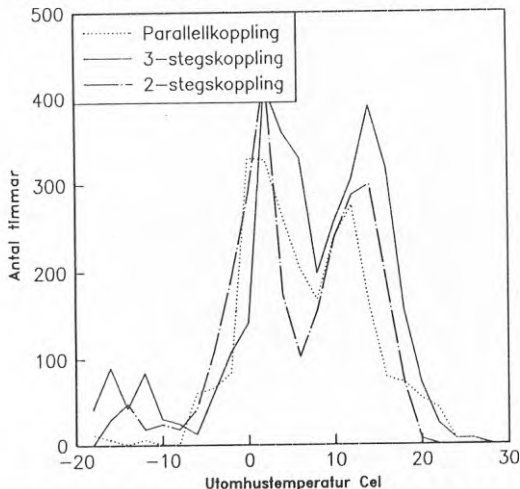
De mätvärden som erhållits för primärsidans temperaturer, utnyttjas på så sätt, att temperaturdifferensen beräknas. Den relateras därvid till de olika utetemperaturerna. För att kunna presentera värdena görs en anpassning till en tredjegrads ekvation. Anpassningens godhet presenteras vid respektive kurva.

### 3. Resultat

Mätningarna startade i januari 1985. Efter en kort intrimningsperiod kom provperioden igång den 1 februari 1985. Arbetet löpte sedan tillfredsställande fram till i slutet av maj 1985. Därefter gjordes inga omställningar av ventilerna beroende på administrativa problem. Mätningarna fortsatte trots det fram till mars 1986 då mätningarna avbröts. Mätningarna togs upp på nytt i september 1986. Därvid instruerades personalen att ställa om ventilerna regelbundet. Dessa omställningar skedde inte. I oktober 1986 skedde stöld av mätutrustningen. Det innebar att mätningarna avbröts och kunde tas upp på nytt i maj 1987. Mätningarna pågick sedan fram till slutet av januari 1988. Under denna senare period har omställning av ventilerna skett med personal från mätcentralen. Allt har därvid fungerat mycket bra. Ur de mätperioder som pågått, har värden från 85-02-01--85-05-31 och 87-06-01--88-01-31 använts. Därvid har värden för sammanlagt 12 månader under alla perioder på året använts. Resultatet av utvärderingen av mätvärdena presenteras så att i texten anges exempel på utseendet för en viss undercentral. I bilagor följer sedan samtliga undercentralers värden avseende samma parametrar.

#### 3.1 Utomhusklimat

Mätningarna avseende utomhusklimatet har skett för utomhustemperaturen. Den har mätts på en punkt för hela området. Det är vid abonnentcentral nr 1. För att utnyttja dessa mätvärden har de sammanställts så att gradtimmefrekvensen redovisas för varje abonnentcentral. Graddimmarna delas upp så att parallellkoppling, 3-stegskoppling resp 2-stegskoppling redovisas var för sig. Se figur nedan.



Figur 3.1 Graddimmefrekvens för abonnentcentral nr 1.

Drifttider: 2-steg 31 % av tiden  
 3-steg 40 % av tiden  
 parallell 29 % av tiden.

Gradtimrefrekvenser för samtliga abonnentcentraler redovisas i bilaga 3. Gradtimrefrekvenserna redovisas för ett intervall av 2°C.

### 3.2 Effekter

Effekterna har beräknats med utgångspunkt ifrån uppmätta värden på temperaturdifferenser och flöden genom abonnentcentralen. De mest intressanta värdena för den här undersökningen gäller **totaleffekten** för hela abonnentcentralen, dvs de som åtgår både för värme och varmvattenförbrukning.

Under senare delen av mätperioden har även värden från energiverkets mätare lagrats. Det innebär att jämförelse har kunnat göras med de olika mätperioderna. Denna jämförelse kan sammanställas på följande sätt:

Abonnent-central	Medelvärde	Standard-avvikelse	Högsta värde	Lägsta värde
1	1,017	0,073	1,402	0,076
2	0,719	0,154	1,658	0,000
3	0,782	0,156	1,791	0,000
6				
7	1,018	0,231	2,513	0,018
9	0,774	0,478	2,918	0,019

Tabell 3.21 Totaleffekt för abonnentcentralerna.  
 Kvoten av MCE:s mätutrustning och energiverkets mätare.

För två av abonnentcentralerna UC1 och UC7 är överensstämmelsen förhållandevis god mellan medelvärdena och med relativt liten standardavvikelse. Övriga centraler visar en stor avvikelse på medelvärdena. Det är dock väl att märka att energiverkets mätare visar mindre än vad mätningarna ger vi handen. Min bedömning är att det är energiverkets mätare som visar fel och de som använts vid mätningarna visar korrekt.

Ett annat intressant data är effekten per lägenhet. En sammanställning har gjorts mot bakgrund av de effekter som man har under mätperioden. De sålunda beräknade värdena uppgår till följande:

Abonnent- central	Högsta effekt KW	Högsta effekt KW/LGH
1	435	3,66
2	357	9,9
3	188	4,59
6	168	4,67
7	71	5,92
9	116	4,80

Tabell 3.22 högsta effekt totalt och per lägenhet för de olika abonnentcentralerna under hela mätperioden.

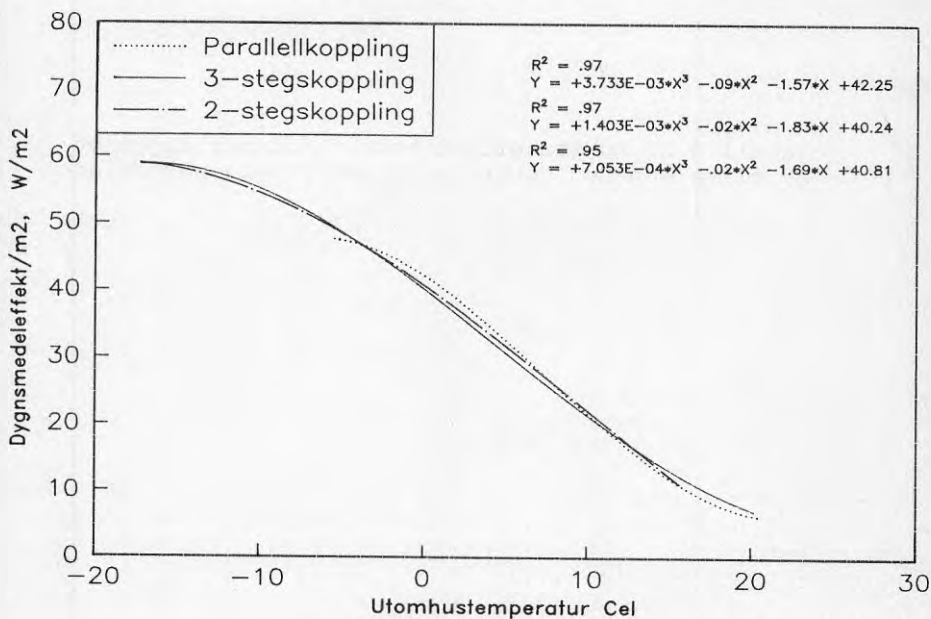
Beräkning har även gjorts av effekten per ytenhet. Den redovisas nedan i tabellen 3.23. Där redovisas för varje abonnentcentral det beräknade medelvärdet med drift för de olika kopplingsprinciperna, högsta värdet på samma sätt och standardavvikelsen till medelvärdet, likaledes för de olika kopplingsprinciperna. Vid beräkningarna har vi utgått ifrån den yta som betecknas med BRA. De beräknade värdena ser ut som följer:

Abonnent- central	Medelvärde			Standardavvikelse			Högsta värde		
	2- steg	3- steg	Paral- lell	2- steg	3- steg	Paral- lell	2- steg	3- steg	Paral- lell
1-1985	38,6	37,4	37,7	13,6	15,1	11,9	72,0	76,1	62,1
1-1987	28,0	24,0	28,0	13,0	12,0	12,0	60,0	62,0	59,0
2-1985	37,6	42,0	30,6	14,9	14,2	13,6	77,5	75,5	69,3
2-1987	21,4	25,8	18,2	12,3	12,5	8,0	58,3	64,3	40,7
3-1985	39,1	45,8	35,6	14,6	18,7	14,6	69,7	88,5	80,1
3-1987	29,3	24,9	20,0	14,0	14,5	9,8	77,9	72,9	51,6
6-1985	31,8	28,7	28,7	15,5	19,7	9,7	65,5	57,4	45,3
6-1987									
7-1985	49,1	43,9	39,8	9,6	20,5	18,6	79,0	103,4	105,4
7-1987	29,8	29,7	24,6	13,4	14,3	13,2	58,8	60,8	58,8
9-1985	45,1	35,7	42,8	18,8	23,7	15,7	95,2	103,8	80,3
9-1987	34,0	27,6	32,5	13,5	14,0	13,2	72,4	76,2	73,6
Medel totalt	34,9	33,2	30,8	13,9	16,3	12,8	71,5	76,4	66,0
Medel ZoI	34,4	33,6	29,9	14,7	16,3	12,5	75,2	80,2	65,9
Medel Elge	35,5	32,7	31,8	13,0	16,3	13,1	67,1	71,9	66,1

Tabell 3.23 Mätvärdestatistik för specifik effekt.  
(Värden saknas för abonnentcentral 6 under 1987)



Med utgångspunkt från de beräknade effektvärdena per ytenhet, har en utvärdering gjorts på så sätt att en anpassning till en tredjegrads ekvation för att få en kurvform på effekten, har sammanställts. Därvid har en beräkning av anpassningen till denna kurva gjorts. Dessa redovisas för varje undercentral för sig. Här nedan ges ett exempel på denna redovisning för abonnentcentral 1.

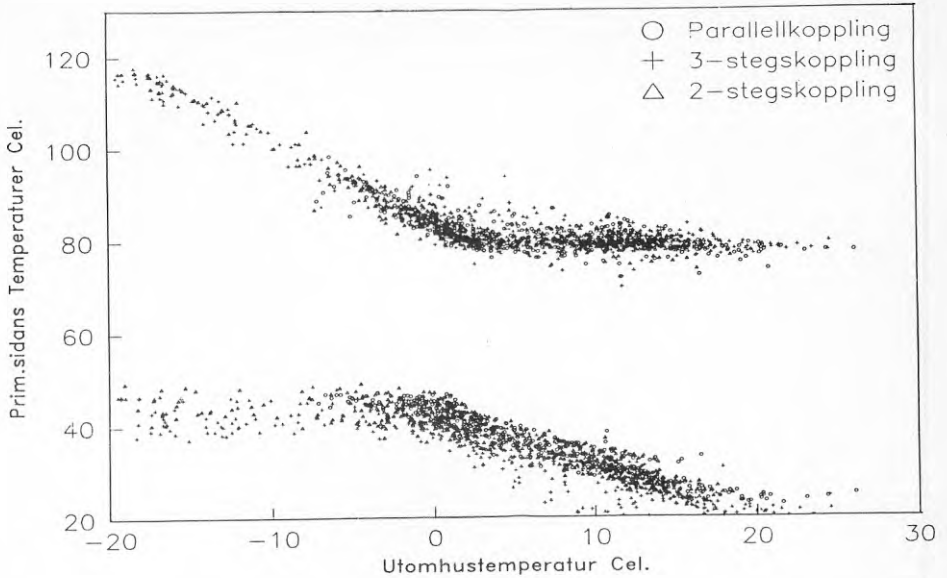


Figur 3.21 Effekt per ytenhet BRA för abonnentcentral UC1.

Denna figur redovisas för samtliga abonnentcentraler i bilaga 4.

### 3.3 Temperaturer

Som framgår av tidigare figur visande kopplingsschema för dessa abonnentcentraler, mäter vi temperaturerna på ett antal ställen. När det gäller inkommande fjärrvärmetemperatur, följer den i stort sett en kurva. Denna har 120°C vid -20°C och från brytpunkten 80°C. Mätvärden i bilaga 5 visar samtliga 6-timmarsvärden under mätperioden för respektive abonnentcentral. Exempel visas i figur 3.31 nedan.



Figur 3.31 Primärsidans temperatur i fram- resp returledning. Tidsintervall 6 tim.

**Observera** att dessa temperaturer avviker från de värden som Stockholm Energi har angett för dimensioneringen. Det innebär att installerad utrustning har överkapacitet i förhållande till verkliga driftförhållanden.

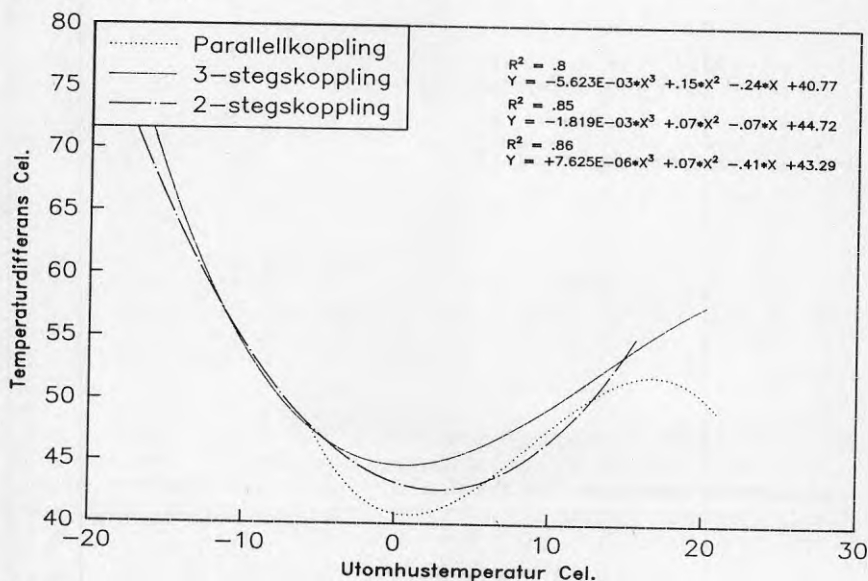
Returtemperaturen på fjärrvärmesidan har ett konventionellt utseende i förhållande till utetemperaturen. Övriga temperaturer är även de normala. De har inga större avvikelser jämfört med omgivningens förhållanden.

Temperaturdifferensen mellan inkommande och utgående fjärrvärmeledning redovisas i dessa resultat. Denna redovisas på två sätt. Dels som beräknat medelvärde för respektive kopplingsprincip, samt standardavvikelse för dito. Vidare redovisas högsta värde för respektive kopplingsprincip. Se tabell 3.31 nedan.

Vidare redovisas primärsidans temperaturdifferens i kurvform. De angivna kurvorna är en anpassning till de uppmätta värdena för respektive principkoppling. Anpassningen görs i form av en tredjegrads ekvation. Värdenas anpassning till denna kurva anges i form av en faktor. Den bästa överensstämmelsen erhålls om denna faktor är 1. Här nedan visas i figur 3.32 hur primärsidans temperaturdifferens ser ut för abonnentcentral UC1.

Abonment central	Medelvärde			Standardavvikelse			Högsta värde		
	2-steg	3-steg	Parallell	2-steg	3-steg	Parallell	2-steg	3-steg	Parallell
1-1985	47,3	51,0	42,9	9,7	10,7	4,5	76,2	87,2	55,5
1-1987	47,4	49,6	45,6	5,2	5,8	5,5	69,0	70,7	61,2
2-1985	47,9	49,1	48,2	9,6	8,7	8,7	82,2	77,3	70,4
2-1987	44,9	46,6	46,6	5,2	5,1	3,9	67,4	64,4	65,1
3-1985	44,9	52,6	44,6	6,2	10,6	8,2	62,3	84,5	73,1
6-1985	44,4	47,7	43,3	9,1	8,3	8,4	73,5	71,1	66,0
6-1987									
7-1985	45,0	50,1	45,2	5,4	9,2	7,9	62,7	87,4	74,9
7-1987	44,8	44,9	45,4	3,4	3,6	2,9	53,8	56,7	55,0
9-1985	46,6	47,6	41,3	10,6	10,9	4,5	81,3	83,5	52,7
9-1987	46,8	47,0	46,5	5,4	4,6	4,0	67,0	65,3	63,5
Medel									
totalt	46,0	48,4	45,1	6,8	7,4	5,7	69,4	73,8	64,0
Medel									
ZoI	46,1	48,3	45,7	7,0	7,3	5,6	71,4	73,1	65,2
Medel									
Elge	45,8	48,7	44,5	6,6	7,5	5,8	67,0	74,6	62,5

Tabell 3.31 Temperaturdifferens mellan inkommande och utgående färrvärmeledning. (Värden för abonnentcentral 6 saknas 1987)

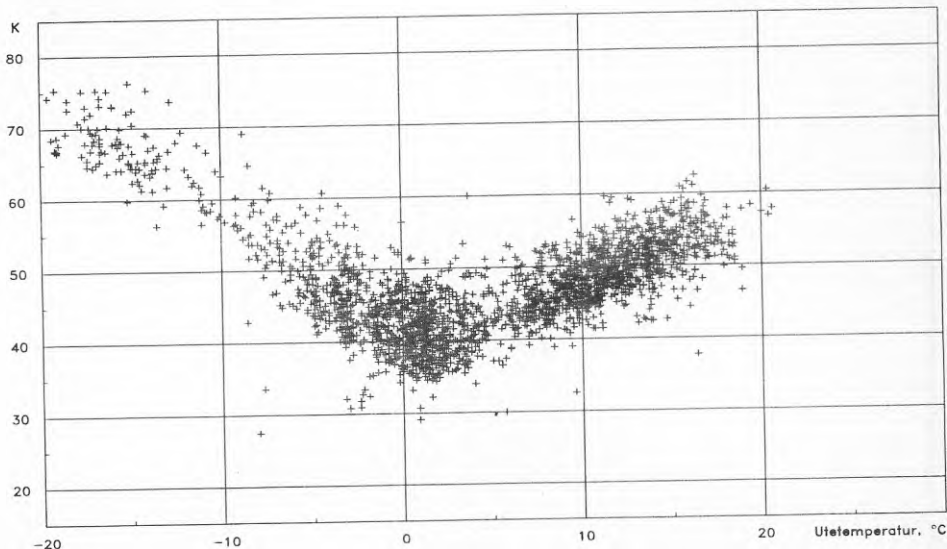


Figur 3.32 Primärsidans temperaturdifferens för de olika driftfallen. Figuren avser abonnentcentral UC1.

Detta redovisas för samtliga abonnentcentraler i bilaga 6.

Samtliga timvärden på temperaturdifferens mellan inkommande och utgående fjärrvärmeledning har plottats för den aktuella årscykeln. Detta redovisas nedan i figur 3.32. Figuren ger en uppfattning om var tyngdpunkten i antalet drifttimmar ligger.

2-stegskoppling



Figur 3.33 Timvärden av temperaturfall under den aktuella mätperioden i abonnentcentral 1.

Detta redovisas för samtliga abonnenter i bilaga 7.

### 3.4 Specifikt flöde

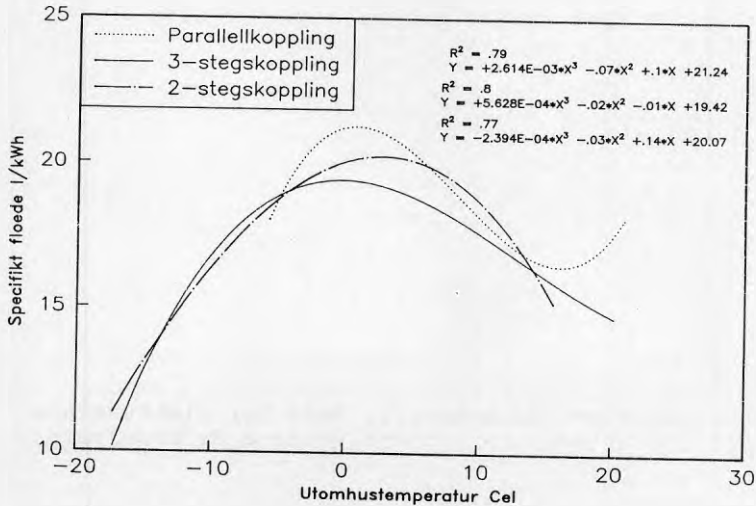
En annan viktig faktor att ta fram vid denna bedömning är det specifika flödet för fjärrvärmesidan. Denna har beräknats på två sätt, dels i form av medelvärde inkluderande standardavvikelse och högsta värde för respektive kopplingsprincip, dels i form av en medelvärdeskurva.

Medelvärde, standardavvikelse för detta och högsta värde för respektive kopplingsprincip, redovisas nedan i tabell 3.41. I tabellen redovisas även medelvärde för samtliga abonnentcentraler, dels totalt, dels för plattväxlade, dels för rörväxlade. De angivna värdena är medelvärden för de i tabellen upptagna värdena.

Med utgångspunkt från de beräknade värdena för specifikt flöde, hänfört till olika utomhustemperaturer, har en form av medelvärdeskurva tagits fram. Den är ett försök till anpassning till medelvärdena i form av en tredjegrads ekvation. Anpassningen till medelvärdena anges i form av en faktor. Denna benämns  $R_2$ . Nedan anges i figur 3.41 kurvorna för de olika driftfallen för abonnentcentral 1.

Abonment central	Medelvärde			Standardavvikelse			Högsta värde		
	2- steg	3- steg	Paral- lell	2- steg	3- steg	Paral- lell	2- steg	3- steg	Paral- lell
1-1985	18,9	17,6	20,3	3,4	3,3	2,2	31,3	27,9	36,1
1-1987	18,4	17,6	19,2	2,1	2,1	2,3	29,6	26,9	29,3
2-1985	18,6	18,0	18,4	3,4	2,8	2,9	37,6	26,4	25,5
2-1987	19,5	18,8	18,6	2,4	2,8	1,7	36,6	55,2	37,1
3-1985	19,6	17,0	19,8	3,3	3,3	3,2	46,7	32,6	42,7
3-1987	19,2	18,6	18,6	2,3	1,7	1,7	45,9	28,3	30,3
6-1985	20,8	19,7	20,6	2,7	2,3	3,4	26,9	25,9	27,0
6-1987									
7-1985	19,5	17,7	19,6	3,6	3,0	2,9	55,7	30,6	33,3
7-1987	18,8	18,8	19,1	1,5	1,5	1,3	27,2	23,3	25,0
9-1985	19,3	19,0	21,1	3,7	4,0	2,7	32,2	40,8	43,3
9-1987	18,6	18,5	18,6	2,1	1,8	1,6	35,4	30,1	32,6
Medel totalt	19,2	18,3	19,4	2,8	2,6	2,4	36,8	31,6	32,9
Medel ZoI	19,1	18,3	19,2	2,9	2,7	2,3	39,1	35,6	35,2
Medel Elge	19,3	18,3	19,8	2,7	2,4	2,4	34,1	26,9	30,1

Tabell 3.41 Specifikt flöde i liter per kilowattimme för respektive abonnentcentral. (Värden för abonnentcentral 6 saknas under 1987)

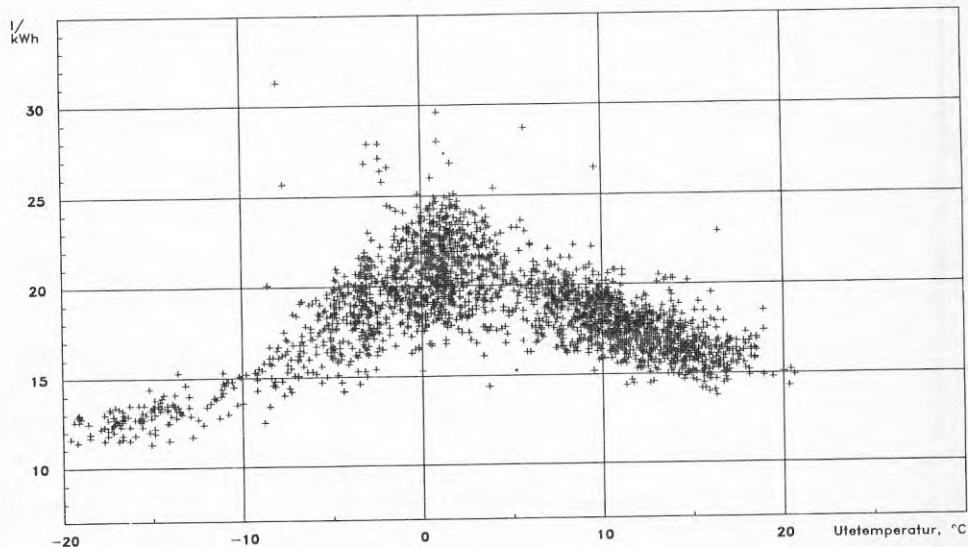


Figur 3.41 Specifikt flöde för varje driftfall i abonnentcentral. Kurvorna är beräknade med tredjegrads-ekvation.

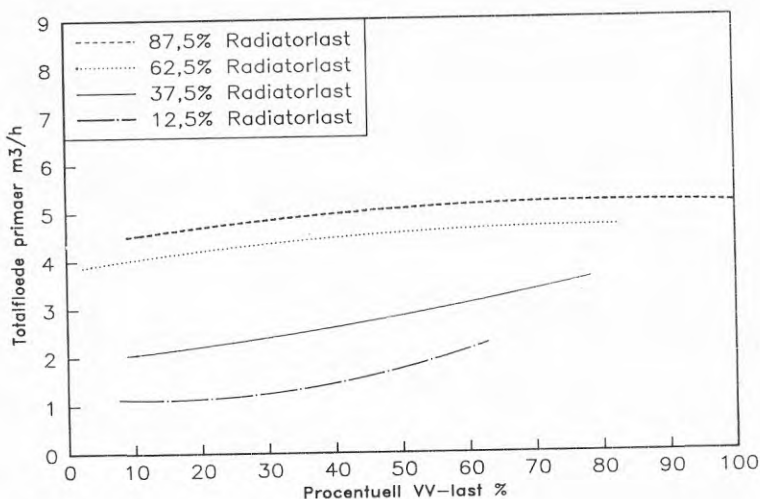
Figurer för samtliga abonnentcentraler anges i bilaga 8.

Samtliga timvärden för det specifika flödet är plottat för varje abonnentcentral. Värdena är uppdelade på driftfall. I figur 3.42 visas plottning för abonnentcentral 1 vid 2-stegskoppling. I bilaga 9 redovisas samtliga driftfall för alla kopplingsprinciperna.

2-stegskoppling



Figur 3.42 Timvärden för det specifika flödet avseende abonnentcentral 1 med 2-stegskoppling.



Figur 3.51 Totalflöde jämfört med varmvattenlasten vid varierande radiatorlast för trestegskoppling.

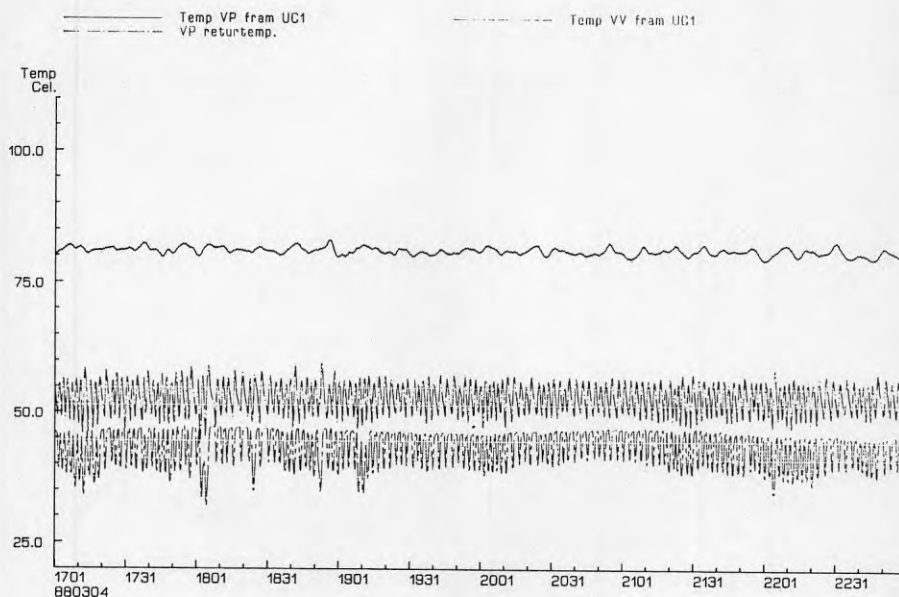


### 3.5 Totalflöde för fjärrvärmevattnet jämfört med varmvattenlasten.

För en av abonnentcentralerna har det gjorts en sammanställning där totalflödet för fjärrvärmevatten har jämförts med varmvattenlasten vid olika radiatorlaster. Radiatorlasterna har delats in i områdena 0-25 % resp 25-50 % resp 50-75 % resp 75-100 % av maxlast. Redovisningen sker som ett medelvärde inom respektive avsnitt. De tre driftfallen redovisas var för sig. Figur 3.51 visar utfallet vid trestegskoppling. Samtliga kopplingsprinciper anges i bilaga 10 för aktuell abonnentcentral.

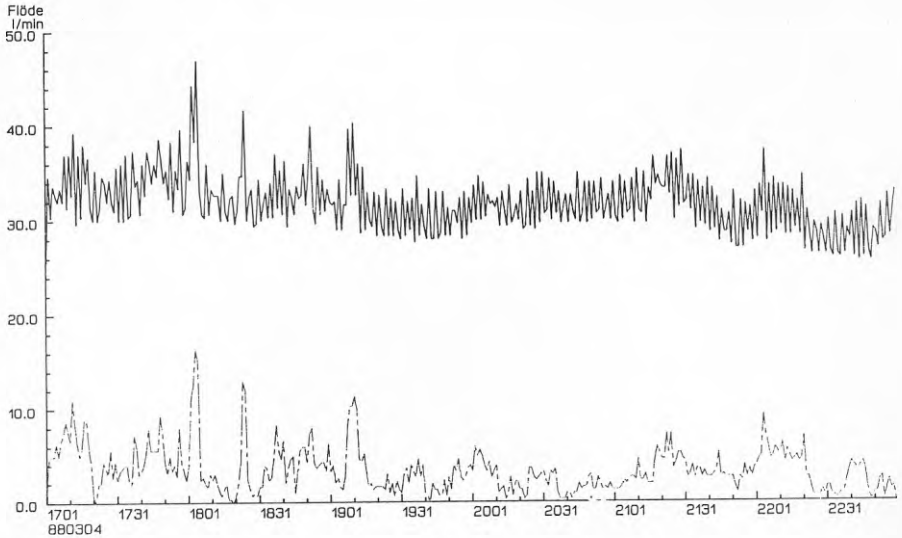
### 3.6 Intensivmätningarna

Under några dagar i mars månad gjordes för kortare perioder intensivmätningar. Det avsåg mätningar var 20:e sekund under en 6-timmars period. Mängden mätvärden var då så pass omfattande att tiden inte kunde förlängas och enbart ett fåtal punkter mättes för den utvalda abonnentcentralen. De abonnentcentraler som testades var abonnentcentral 1 med 112 lägenheter och abonnentcentral 7 med 12 lägenheter. De uppmätta värdena redovisas i diagramform för temperaturer, värmeprimär i framledning och returledning samt varmvatten. För abonnentcentral 1 framgår det för parallellkoppling i fig 3.61.



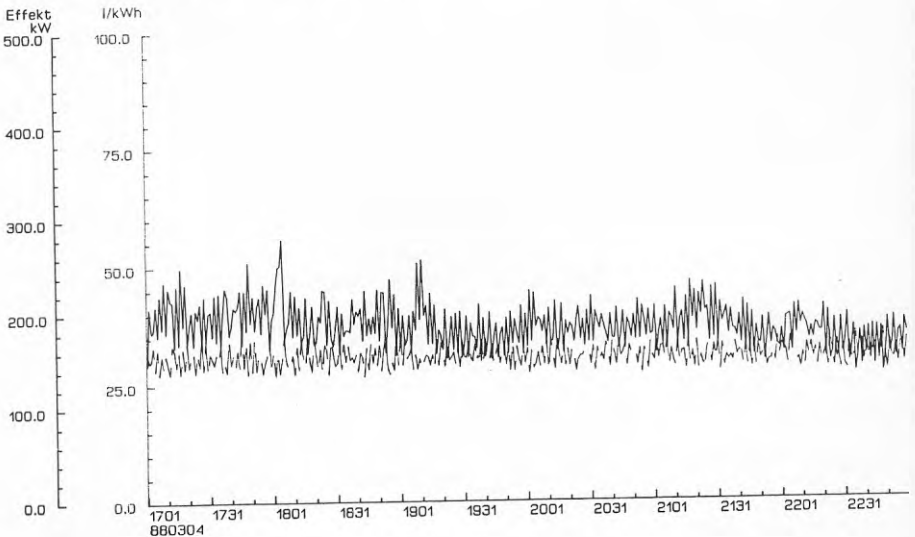
Figur 3.61 Temperatur för primärsidan i fram- och returledning, samt temperatur i varmvattenledning. Avser parallellkoppling i abonnentcentral 1.

Redovisningen sker vidare i form av flöde i primärledningen och kallvatten till varmvattenberedning. Detta redovisas i figur 3.62 för parallellkoppling avseende abonnentcentral 1.



Figur 3.62 Flöde på primärsidan och det kallvatten som går för varmvattenberedning.

Vidare redovisas effekten i kilowatt och det specifika flödet i liter per kilowattimme. Mätintervallerna är här en minut. Se figur 3.63 nedan.

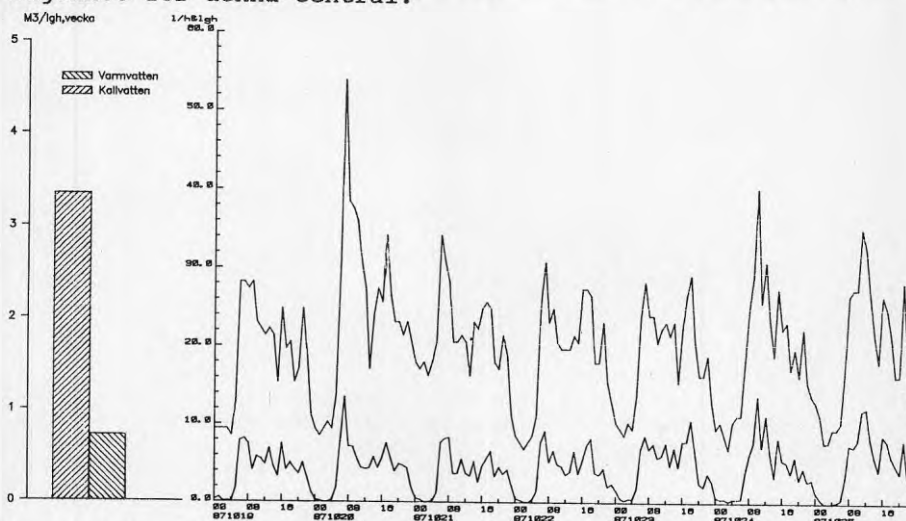


Figur 3.63 Effekt och specifikt flöde.

För driftfallen med 3-steps resp 2-stegskoppling för abonnentcentral 1 samt samtliga driftfall för abonnentcentral 7, redovisas detta i bilaga 11. Därvid finns de värden med som anges i figurerna 3.61-3.63 ovan.

### 3.7 Varmvattenförbrukning

Förbrukning av varmvatten har stor oregelbundenhet. För att få en uppfattning om detta har timvärden plottats för kortare perioder. I detta fall avses perioden en vecka. Figur 3.71 visar kall- och varmvattenförbrukningen för abonnentcentral 1 under vecka 43, 1987. Figuren visar att högsta värdet för varmvatten ligger på omkring 14 l/h och lägenhet för denna central.



Figur 3.71 Kall- och varmvattenförbrukning för abonnentcentral 1 under vecka 43 år 1987.

