



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

R64:1990

**Värmepumpar i bostäder
med fjärrvärme**

Inkopplingsprinciper

**Per Göransson
Peter Morelius
Björn Qvist**

V-HUSETS BIBLIOTEK, LTH



15000

400135444

Bygghforskningsrådet

R64:1990

VÄRMEPUMPAR I BOSTÄDER MED FJÄRRVÄRME

Inkopplingsprinciper

Per Göransson
Peter Morelius
Björn Qvist

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
851152-4 från Statens råd för byggnadsforskning
till ÅF-Energikonsult, Stockholm.

REFERAT

I ett frånluftvärmepumpsystem installerad i en fjärrvärmeförsörd fastighet har diskussioner förts om lämpligt systemutförande.

Projektets syfte har varit att studera olika inkopplingsprincipers inverkan på drift-ekonomi och fjärrvärmereturtemperatur.

De olika driftfall som provats har utvärderats teoretiskt och via kontinuerliga mätningar. Två principiellt olika driftfall har studerats, dels ren seriekoppling mellan värmepump och fjärrvärmväxlare för värme, med prioritering av tappvatten-
värmning, dels ett alternativ där 50% av värmevattenflödet cirkuleras via värmepumpens kondensator för förvärmning av tappvatten via fjärrvärme.

Energiproduktionen från värmepumpenläggningen är en ca 10% högre värmefaktor och ca 15% högre mängd värmepumpproducerad energi samt cirka 5% lägre total uppvärmningskostnad vid ren seriekoppling. Fjärrvärmereturtemperaturen var dock i detta fall 10-15° C högre.

Resultaten baseras på de förhållanden som råder i en specifik fastighet. För mer generella bedömningar har en datorsimulering av de två driftfallen utförts med olika förutsättningar avseende värmesystemets temperaturnivåer.

I Bygghörsningsrådets 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.

R64:1990

ISBN 91-540-5238-6

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

gotab Stockholm 1990

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

0	SAMMANFATTNING	Sid 3
1	INLEDNING, BAKGRUND	4
1.1	Allmänt	
1.2	Bakgrund till projektet	
2	BESKRIVNING AV ANLÄGGNING	6
2.1	Allmän beskrivning	
2.2	Värmeundercentral, värmepump	
2.1.1	Driftfall 1	
2.2.2	Driftfall 2	
2.2.3	Driftfall 3	
2.2.4	Driftfall 4	
3	SYSTEM FÖR UTVÄRDERING	20
3.1	Mätsystem, allmänt	
3.2	Givarplacering	
3.3	Givare	
3.3.1	Temperatur	
3.3.2	Värmemängd	
3.3.3	EI	
3.4	Mätlogger	
3.5	Kommunikations- och analysprogramvara	
3.6	Datorutrustning	
4	UTVÄRDERING AV MÄTNINGAR	26
4.0.1	Mätperioden	
4.1	Driftfall 1	29
4.1.1	Allmänt, typvecka	
4.1.2	Returtemperatur, fjärrvärme	
4.1.3	Energiförbrukning	
4.2	Driftfall 2	39
4.2.1	Allmänt, typvecka	
4.2.2	Returtemperatur, fjärrvärme	
4.2.3	Energiförbrukning	
4.3	Driftfall 3	49
4.3.1	Allmänt, typvecka	
4.3.2	Returtemperatur, fjärrvärme	
4.3.3	Energiförbrukning	
4.4	Driftfall 4	60
4.4.1	Allmänt, typvecka	
4.4.2	Returtemperatur, fjärrvärme	
4.4.3	Energiförbrukning	
4.5	Slutsatser, mätningar	70
4.5.1	Allmänt	
4.5.2	Returtemperatur, fjärrvärme	
4.5.3	Energiförbrukning	

5	TEORETISK BETRÄKTELSE	Sid 81
5.1	Inledning	
5.2	Årskostnader	
5.3	Energipris	
5.4	Årsenergiförbrukning	
5.5	Temperaturkurvor	
5.6	Varaktighets- och effektkurvor	

Bilagor 138

1	Funktionsbeskrivning	
2	Ekonomiberäkningar	
3	Formler, samband och algoritmer	
4	Temperaturintervall	
5	Effekt-, flödes- och temperaturbenämningar, principskiss	
6	Hur programmet fungerar	

0 SAMMANFATTNING

Denna rapport undersöker i huvudsak två olika inkopplingsprinciper för värmepump som kompletterande värmekälla i en fjärrvärmvärmd fastighet. Den ena inkopplingen är ett av Stockholm Energis rekommenderade alternativ och har en låg fjärrvärmereturtemperatur som mål. Den andra inkopplingen är avsedd att åstadkomma den mest gynnsamma situationen för värmepumpen genom en låg kondenseringstemperatur.

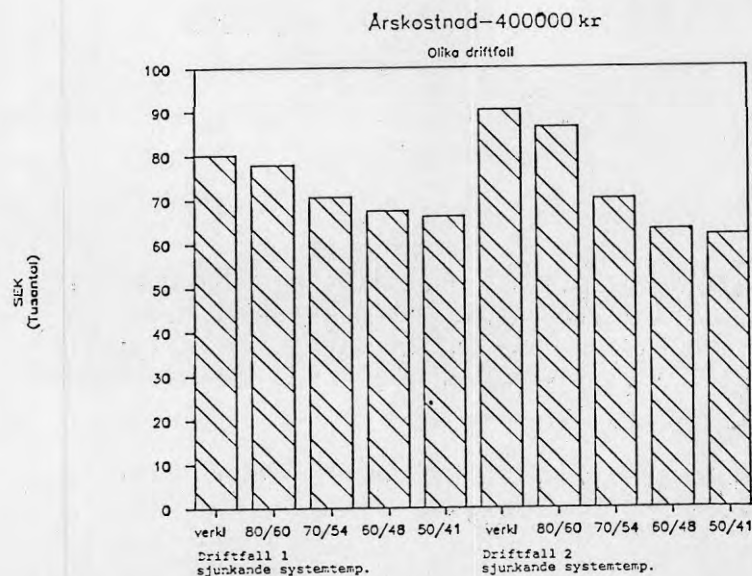
Vid konstruktionen av ett frånluftvärmesystem för den fjärrvärmeförsörjda fastigheten Maltesholmsvägen 125 i Hässelby utformades anläggningen så att ovan nämnda driftfall kunde studeras.