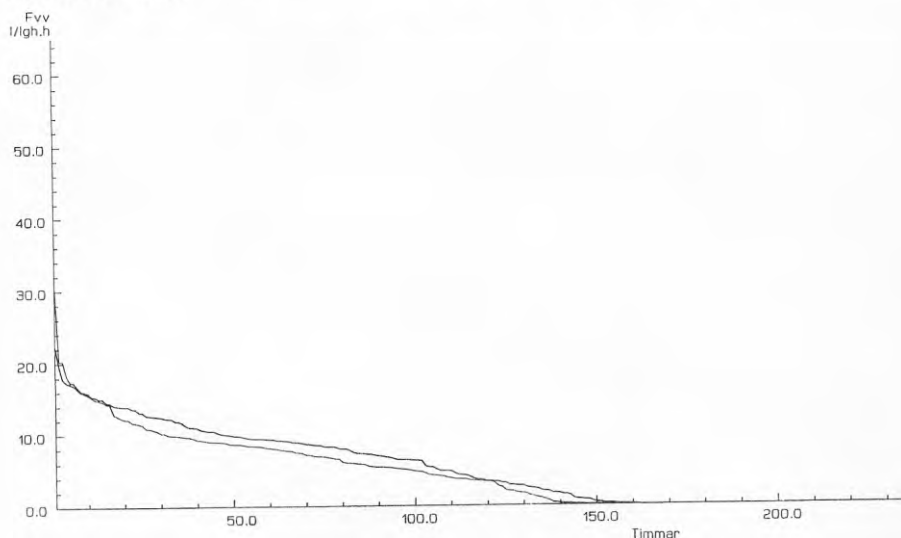
Värden för samtliga abonnentcentraler visas i bilaga 12. En genomgång av dessa värden visar följande intressanta uppgifter i tabell 3.41.

Abonnentcentral	Maxflöde l/h o lgh (mätt)	Sannolikt flöde l/s o lgh (beräknat)
1	14	0,026 ( 92 l/h)
2	18	0,042 (150 l/h)
3	20	0,038 (138 l/h)
6	16	0,042 (151 l/h)
7	45	0,067 (240 l/h)
9	26	0,05 (180 l/h)

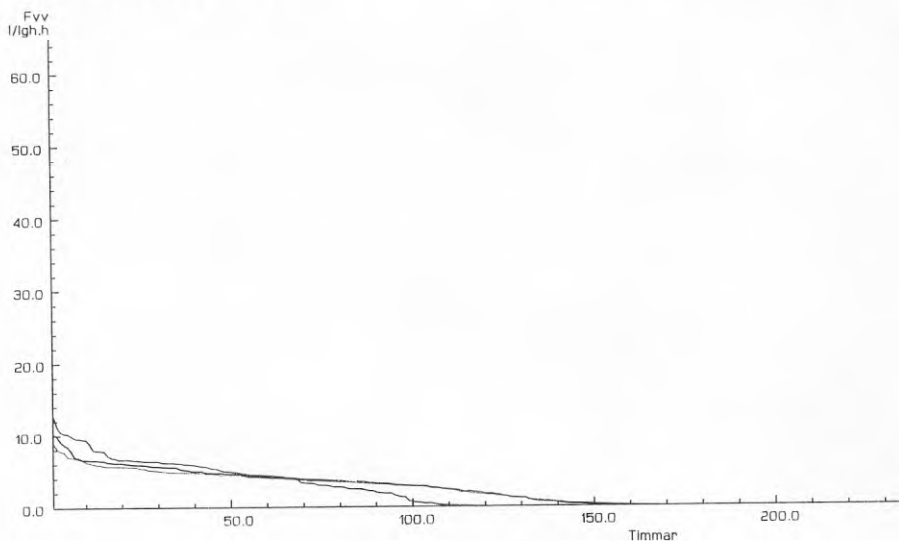
Tabell 3.71 Mätt högsta flöde i l/h och lgh och beräknat sannolikt flöde i l/s och lgh resp l/h och lgh.

Av detta framgår att det kortsiktiga uttaget av varmvattnet är mycket högt. De över en timme mätta värdena pekar mot väsentligt lägre effekter.

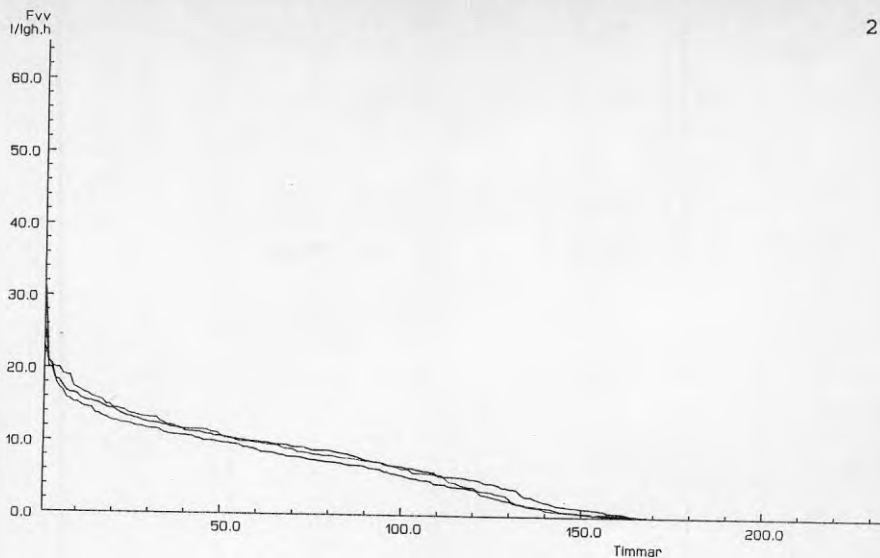
En uppfattning i högsta flöde får man ur figur 3.72 resp 3.73. Där redovisas varaktighetskurvor för tim- resp minutvärden.



Figur 3.72a Timvärden för varaktighet av varmvattentappning för en vintervecka. Kurvorna redovisar de tre olika driftfallen.



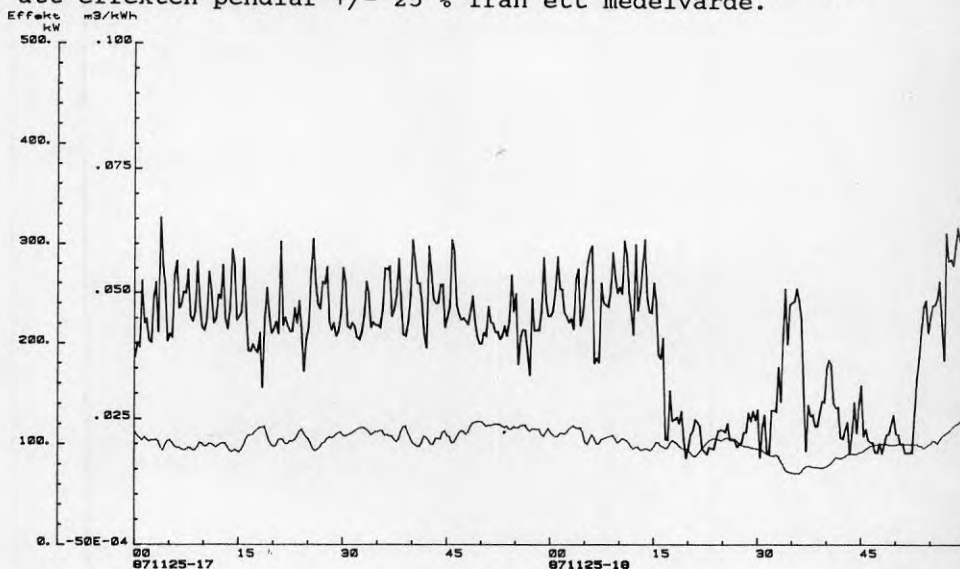
Figur 3.72b Timvärden för varaktighet av varmvattentappning för en sommarvecka.



Figur 3.72c Timvärden för varaktighet av varmvattentappning för en vårvecka.

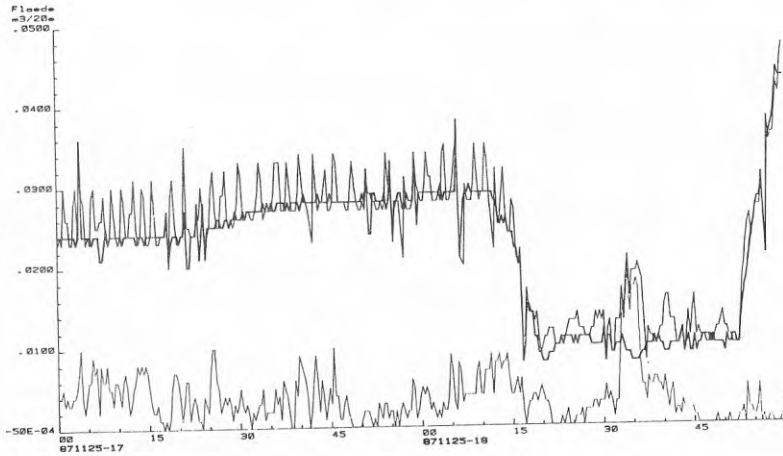
Kurvor för alla abonnentcentraler återfinns i bilaga 13.

Varmvattenförbrukningen har studerats under en tvåtimmarsperiod för abonnentcentral 1 den 87-11-25 kl 17.00 till 19.00. Resultatet framgår ur figur 3.73a-c. Figur 3.73a redovisar i den övre kurvan totaleffekten för abonnentcentralen. Den undre kurvan visar den specifika effektens variation. Mätningen skedde med 20 sekunders intervall. Den nedgång som sker 17.15 beror på störningar från den ordinarie mätningen. Varmvattenförbrukningen gör att effekten pendlar  $\pm 25\%$  från ett medelvärde.



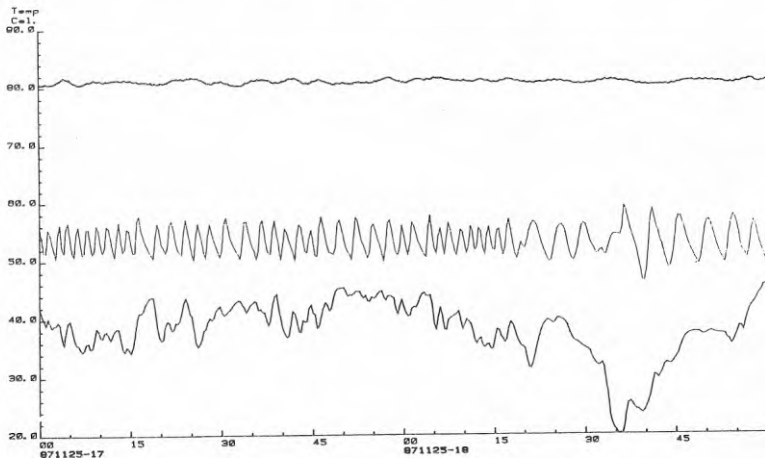
Figur 3.73a Totaleffekt och specifik effekt för abonnentcentral 1 den 1987-11-25 kl 17-00-19.00.

Figur 3.73b redovisar flöden för abonnentcentralen. Den undre kurvan är kallvatten till varmvattenväxlaren. De två övre kurvorna visar det flöde som dels går genom värmväxlaren för radiatorsystemet och dels passerar abonnentcentralen totalt. Det senare är den övre kurvan. Abonnentcentralen arbetade därvid med 2-stegskoppling.



Figur 3.73b Flöde av primärvatten för värmväxlare och totalt samt kallvattenflöde till varmvatten.

Figur 3.73c visar temperaturer för inkommande fjärrvärme, utgående varmvatten och i returledning för fjärrvärme. Detta räknat uppifrån. Temperaturerna uppför sig normalt. Variationerna i varmvattentemperatur beror av reglerutrustningen och variationer i behov. Returtemperaturen är låg!

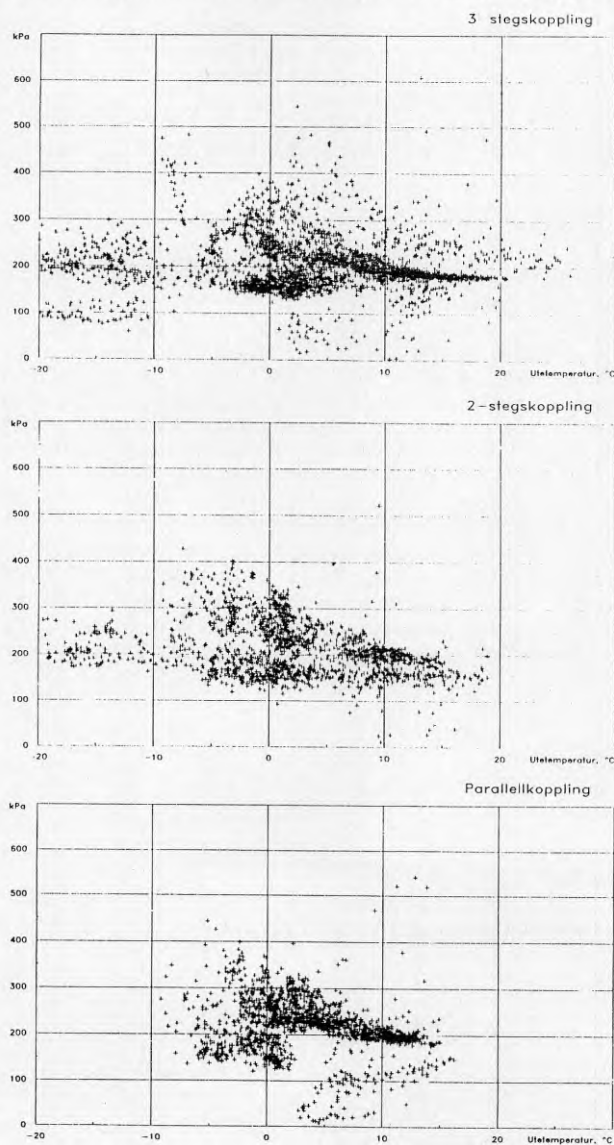


Figur 3.73c Temperatur för inkommande och utgående fjärrvärme samt för varmvatten.



### 3.8 Differenstryck.

Differenstrycket har mätts över abonnentcentralerna. Trycket har inte visat några större variationer på kort tid. Över hela året uppgår variationen mellan 2,1 och 620 kPa under första mätperioden och mellan 10,6 och 488 kPa under den andra mätperioden. I figur 3.8 visas entimmas värden för differenstrycket i abonnentcentral 1 för hela mätperioden med olika kopplingsprinciper. I bilaga 15 visas dessa värden för samtliga abonnentcentraler.



Figur 3.8 Differenstryck över abonnentcentral 1. Timvärden för fjärrvärmesidan.

4. Utvärdering av resultat

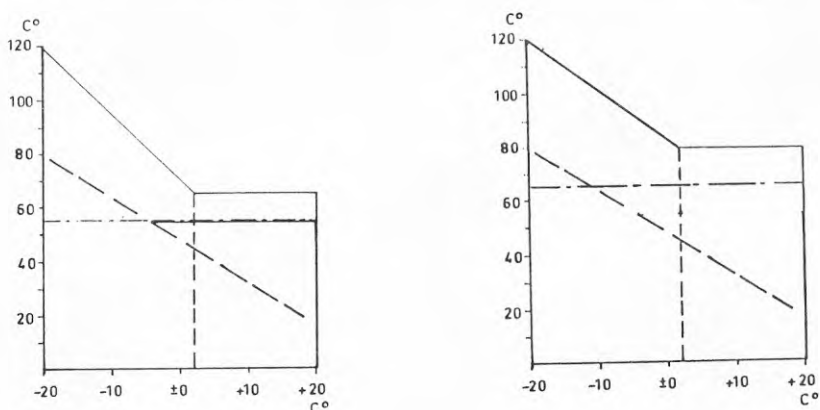
De redovisade resultaten innehåller osäkerheter i mätvärdena. Dessa har beskrivits i bilaga 1 och i punkt 2.4. Detta gör att det kan vara svårt att dra klara slutsatser ur materialet.

En viktig faktor är ur vems synvinkel, som värderingen görs. Det finns flera inblandade i en abonnentcentral tillkomst. De två viktigaste är fastighetsägaren och värmeleverantören. Till dessa kommer tillverkare, installatörer m fl. Den senare gruppen har inte samma motivation som de två förstnämnda. Därför kommer utvärderingen att ske från de synpunkter som fastighetsägare och värmeleverantör företräder.

Vad har då de för grundläggande intressen i abonnentcentralen?

Fastighetsägaren önskar få sitt värmebehov tillfredsställt till så låg kostnad som möjligt. Han vill dessutom ha en anläggning som är bekväm och lätt att sköta. Det gör att han väljer fjärrvärme även om det kan vara lite dyrare. När det sedan gäller val av utrustning vill fastighetsägaren ha en så billig installation som det är möjligt. Han vill välja den koppling som ur den synpunkten är bäst. Peterson/Dafgård har påpekat att 2-stegskopplingen innebär något lägre investeringskostnader. Riksbyggen har gjort samma erfarenhet vid upphandling av enskilda objekt.

När det sedan gäller värmeleverantören önskar han leverera sin värme med så liten uppoffring som möjligt. Det sker genom att han optimerar sin produktionsanläggning och sitt distributionsnät. Han vill också få till stånd en abonnentcentral som är så effektiv som möjligt. Den skall i alla driftlägen ge låga temperaturer i returledningen.



Figur 4.1 Temperaturkurvor för Stockholm Energis fjärrvärmenät 1984. Den vänstra är driftkurvan och den högra är dimensioneringskurvan.

En påtaglig faktor som påverkar driftförhållandena är temperaturen på inkommande fjärrvärme. Vid dimensioneringen av abonnentcentralens utrustning fick projektören dimensioneringsdata enligt det högra diagrammet i figur 4.1

Detta förhållande har gjort att abonnentcentralerna har blivit något dyrare genom större varmvattenberedare. Fastighetsägaren ser givetvis bara nackdelar i detta. Förstoringen av vattenvärmarna gör att temperaturen i returledningen sänks något. Detta är positivt för fjärrvärmeleverantören.

De klimatförhållanden, som har rått under mätperioden, är jämnt fördelade mellan kopplingsalternativen. Det finns samma toppar och samma utbredning av kurvorna för gradtimrefrekvensen. Vind- och solförhållanden har inte studerats. Detta kan givetvis förändra resultatet, men det bortses från detta faktum i denna rapport. Under 80-talet har samtliga klimatförhållandens påverkan på byggnadens värmebehov studerats i andra sammanhang. Roger Taessler, SMHI, har gjort en hel del arbeten om detta, både teoretiskt och praktiskt.

Sänkning av fjärrvärmevattnets temperatur är intressant. Ju lägre temperatur i returledningen desto mindre fjärrvärmevatten behövs. Dvs pumparna behöver inte gå så mycket. Studeras medelvärdena i tabell 3.31 så visar det sig att trestegskopplingen har bättre kylning än de båda andra. Marginalerna i dessa värden är dock för stora för att säkra slutsatser skall kunna dragas. Detta ger till följd att flödets medelvärde minskas med cirka fem procent. Tabell 3.41 visar detta. Skillnaderna i medelvärden ligger dock inom standardavvikelsen, varför inga säkra slutsatser kan dragas.

Den beräkning av totalflödets beroende av varmvattenlasten, som har gjorts för en abonnentcentral, visar att 2- och 3-stegskoppling ger nära identiskt utfall. Vid parallellkoppling inträffar det att totalflödet stiger mer när varmvattenlasten ökar. Det är en antydning om att parallellkoppling inte är intressant att använda p g a att den ger högre flöden av fjärrvärmevatten.

Intensivmätningarnas resultat visar att trestegskopplingen ger nära nog konstant temperatur på varmvattnet vid varierande last. Avvikelsen håller sig inom  $\pm 2^\circ\text{C}$ . Motsvarande pendlningar för parallell- och 2-stegskoppling ligger mer än  $\pm 5^\circ\text{C}$  avvikelse från önskad temperatur. Detta gäller när abonnentcentral 1 analyseras. Vid motsvarande analys av abonnentcentral 7 är det svårt att dra samma generella slutsatser. Där visar temperaturen på varmvatten närmast identiska förhållanden. Undantag är parallellkopplingen, som ger lite större svängningar. Förklaringen till detta måste vara att abonnentcentral 1 med 117 lägenheter är mycket större än abonnentcentral 7 med 12 lägenheter.

## 5. Slutsatser

Idéerna till denna undersökning föddes 1982. Avsikten var att få fram ett underlag för val av kopplingsprincip. Under de år som har gått sedan dess har en hel del skett i utveckling av ingående komponenter. Många nya produktförslag finns för exploatering, men marknaden var i mitten av 80-talet i omfattande strukturomvandling. Detta har lett till att alla idéer ej ännu blivit säljbara produkter.

Under senare delen av arbetet har en referensgrupp deltagit med representanter från högsolor, värmeverk och tillverkare. Referensgruppens sammansättning framgår av bilaga 16. Från denna kom många värdefulla synpunkter. En slutsats som kan dragas av detta är att en fortsatt undersökning av mätvärdena vore önskvärd. Det skulle i så fall ske efter den metod som Peter Gummérus lanserar. Han har i "Effektivitetsmätt för abonnentcentraler i fjärrvärmenät" lanserat en teoretisk beräkning av effektiviteten. Därvid kan för varje abonnentcentral fås fram olika godhetstal.

### 5.1 Fastighetsägarens synpunkt

Huset får sin värme tillfredsställd med rätt temperatur vid rätt tillfälle. Vid större fastigheter kan dock varmvattnet pendla kraftigt vid tvåstegs- och parallellkoppling. Detta skulle tala för att trestegskoppling installeras i större fastigheter. Det är idag möjligt att genom val av bättre reglerutrustning reducera dessa pendlingar. Ett annat sätt att komma tillrätta med pendlande varmvattentemperaturer är att installera en ackumulator för varmvatten i abonnentcentralen. Detta gör dock tyvärr installationen något dyrare. Under försöksperioden inträffade klagomål över pendlande varmvattentemperaturer. Detta inträffade vid trestegskoppling under sommarperioden. Vid undersökning med snabbskrivare konstaterades att reglerutrustningen inte hängde med. Efter att ha justerat regulatorn kunde man konstatera att pendlingarna försvann.

Vid val av kopplingsprincip för mindre fastigheter är det likgiltigt om man väljer två- eller trestegskoppling. Utfallet av mätningarna och dess utvärdering visar att små avvikelser finns mellan de olika driftfallen. Då bör fastighetsägaren välja det billigaste alternativet, vilket är tvåstegskoppling.

### 5.2 Värmeleverantörens synpunkt

Värmeleveransen sker med låga flöden 18-19 m<sup>3</sup> per levererad kWh. Det betraktas som ett bra genomsnittligt värde. Där är det en viss fördel för trestegskopplingen i och med att den ger 5 % lägre genomsnittligt flöde.

Värmeleverantören är intresserad av låga returtemperaturer för att kunna utnyttja värmepumpar och andra energikällor med låga temperaturer. Det pekar i stort sett mot trestegskoppling som ger en liten förbättring i returtemperaturen.

De utgående varmvattentemperaturerna på 45 à 50°C kan orsaka problem i form av bakterietillväxt. En optimal temperatur borde ligga på c:a 60 à 65°C. Framtiden får utvisa när det är möjligt att höja temperaturerna i varmvattensystemen. Detta kommer utan tvekan att påverka returtemperaturerna och även val av kopplingsprincip.

Stockholm 1989-12-20

Rune Blomquist

## LITTERATURFÖRTECKNING

- Bertil Österlind Effektbegränsning av fjärrvärme  
Rapport R63:1982 från BFR
- Bertil Johansson Sänkning av fjärrvämetemperaturer  
Tommy Öhman Rapport R55:1983 från BFR
- Sven E Werner The Heat Load in District Heating  
Systems. Doktorsavhandling 1984.
- Nordiska Minister- Taxor, Abonmentcentralteknik och  
rådet Körstrategier för Fjärrvärmesystem.  
Utgiven 1983.
- Svend Frederiksen Driftkaraktistikor för parallell-  
Janusz Wollerstrand och 2-stegskopplade fjärrvärme-  
abonmentcentraler  
Rapport R68:1987 från BFR
- Svend Frederiksen Fältmätningar för fjärrvärme-  
Janusz Wollerstrand abonmentcentral  
Rapport R39:1988 från BFR
- N Dafgård Fasta kostnader för fjärrvärme-  
F Peterson mottagning. Stockholms Tekniska  
Högskola 1976.
- Bengt Wånggren Analys av befintlig pannanläggning  
och av byggnaderna vid konvertering  
till värmepump. Stockholms Tekniska  
Högskola 1983.
- Anders Berndtsson Simulering av abonmentcentralers  
Hans Eriksson drift. Chalmers Tekniska Högskola  
1984.
- Peter Gumméus Modellering av abonmentcentraler i  
fjärrvärmenät. Chalmers Tekniska  
Högskola 1988.
- Peter Gumméus Effektivitetsmått för abonmentcen-  
tralerna i fjärrvärmenät. Chalmers  
Tekniska Högskola 1988.



## BILAGEFÖRTECKNING

- |           |   |
|-----------|---|
| Bilaga 1  | MCE:s rapport om mätningarna                                  |
| Bilaga 2  | Stigtider för Pt-100-givare monterade i olika typer av dykrör |
| Bilaga 3  | Gradtimrefrekvens för alla driftfall och abonnentcentraler    |
| Bilaga 4  | Effekt per ytenhet BRA  |
| Bilaga 5  | Primärsidan tilllopps- och returtemperaturer                  |
| Bilaga 6  | Primärsidans temperaturdifferens                              |
| Bilaga 7  | Timvärden för temperaturfall på primärsidan                   |
| Bilaga 8  | Specifikt flöde för alla driftfall                            |
| Bilaga 9  | Timvärden för specifikt flöde genom abonnentcentral           |
| Bilaga 10 | Totalflöde mot varmvattenlast vid varierande radiatorlast     |
| Bilaga 11 | Intensivmätningar för UC 1 och UC 7                           |
| Bilaga 12 | Förbrukning av totalt kallvatten och varmvatten               |
| Bilaga 13 | Varaktighet för varmvatten i olika tider på året (timvärden)  |
| Bilaga 14 | Varaktighet av kallvatten vid olika driftfall (minutvärden)   |
| Bilaga 15 | Timvärden för differenstryck vid olika abonnentcentraler      |
| Bilaga 16 | Referensgrupp   |



Bilaga 1

MCE:s rapport  
om mätningarna

**KTH, Mätcentralen för Energiforskning**  
S-100 44 STOCKHOLM

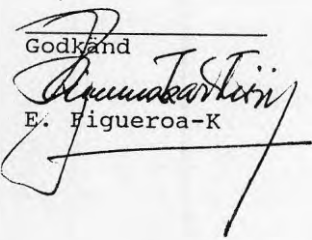
Datum \_\_\_\_\_ Nr. \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Anslagsgivare

\_\_\_\_\_  
Författare

\_\_\_\_\_  
Titel

Godkänd

  
E. Figueroa-K

MÄTNINGAR I PROJEKT

GUBBÄNGEN

ABONNENTCENTRALER

### Sammanfattning

Projektet avser att utvärdera olika funktioner hos abonnentcentraler kopplade till fjärrvärmenätet. Mätningarna har skett i ett bostadsområde med sex olika abonnentcentraler, vilka skiljer sig från varandra med avseende på värmväxlartyp och kapacitet.

Mätningarna har utförts av Mätcentralen för energiforskning (MCE) vid Kungliga Tekniska Högskolan i Stockholm. Mätinstallationen omfattar mätningar av vattenflöden, temperaturer, ventillägen, tryck samt vätskeburen energi.

Denna rapport beskriver mätsystem, noggrannhet, kontroller och hur mätvärden i de redovisade resultaten har bearbetats. Avslutningsvis kommenteras resultaten vad beträffar vissa signifikanta skillnader hos abonnentcentralernas funktion i förhållande till kopplingsfall.

**Innehållsförteckning:**

1. Huvudinnehåll	sid. 3
2. Målsättning	4
3. Systembeskrivning	5
4. Databesamling	8
5. Givarkontroller	10
6. Mätresultat	13
7. Rapportering	15
8. Kommentarer	20

MÄTNINGAR I PROJEKT GUBBÄNGEN. ABONNENTCENTRALER.

1. HUVUDINNEHÅLL.

Projektet avser att utvärdera olika funktioner hos abonnentcentraler kopplade till fjärrvärmenätet. Mätningarna har skett i ett bostadsområde med sex olika abonnentcentraler, vilka skiljer sig från varandra med avseende på värmväxlartyp och kapacitet.

I varje abonnentcentral finns tre värmväxlare, vilka kan kopplas på tre olika sätt. Mätresultatet visar hur temperaturer, flöden och reglerfunktioner hos de olika abonnentcentralerna varierar i förhållande till koppling, effektuttag och växlartyp mm.

Mätningarna har utförts av Mätcentralen för energiforskning (MCE) vid Kungliga Tekniska Högskolan i Stockholm. Mätinstallationen omfattar mätningar av vattenflöden, temperaturer, ventillägen, tryck samt vätskeburen energi.

I projektet ingår sammanlagt 250 mätpunkter vilka har registrerats var 5:e minut och lagrats som timmedelvärden under perioden 850201--880208 med vissa avbrott vilka redovisas i avsnitt "Mätresultat".

Denna rapport beskriver mätsystem, noggrannhet, kontroller och hur mätvärden i de redovisade resultaten har bearbetats. Avslutningsvis kommenteras resultaten vad beträffar vissa signifikanta skillnader hos abonnentcentralernas funktion i förhållande till kopplingsfall.

## 2. MÅLSÄTTNING.

För att få en effektiv distribution av värme via fjärrvärmenätet, med avseende på värmeförluster och dimensionering, är det väsentligt att returtemperaturen är så låg som möjligt. En låg returtemperatur förbättrar även möjligheten att tillvarata spillvärme, direkt eller via värmepump.

Dessa förhållanden måste sättas i samband med dimensionering och val av värmeväxlersystem i abonnentcentralerna.

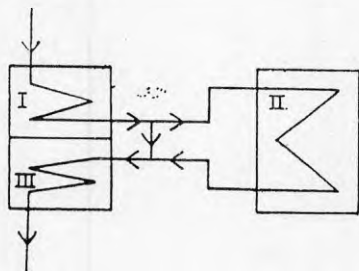
Projektet avser att söka sambandet mellan effektuttag, levererat hetvattenflöde, differensen mellan fram- och returtemperatur vid olika värmeväxlersystem och vid olika driftförhållanden.

### 3. SYSTEMBESKRIVNING.

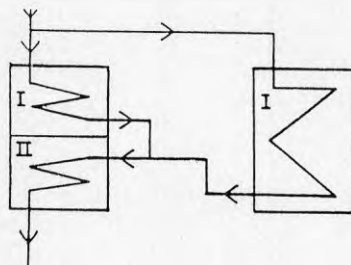
Mätningarna har utförts i bostadsrättsföreningen "Stockholms-  
hus 11" i Gubbängen söder om Stockholm. Föreningen består av  
17 byggnader med 9 abonnentcentraler som 1984 anslöts till  
fjärrvärmenet. Mätningarna utfördes i 6 av de 9 centra-  
lerna.

Inkoppling av värmeväxlarna i abonnentcentralerna kan göras  
på olika sätt. De inkopplingsprinciper som används är följande:

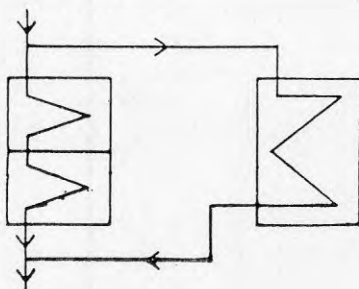
- \* Trestegskoppling
- \* Tvåstegskoppling
- \* Parallellkoppling



Trestegskoppling

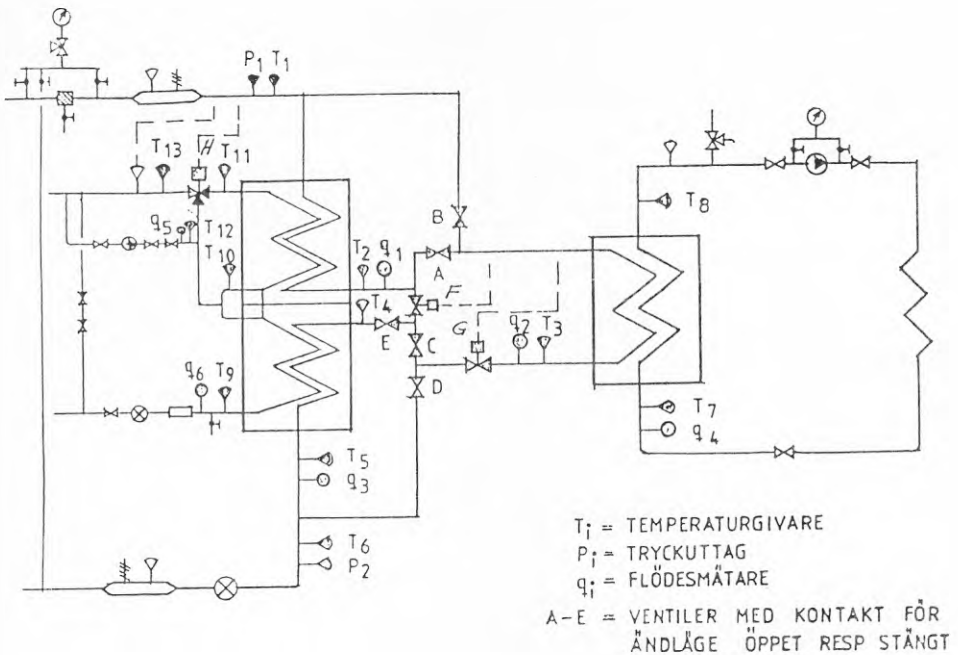


Tvåstegskoppling



Parallellkoppling

Figur 1 anger hur vattnet strömmar genom de olika värmeväxlarna på den primära sidan vid de olika inkopplingarna, dvs det av fjärrvärmeverket levererade hetvattnet. I abonnentcentralen växlas värme i värmeväxlare 1 och 3 till varmvattenberedning och i växlare 2 till radiatorkretsen.



Figur 2 visar olika mätpunkter i abonnentcentralerna. I varje central mäts 13 temperaturer, 6 vattenflöden och 1 tryck. Lägen öppen/stängd på ventilerna A-E registreras.



KUNGLIGA TEKNISKA HÖGSKOLAN  
MÄTCENTRALEN FÖR ENERGIFORSKNING  
Per Wickman

De 6 centralerna har olika typer av värmeväxlare och försörjer olika stora byggnader:

Abonmentcentral	Ant.lägenh./m2 BRA	Växlartyp
1	117/5496	Rör
2	36/2516	Platt
3	43/2226	Platt
6	37/2280	Rör
7	12/741	Rör
9	24/1584	Platt

Mätprojektet avser att söka sambandet mellan effektuttag, levererat hetvattenflöde, differensen mellan fram- och returtemperatur vid olika inkopplingsfall och vid olika driftförhållanden. För att kunna säkerställa en signifikativ skillnad av mätvärden och beräkningar vid jämförelser av olika parametrar måste bl a följande kriterier vara uppfyllda:

- Att onoggrannheten i mätningarna inte överstiger skillnaden i de mätvärden och beräkningar som jämförs.
- Att de olika kopplingsfallen varit i drift under likartade förhållanden med avseende på tid, klimat och anläggningstyp.
- Att det statistiska underlaget är tillräckligt stort för att kunna säkerställa samband.
- Att hänsyn tas till hur lagringseffekter påverkar de olika storheter som jämförs.

En styrka som uppvisas i projekt Gubbängen är att de olika kopplingsfallen varit i drift i samma abonmentcentral, vilket möjliggjorts med ventilomställningar. Detta betyder att jämförda värden från de olika inkopplingsfallen har gemensam referens med avseende på anläggningstyp och termisk last.

Klimatförhållandena för de olika kopplingsfallen redovisas i form av gradtimmesfrekvens (Figur 3), dvs antal timmar de olika kopplingsfallen varit i drift vid olika utomhus-temperaturer. Dessutom redovisas total drifttid i procent av hela mätperioden för de olika kopplingsfallen. Effektuttag, flöde och temperaturer för de olika kopplingsfallen jämförs mot utomhustemperatur.

Onoggrannheten för de olika mätvärdena och beräkningarna beskrivs i avsnittet "Datainsamling".

#### 4. DATAINSAMLING

I Gubbängsprojektet har under mätperioden ca 250 punkter registrerats var 5:e minut. Mätssystemet består i huvudsak av mätstation, kablage och givare.

De viktigaste enheterna i mätstationen är styrdator, Pulsräknare, scanner och voltmeter. Styrdatorn utgörs av en bordsdator typ Hewlett & Packard 9825, vilken programmerats i Basic.

Till datorn är mätstationens olika enheter anslutna genom en standardiserad anslutning, en sk buss, Beteckningen på den använda bussen är GPIB, IEEE-488. Via bussen är också en skrivare ansluten vilken gjort det möjligt att tabellera mätvärden direkt vid mätplatsen. Detta har inte påverkat den normala insamlingen av data.

Datorns program är lagrade på ett kassettbandminne. Om nätströmmen till systemet försvinner läser datorn automatiskt in programmet från kassetten och startar mätningarna så fort strömmen återkommer.

Den mätvärdesbehandling som görs av datorn, beror på mät-punktstypen (mätstorheten). Denna finns lagrad i en tabell i datorn tillsammans med kanalnummer och övrig information. Denna tabell, som alltså styr hela mätinsamlingen, kallas beskrivningsfil (B-fil).

Av mätdata bildas medelvärden eller summor, beroende på mätpunktstyp, över entimmes-intervall. Varje timme lagras resultaten ut på kassettbandminnet, vilket töms varje vecka. Mätdata överförs vid MCE till en minidator typ HP 1000-F.

På MCE bearbetas och analyseras mätdata. Programvara för detta har utvecklats på MCE.

Var och en av de sex abonnentcentralerna är anslutna till Mätcentralens mätstation, placerad i abonnentcentral 1. Från abonnentcentral 1 är kablar dragna till plintställ i övriga abonnentcentraler och därifrån går ledningar till varje enskild mätgivare. I varje abonnentcentral finns 31 olika givare monterade.

För de analoga och digitala signalerna används separata kablar. Kablarna är helt separerade från övrigt kablage i byggnaden och är dessutom partvinnade för att kompensera för induktiva störningar.

Temperaturer har mätts före och efter varje värmväxlare på primärsida och sekundärsida. Utomhustemperatur har mätts vid en norrfasad i anslutning till abonnentcentral 1 och är gemensam referenstemperatur till övriga abonnentcentraler.

Vid anslutning av temperaturgivare i en anläggning blir ofta avståndet från givaren till voltmetern stort. Detta leder till att resistansen i signalledningarna kommer att påverka mätresultatet. För att kompensera denna störning har givare uteslutande anslutits med sk fyrledarkoppling.

Alla temperaturgivare i Gubbängsprojektet har noggrannhetsklass 1/5 DIN. Detta innebär att givarnas onoggrannhet vid 0 Celsius är lägre än 0.06 Celsius. Den totala onoggrannheten är bla beroende av hur givaren är placerad vid mätstället. Vid montering har därför gällande föreskrifter följts noggrannt. Dykrör för temperaturgivare är monterade i böjar och i direkt anslutning till värmväxlarna för att få bästa möjliga kontakt med vätskan och för att undvika termisk påverkan från omgivningen.

Vätskeflöden genom varje värmväxlare har mätts separat. Flödesmätarna monterades på "raksträckor" enligt föreskrivna anvisningar för att få bästa möjliga noggrannhet. Vätskeflöden har mätts med traditionella flödesmätare. I huvudsak användes två typer med olika mekaniska principer, vinghjuls- och Woltman mätare. Dessa levereras med en onoggrannhet understigande  $\pm 2\%$  under normala driftförhållanden.

I abonnentcentralerna finns fem ventiler monterade på primärsidan för att kunna ställa om kopplingsfallen. Dessa ventilers lägen registrerades.

Drifftider för kopplingfallen har erhållits genom att ett pulståg med frekvensen 1 Hz letts över en kontakt ansluten till respektive ventil. Räkning av pulserna ger direkt drifftid i sekunder.

Tryckdifferensen mellan fram- och returledning på primärsidan har registrerats.

Från värmeverkets debiteringsmätare registrerade mätutrustningen totalt levererat vattenflöde och energi fr o m 1 September 1987.

Vätskeburen energi beräknas genom att en temperaturdifferens multipliceras med ett vätskeflöde. Denna multiplikation sker var 5:e minut i samband med mätningen. Summan lagras sedan varje timme. Resultatet omvandlas till MJ. Temperaturen inverkan på  $\delta \cdot C_p$ , kompenseras med en algoritm i mätprogrammet (se PM MCE 860205). Dessa beräkningar kan även göras på Mätcentralens minidator men då används timmedelvärden.

Onoggrannheten för de beräknade värdena på vätskeburen energi beror på flera faktorer, både onoggrannhet hos enskilda givare men även på de rådande driftförhållandena som t ex temperaturdifferensen. Vid temperaturmätning med en onoggrannhet understigande 0.1 Celsius och en temperaturdifferens på 40 Celsius fås en onoggrannhet i temeperaturdifferensmätningen på  $\pm 0,5\%$ .

I beräkningarna ingår även fel från flödesmätning, beräkningsfel, Integrationsfel vid användning av timmedelvärden, metodfel som t ex givarplacering samt instrumentfel. Under normala förhållanden beräknas den totala onoggrannheten vid beräkning av vätskeburen energi understiga  $\pm 5\%$ .

## 5. GIVARKONTROLLER

I mätcentralens ansvar för mätningarna i Gubbängssprojektet ingår kontroller och kalibreringar av givare och beräknade mätvärden.

Kontrollerna sker i samband med installationen och därefter sker löpande kontroller rutinmässigt. Vissa givare kalibreras även efter demontering.

Syftet med kontrollerna är i första hand att finna systematiska fel i mätkedjorna och eliminera dessa.

Tillfälliga fel kan ofta inte åtgärdas, men med kännedom om dessa kan mätosäkerheten bedömas. När ett systematiskt fel i mätkedjan uppdagas, korrigeras det mätta värdet med en korrigeringsfaktor.

MCE levererar vanligtvis värden på temperaturer som timmedelvärden. Detta innebär att dynamiska kontrollmetoder normalt inte är nödvändiga då stigtiden för de i projektet använda temperaturgivarna understiger 20 sekunder.

Tillverkaren eller MCE har kalibrerat varje givare individuellt mot ett referensmotstånd av normerad kvalitet före installation.

I anläggningen kontrolleras temperaturgivarna genom doppning i isbad. Dejoniserat vatten fryses och krossas, därefter blandas den krossade isen med dejonatet i vätskefas för att få en blandning av fast- och vätskefas. Temperaturen i blandningen antas ligga i temperaturintervallet  $0 \pm 0.05$  Celsius.

På mätplatsen i anläggningen demonteras varje givare och doppas under omrörning i isbadet. Samtidigt avläses mätvärdet på mätdatarens bildskärm eller skrivare. Detta påvisar inte bara fel i den totala mätkedjan utan också om givaren är rätt ansluten.

Flödesgivare kontrolleras antingen av MCE eller av respektive leverantören. I ett energisystem kan vanligtvis inte flödes/vätskemängdsmätarna demonteras under drift. Detta betyder att inte hela mätkedjan kan kontrolleras samtidigt. Därför kan endast MCE:s mätvärde jämföras med givarens räkneverk under en viss period, vanligtvis en vecka. Givarens räkneverk avläses manuellt vid periodens början och slut och jämförs med det av MCE levererade mätvärdet. Mätutrustningens tidsräkning och lagring kontrolleras.

En viktig kontrollfunktion i driftskedet är beräkningar av energibalanser över värmväxlare samt beräkningar av samma energiflöde med skilda mätpunkter. Under mätperiod 870601--880131 har beräkningsvärden från fjärrvärmeverkets integreringsverk ingått i datainsamlingen. Dessa värden jämfördes regelbundet med MCE:s värden.

KUNGLIGA TEKNISKA HÖGSKOLAN  
MÄTCENTRALEN FÖR ENERGIFORSKNING  
Per Wickman

Jämförelser av dygnsmedelvärdet kWh för dessa olika beräkningar för dygnet 870601 visas i följande tabell:

Abonnentcentral	Debiteringsmätare/ Mätcentralens värde	Avvikelse i procent
1	114.6/117.3	- 2.3 %
2	49.6/49.8	- 0.4 %
3	50.8/48.1	+ 5.7 %
6	44.6/44.0	+ 1.3 %
7	16.7/16.4	+ 1.8 %
9	Inkopplad from 880715	

Medelvärde, max- och minvärden samt standardavvikelse för denna jämförelse för hela period 870601--880131 ingår i redovisningen i form av "mätvärdesstatistik".

Beräknade och mätta värden bearbetas statistiskt i utvärderingprogrammet och ger bl a information om totalt registrerade värden, odefinierade värden och min/maxvärden under mätperioden.

Vid kontroller av mätvärdesstatistik under hösten 1987 visade mätpunkt Q2 tillfälligt felaktiga värden. Dessa flödesgivare är induktiva och har möjligen påverkats av klimatförhållandena i abonnentcentralerna under den relativt långa mätperioden.

Dessa störningar påverkar beräkningen av effektuttag vid parallellkopplingsfallet. Vid beräkning av temperatur-differenser och specifikt flöde ingår inte mätpunkt Q2.



## 6. MÄTRESULTAT.

Mätningarna i Projekt Gubbängen påbörjades 1985-02-01 och avslutades 1988-02-08. Över mätperioden samlades sammanlagd ca 2.000.000 mätvärden. Avgörande för utvärderingen av mätdata är att de olika kopplingsfallen har varit i drift under likartade förhållanden. Kopplingsfallen skulle därför ställas om manuellt en gång per vecka av Riksbyggens driftpersonal, enligt ett speciellt utformat schema.

Dessa omställningar upphörde i Juni 1985 och pga detta ansågs inte mätningarna meningsfulla och mätstationen stängdes av. Ett särskilt avtal utformades där Mätcentralen åtog sig ansvaret för omställningarna av kopplingsfall och mätningarna återupptogs 1 September 1986.

I mitten av Oktober samma år stals väsentliga delar av mätstationen på mätplatsen och mätningarna kunde inte återupptas förrän 1 Maj 1987. Mätningarna pågick därefter tom 8 Februari 1988.

För att få ett helt kalenderårs mätvärden, 8760 värden per mätpunkt, har därför två mätperioder med fungerande omställningar av kopplingsfall sammanslagits till en period. De två perioder som utgör huvudmätperiod avser 1985-02-01--1985-05-31 samt 1987-06-01--1988-01-31.

Dessa förhållanden har påverkat arbetet med mätdata, då varje period måste behandlas separat med avseende på datainläsning, bearbetning och kontroller.

Den sammanlagda 12 månadersperioden består av ca 2 miljoner registrerade timmedelvärden.

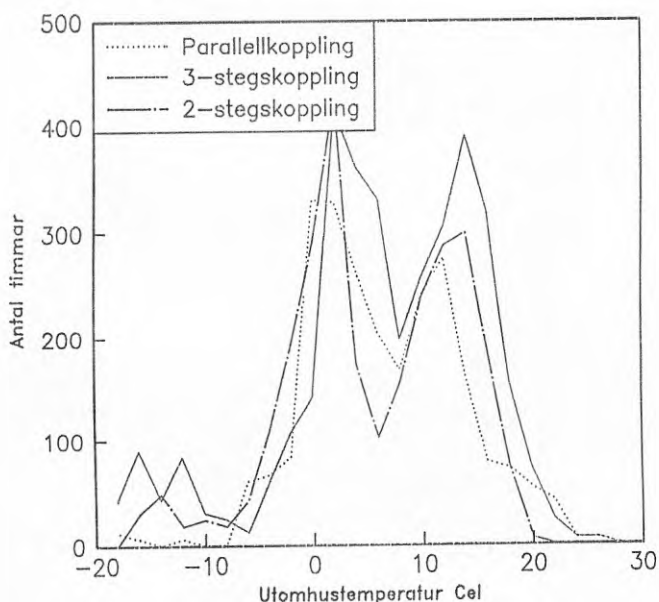
Vid analys av mätresultaten i ett fullskaleexperiment, måste hänsyn tas till experimentmetodiken. I Gubbängsprojektet jämförs inte skilda mätvärden och energiberäkningar mellan olika byggnader. De parametrar som jämförs vid olika kopplingsfall, mäts med samma mätutrustning och installation, och i samma byggnad. Systematiska fel faller därmed bort. Tillfälliga fel reduceras i förhållande till antalet mätningar.

För att göra jämförelser av olika parametrar vid samma utetemperatur underlättas analysen av att datamängden anpassas till en kurva medelst regressionsanalys.



Regressionslinjens överensstämmelse med datamängden redovisas av den sk korrelationsfaktorn, vilken vid perfekt kurvanpassning ger korrelationsfaktor = 1. Vid ytterlighetsvärden, i detta fall lägsta- och högsta utomhustemperatur, är datamängden liten och anpassningen därför osäker.

Gradtimmesfrekvens Abonentcentral 1.



DRIFTTIDER: 2-steg 31%  
3-steg 40%  
Parallell 29%

Figur 3. För att bedöma hur de olika kopplingsfallen varit i drift vid olika förhållanden med avseende på tid, klimat och anläggningstyp redovisas gradtimmesfrekvens, dvs antal timmar de olika kopplingsfallen varit i drift vid olika utomhustemperaturer. Dessutom redovisas total drifttid i procent av hela mätperioden för de olika kopplingsfallen.

7. RAPPORTERING.

I rapporteringen från Mätcentralen ingår följande moment:

- Månadsrapporter
- Vattenförbrukning
- Intensivmätning
- Effektförhållanden
- Specifikt flöde
- Temperaturförhållanden

Månadsrapporter.

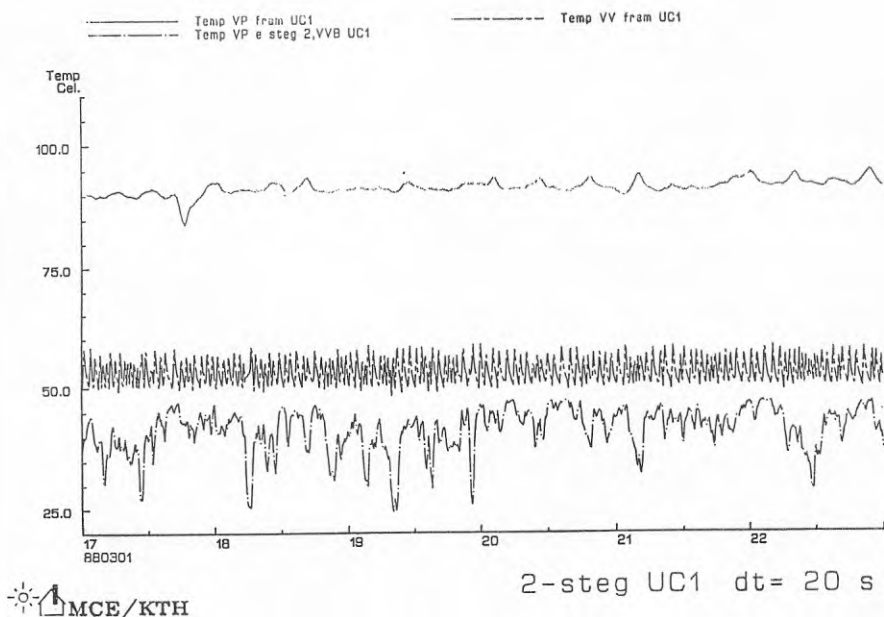
Rapporterna består av dygnssmedelvärden, min och maxvärden för temperaturnivåer på värmeväxlarnas primär- och sekundär sida, tryckdifferens över värmeväxlarna på primärsidan, primärsidans vätskeflöde och effekt per lägenhet. Uppgift om utomhustemperatur och aktuellt kopplingsfall ingår också i månadsrapporterna.

Kall- och varmvattenförbrukning.

Under perioden 871019--871025 har kall och varmvattenförbrukning redovisats som timmedelvärden. Enheten har valts som liter per lägenhet och timme. Detta redovisas för samtliga abonnentcentraler, där central 1 är den största i projektet och försörjer 117 lägenheter. Abonnentcentral 7 är den minsta och försörjer 12 lägenheter.

Periodens timmedelvärden har summerats och redovisas med enheten, m<sup>3</sup>/lägenhet och period (vecka), i ett särskilt stapeldiagram.

Intensivmätning av varm- och kallvattenförbrukning.



Figur 5. För att få en uppfattning om de olika kopplingsfallens påverkan av abonnentcentralernas reglerfunktion, har under hösten 1987 och vintern 1988 intensivmätningar utförts i abonnentcentral 1 och 7. Detta har mättekniskt inneburit att samplings tiden minskat från 5 minuter till 20 sekunder.

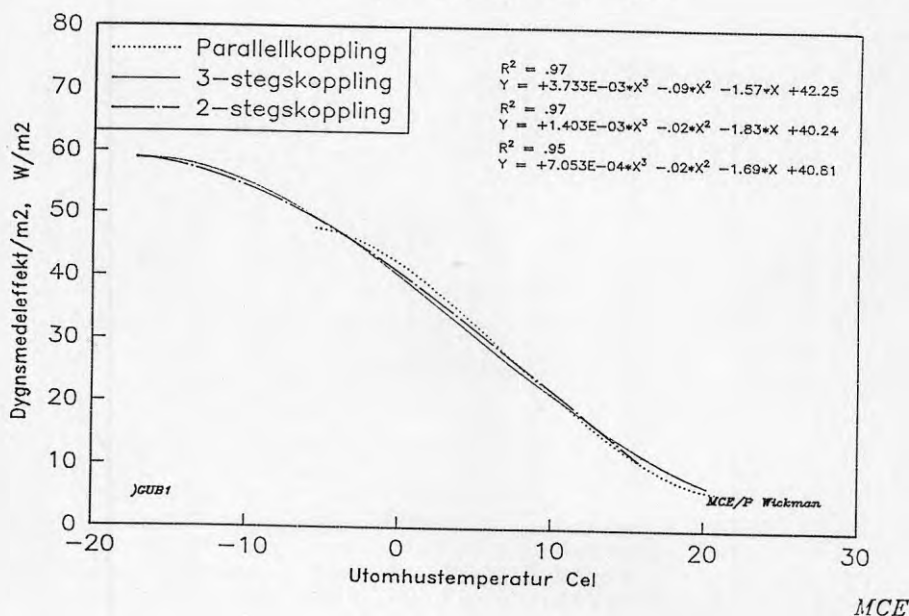
Kortare intervall har inte varit meningsfullt pga temperaturgivarnas stigtider (tröghet). Mätperioderna avser eftermiddagar och kvällstid, vardagar mellan 17:00 och 23:00.

Intensivmätningarna omfattar sex perioder då abonnentcentral 1 och 7 mätts var för sig vid olika kopplingsfall. De parametrar som studerats har varit primärsidans vattenflöde, fram- och returtemperatur på primärsidan, temperatur på utgående tappvarmvatten och utomhustemperatur.

Jämförelser av kopplingsfall.

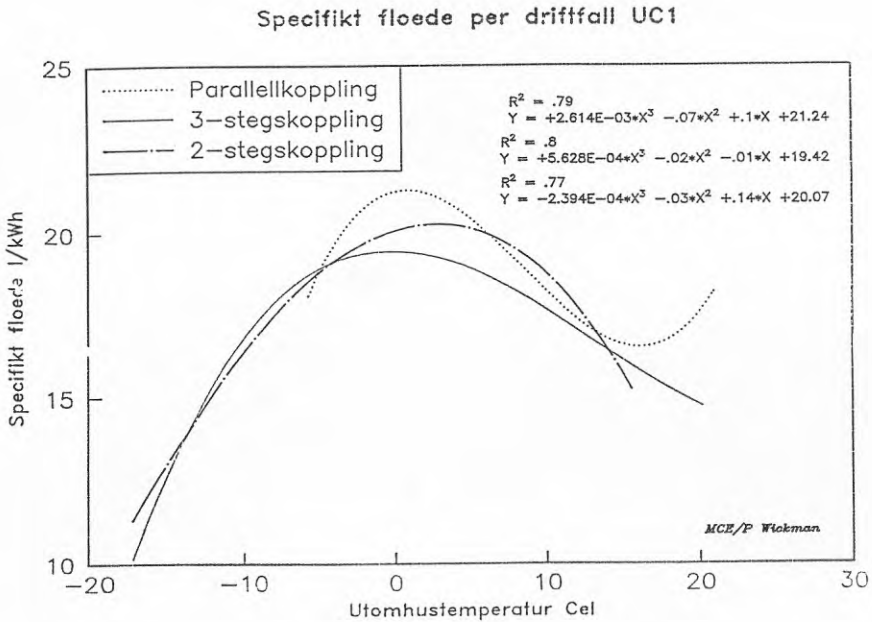
Vid jämförelser av kopplingsfall har inte varje enskilt beräkningsvärde plottas i figuren, undantaget fram- och returtemperatur på primärsidan, utan värdena har anpassats till tredjegradspolynom. För att möjliggöra analysen av abonnentcentralernas funktion vid olika driftförhållanden och kopplingsfall har effektuttag, specifikt flöde och temperaturförhållanden studerats mot gemensam utomhustemperatur i samtliga abonnentcentraler.

Effekt per Ytenhet BRA UC1.



Figur 6. Effektuttagets variation per ytenhet och kopplingsfall uttryckt i enheten W/m<sup>2</sup> BRA. Värdena avser 6-timmarsmedeleffekter (Figur 6). Totaleffekten beräknas på olika sätt vid olika driftfall med avseende på flöde, vilket innebär att jämförelserna påverkas av systematiska fel. Mätpunkt Q<sub>1</sub> ger totalt primärflöde vid 2- och 3-stegskoppling medan Q<sub>1</sub> + Q<sub>2</sub> ger totalt primärflöde genom värmväxlarna vid parallell koppling.

Specifikt flöde.



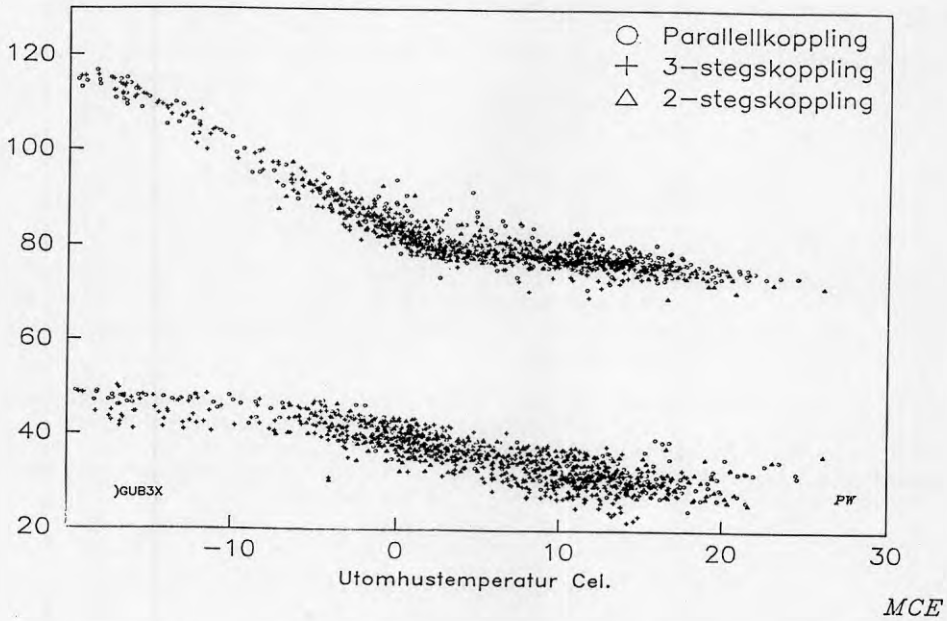
Figur 7. Det specifika flödets, dvs värmeverkets levererade vattenflöde i förhållande till effekt (Figur 7). Denna parameter ges av följande uttryck där k är en konstant för ( $\delta * C_p$ ):

$$1 / (k * (T_1 - T_0))$$

Detta innebär att skillnaderna i flödesmätning vid olika kopplingsfall inte påverkar jämförelserna av specifikt flöde, då detta endast är en funktion av temperaturdifferansen  $T_1 - T_0$ .

Temperaturförhållanden.

Primaersidans fram- och returtemp. UC7.



Figur 8. Temperaturförhållandena på primärsidan redovisas dels som temperaturdifferensens variation vid olika kopplingsfall, och dels som absoluttemperaturernas variation.

8. KOMMENTARER.

Att påvisa någon skillnad i effektuttag för de olika kopplingsfallen är ytterst osäkert. De skillnader som framgår vid regressionsanalysen är inte av den storleken att de överstiger beräkningsfel och mätosäkerhet.

Vid jämförelser av effektuttag mellan abonnentcentral 1 och 7 har abonnentcentral 1 en lägre maxeffekt, vilket sannolikt beror på utjämnningseffekten då abonnentcentral 1 försörjer ett relativt stort antal lägenheter.

Vad gäller temperaturdifferensen, vilket även är en funktion av det specifika flödet, kan där tillräckligt underlag finns, ses en signifikant skillnad mellan de olika kopplingsfallen.

2-stegskopplingen har en lägre returtemperatur på primärsidan än 3-stegskopplingen vid utomhustemperaturer över 0 Celsius, dvs vid ett minskat värmebehov. Vid utomhustemperaturer under 0 Celsius kan ingen direkt skillnad ses.

Temperaturdifferensen mellan fram- och returtemperatur på primärsidan vid parallellkoppling, är lägre vid samtliga jämförelser då värme levereras till radiatorkretsen. Vid utomhustemperaturer över 0 Celsius är dock skillnaden mot de andra kopplingsfallen inte direkt påvisbar.



Bilaga 2

Stigtider för  
Pt-100-givare  
monterade i olika  
typer av dykrör

## Stigtider för PT-100-givare monterade i olika typer av dykrör

### Testutförande

Stigtider provades genom att omväxlande under omrörning doppa givarna i varmt och kallt vatten. Temperaturen i vattnet mättes med en kalibrerad PT-100 termometer och tiden mättes med stoppur. Tiden mättes för temperaturstegring respektive temperatursänkning till 62.3 % och 90 % av temperaturdifferensen i vattenbadet. Dessutom mättes temperaturen efter 1, 2 och ibland 3 minuter. Testet utfördes snabbt och delvis improviserat så alla tester utfördes inte för alla givare, vilket dock inte tar bort vikten av de värden som finns i nedanstående resultattabeller.

### Utrustning

- 2 st hinkar med vatten
- 2 st givare Pentronic 1/5 DIN, 200 resp. 250 mm
- 1 st normal PT-100 kalibrerad
- 3 st dykrör enligt beskrivning vid resultaten
- 1 st mätinstrument S 1220 från Systemteknik AB
- 1 st stoppur
- 3 st fasta motstånd för kontroll av S 1220
- 1 st tub termopasta

## Resultat

	Stigtid i s till 62.3 %.		Stigtid i s till 90 %	
	utan TP	m. TP	utan TP	m. TP
A ökande temp.	-	13.0	61.0	25.5
A minskande temp.	-	11.5	58.0	23.0
B ökande temp.	-	13.0	51.0	21.9
B minskande temp.	-	11.0	44.0	22.3
C ökande temp.	19.0	11.0	37.9	25.0
C minskande temp.	20.0	9.0	45.0	18.0

	Stigning i % av tot. temp.differensen efter					
	1 min.		2 min.		3 min.	
	utan TP	m.TP	utan TP	m.TP	utan TP	m.TP
A ökande temp.	-	98	98	-	-	-
A minskande temp.	-	99	98	-	-	-
B ökande temp.	-	99	97	98	97	-
B minskande temp.	-	97	94	-	-	-
C ökande temp.	98	98	-	-	-	-
C minskande temp.	96	96	-	-	-	-

### Dykrören

A: Givaren monterad i svarvat dykrör av rostfritt stål, 200 mm.

B: Givaren monterad i svetsat dykrör av rostfritt stål, 200 mm.

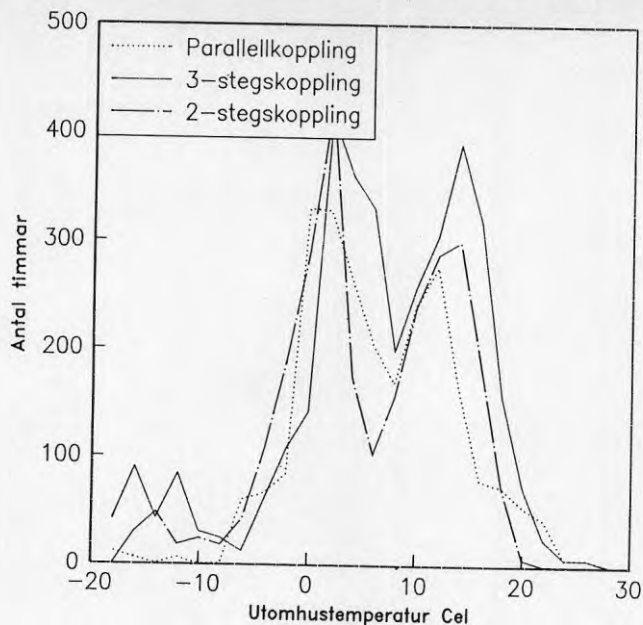
C: Givaren monterad i lött dykrör av koppar, 250 mm.

Bilagor: Testprotokoll

Bilaga 3

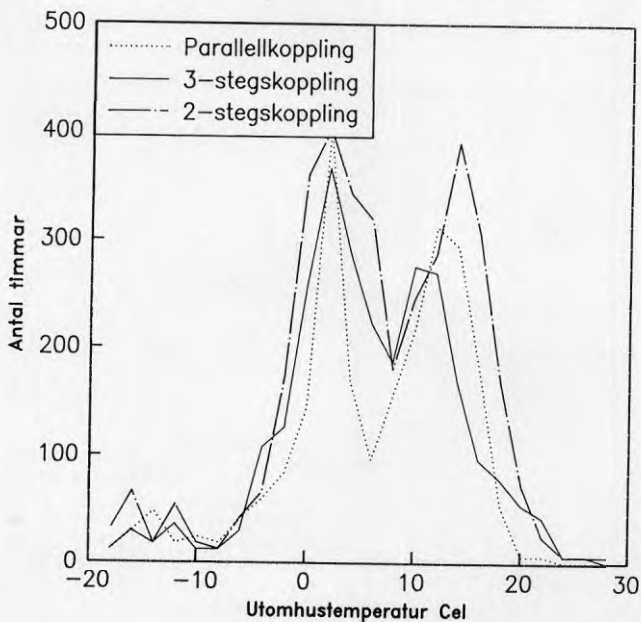
Gradtimmefrekvens  
för alla drift-  
fall och abonnent-  
centraler

Gradtimmefrekvens Abbonnentcentral 1.



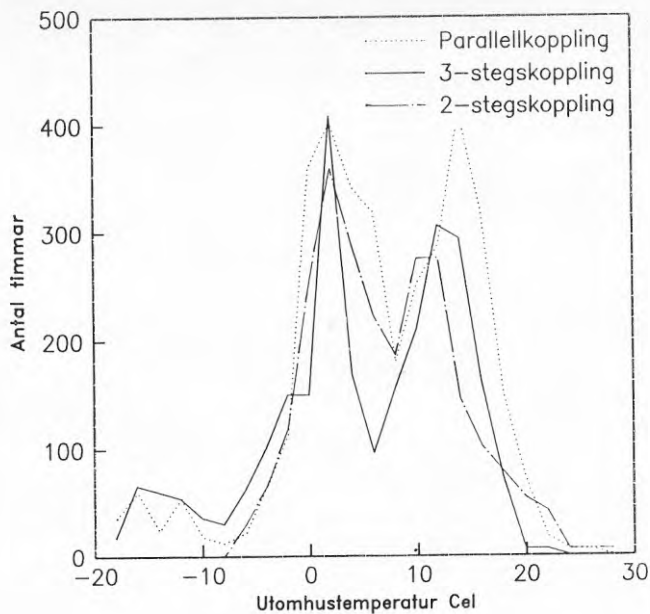
DRIFTTIDER: 2-steg 31%  
 3-steg 40%  
 Parallell 29%

Gradtimmefrekvens Abbonnentcentral 2.



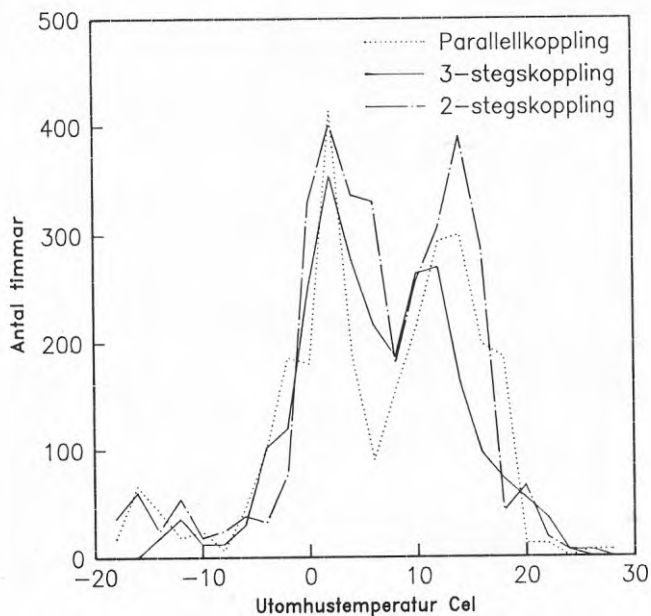
DRIFTTIDER: 2-steg 40%  
 3-steg 33%  
 Parallell 27%

Gradtimmesfrekvens Abbonnentcentral 3.



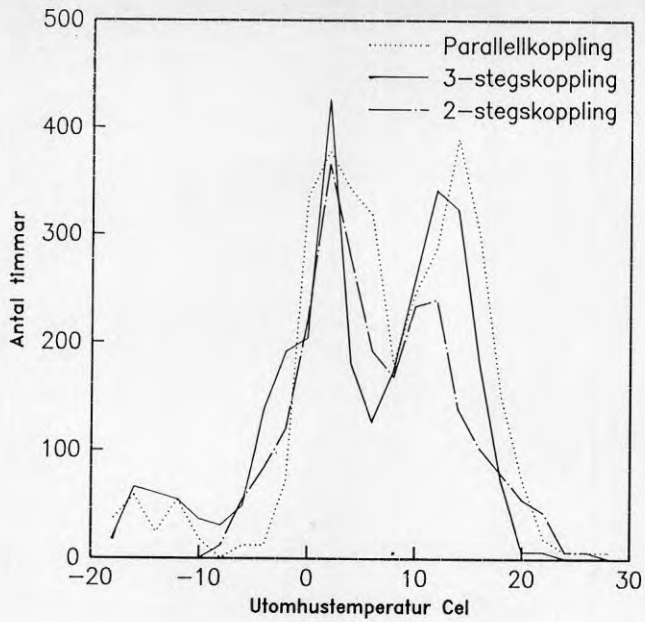
DRIFTTIDER: 2--steg 28%  
 3--steg 29%  
 Parallell 43%

Gradtimmesfrekvens Abbonnentcentral 6.