Ett mätsystem för datainsamling vid körning av dessa driftfall utarbetades och mätningar gjordes från december 1987 till mars 1988. Dessa mätningar visar att Stockholm Energis föreslagna inkoppling ger cirka 8,6 °C lägre fjärrvärmereturtemperatur än det för värmepumpen optimala alternativet. Variationen i energiförbrukning mellan driftfallen är liten. Värmepumpsandelen i Stockholm Energis alternativ är cirka 5-6 % mindre, eftersom värmepumpen tvingas nedreglera vid höga radiatorreturtemperaturer och låga radiatorsystemflöden. Det alternativet har också en värmefaktorförsämring på 0,13-0,19.

Då vintern 1987/88 var ovanligt varm, gavs aldrig möjlighet att utföra mätningar under låga utetemperaturer. Därför utarbetades en teoretisk beräkningsmodell i kalkylprogrammet Symphony. Värden för fyra olika systemtemperaturer togs fram, och med mätdata från den verkliga anläggningen gjordes också beräkningar på denna.

Modellen ger liknande resultat som mätningarna vad gäller fjärrvärmereturtemperatur och utnyttjandegrad för värmepumpen. med tillägget att returtemperaturen sjunker och utnyttjandegraden ökar med sjunkande systemtemperatur.

Variationerna i årskostnad och årsenergiförbrukning mellan de olika driftfallen och systemtemperaturerna är små, med högre värden vid höga systemtemperaturer. Enerkipriset ökar med sjunkande systemtemperatur, men detta uppvägs av den sjunkande energiförbrukningen.



1 INLEDNING

1.1 Allmänt

Vid utnyttjande av värmepump som kompletterande värmekälla i en fastighet eftersträvas att utnyttja värmepumpen så att bästa driftekonomi erhålls. Detta innebär att värmepumpens anslutning till det övriga värmesystemet skall utföras så att lägsta möjliga drifttemperatur uppnås i värmepumpens kondensor.

Grundläggande i detta fall är att utnyttja värmesystemets returflöde som värmesänka där lägsta kondenseringstemperatur erhålls om hela returflödet genomströmmar kondensorn. Under vissa delar av uppvärmningsperioden erhålls lägre temperaturer vid radiatorvattenvärmning än tappvattenvärmning varför det i de flesta fall är mest fördelaktigt att prioritera värmning av returvattenflödet.

Kondensortemperaturens (kondenseringstemperaturens) inverkan på driftekonomin för en värmepumpinstallation kan beskrivas med bild 1.1 som redovisar variationer av driftekonomi, värmefaktor och täckningsgrad vid varierande temperatur ut ur en värmepumpskondensor.

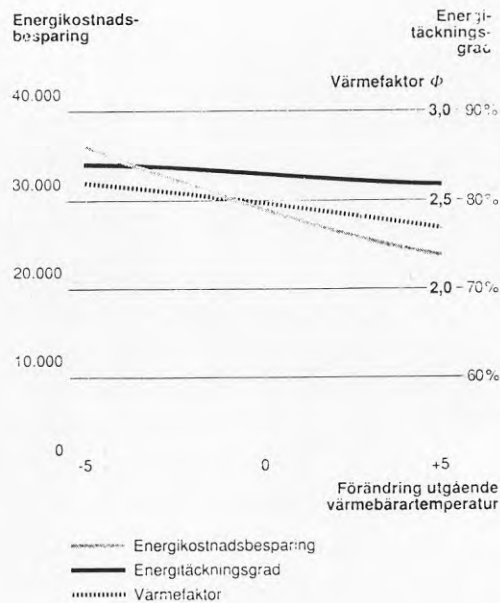


Bild 1.1

Energikostnadsbesparing, energitäckningsgrad och årsmedelvärmefaktor vid varierande värmebärartemperatur ut ur värmepumpens kondensor. Förutsättningarna för exemplet är 100 kW (0/145 °C) CFC 22. Effektbehov 200 kW. Energifbehov 325 MWh. Radiatorer 75/45 °C.

Som framgår av bilden enligt ovan sjunker driftintäkten vid ökande kondensortemperatur.

Driftintäkten sjunker dels på grund av ökat kompressorarbete (ökat tryckförhållande) och dels på grund av att värmepumpen når sitt temperaturtak över vilket ingen effekt kan tillföras värmesystemet.

Ovanstående principiella förhållande har gjort att en viss praxis genom erfarenhet har utvecklats avseende systemkopplingar som ger goda driftbetingelser.

I fjärrvärmesystem eftersträvas att för givna systemkonstruktioner upprätthålla lägsta möjliga returledningstemperatur för att på så sätt minimera kostnaden för mediatransport samt för att i vissa fall eftersträva att nätet utgör en bra värmesänka för elproduktion i mottrycksturbiner.