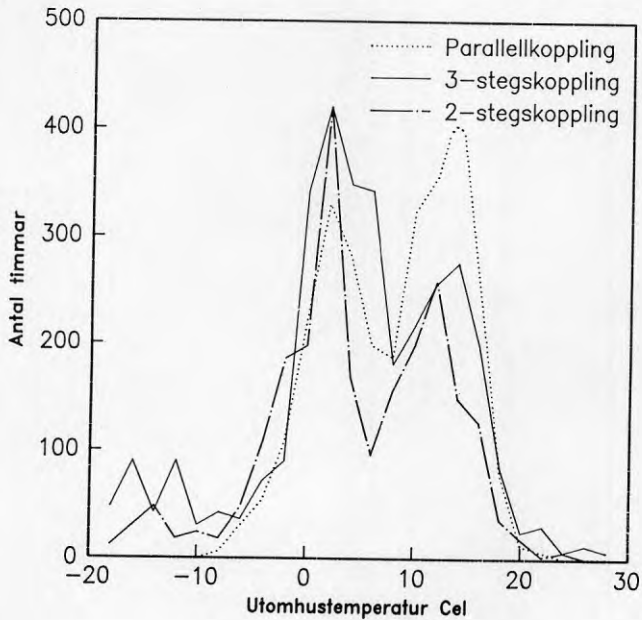
DRIFTTIDER: 2--steg 38%  
 3--steg 26%  
 Parallell 36%

### Gradfimmesfrekvens Abbonnentcentral 7.



DRIFTTIDER: 2-steg 26%  
3-steg 33%  
Parallell 41%

### Gradfimmesfrekvens Abbonnentcentral 9.



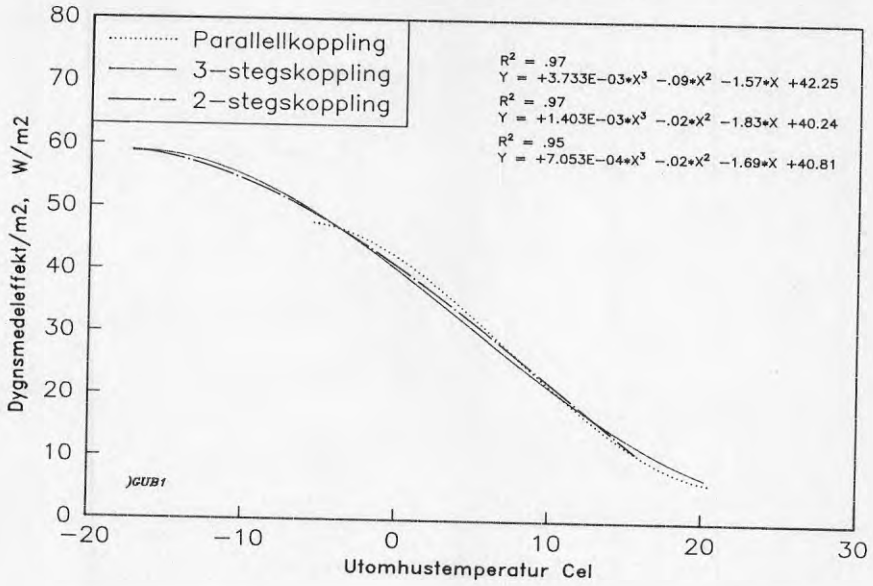
DRIFTTIDER: 2-steg 28%  
3-steg 44%  
Parallell 28%



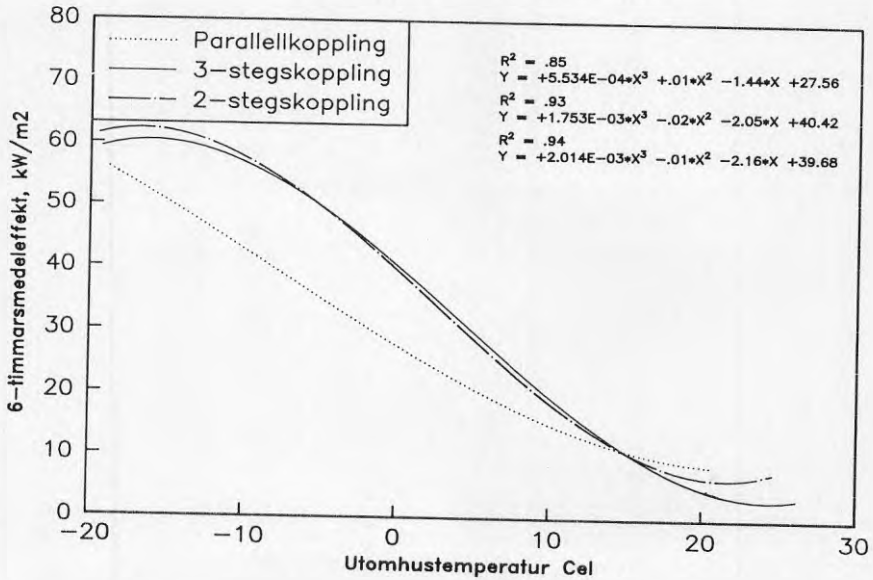
Bilaga 4

Effekt per  
ytenhet BRA

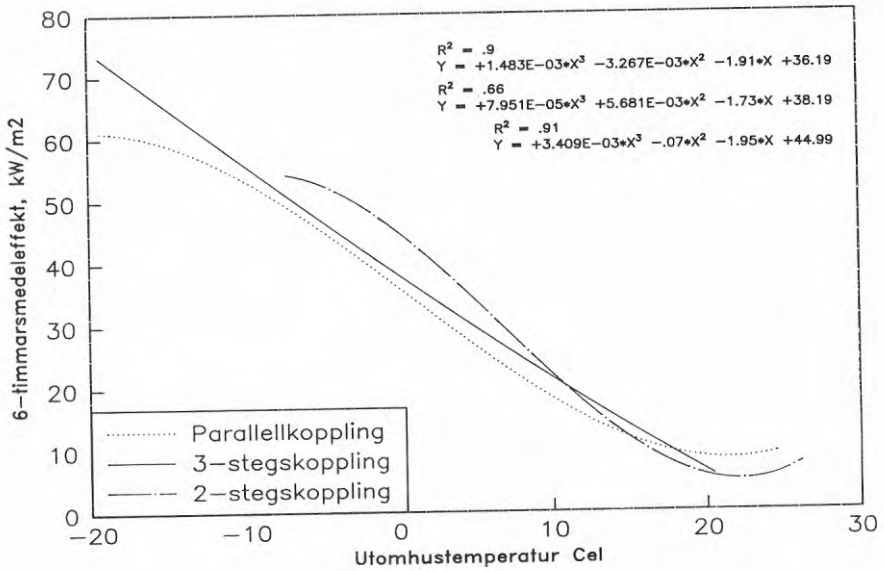
### Effekt per Ytenhet BRA UC1.



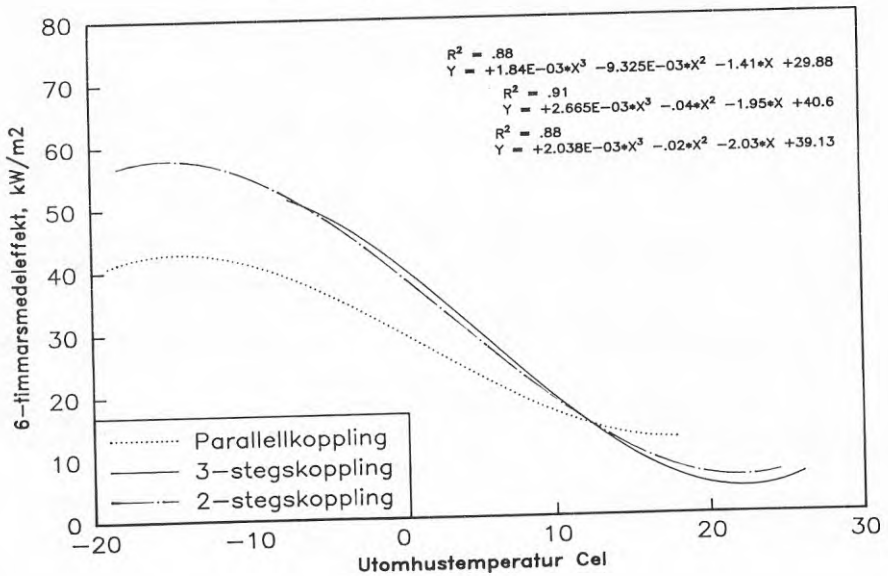
### Effekt per Ytenhet BRA UC2.



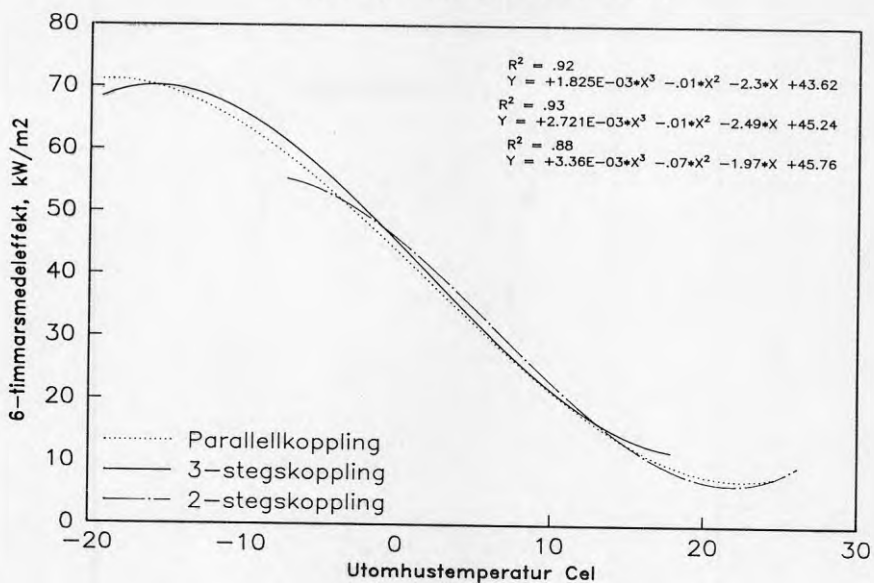
### Effekt per Ytenhet BRA UC3.



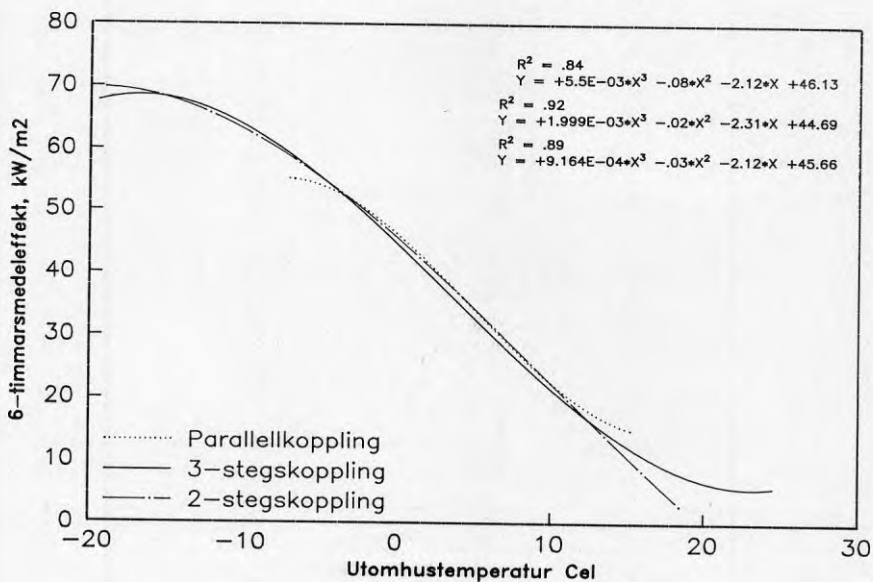
### Effekt per Ytenhet BRA UC6.



### Effekt per Ytenhet BRA UC7.



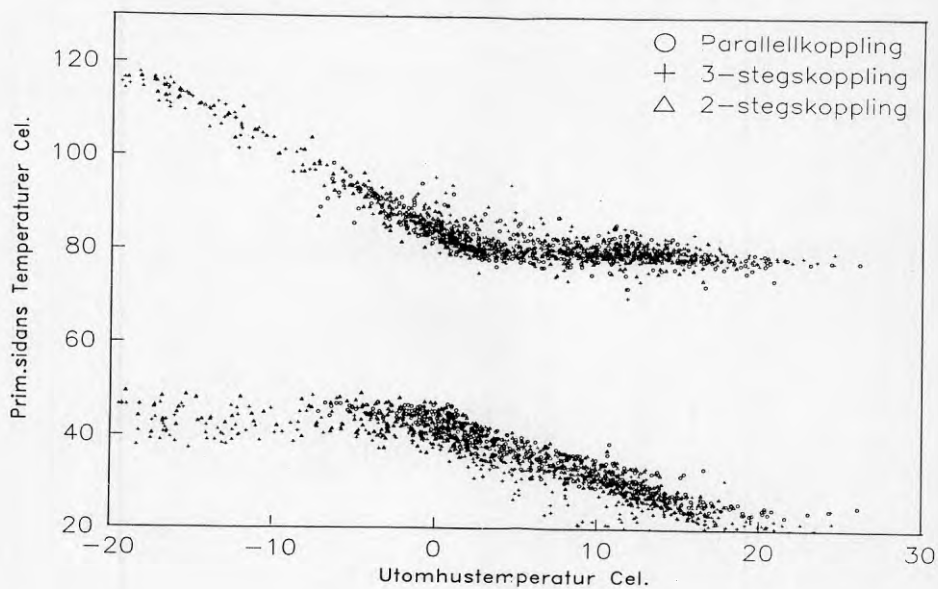
### Effekt per Ytenhet BRA UC9.



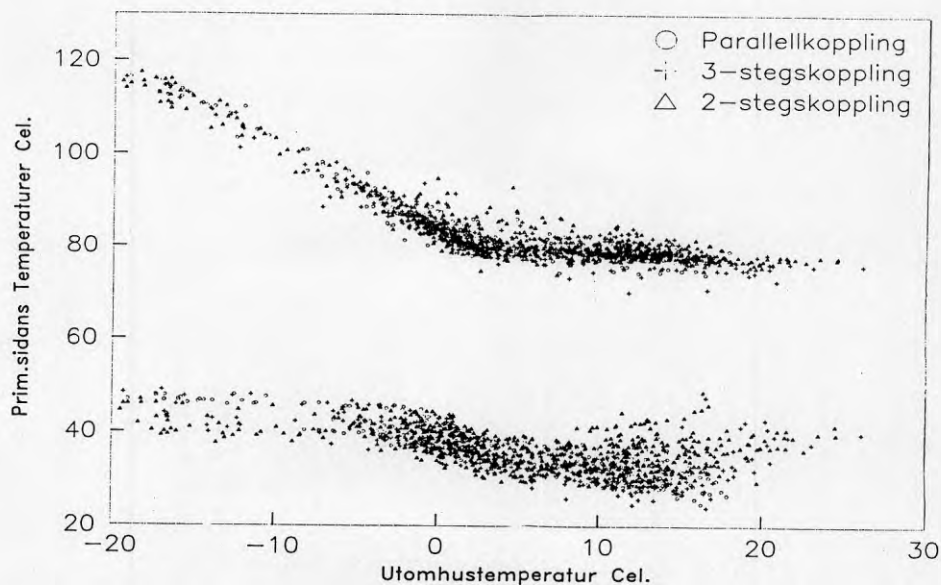
Bilaga 5

Primärsidan  
tillopps- och  
returtemperaturer

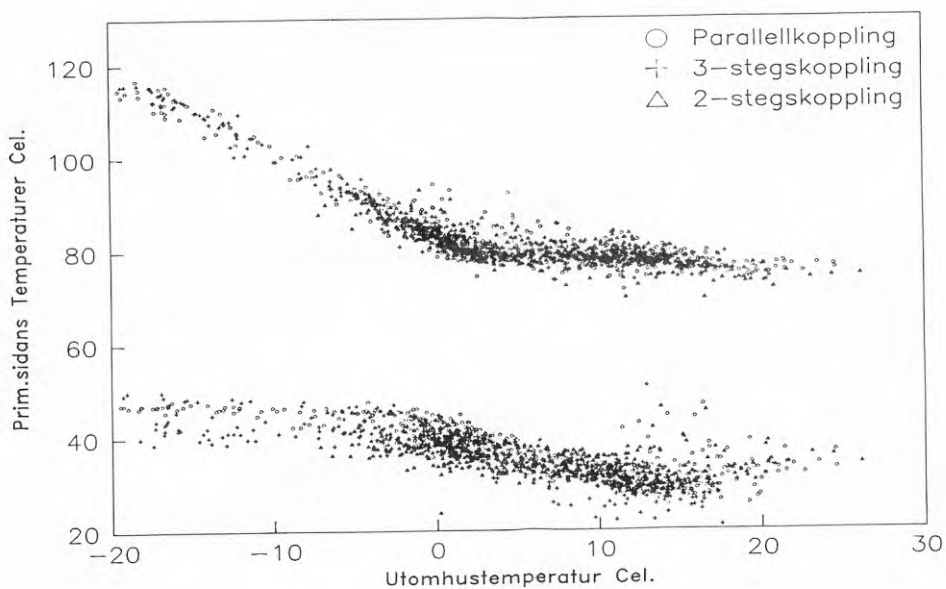
Primaersidans fram- och returtemp. UC1.



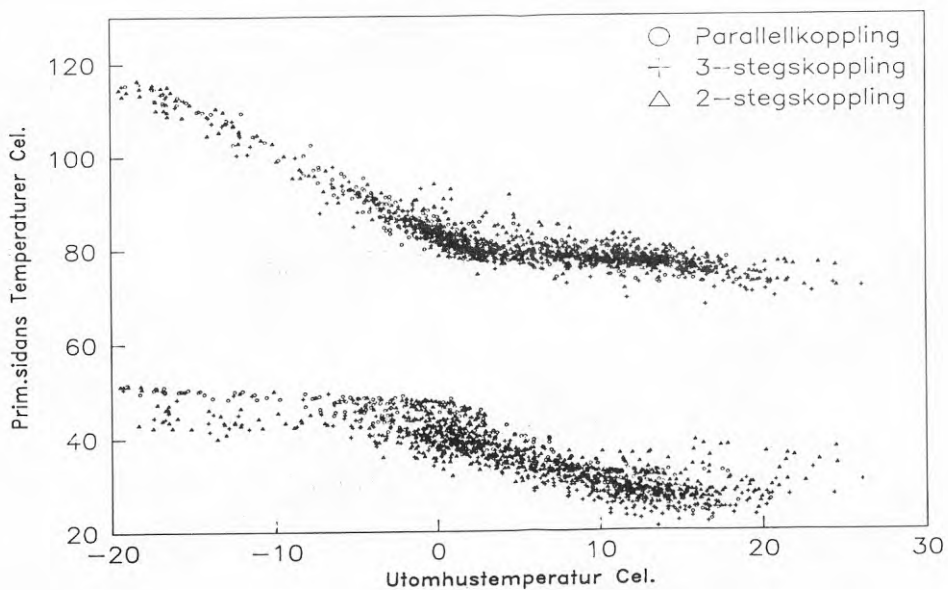
Primaersidans fram- och returtemp. UC2.



Primaersidans fram- och returtemp. UC3.

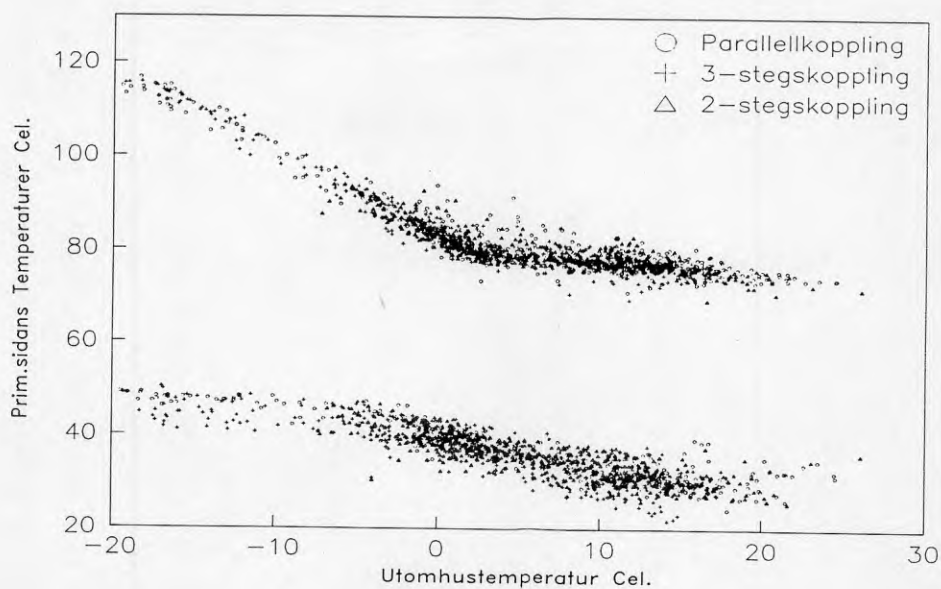


Primaersidans fram- och returtemp. UC6.

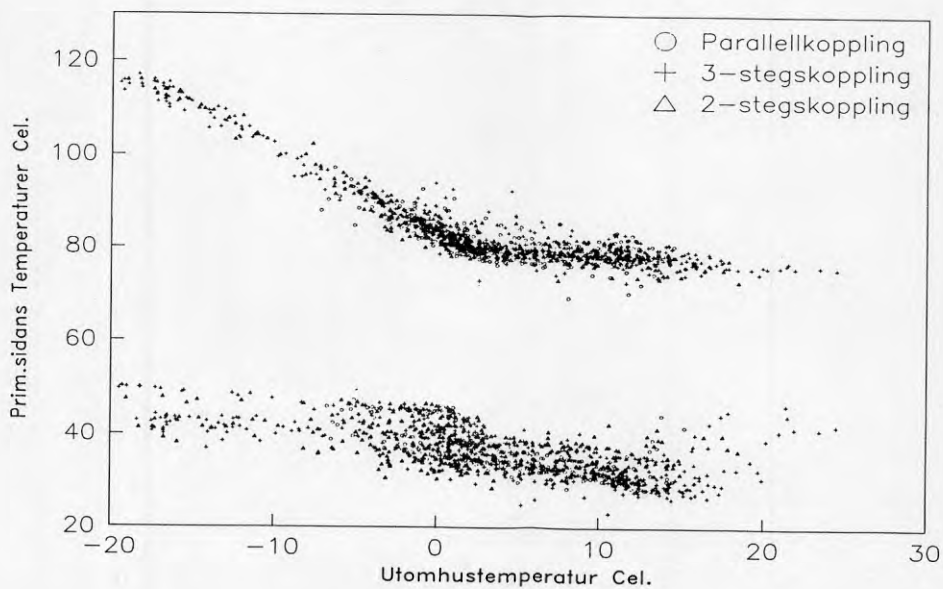




Primaersidans fram- och returtemp. UC7.



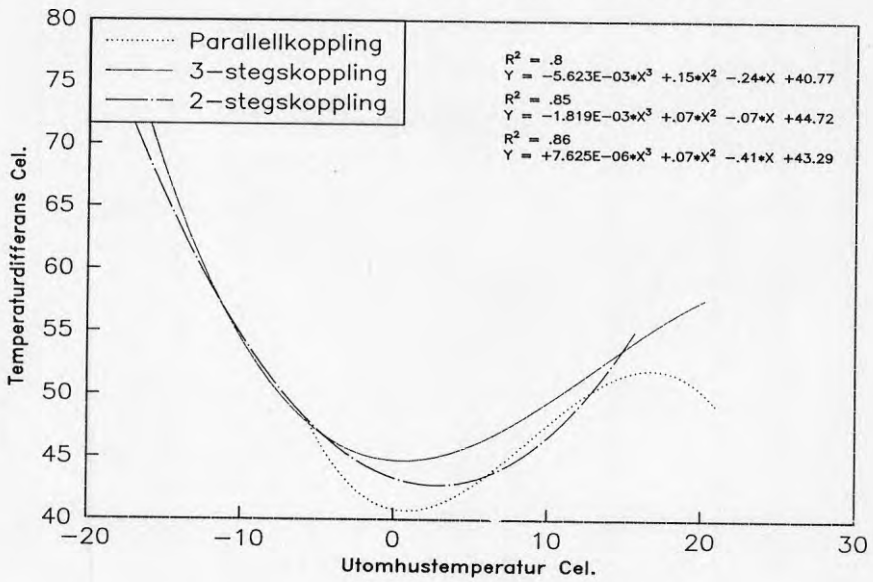
Primaersidans fram- och returtemp. UC9.



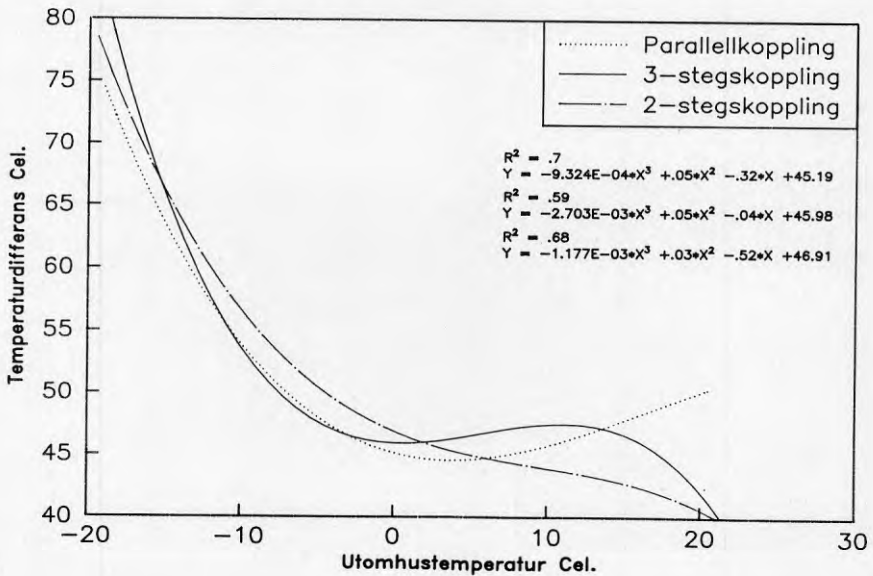
Bilaga 6

Primärsidans  
temperatur-  
differens

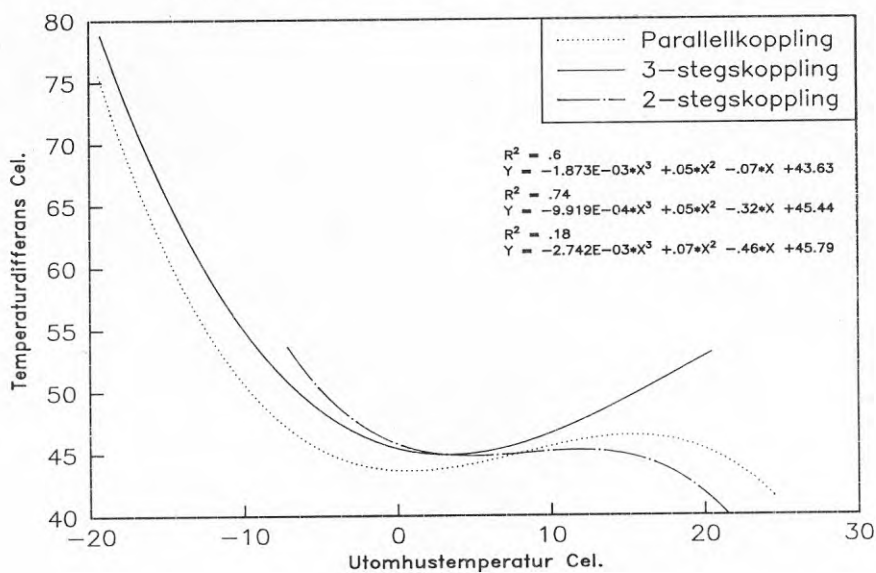
Primaersidans temperaturdiff. per driffall. UC1.



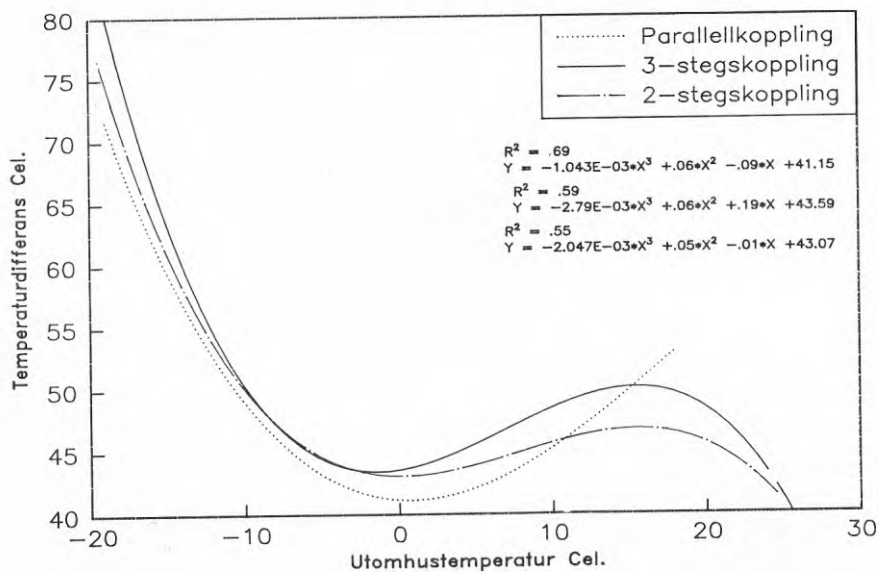
Primaersidans temperaturdiff. per driffall. UC2.



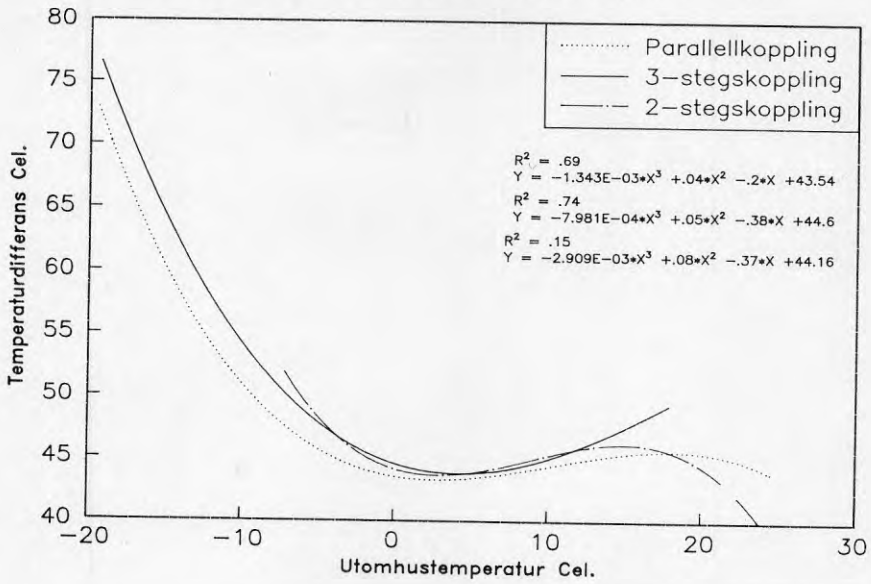
Primaersidans temperaturdiff. per drifffall. UC3.



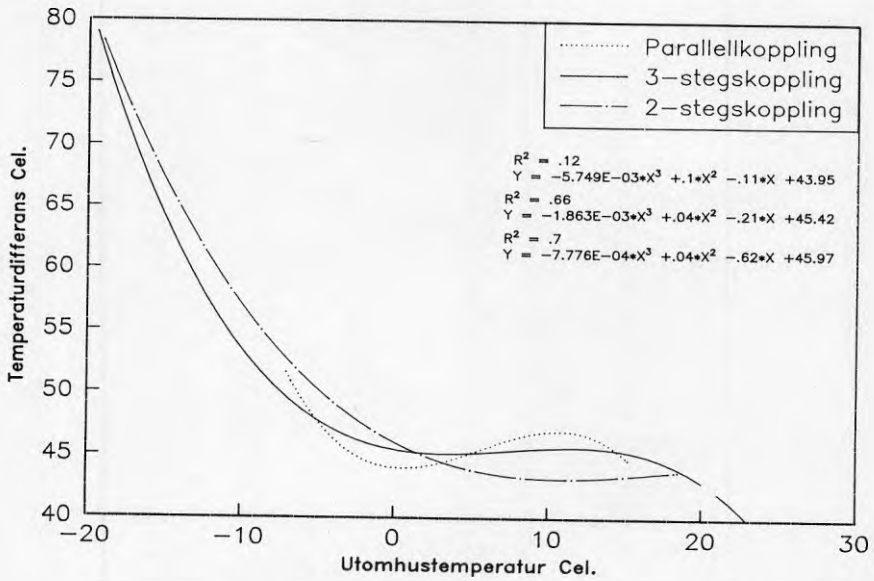
Primaersidans temperaturdiff. per drifffall. UC6.



Primaersidans temperaturdiff. per drifffall. UC7.



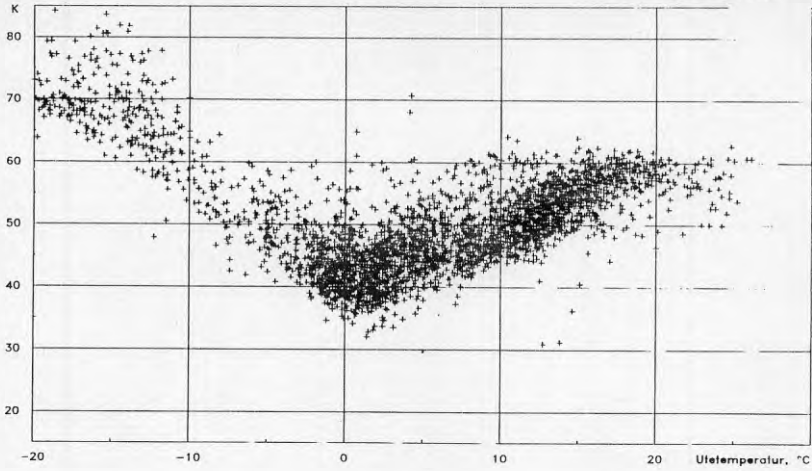
Primaersidans temperaturdiff. per drifffall. UC9.



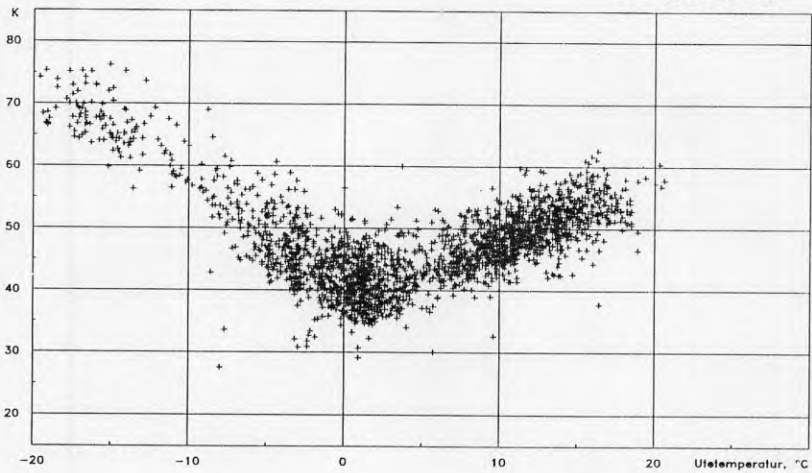
Bilaga 7

Timvärden för  
temperaturfall  
på primärsidan

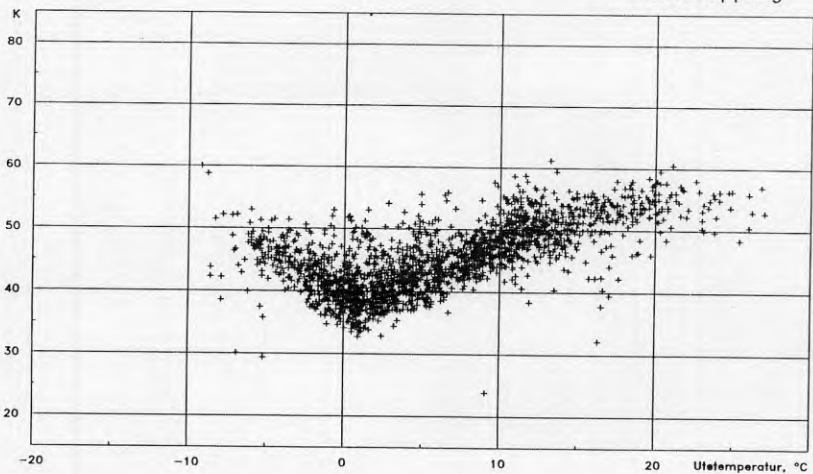
UC 1  
3-stegskoppling



2-stegskoppling



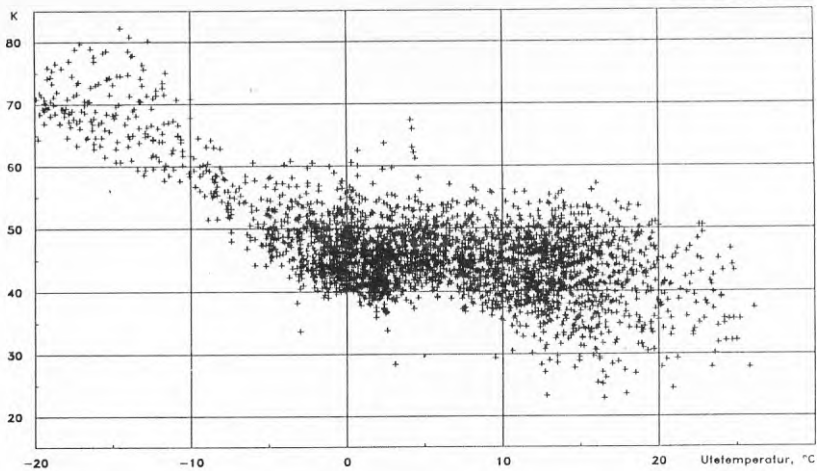
Parallellkoppling



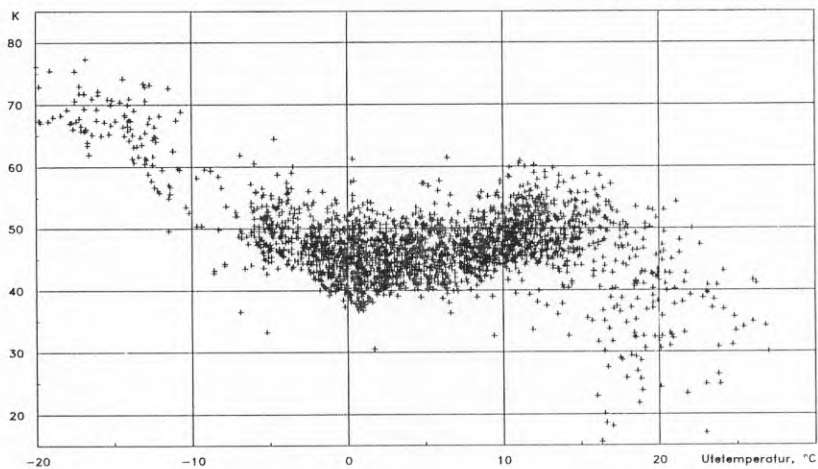
Bilaga 7: Timvärden för temperaturfall på primärsidan.



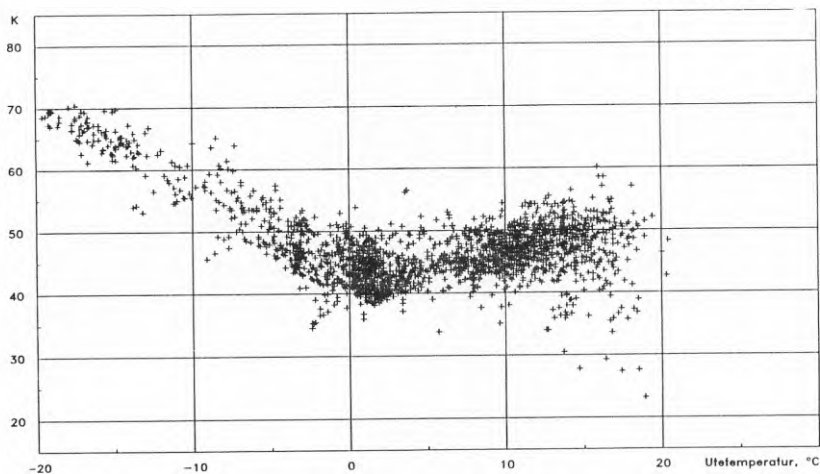
UC 2  
2-stegskoppling



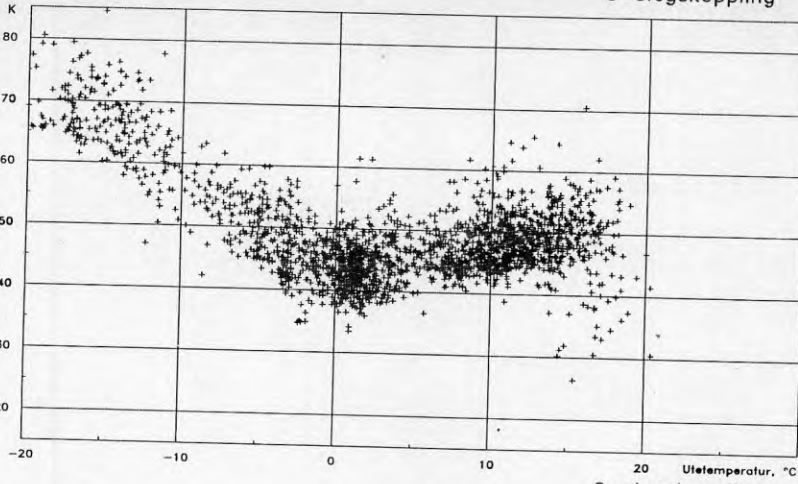
3-stegskoppling



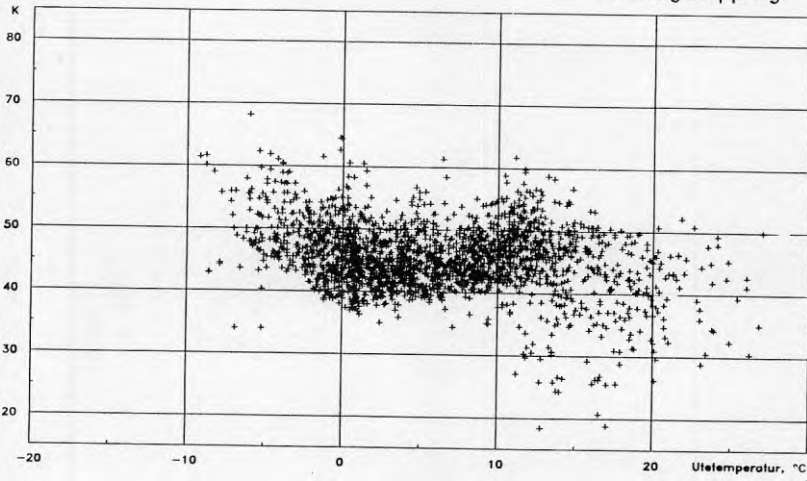
Parallellkoppling



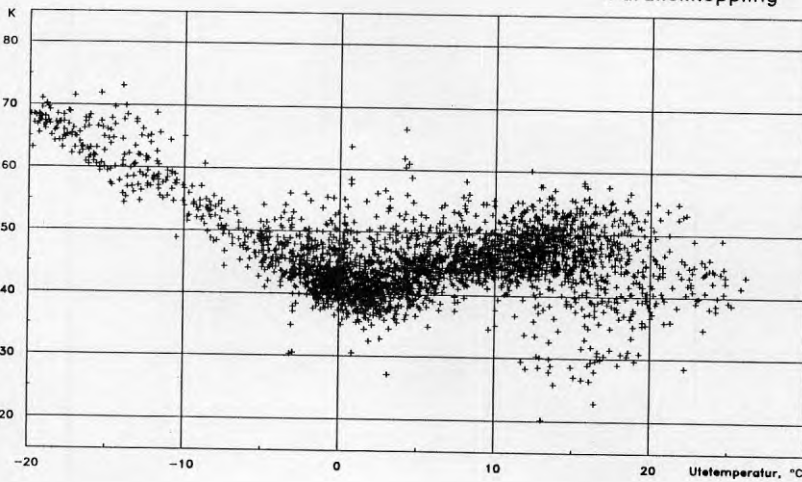
UC 3  
3-stegskoppling



2-stegskoppling

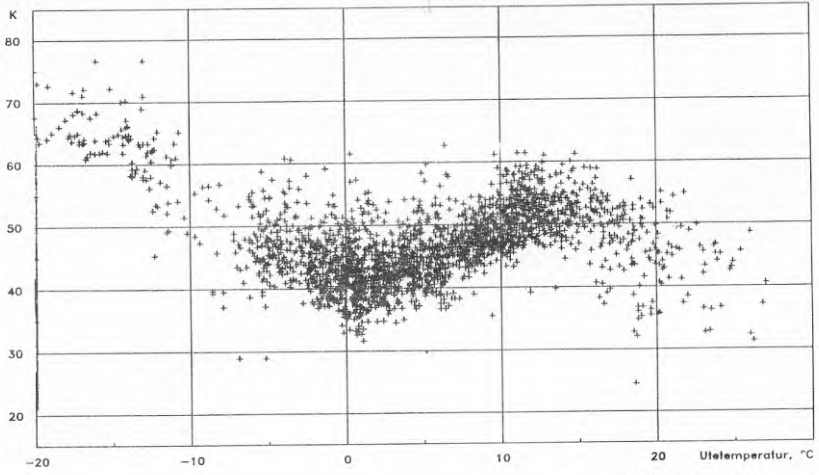


Parallellkoppling

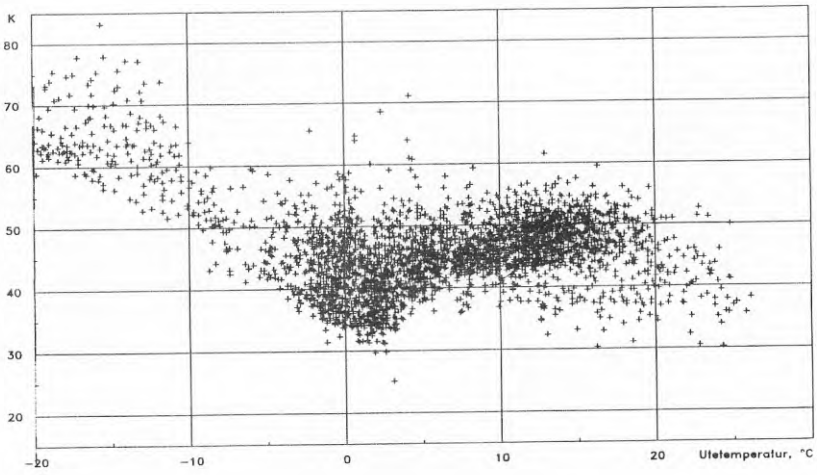


Bilaga 7: Timvärden för temperaturfall på primärsidan.

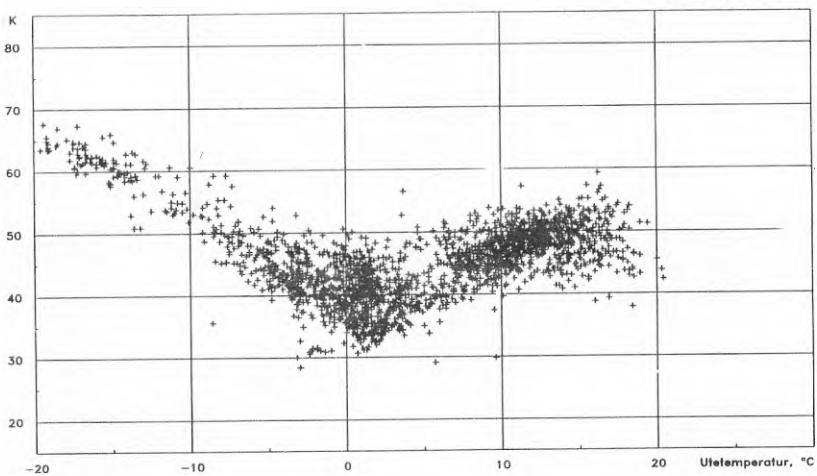
UC 6  
3-stegskoppling



2-stegskoppling

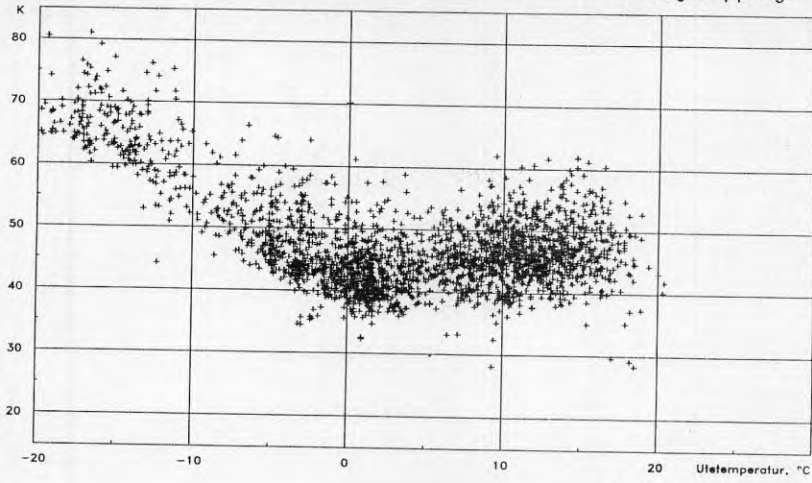


Parallellkoppling

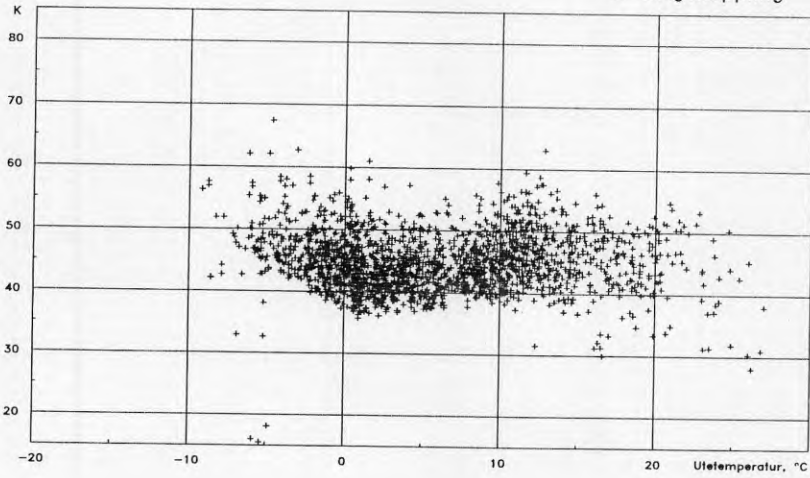


Bilaga 7: Timvärden för temperaturfall på primärsidan.

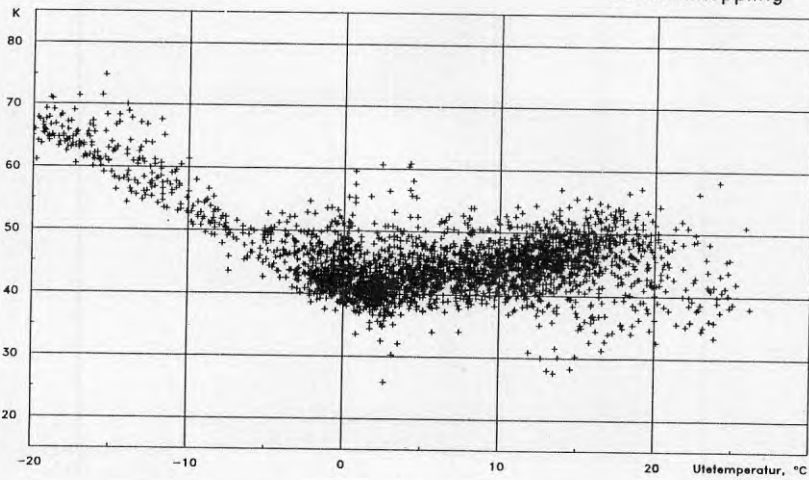
UC 7  
3-stegskoppling



2-stegskoppling

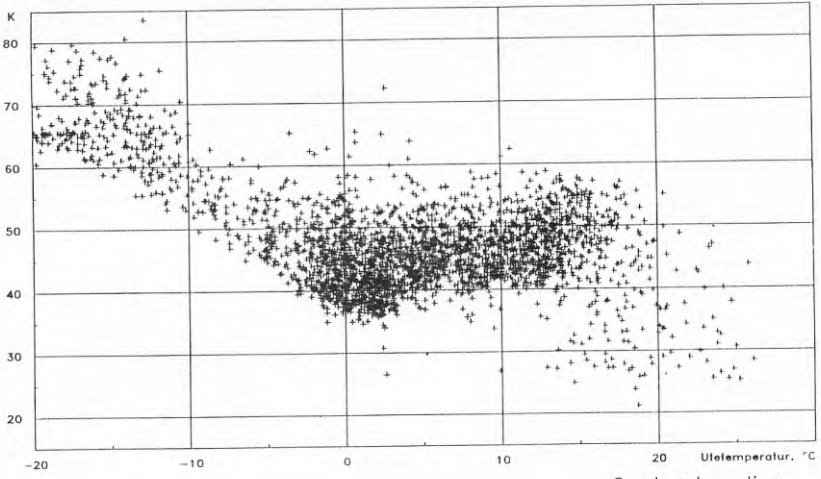


Parallellkoppling

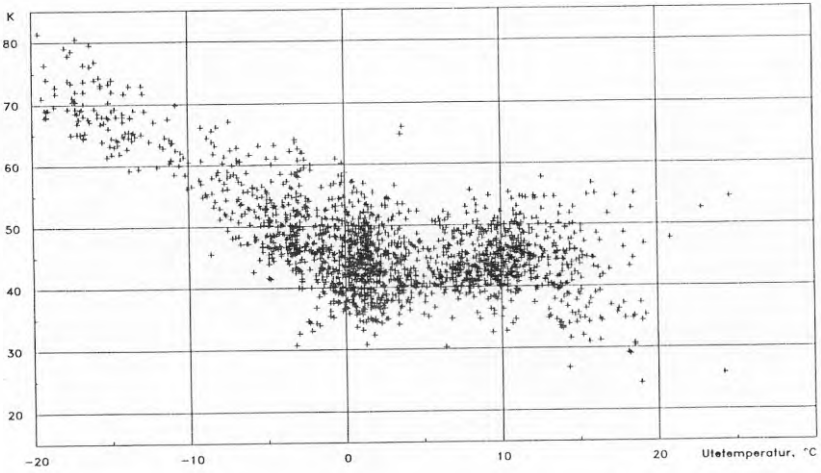


Bilaga 7: Timvärden för temperaturfall på primärsidan.

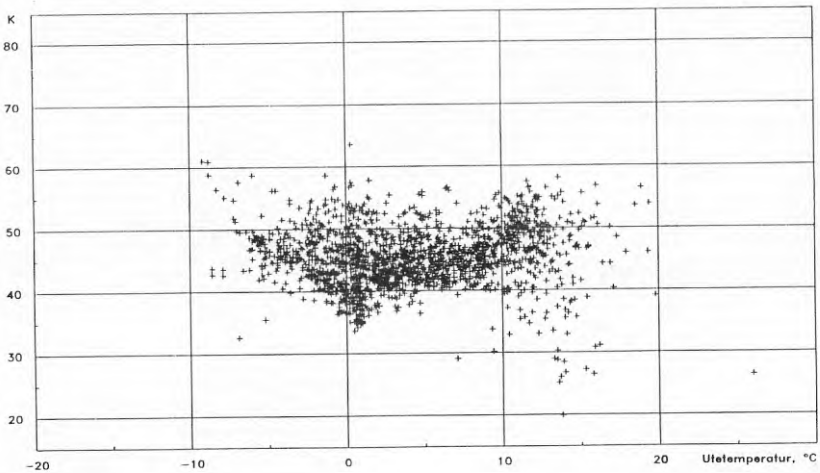
UC 9  
3-stegskoppling



2-stegskoppling



Parallellkoppling

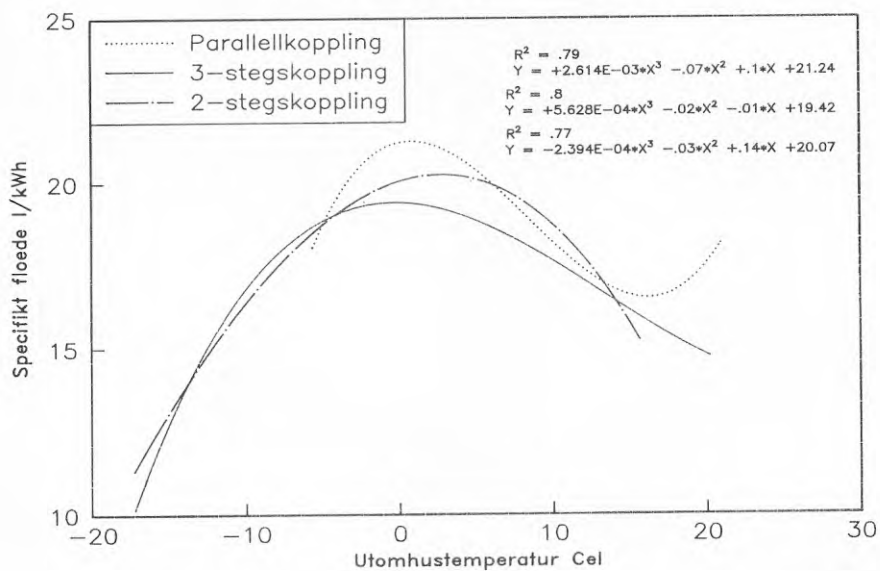


Bilaga 7: Timvärden för temperaturfall på primärsidan.

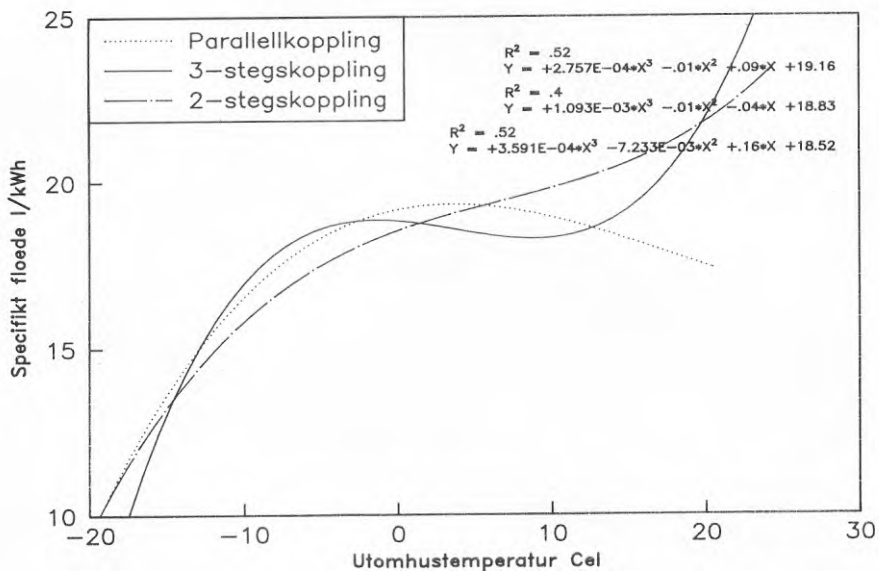
Bilaga 8

Specifikt flöde  
för alla drift-  
fall

### Specifikt floede per drifffall UC1

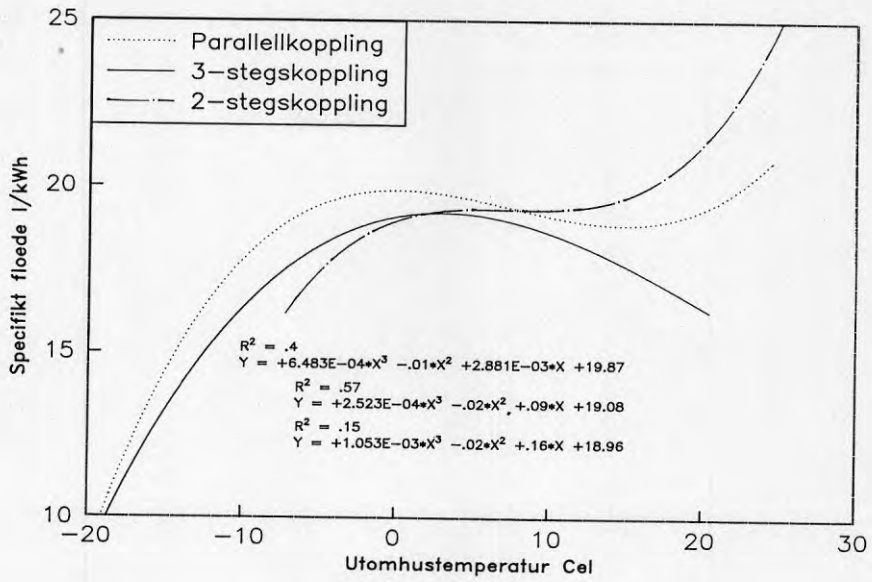


### Specifikt floede per drifffall UC2

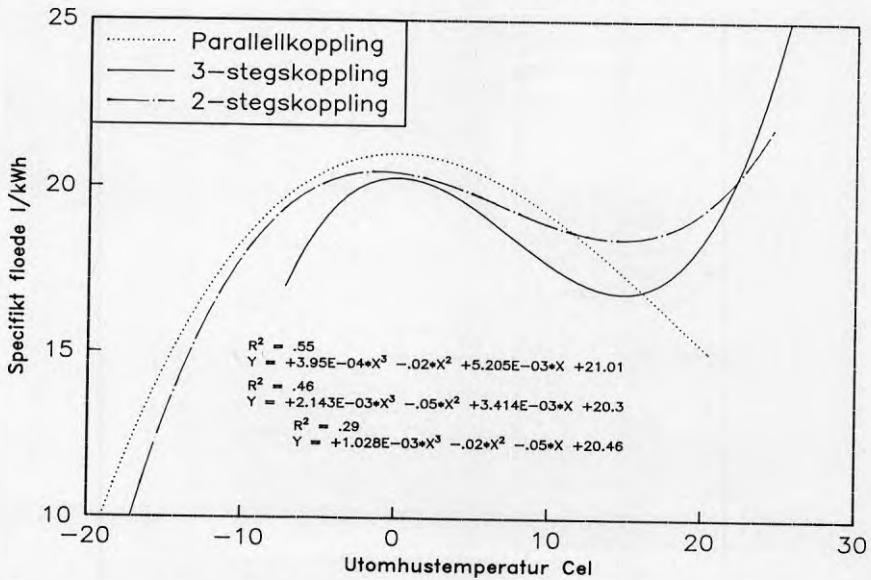




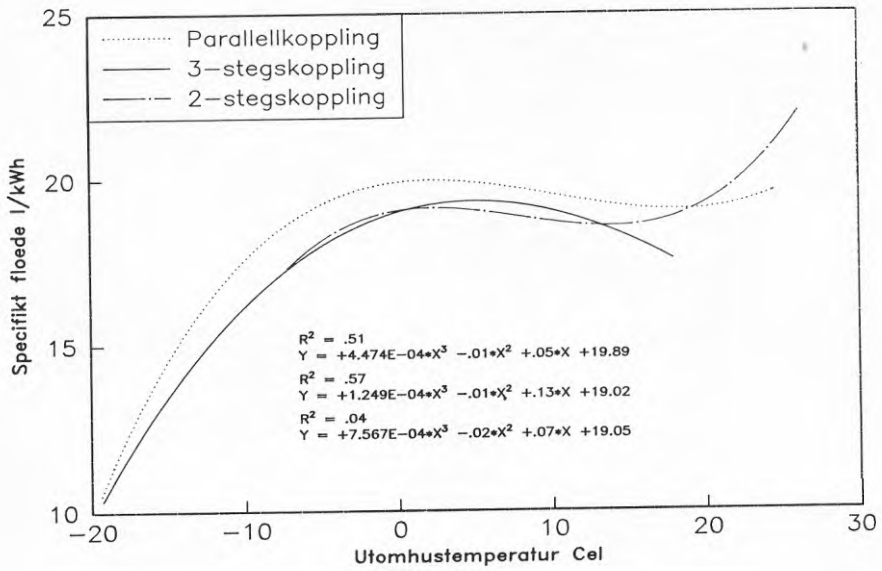
### Specifikt floede per driftfall UC3



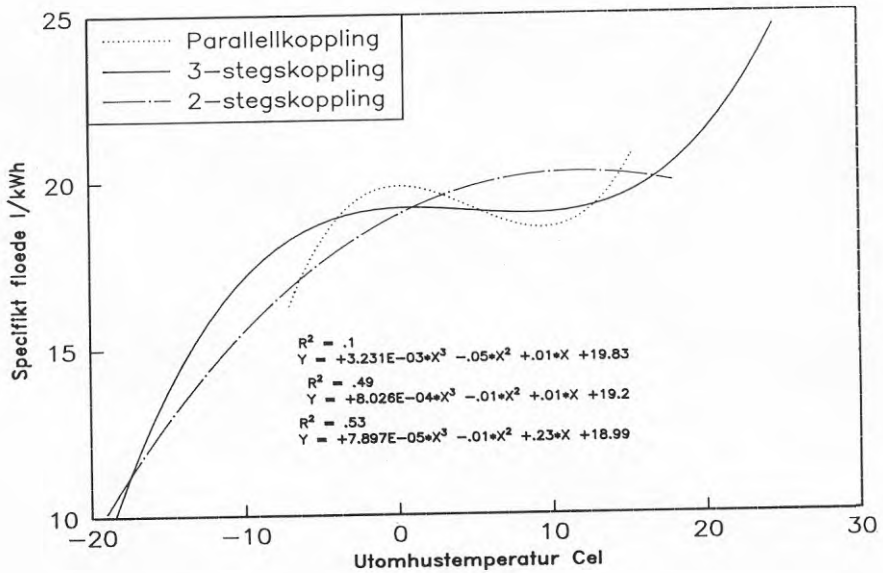
### Specifikt floede per driftfall UC6



### Specifikt floede per driftfall UC7



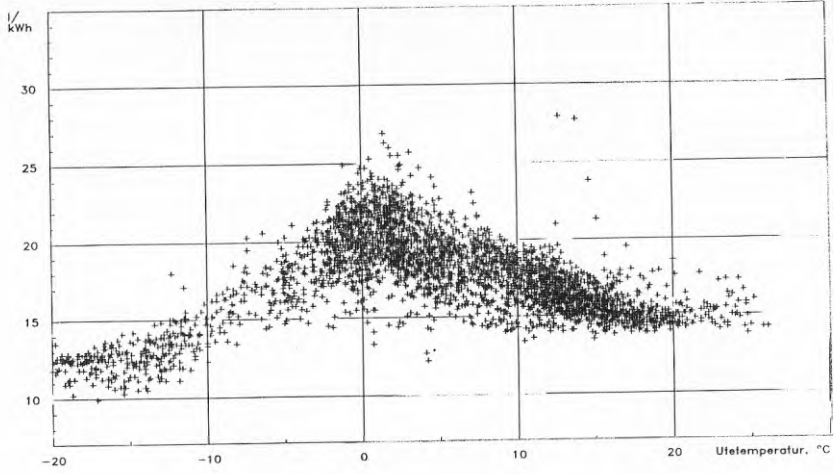
### Specifikt floede per driftfall UC9



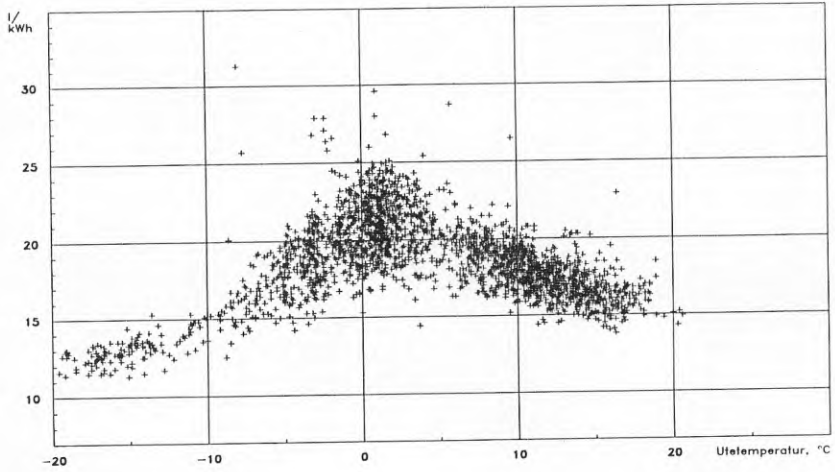
Bilaga 9

Timvärden för  
specifikt flöde  
genom abonnent-  
central

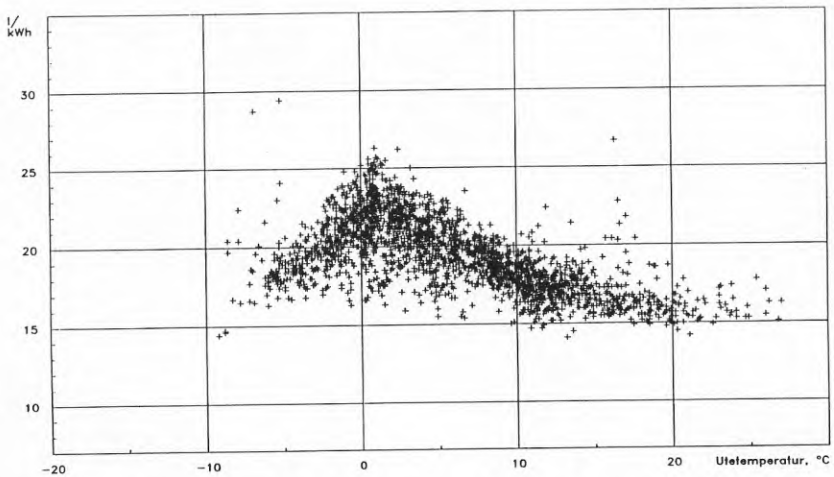
UC 1  
3-stegskoppling



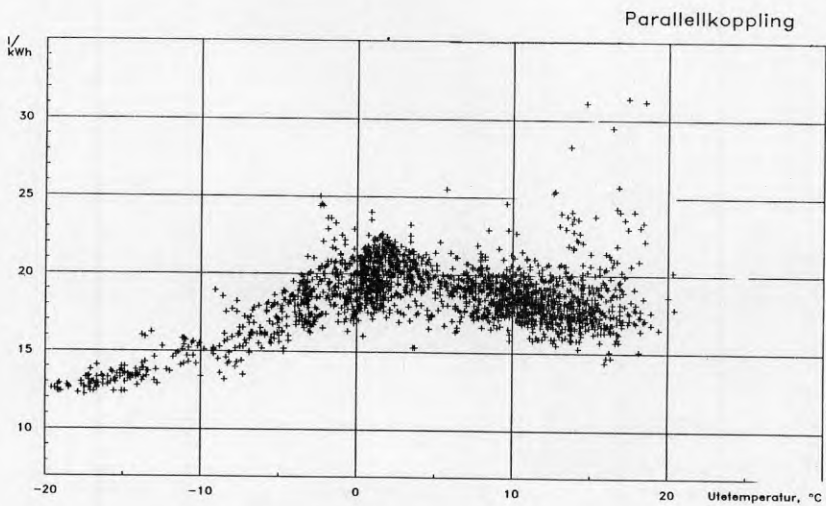
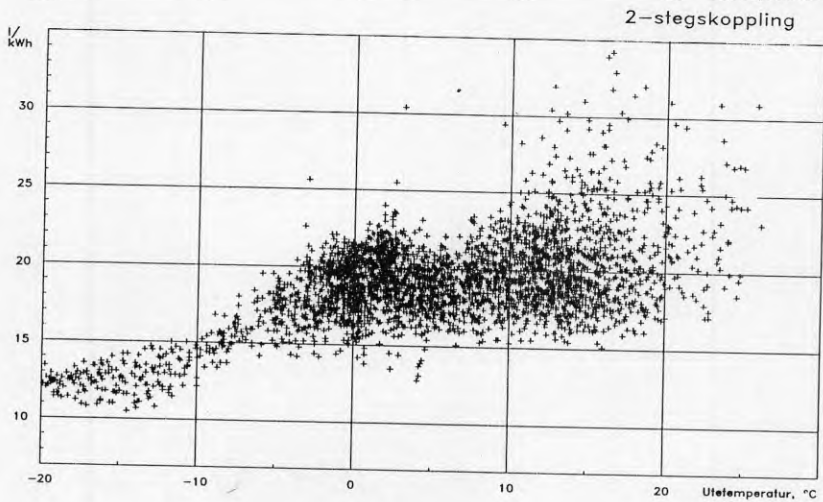
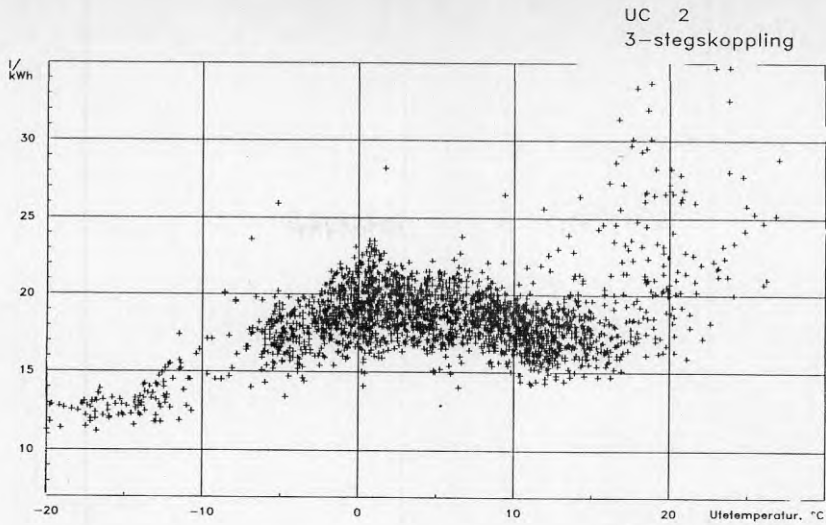
2-stegskoppling



Parallellkoppling

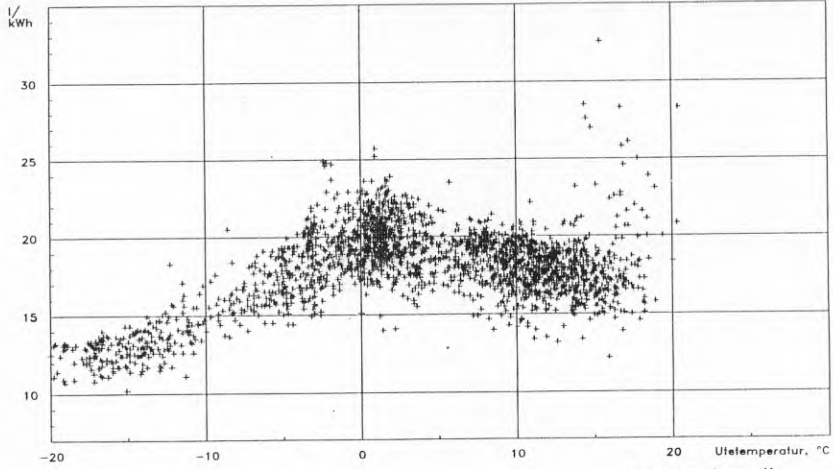


Bilaga 9: Timvärden för specifikt flöde på primärsidan.