Abonnentcentraler för fjärrvärme har av ovanstående skäl utvecklats mot flerstegsutförandedär inkommande kallvatten utnyttjas för ytterligare kylning av fjärrvärmevattnets returvatten efter radiatorvattenvärmning.

När värmepumpar installeras i fjärrvärmvärmda fastigheter uppträder en konfliktsituation genom att värmepumpen som reducerar fastighetens energiförbrukning samtidigt påverkar möjligheten att upprätthålla låga returtemperaturer i fjärrvärmesystemet.

Eftersom den för fastighetsägaren optimala anslutningsprincipen ej är önskvärd ur fjärrvärmeleverantörens synvinkel har flera värmeverk tagit fram instruktioner för hur värmepumpar får installeras i fjärrvärmeanslutna fastigheter.

Svenska Värmeverksföreningen redovisade 1982 i skriften "El för värmeförsörjning i fjärrvärmeområden" förslag och principer för inkoppling av värmepumpar.

Stockholm Energi redovisar i "Instruktioner för anslutning av fjärrvärme" juli 1983 två olika inkopplingsalternativ som framgår ur bild 1.2 och 1.3.

Inkopplingarnas utformning har syftat till att erhålla låga returledningstemperaturer i fjärrvärmesystemet.

1.2 Bakgrund till projektet

I samband med konstruktion av ett frånluftvärmepumpsystem avsedd för den fjärrvärmeförsörjda fastigheten Maltesholvsägen 125 i Hässelby fördes diskussioner mellan konstruktörerna och Stockholm Energi om lämpligt systemutförande.

I syfte att studera driftekonomi samt inverkan på returtemperatur i fjärrvärmesystem utformades anläggningen så att olika driftfall kan studeras.

De olika driftfallen innefattar dels för värmepumpsystemet "bästa" inkoppling samt olika alternativ i enlighet med Stockholm Energis instruktioner. De olika alternativen redovisas i kapitel 3.

2 BESKRIVNING AV ANLÄGGNINGEN

2.1 Allmän beskrivning av fastigheten

Fastigheten kv Gästvåningen är belägen i Hässelby utanför Stockholm.

Byggnaden är uppförd 1957 och innehåller 154 bostadslägenheter.

Ventilationssystemet är av F-typ med fläktrum placerade på tak. Värmesystemet är av tvårörs typ med termostatventiler på radiatorerna.

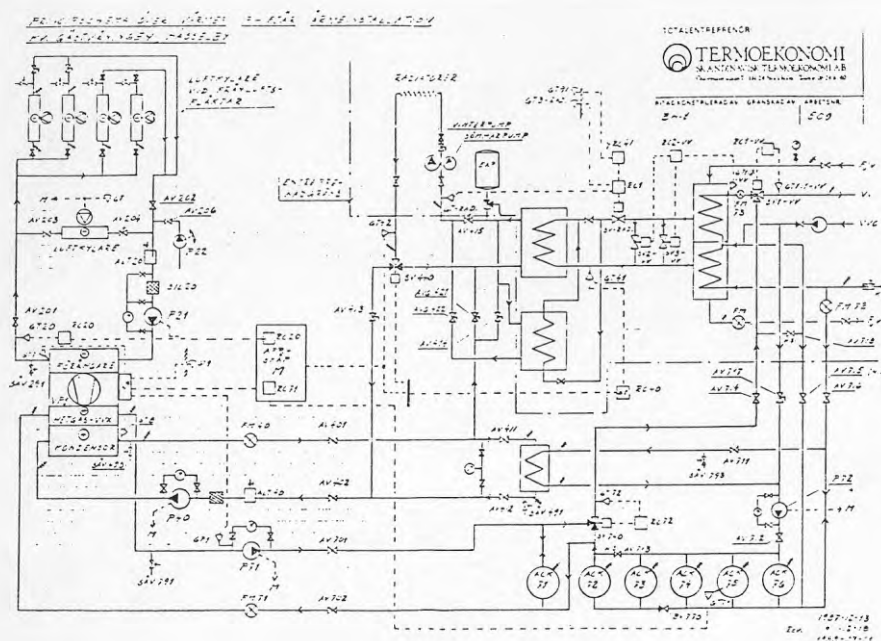
2.2 Värmeundercentral, värmepump

Fastigheten försörjs med värme från en värmeundercentral placerad i källaren.

Värmeundercentralen innehåller en fjärrvärmedel kopplad mot Stockholm Energis fjärrvärmenät samt en värmepumpdel. Värmepumpen kyler av luften från huset med hjälp av brine-system.

Det indirekta värmepumpsystemet har kylmaskin, kondensor och förångare placerad i ett separat kylmaskinrum i fastighetens källarplan. Kopplingen till värmeväxlare (vätska/luft) i ventilationssystemets avluft i fläktrum på vind sker med ett tvårörs-system för brine.

En schematisk bild av uppbyggnaden av värmeundercentral samt värmepumpsystem ges i bild 2.1. Värmepumpen är av typen STAL Ref VMP108 med köldmedium R22.



Fjärrvärmeundercentralen består av en tvåstegs tappvatten-
värmväxlare samt två seriekopplade radiatorvärmväxlare.
Tappvattenvärmväxlarna är av typen PARCA GS151 se bild 2.2.
I bild 2.3 visas fjärrvärmereturtemperaturen som funktion av
vattenflöde.