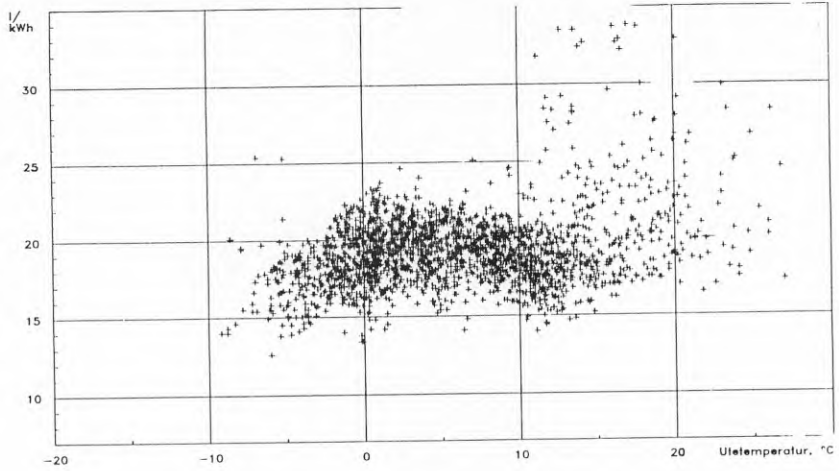


Bilaga 9: Timvärden för specifikt flöde på primärsidan.

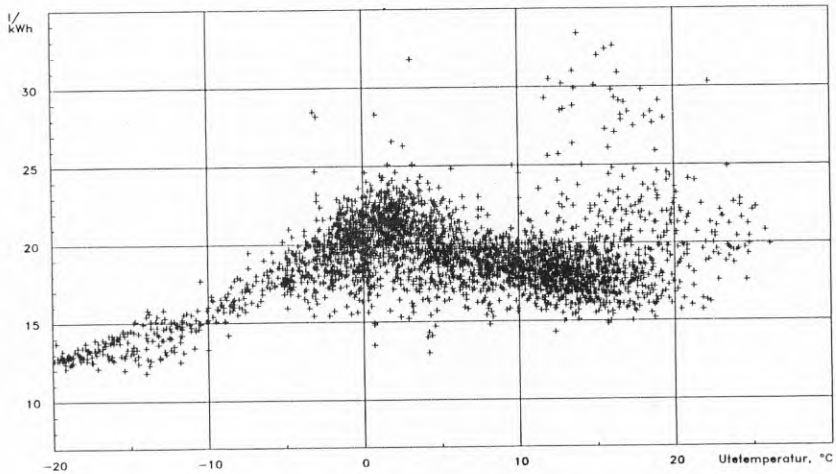
UC 3  
3-stegskoppling



2-stegskoppling

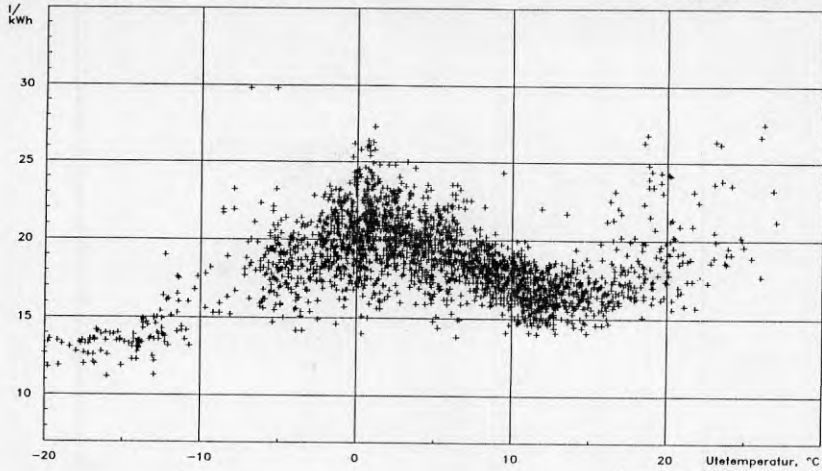


Parallellkoppling

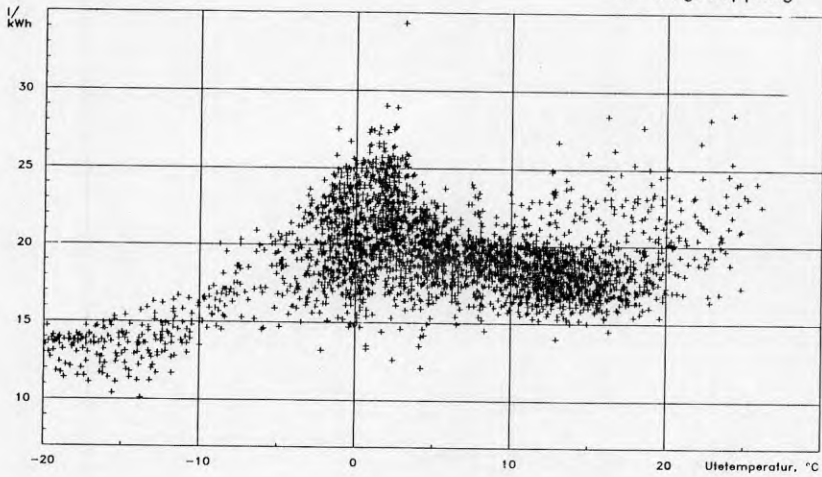


Bilaga 9: Timvärden för specifikt flöde på primärsidan.

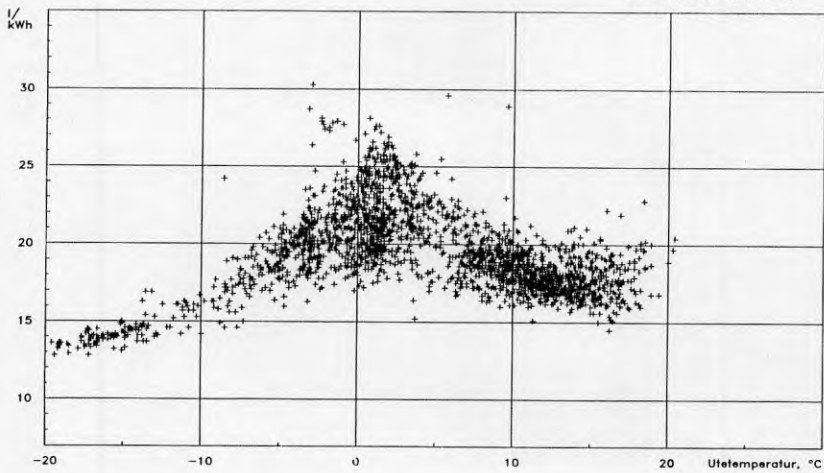
UC 6  
3-stegskoppling



2-stegskoppling



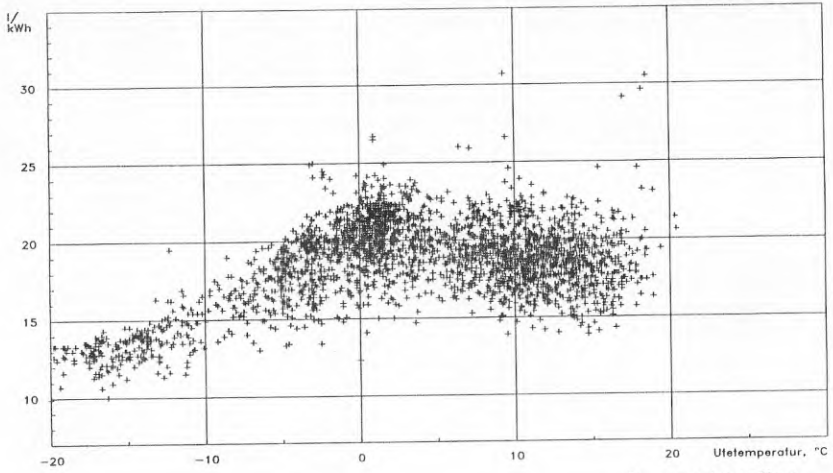
Parallellkoppling



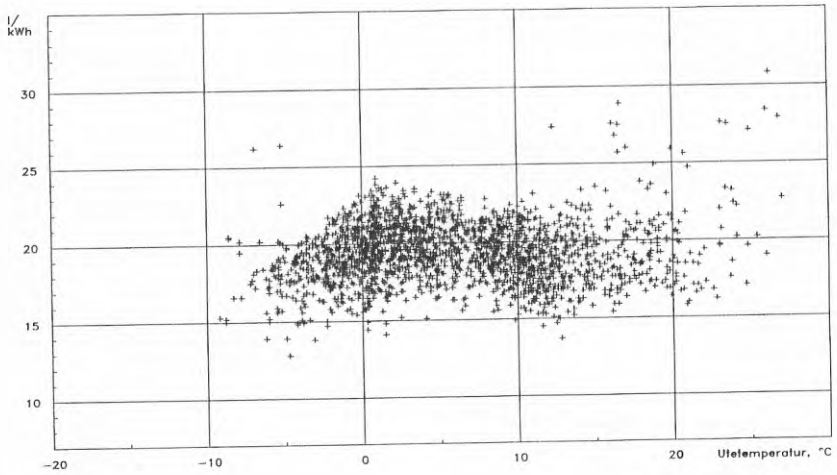
Bilaga 9: Timvärden för specifikt flöde på primärsidan.



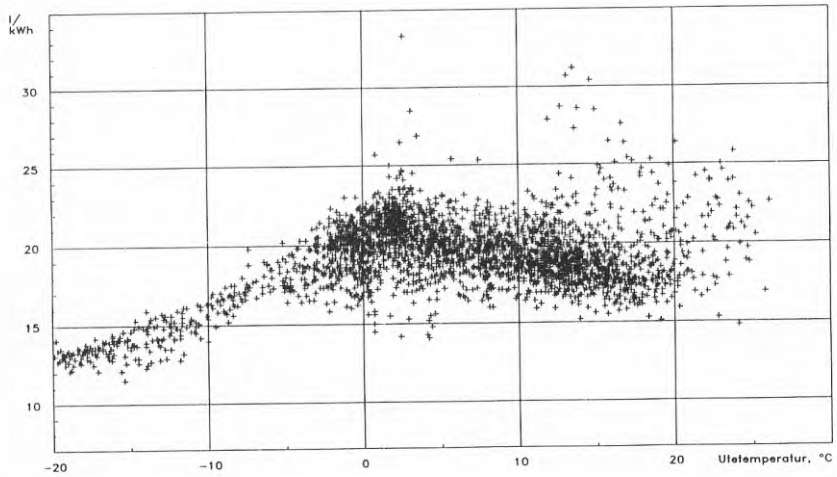
UC 7  
3-stegskoppling



2-stegskoppling

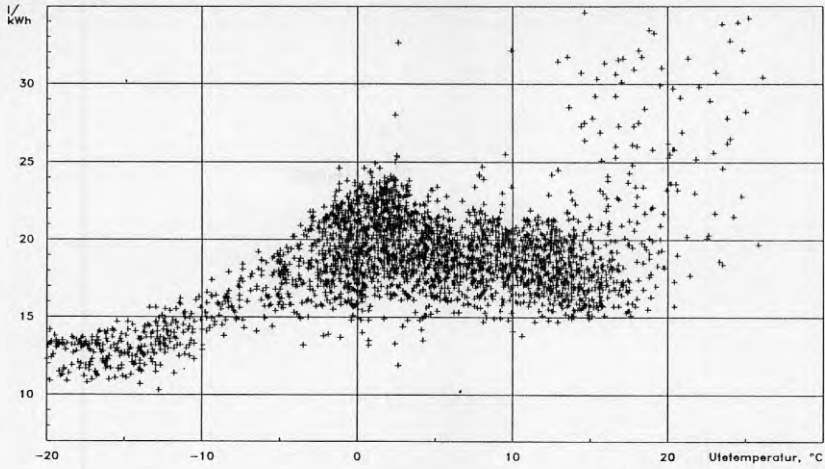


Parallellkoppling

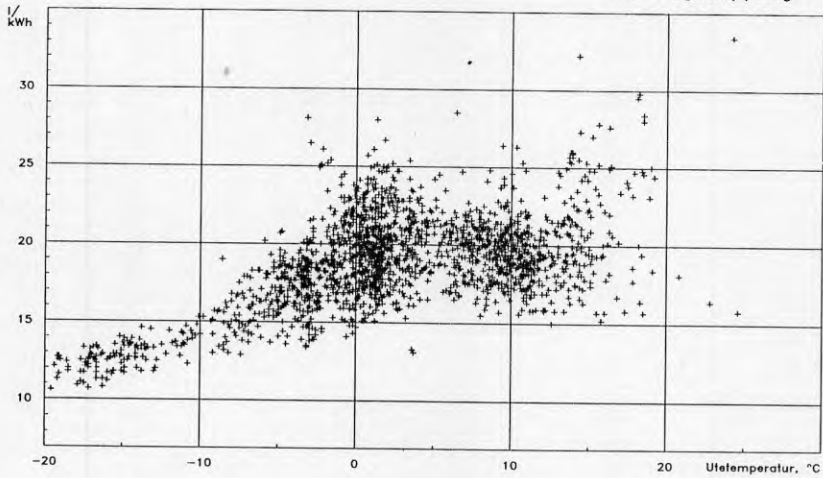


Bilaga 9: Timvärden för specifikt flöde på primärsidan.

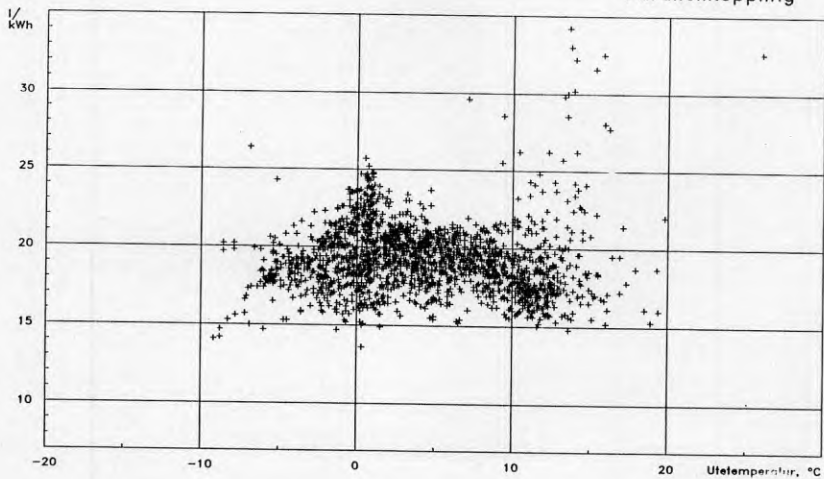
UC 9  
3-stegskoppling



2-stegskoppling



Parallellkoppling

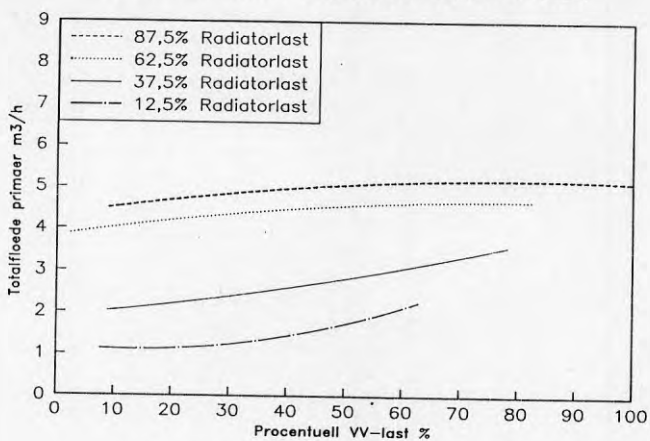


Bilaga 9: Timvärden för specifikt flöde på primärsidan.

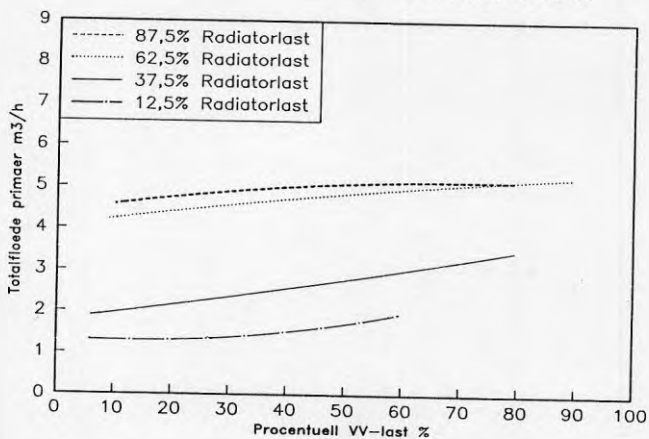
Bilaga 10

Totalflöde mot  
varmvattenlast  
vid varierande  
radiatorlast

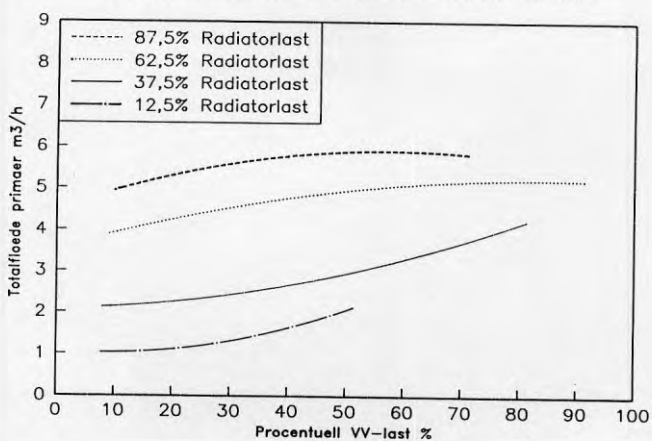
Totalfloede mot VV-last vid var. radlast 3-STEG.



Totalfloede mot VV-last vid var. radlast 2-STEG.

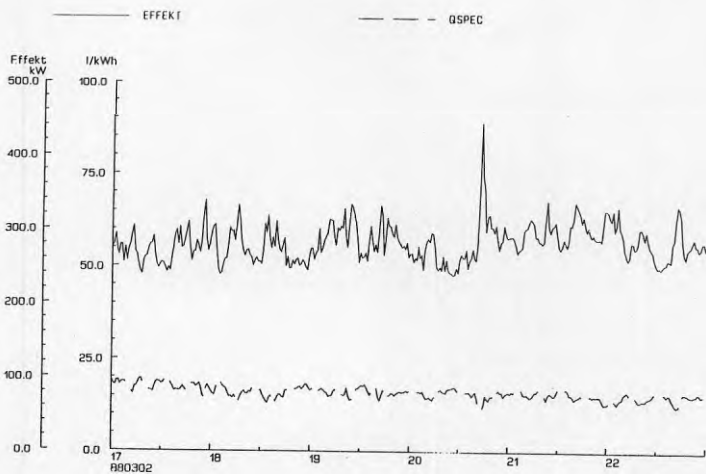
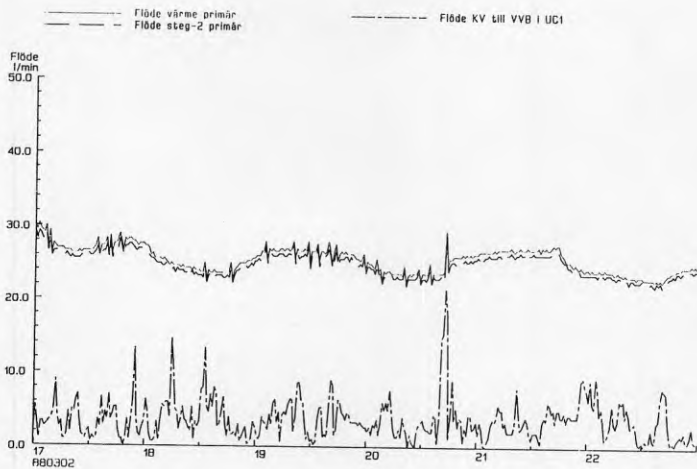
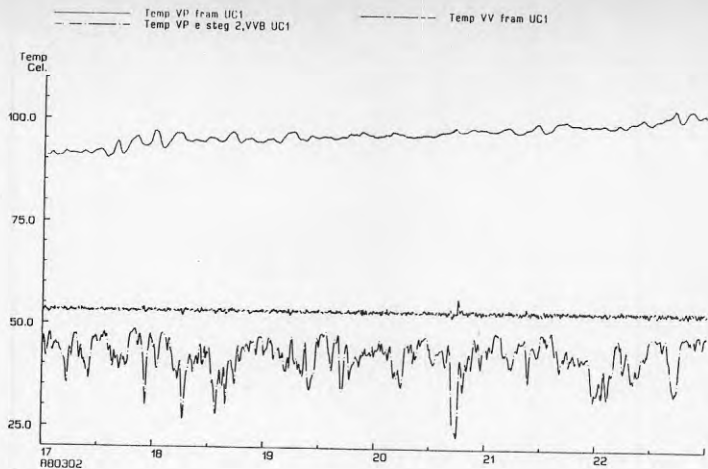


Totalfloede mot VV-last vid var. radlast. Parallell

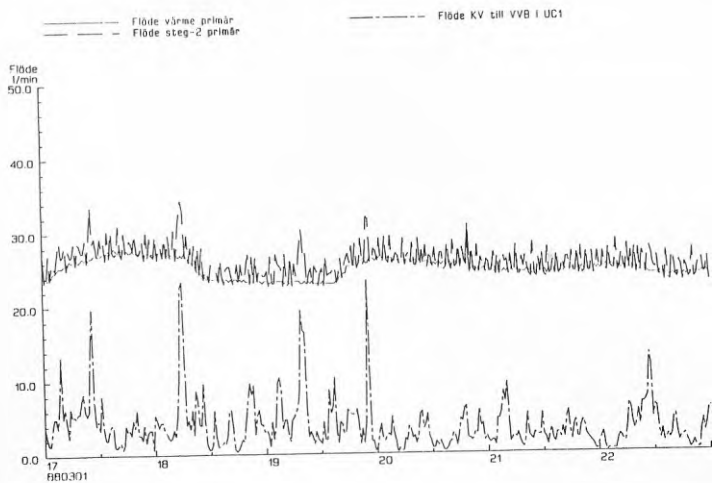
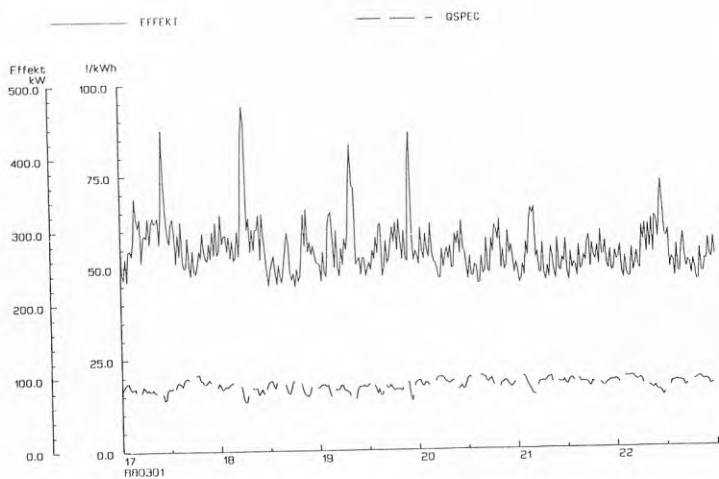
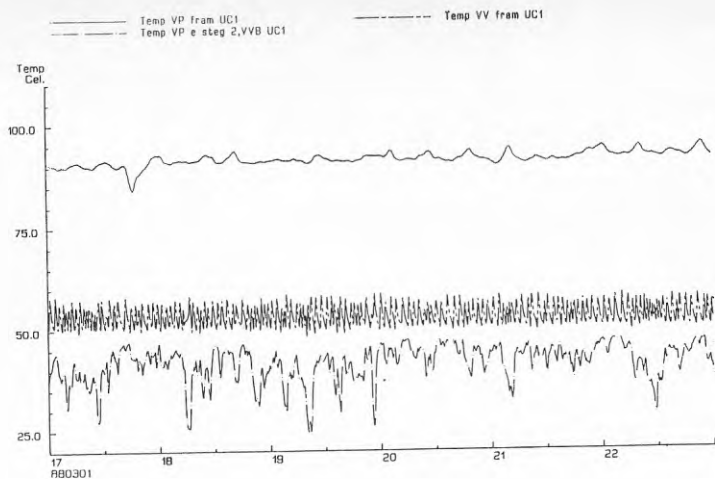


Bilaga 11

Intensivmätningar  
för UC 1 och UC 7

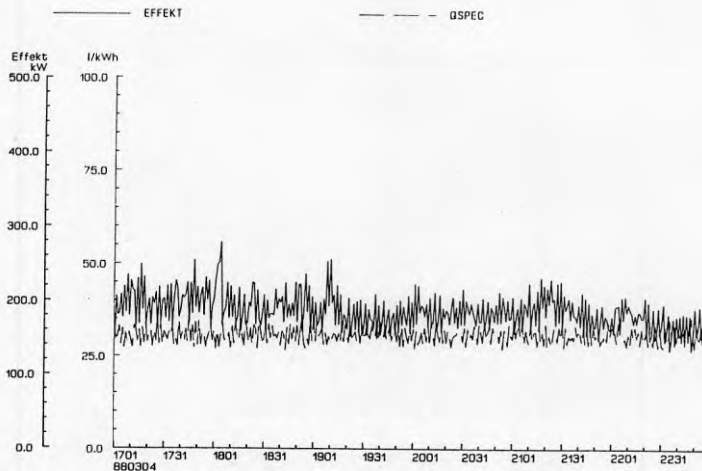
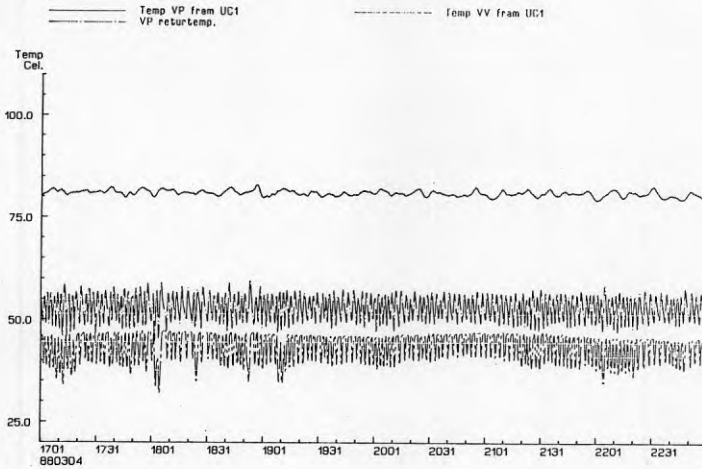
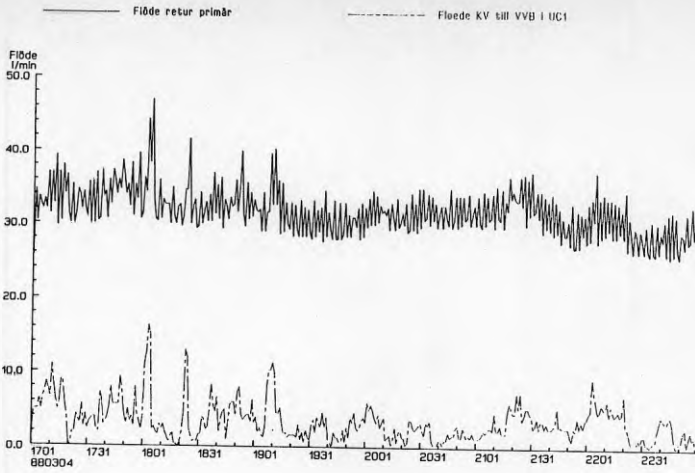


Bilaga 11: Intensivmätning AC 1, trestegskoppling.

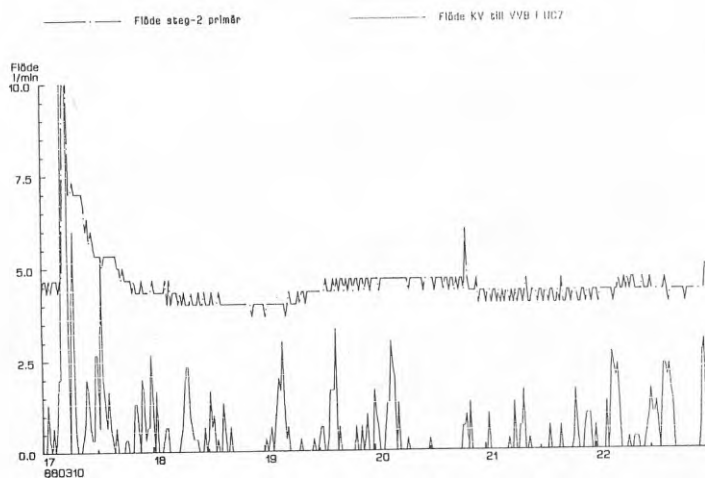
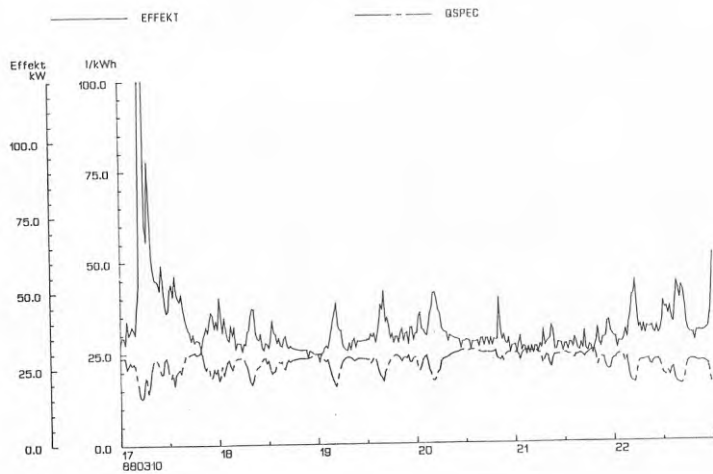
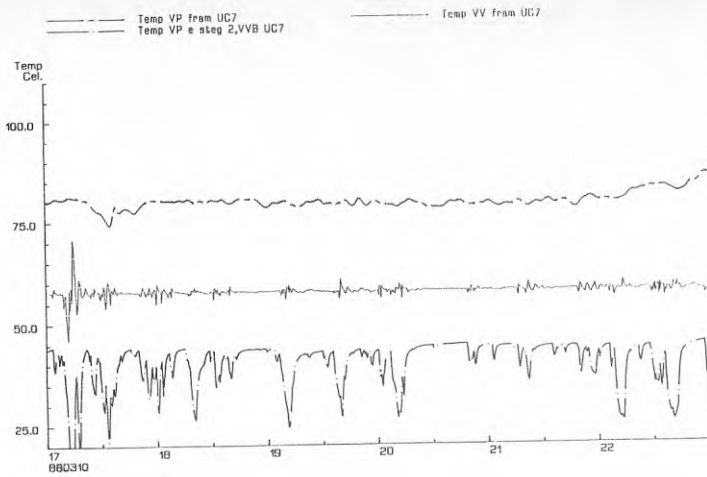


Bilaga 11: Intensivmätning AC 1, tvåstegskoppling.

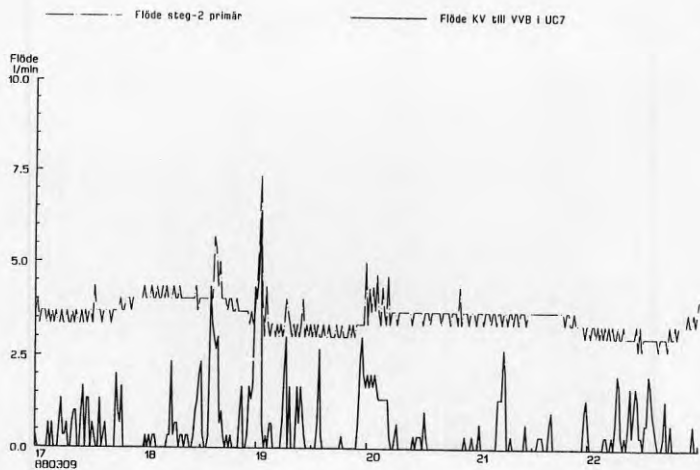
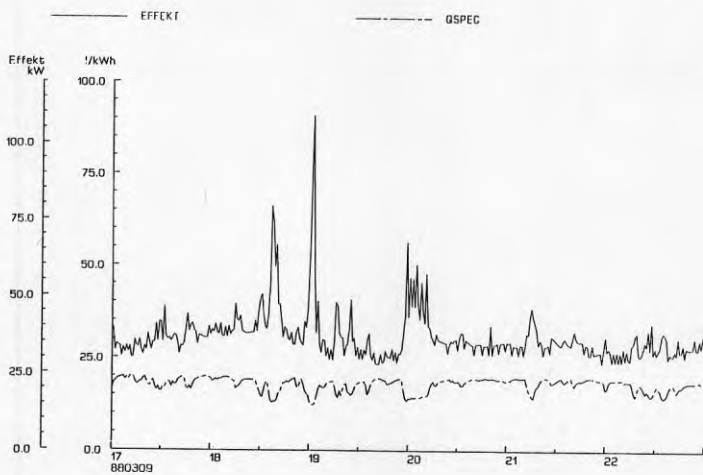
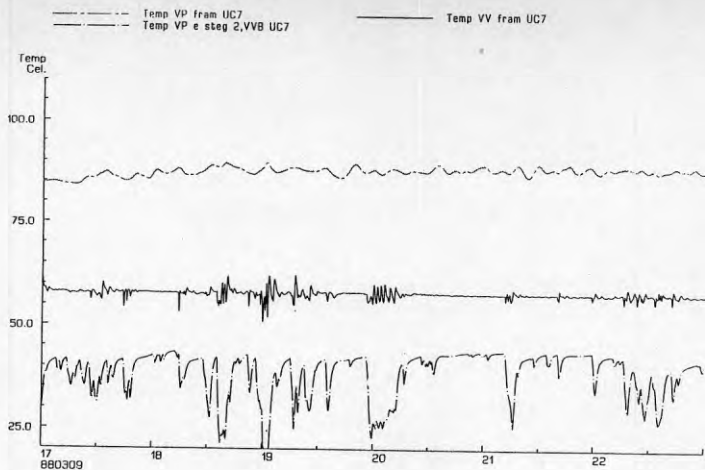




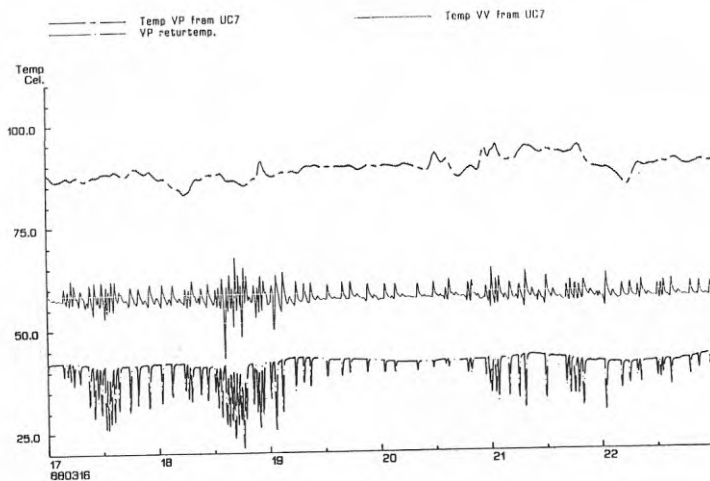
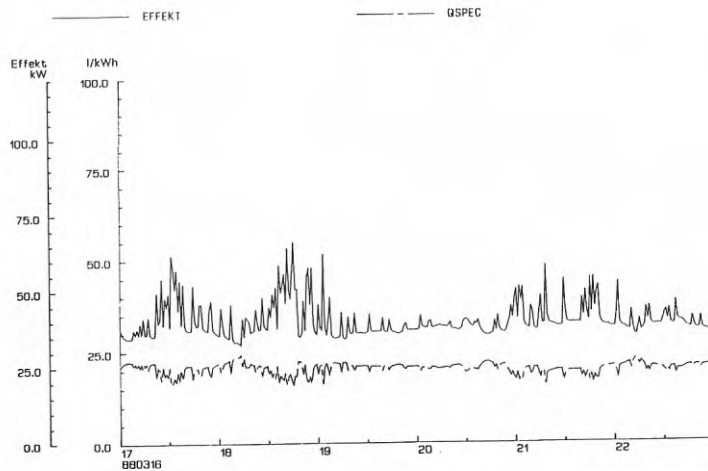
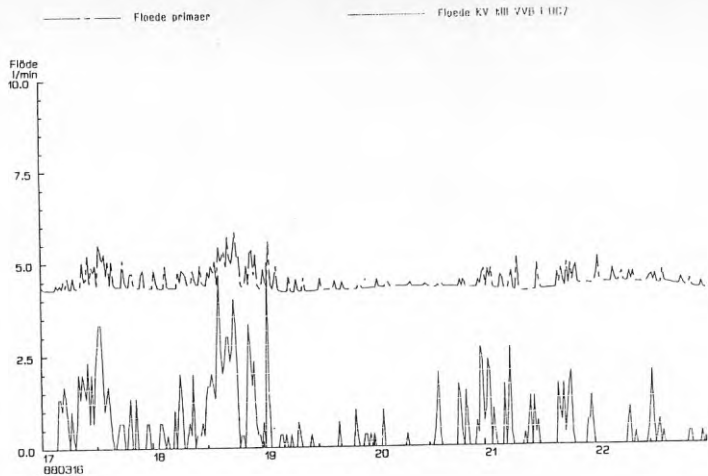
Bilaga 11: Intensivmätning AC 1, parallellkoppling.



Bilaga 11: Intensivmätning AC 7, trestegskopplingkoppling.



Bilaga 11: Intensivmätning AC 7, tvåstegskopplingkoppling.

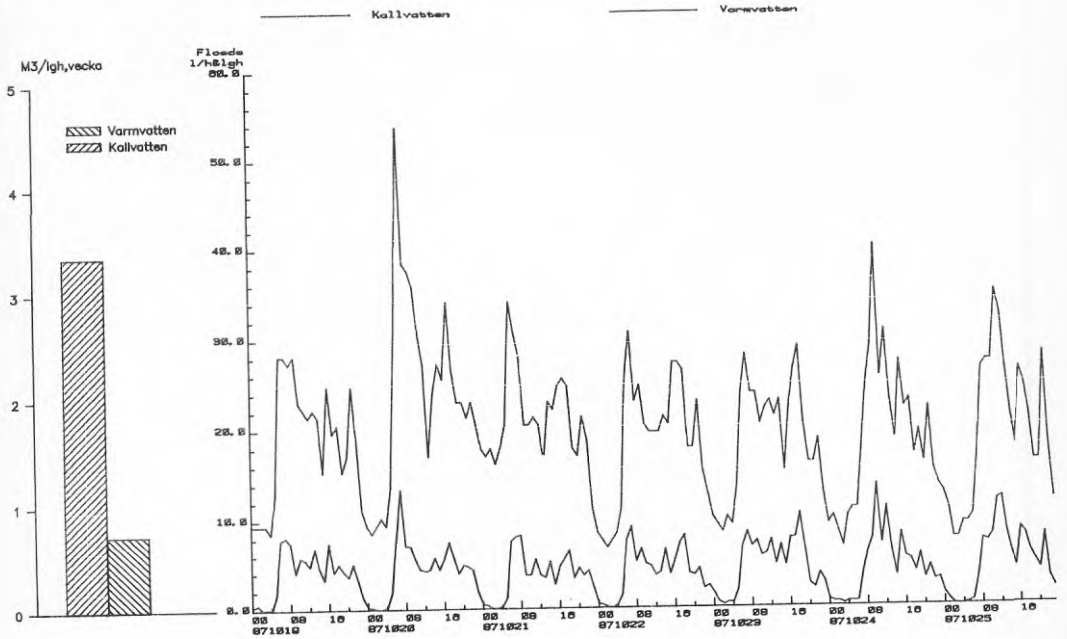


Bilaga 11: Intensivmätning AC 7, parallellkoppling.

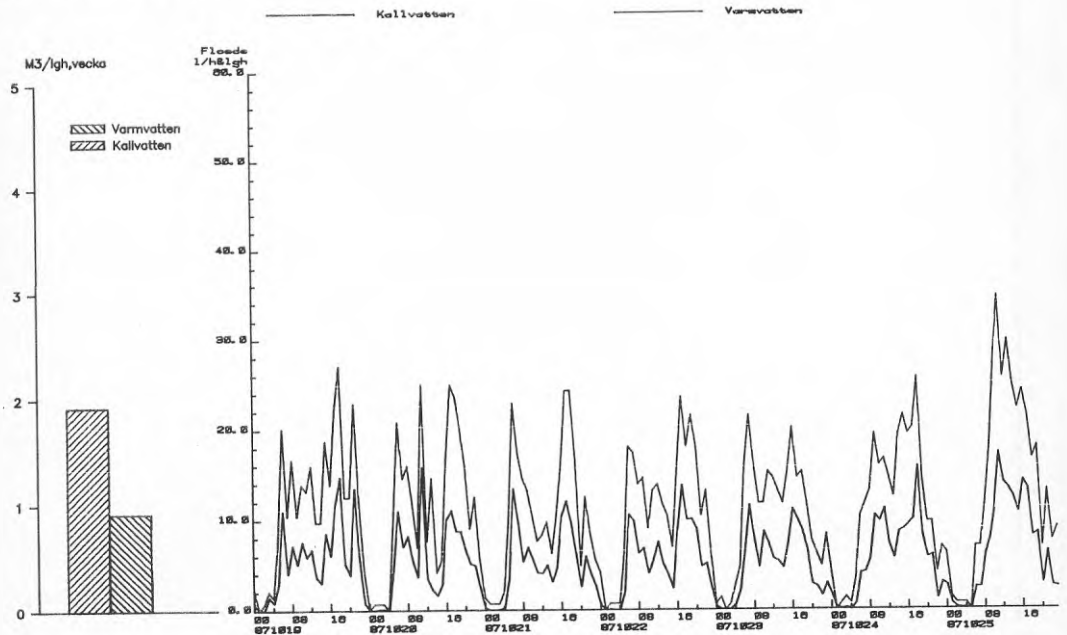
Bilaga 12

Förbrukning av  
totalt kallvatten  
och varmvatten

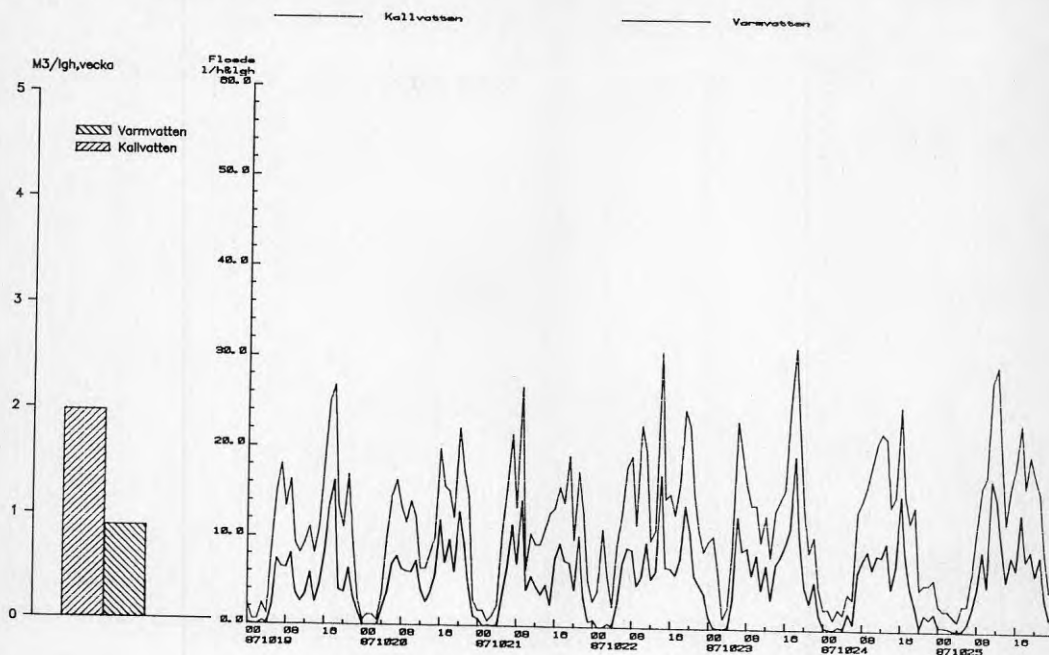
Vattenförbrukning UC1, 1987 vecka 43



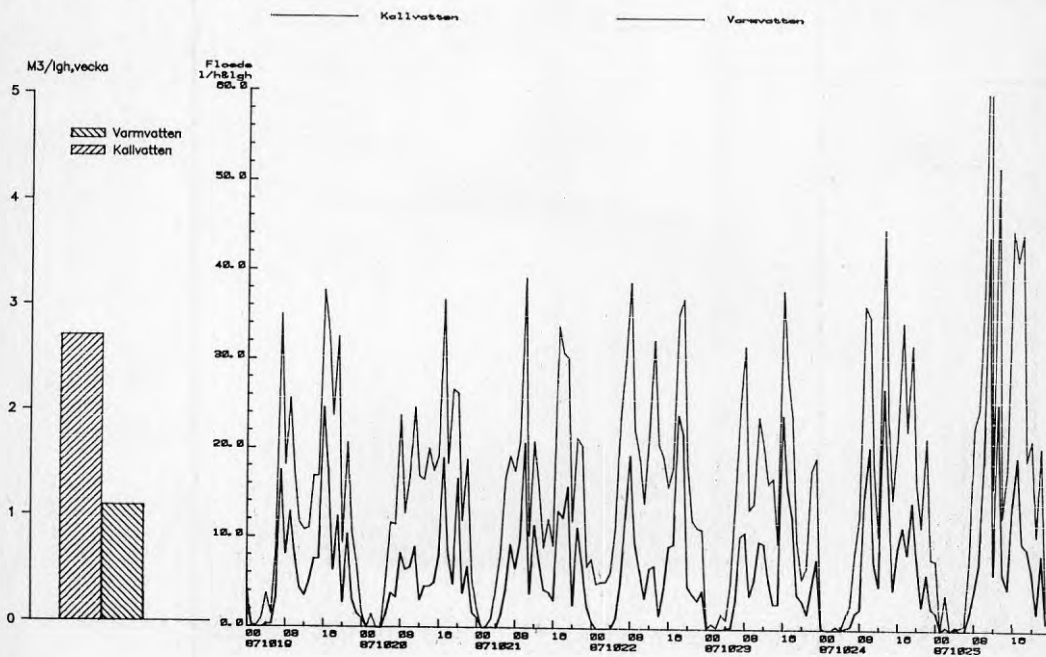
Vattenförbrukning UC2, 1987 vecka 43



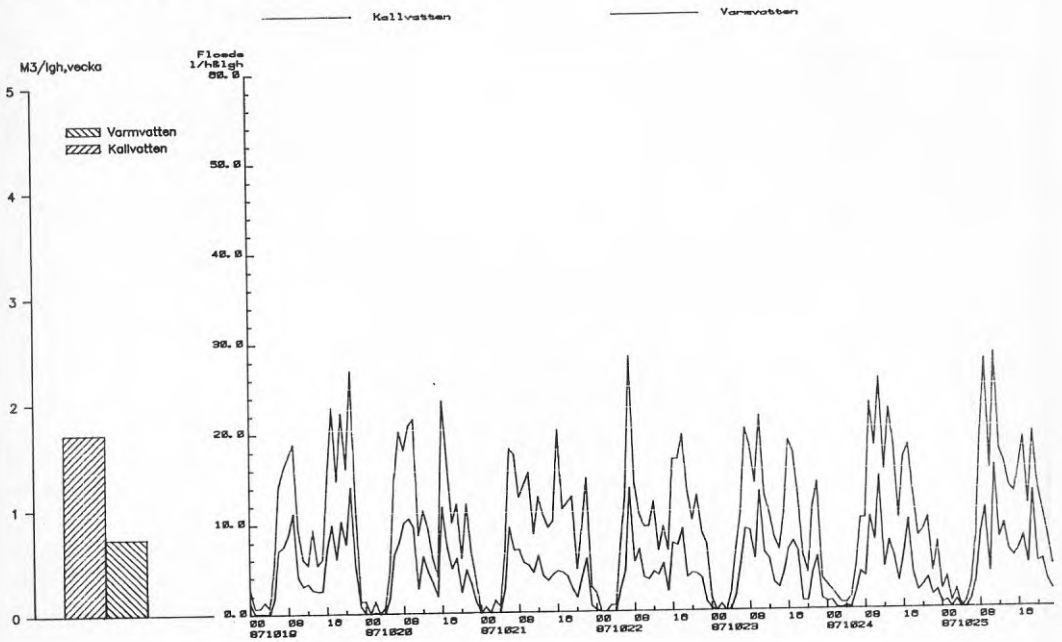
Vattenförbrukning UCS, 1987 vecka 43



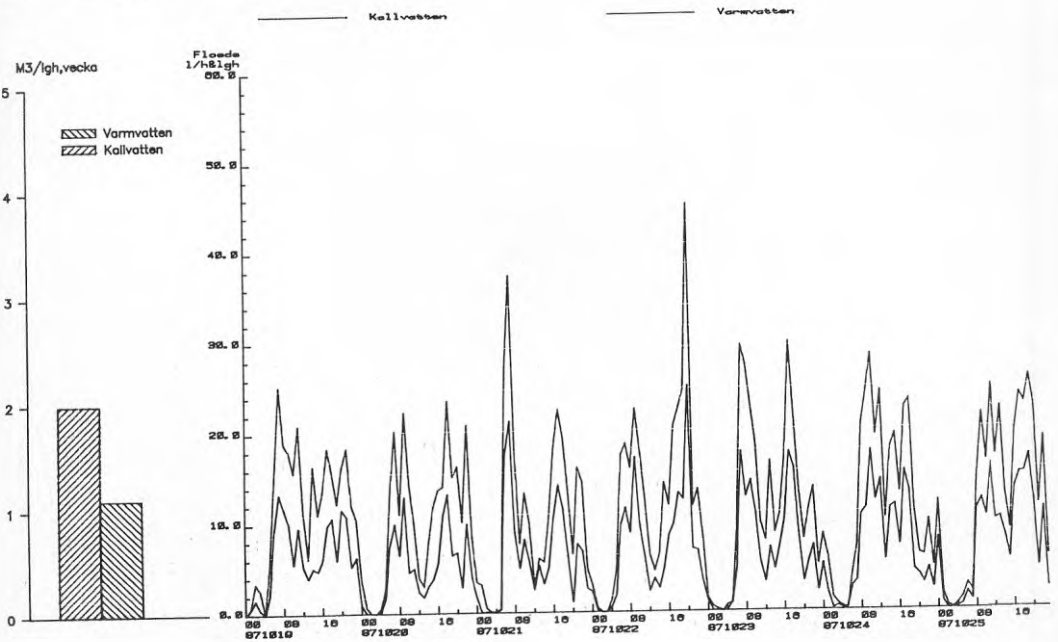
VATTENFÖRBRUKNING UC7, 1987 VECKA 43



Vattenförbrukning UC8, 1987 vecka 43



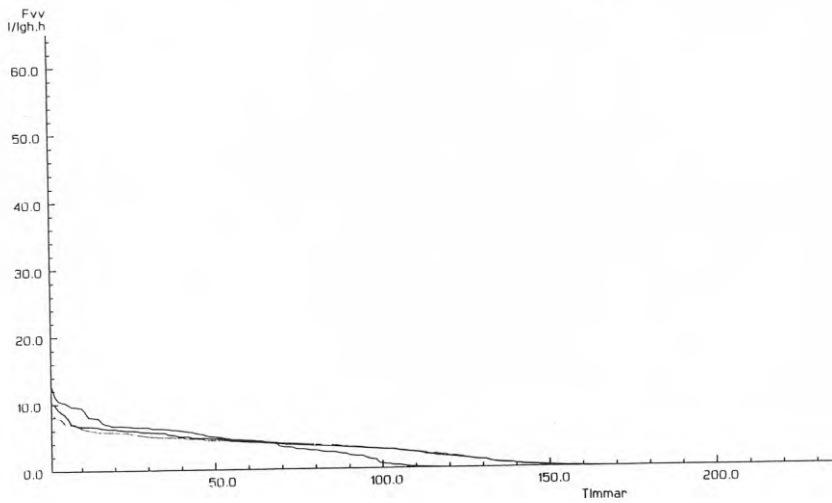
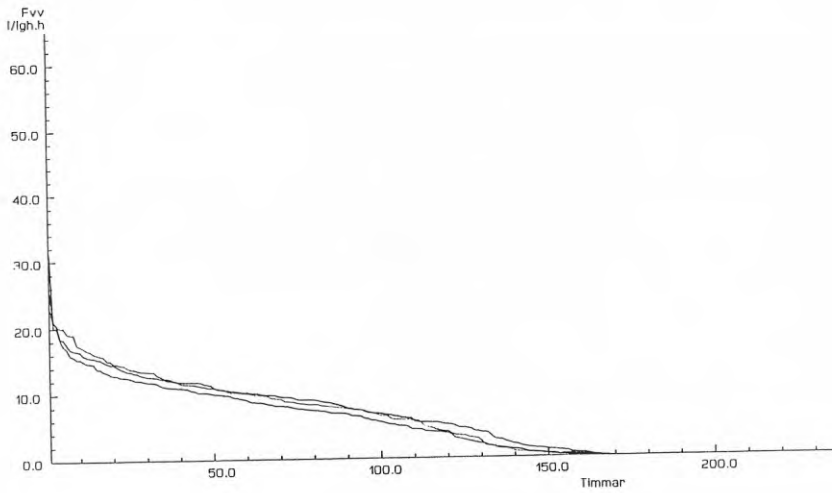
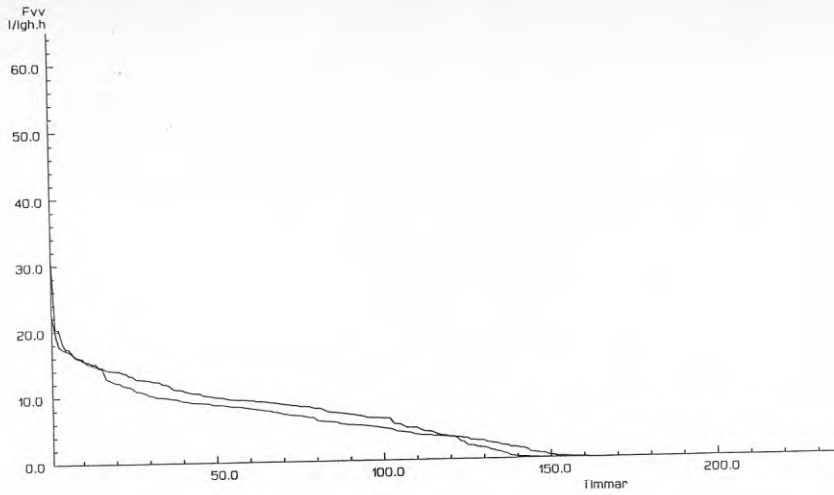
Vattenförbrukning UC9, 1987 vecka 43



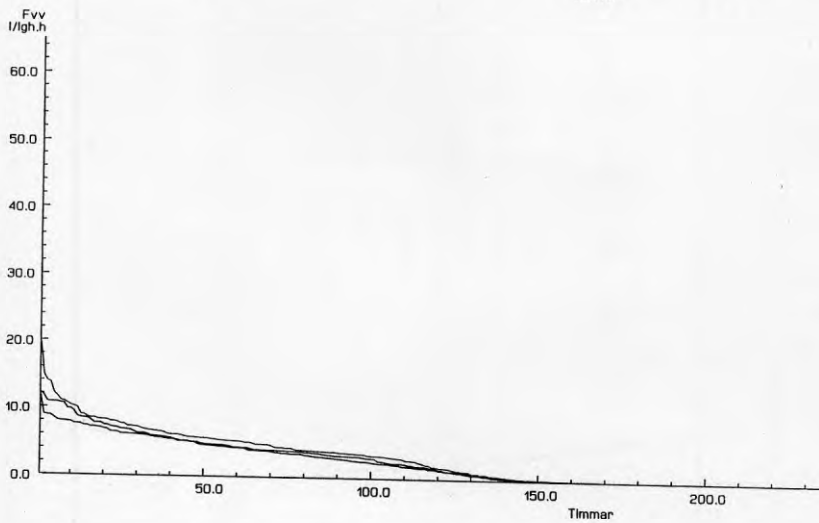
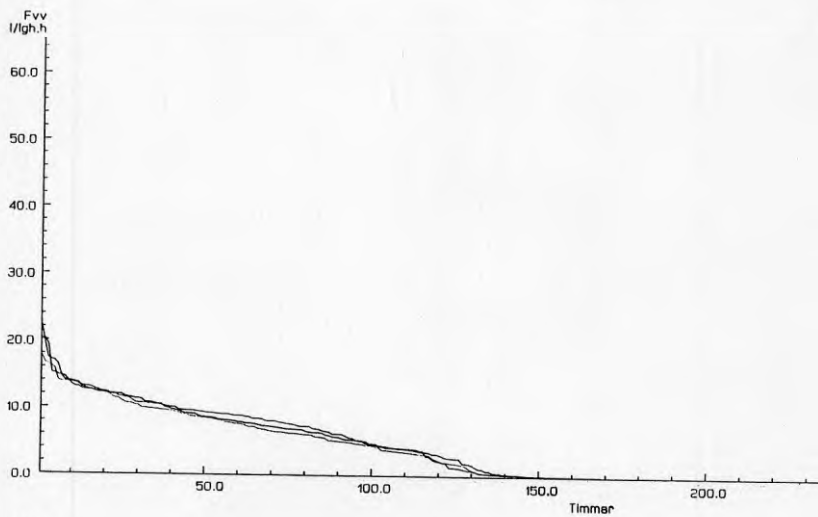
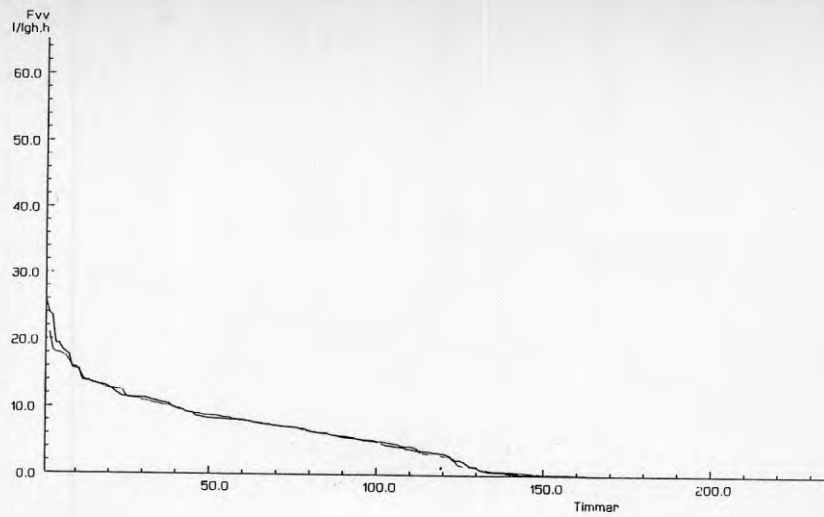


Bilaga 13

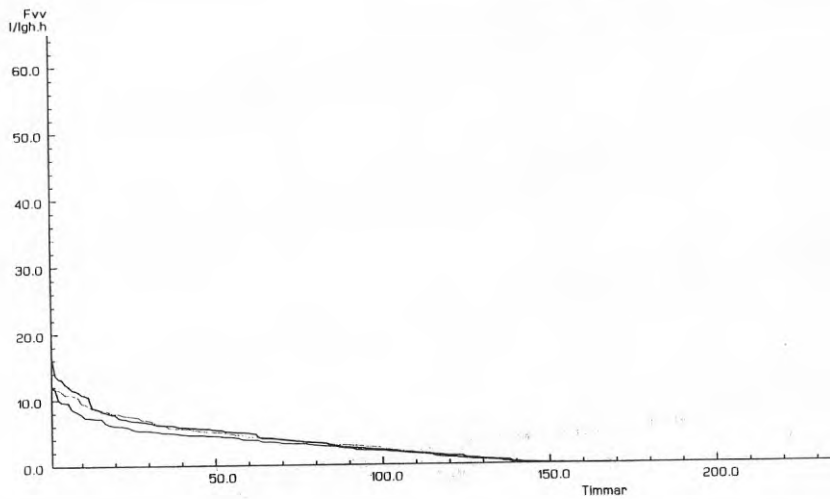
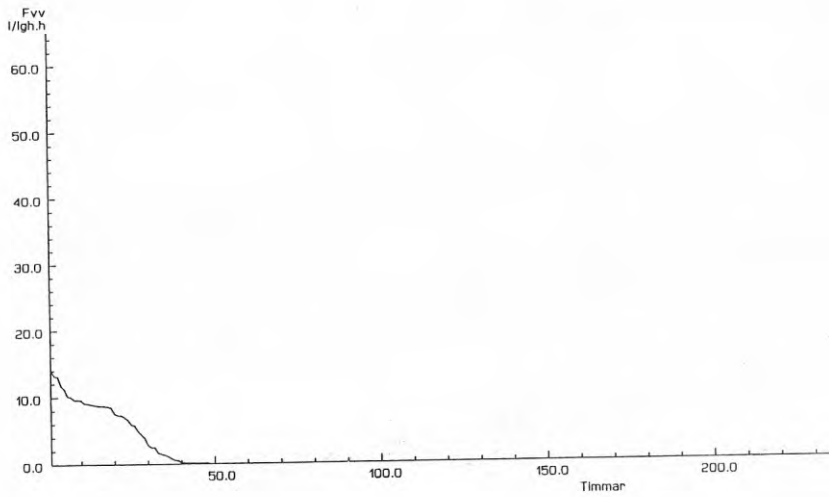
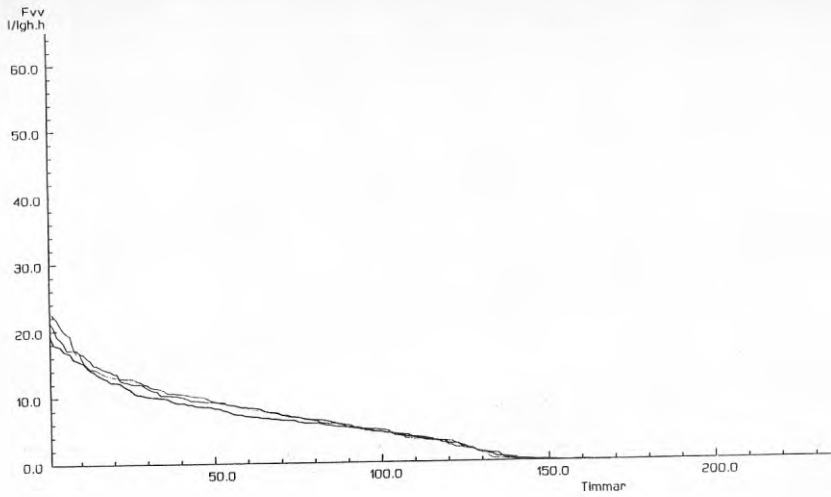
Varaktighet för  
varmvatten i  
olika tider på  
året  
(timvärden)



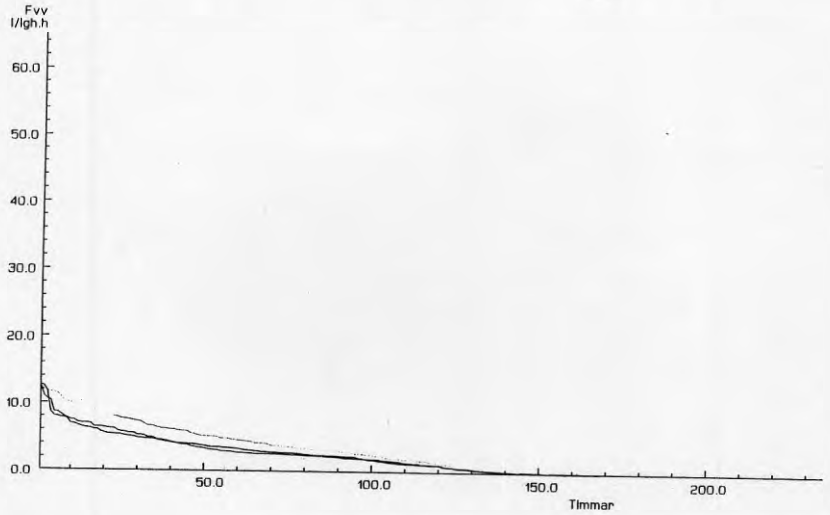
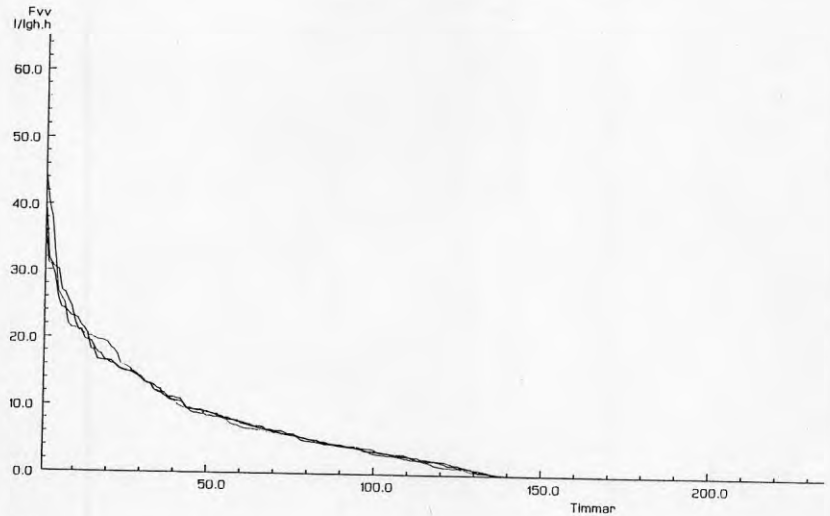
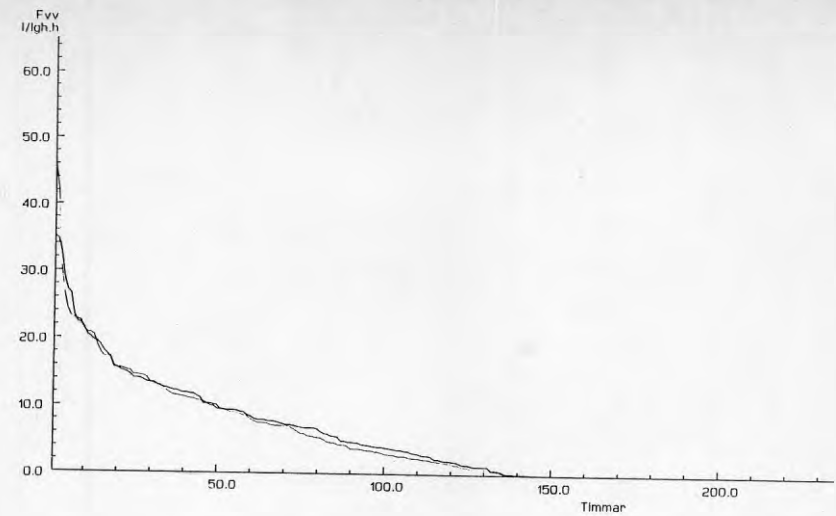
Bilaga 13: Varaktighet vv AC 1, vinter-, vår- och sommarvecka.



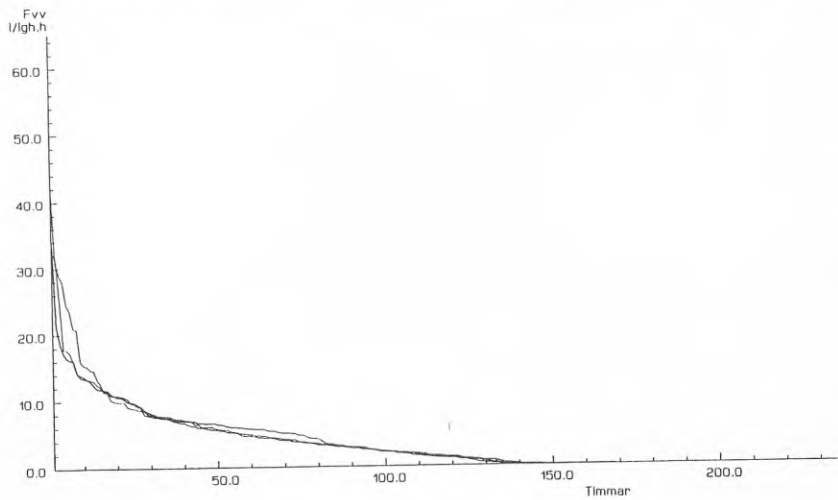
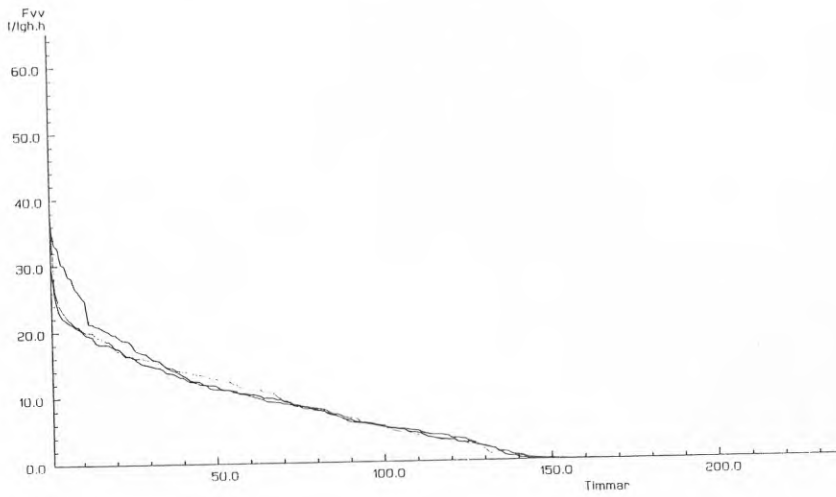
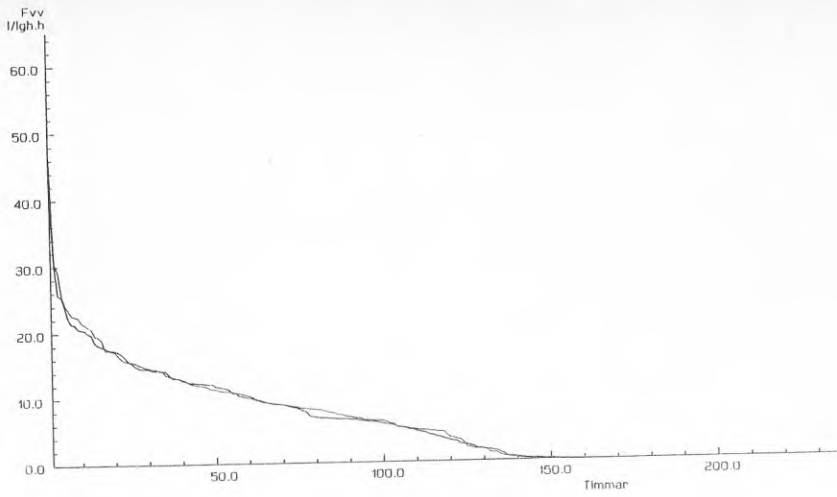
Bilaga 13: Varaktighet vv AC 2, vinter-, vår- och sommarvecka.



Bilaga 13: Varaktighet vv AC 3, vinter-, vår- och sommarvecka.