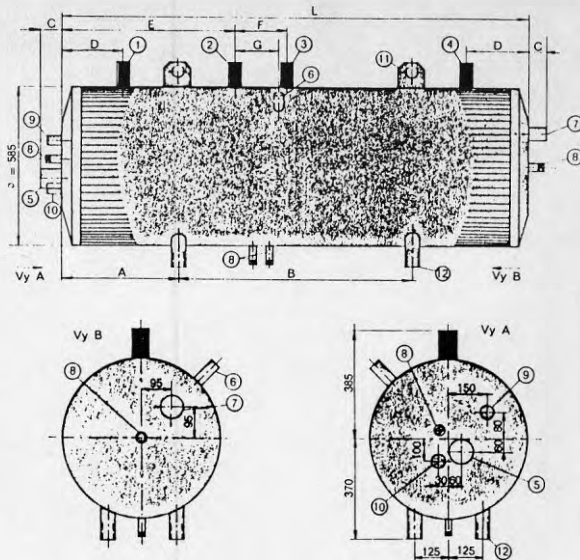


Bild 2.2

Tappvarmvattenflöde som funktion av primär returtemperatur.
primärt 80 - (t °C)
sekundärt 5 - 55°C

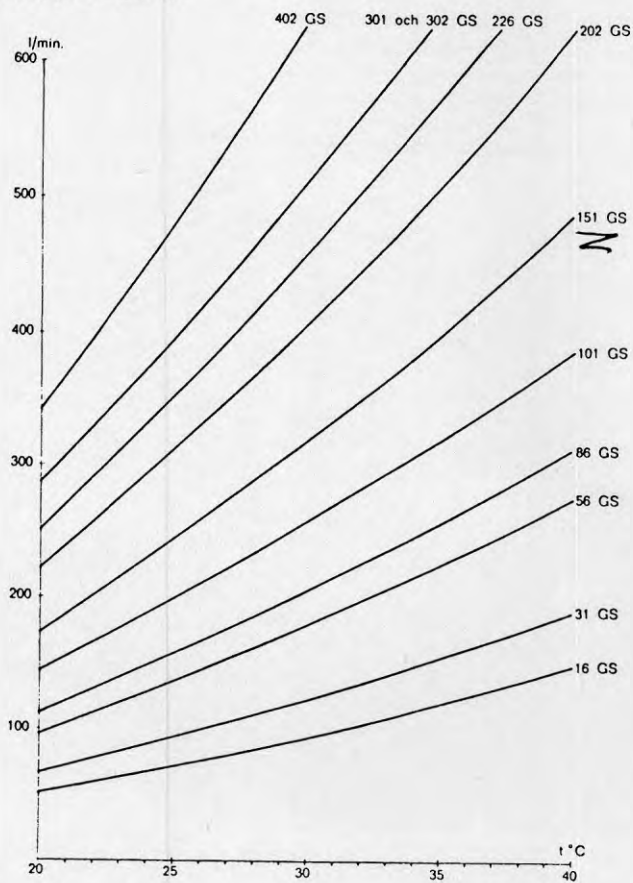


Bild 2.3

De två radiatorvärmväxlarna är av olika fabrikat. Den värmväxlare som nyttjas i alla driftfall är av typen PARCA MR23, se bild 2.4

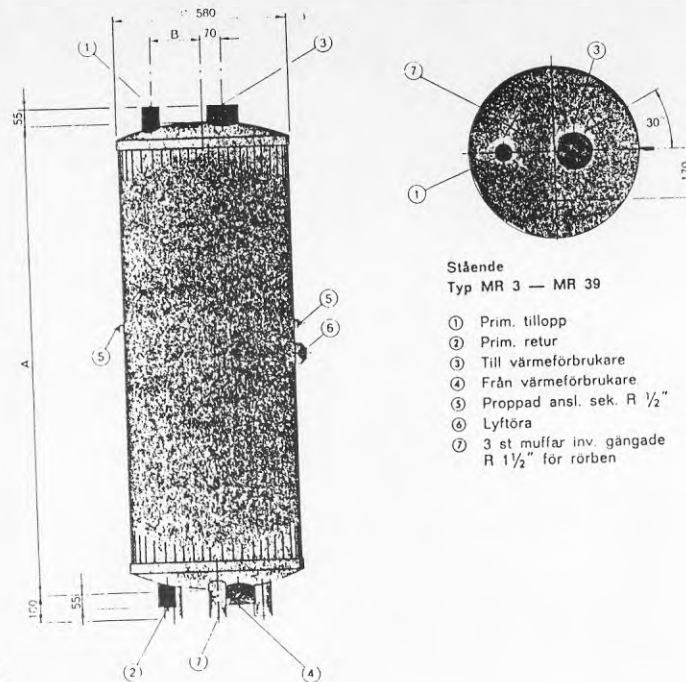


Bild 2.4

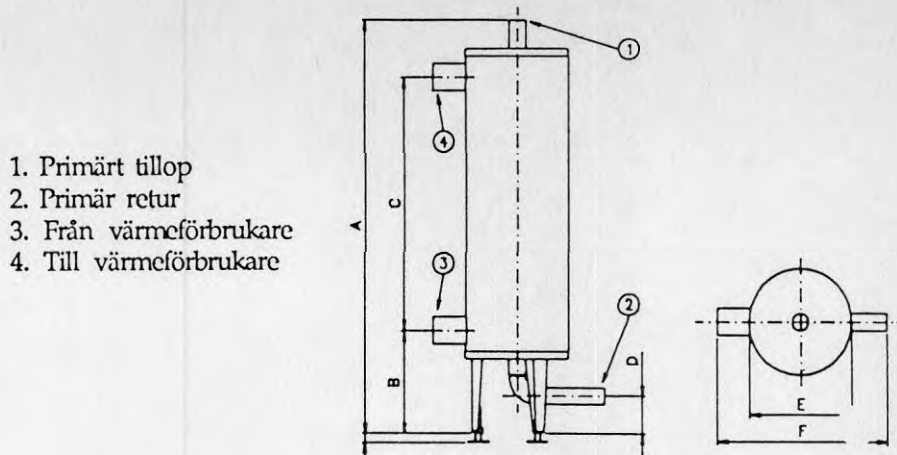
I bild 2.5 ges en tabell över dimensioneringsdata för värmväxlaren.

Värmväxlare typ MR vid avvikande dimensioneringsdata

Temperatur		Tryckfall		Effekt i Mcal/h											
Prim. Tubsats in—ut	Sek. Mantel in—ut	Prim. Tubsats m. vp.	Sek. Mantel m. vp.	MR 3	MR 7	MR 11	MR 15	MR 19	MR 23	MR 31	MR 39	MR 2x19	MR 2x23	MR 2x31	MR 2x39
120—70	60—90	1,2	0,2	58	135	210	290	365	445	600	755	730	890	1200	1510
120—70	60—80	3,0	0,5	100	220	350	475	600	730	1000	1250	1200	1460	2000	2500
120—80	70—90	3,0	0,5	75	170	280	390	510	610	820	1030	1020	1220	1640	2060
120—80	70—90	1,5	0,3	60	140	220	290	380	450	600	755	760	900	1200	1510
110—70	60—80	3,0	0,5	70	170	280	380	480	585	800	1000	980	1170	1600	2000
110—70	60—80	1,5	0,3	60	140	220	290	370	440	580	730	740	880	1160	1460
110—70	60—90	0,6	0,1	35	70	105	140	190	240	340	425	380	480	680	850
110—80	70—90	3,0	0,3	55	130	200	275	360	470	600	755	720	940	1200	1510
110—80	70—90	1,5	0,2	50	115	165	220	285	340	440	550	570	680	880	1100
100—70	60—80	3,0	0,3	60	140	215	285	370	450	580	730	740	900	1160	1460
100—70	60—80	1,5	0,2	40	110	160	215	280	330	440	550	560	660	880	1100
100—70	60—90	0,4	0,1	20	35	50	70	90	120	165	205	180	240	330	410
100—80	70—90	2,5	0,3	36	85	130	170	220	270	350	440	440	540	700	880
100—80	70—90	1,5	0,2	28	65	100	140	175	215	290	365	350	430	580	730
90—70	60—80	2,5	0,3	36	85	130	170	220	260	335	420	440	520	670	840
90—70	60—80	1,5	0,2	28	65	100	140	175	215	290	365	350	430	580	730
75—50	40—60	2,5	0,3	38	95	150	210	270	330	440	560	540	660	880	1120

Bild 2.5

Den andra radiatorvärmväxlaren som endast nyttjas i två driftfall är nyinstallerad och av typen ELGE, R52, se bild 2.6.



1. Primärt tillöp
2. Primär retur
3. Från värmeförbrukare
4. Till värmeförbrukare

Bild 2.6

Värmväxlaren mellan värmepumpsystemet och tappvattenackumulatorerna är av typen ReHeat HX-12H. Ackumulatorerna är totalt sex stycken med en volym på 500 l per styck.

Radiatorssystemet som framgår av bild 2.1 utrustat med en sommar- och en vinterpump.

Anläggningen är rörtekniskt utformad på så sätt att omställning mellan olika driftfall skall kunna ske genom omställningar av ventiler och reglerfunktioner. Detta innebär att uppbyggnaden har blivit relativt komplex.

En allmän funktionsbeskrivning för systemet ges i bilaga 1. De följande driftfallsbeskrivningarna tar enbart upp de faktorer och parametrar som avses varieras.

2.2.1 Driftfall 1

Avsikten med driftfall 1 är att åstadkomma den mest gynnsamma situationen för värmepumpen. En beskrivning av driftfallet ges i bild 2.7 nedan. Ventiler som inte har någon markering (S=stängd/Ö=öppen) är normalt öppna.