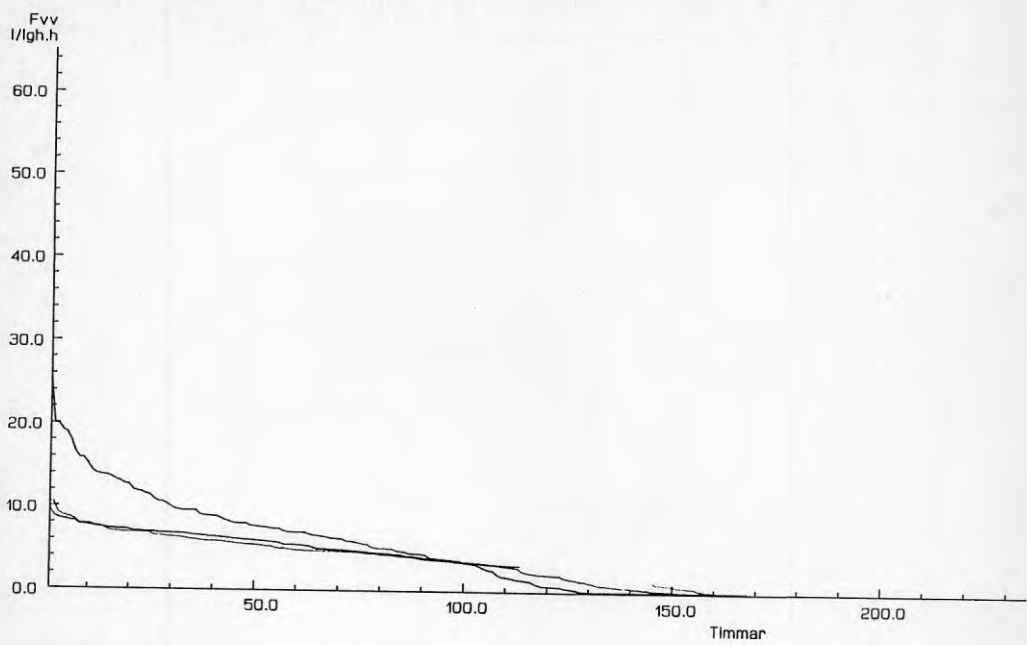
Bilaga 13: Varaktighet vv AC 6, vinter-, vår- och sommarvecka.



Bilaga 13: Varaktighet vv AC 7, vinter-, vår- och sommarvecka.

Q06. kv - VVB. d2. v728  
Q06. kv - VVB. d3. v733

Q06. kv - VVB. dp. v726



Bilaga 13: Varaktighet vv AC 9, sommarvecka.

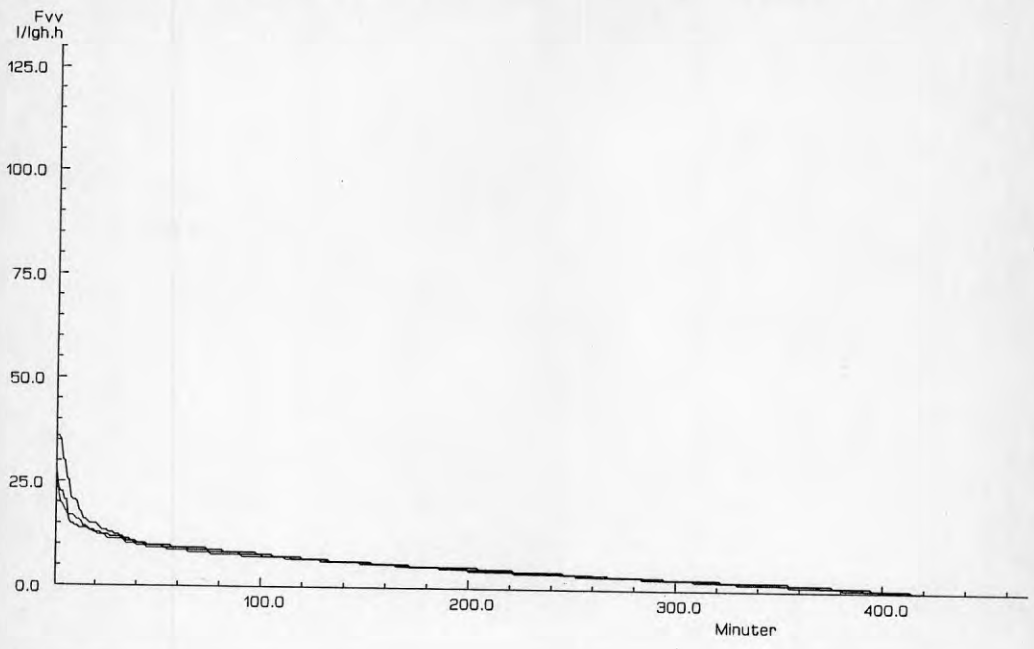
Bilaga 14

Varaktighet av  
kallvatten vid  
olika driftfall  
(minutvärden)



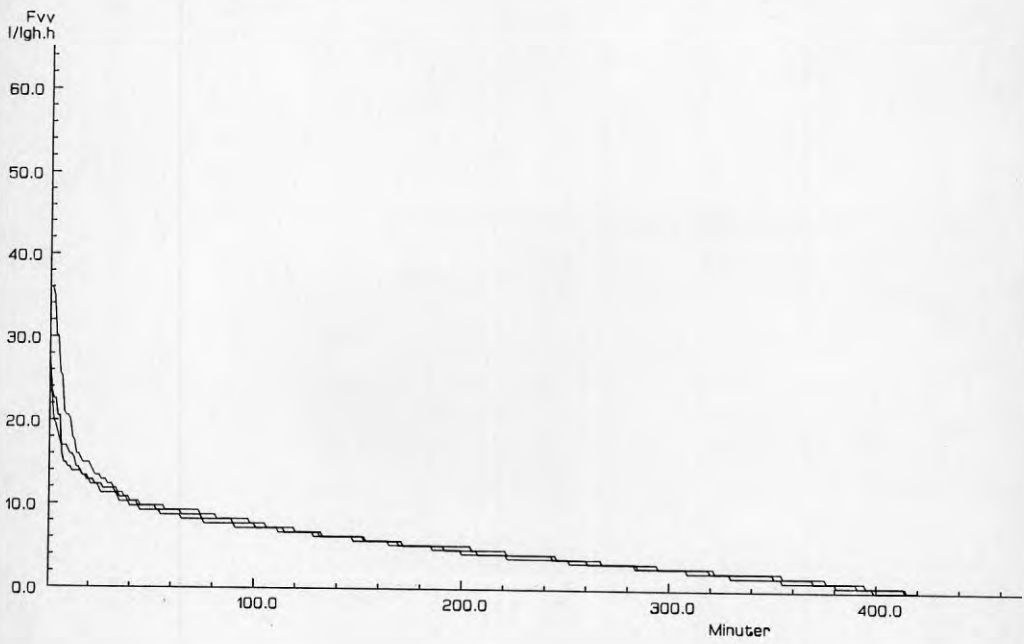
Q06. kv-VVB. d2. 880301  
Q06. kv-VVB. d3. 880302

Q06. kv-VVB. dp. 880304



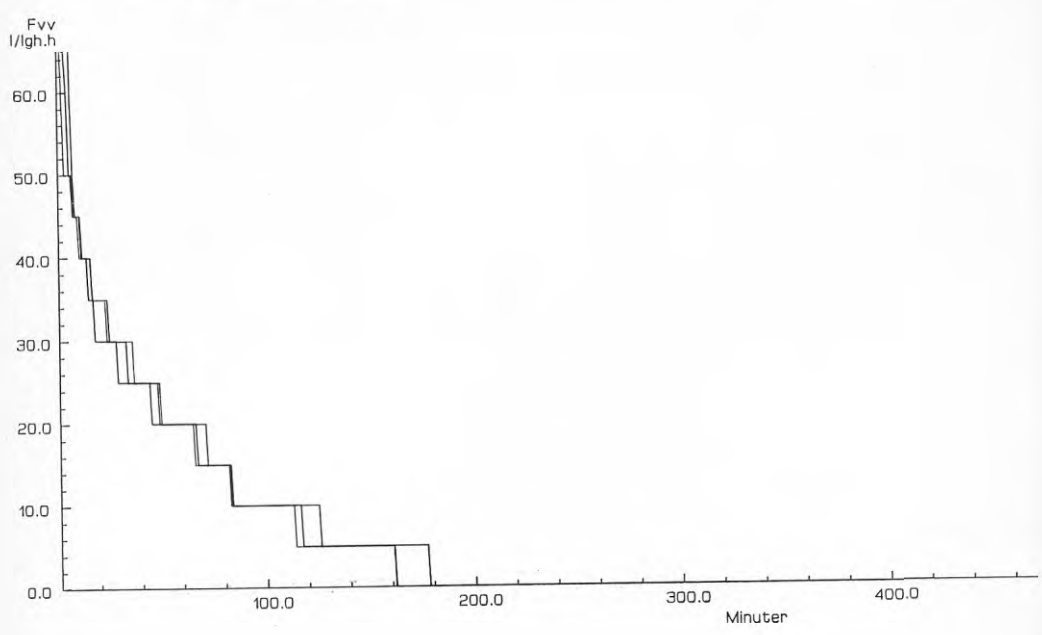
d06. kv-VVB. d2. 880301  
Q06. kv-VVB. d3. 880302

Q06. kv-VVB. dp. 880304



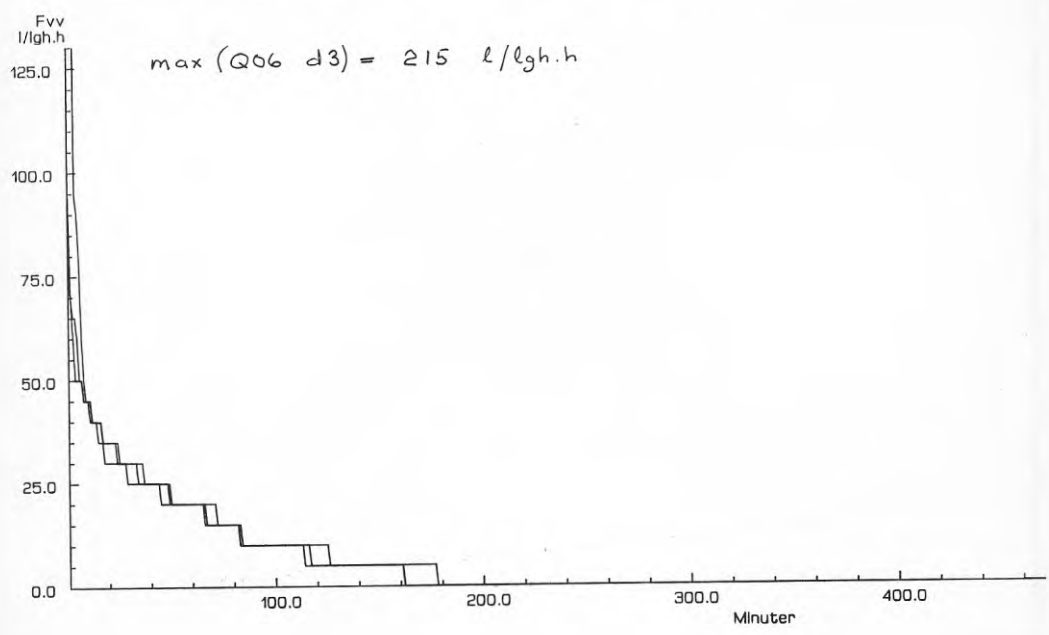
Q06. kv-VVB. d2. 880309  
Q06. kv-VVB. d3. 880310

Q06. kv-VVB. dp. 880316



Q06. kv-VVB. d2. 880309  
Q06. kv-VVB. d3. 880310

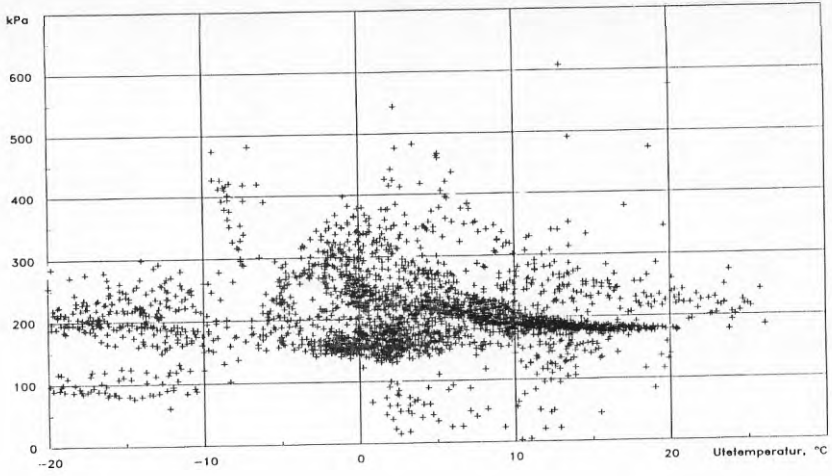
Q06. kv-VVB. dp. 880316



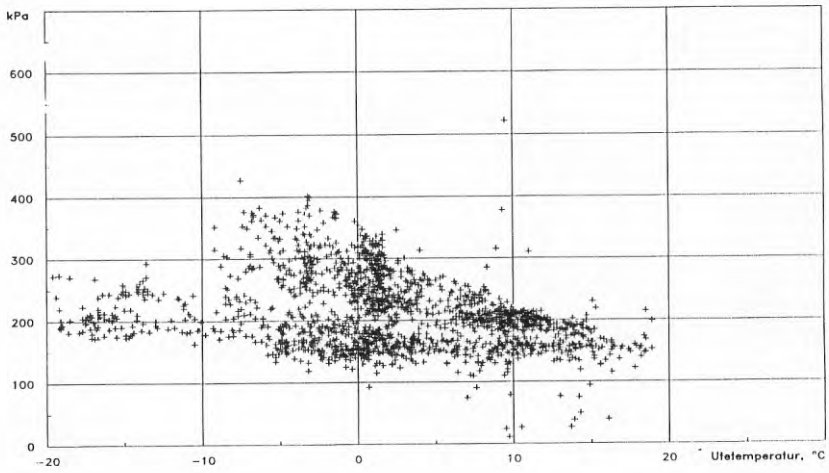
Bilaga 15

Timvärden för  
differenstryck  
över abonnent-  
centralerna.

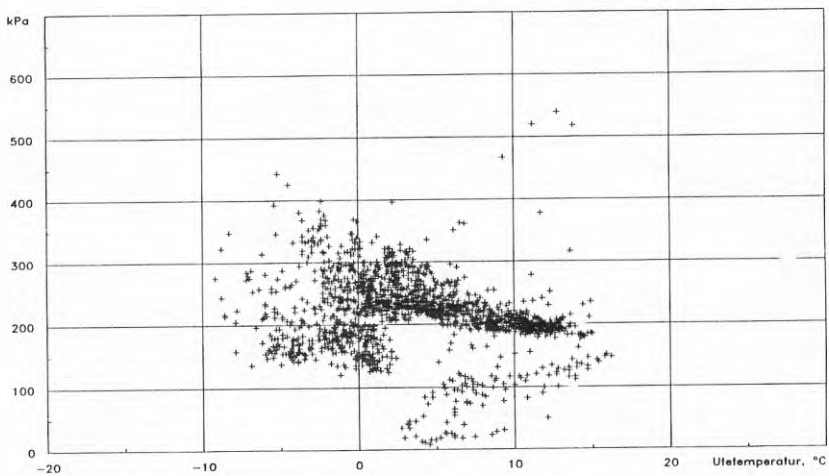
UC 1  
3-stegskoppling



2-stegskoppling

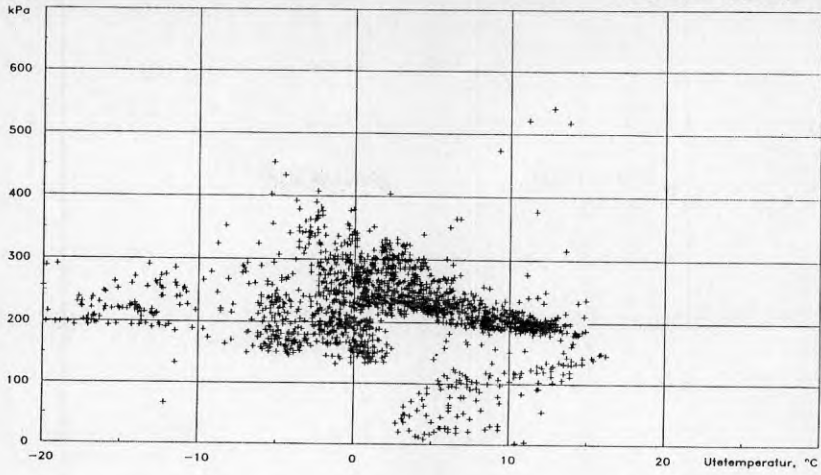


Parallellkoppling

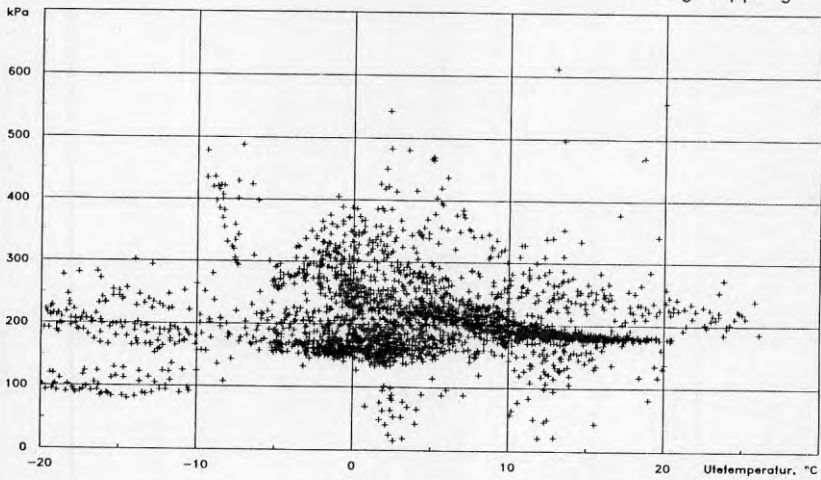


Bilaga 15: Timvärden för differenstryck under mätperioden.

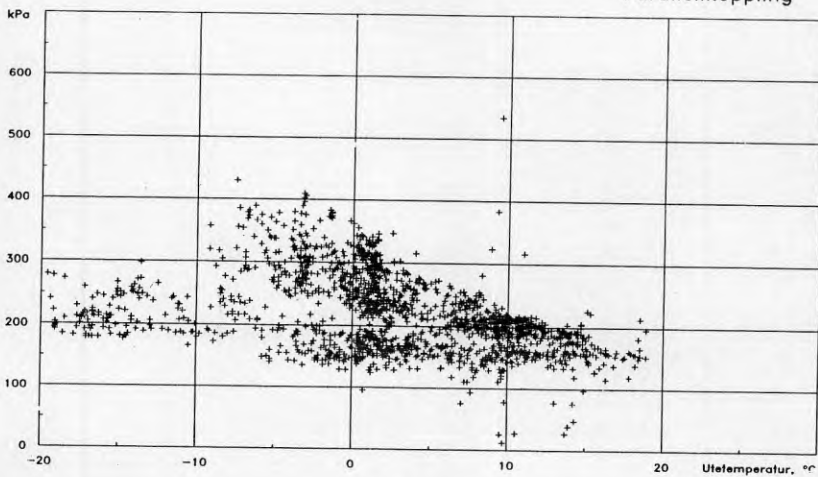
UC 2  
3-stegskoppling



2-stegskoppling

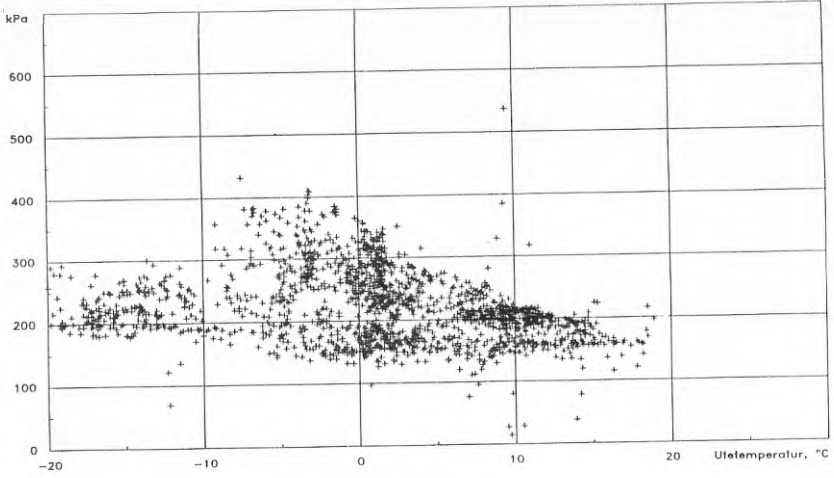


Parallellkoppling

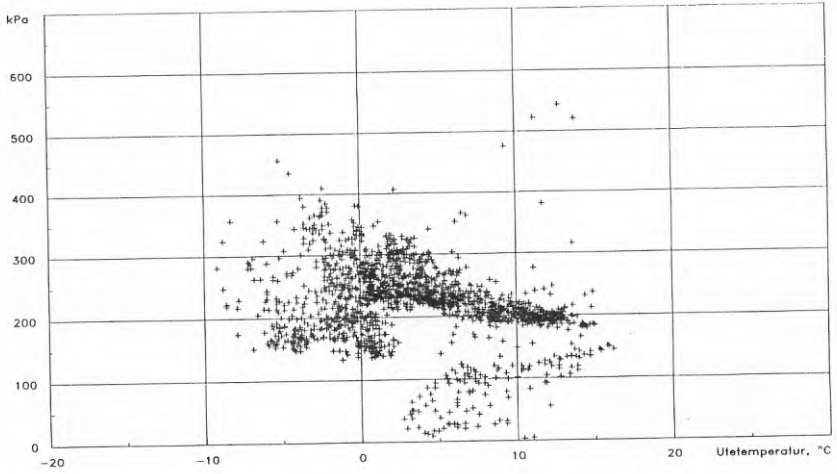


Bilaga 15: Timvärden för differenstryck under mätperioden.

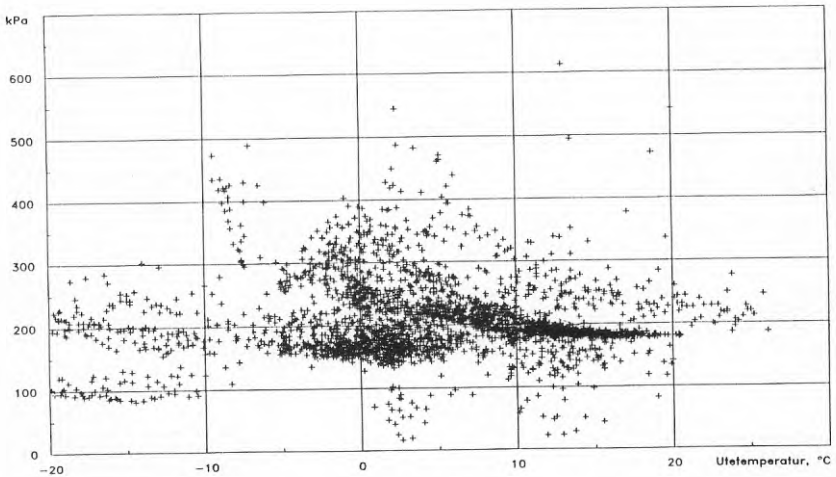
UC 3  
3-stegskoppling



2-stegskoppling

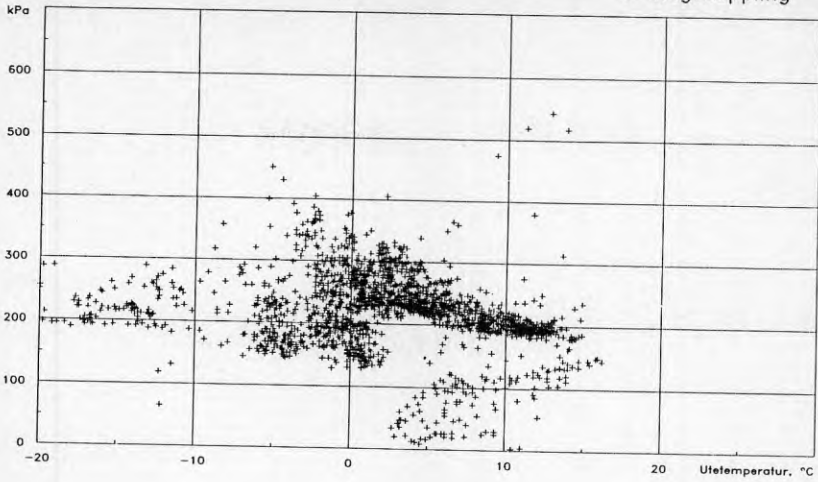


Parallellkoppling

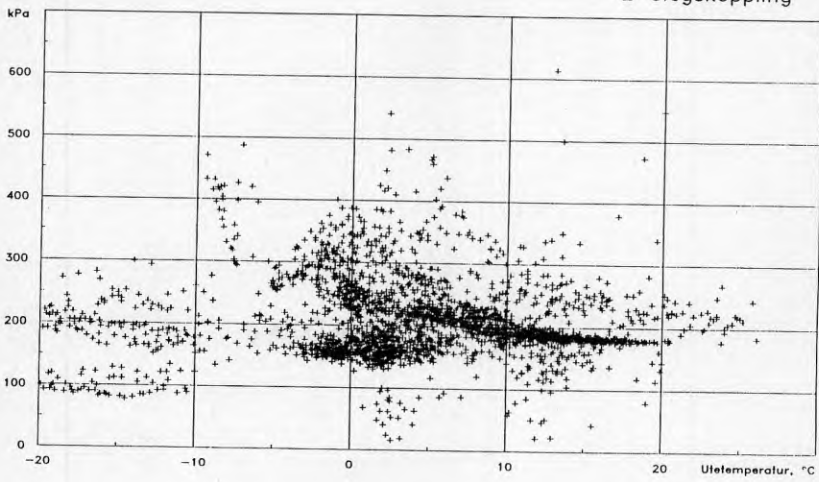


Bilaga 15: Timvärden för differenstryck under mätperioden.

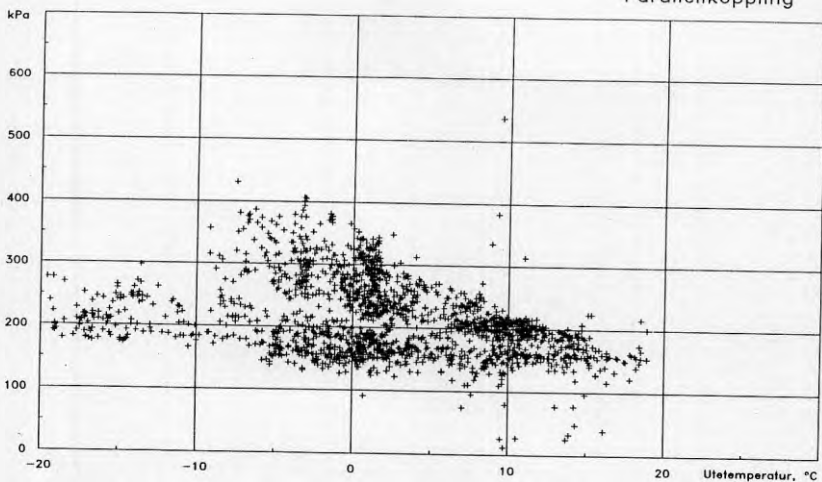
UC 6  
3-stegskoppling



2-stegskoppling

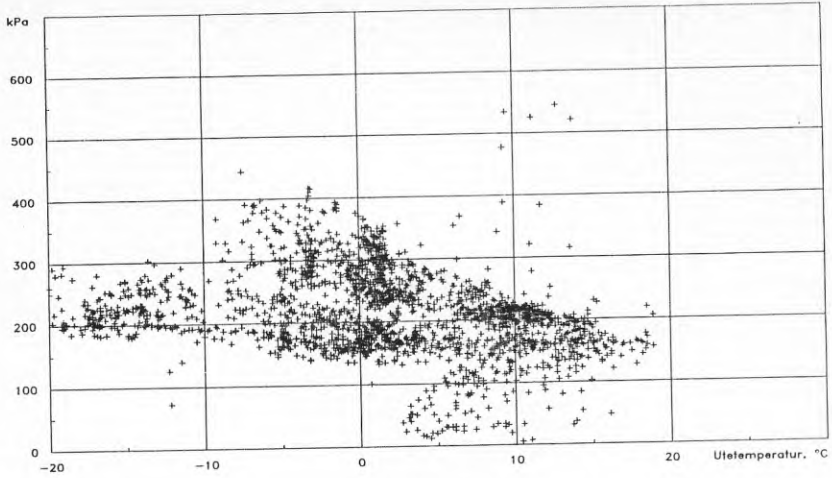


Parallellkoppling

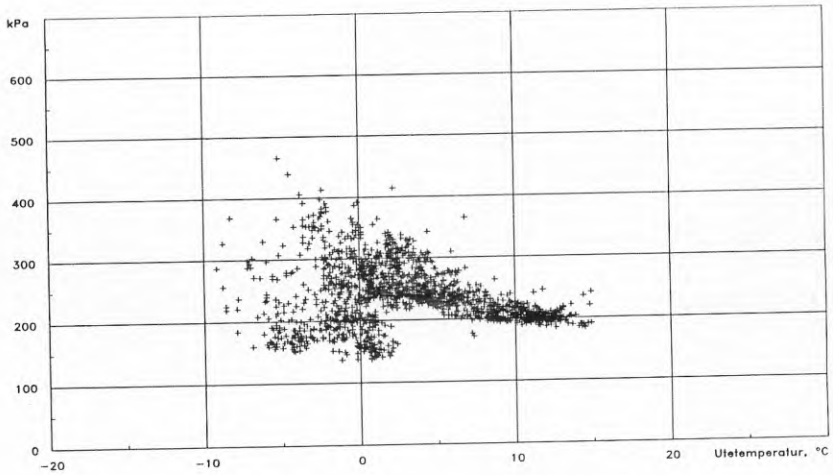


Bilaga 15: Timvärden för differenstryck under mätperioden.

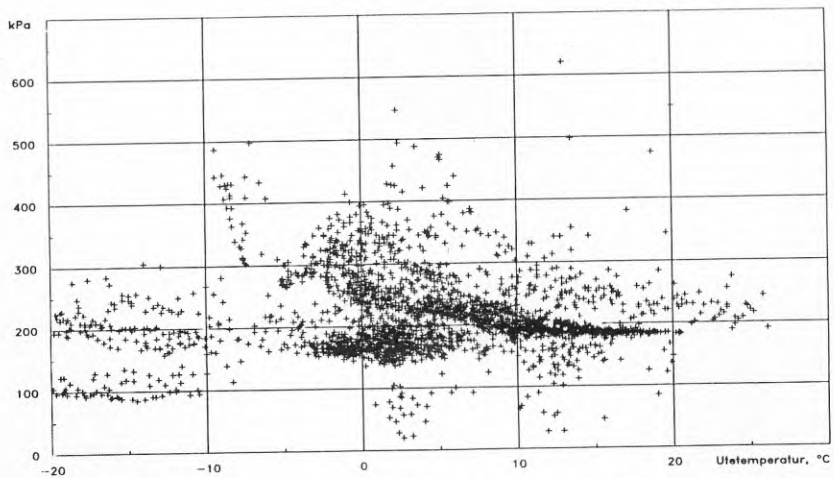
UC 7  
3-stegskoppling



2-stegskoppling



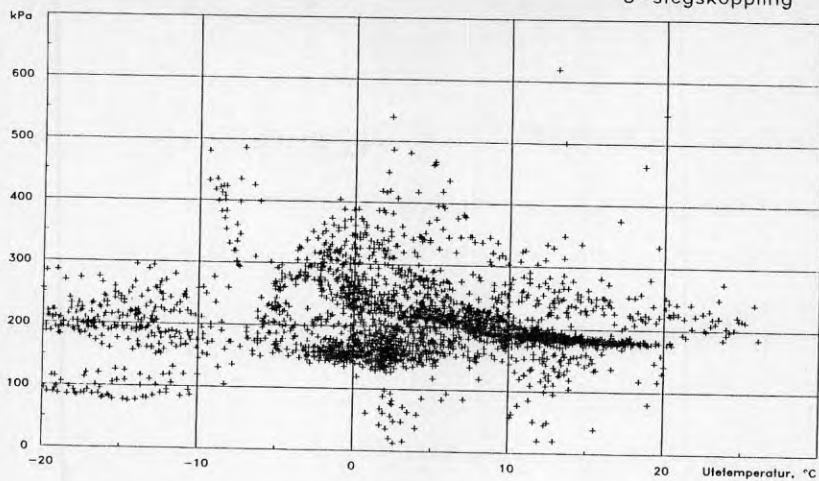
Parallellkoppling



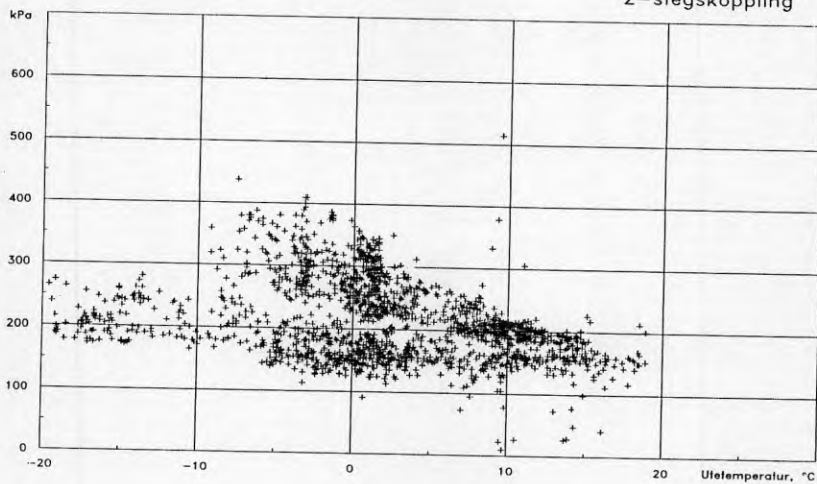
Bilaga 15: Timvärden för differenztryck under mätperioden.



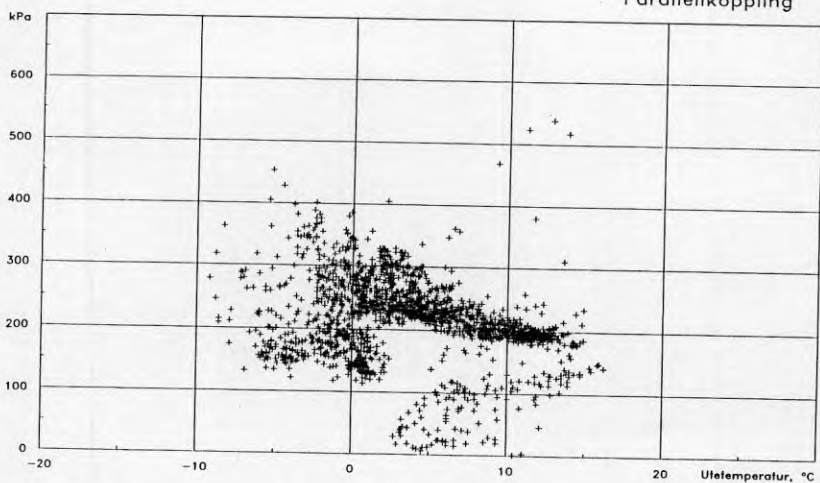
UC 9  
3-stegskoppling



2-stegskoppling



Parallellkoppling



Bilaga 15: Timvärden för differenstryck under mätperioden.

Referensgruppens sammansättning

Svend Fredriksson, Lunds tekniska Högskola

Sven Werner, Chalmers tekniska Högskola (deltog fr o m  
1987, numera verksam vid Borås Energiverk)

Åke Berg, Stockholm Energi

Bengt-Åke Selander, Parca värmväxlare  
(numera Lindesbergs Energiverk)

Peter Gummerus, Chalmers tekniska Högskola (från 1988)





**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 831081-8  
från Statens råd för byggnadsforskning till Riksbyggen,  
Stockholm.**

**R19: 1990**

**ISBN 91-540-5168-1**

**Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm**

**Art.nr: 6801019**

**Abonnemangsgrupp:  
Ingår ej i abonnemang**

**Distribution:  
Svensk Byggtjänst  
171 88 Solna**

**Cirkapris: 59 kr exkl moms**