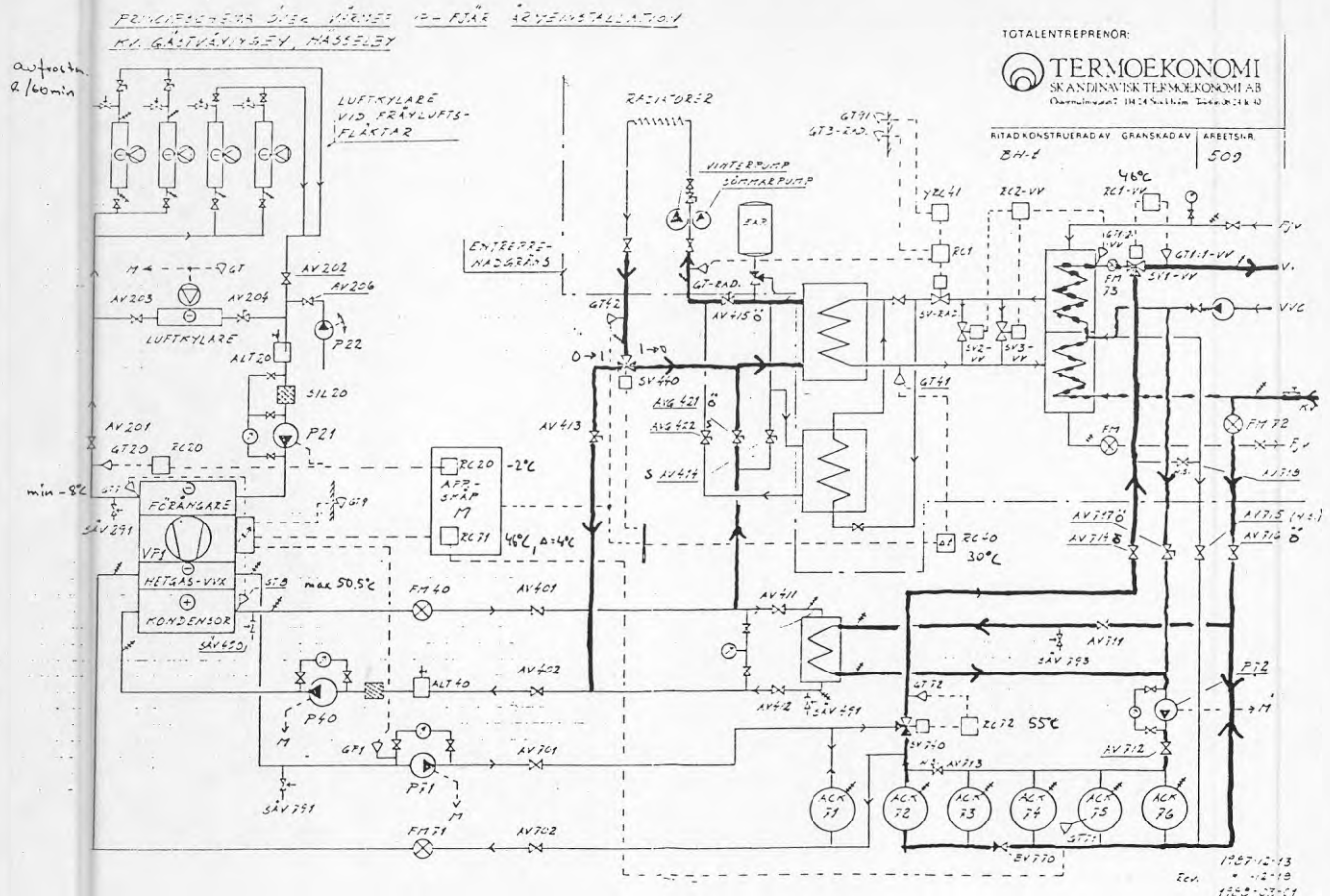


Bild 2.7

Följande funktion gäller:

- Värmepumpen prioriterar tappvattenvärmning genom att låta SV440 vara helt öppen mot fjärrvärmväxlaren tills dess att GT71 ger signal om att ackumulatörerna är laddade. Då växlar SV440 läge och stänger helt mot fjärrvärmväxlaren.
- Inkommande kallvatten går normalt genom ackumulatörerna för att värmas av värmepumpen. Räcker inte denna temperatur för RC1-VV öppnar blandningsventilen mot fjärrvärmväxlaren där kallvatten värms genom båda stegen.

2.2.2 Driftfall 2

Driftfall 2 är ett driftfall som till stor del liknar en av Stockholm Energis föreslagna inkopplingsprinciper. Detta driftfall bör därför gynna fjärrvärmesystemet med låg returtemperatur. Bild 2.8 ger en beskrivning av driftfallet.

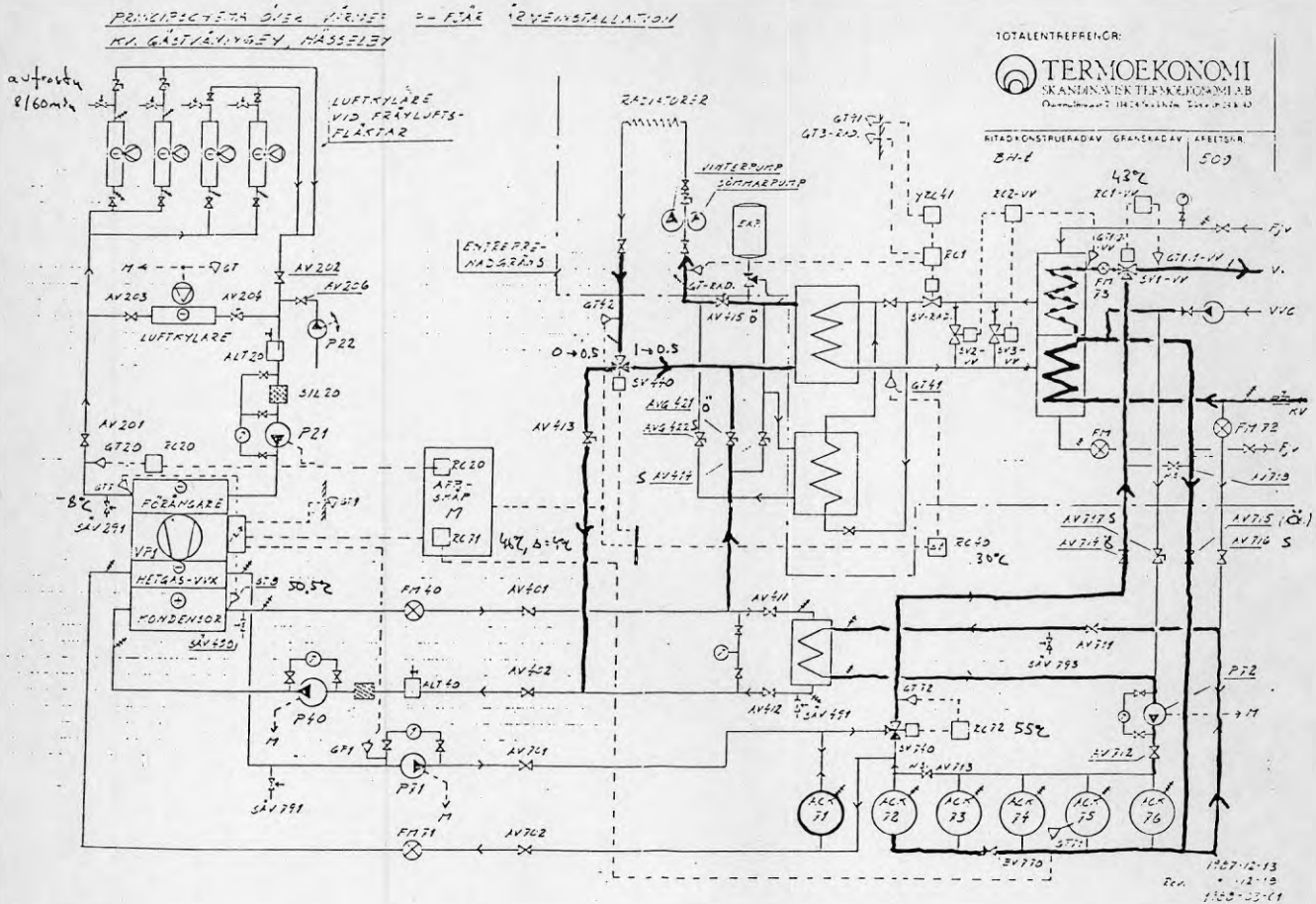


Bild 2.8

Följande funktion gäller:

- Värmepumpen prioriterar tappvattenvärmning genom att låta SV440 vara helt öppen mot fjärrvärmeväxlaren till dess att GT71 ger signal och att ackumulatorerna är laddade. Då växlar SV440 läge och öppnar 50 % mot fjärrvärmeväxlare och 50 % mot värmepumpen.
- Inkommande kallvatten går alltid genom fjärrvärmeväxlarens steg 3 för att förvärmas. Därefter går det förvärmade vattnet normalt till ackumulatorerna för att värmas av värmepumpen. Räcker inte denna temperatur för RC1-VV öppnas blandningsventilen mot fjärrvärmeväxlaren och där förvärmat kallvatten eftervärms i steg 1.

2.2.3 Driftfall 3

Driftfall 3 är lika med driftfall 2 förutom att två seriekopplade värmeväxlare utnyttjas mot fjärrvärmesystemet för radiatorvärmning.

Det bör medföra en mer gynnsam fjärrvärmereturtemperatur och inte påverka värmepumpfunktionen relativt driftfall 2.

Bild 2.9 redovisar driftfall 3.

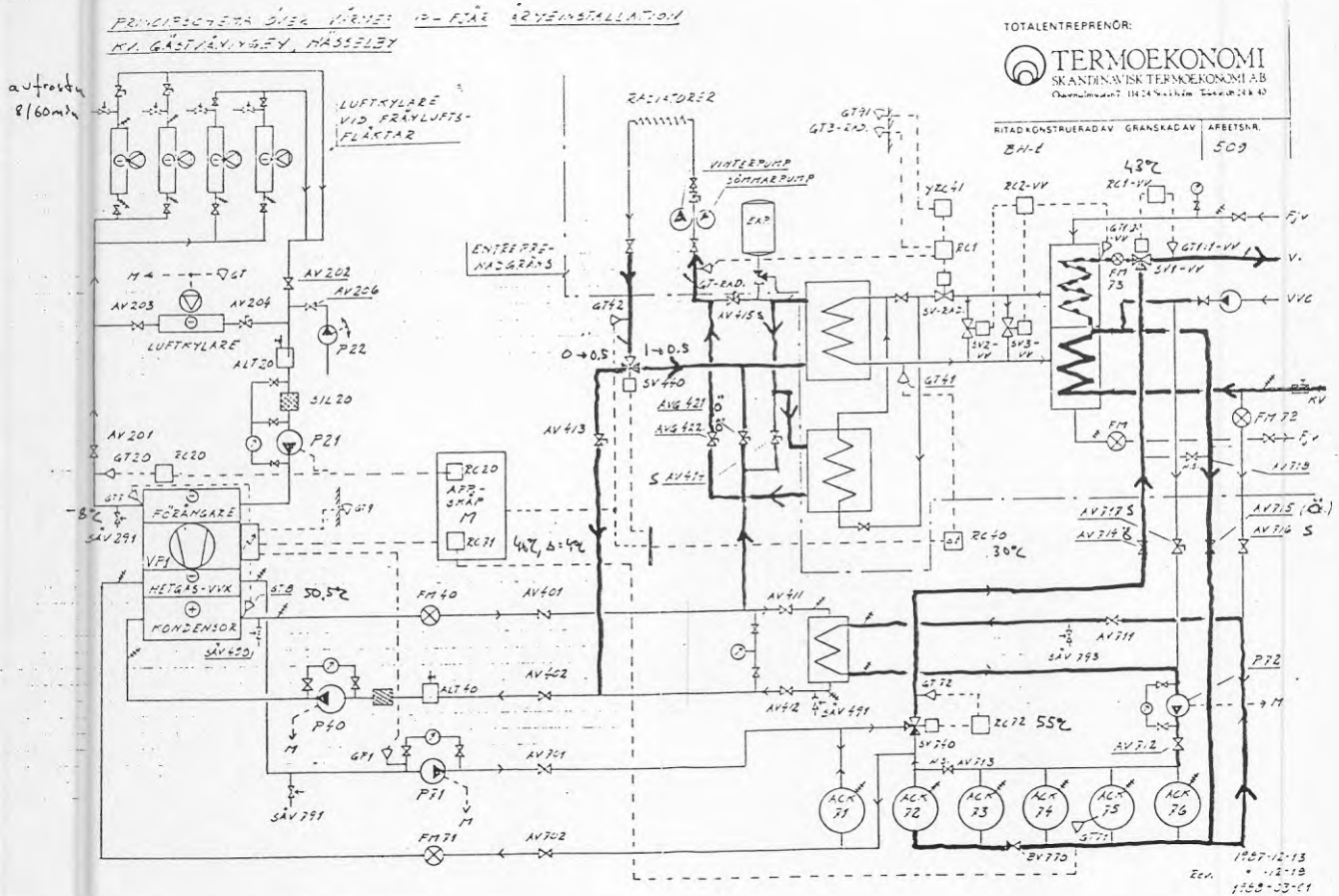


Bild 2.9

Funktionsbeskrivningen är identisk med driftfall 2.

2.2.4 Driftfall 4

Driftfall 4 är en variant på driftfall 1.

De förändringar som är gjorda är att två seriekopplade värmeväxlare nyttjas mot fjärrvärmesystemet för radiatorvärmning, samt att SV440 varierar driftfall enligt driftfall 2.

Bild 2.10 visar driftfall 4.

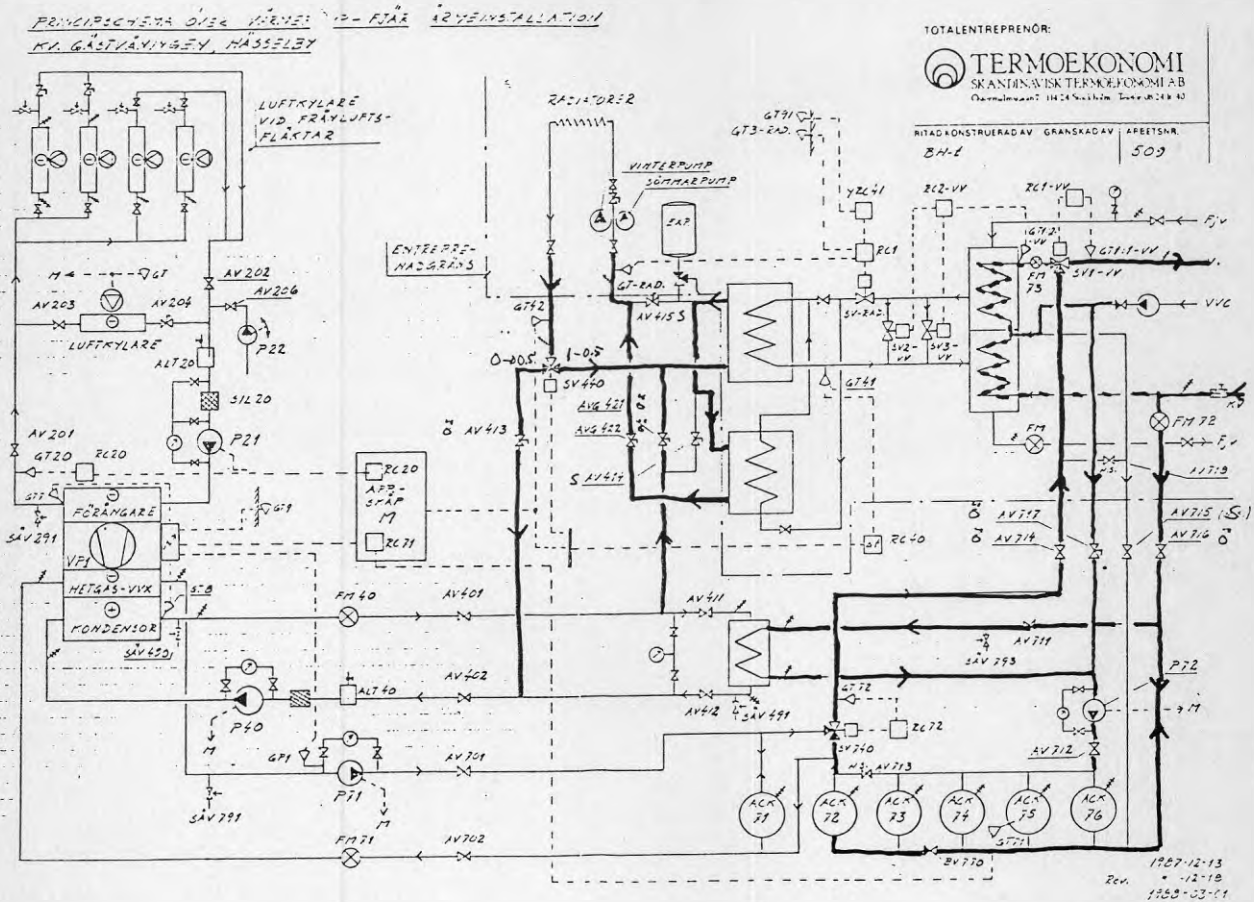


Bild 2.10

Funktionen för driftfall 4 är:

- SV440 prioriterar tappvarmvattenvärmning och övergår därefter till 50/50-läge mellan radiator och tappvarmvatten.
- Inkommande kallvatten är kopplat enligt driftfall 1.

2.3 Teoretisk beräkning

Med en förenklad modell kan returtemperaturen i fjärrvärmenätet och driftekonomin för värmepumpen beräknas och ligga till grund för tolkning av det resultat som erhålls vid mätningarna.

Principiellt kan två grundläggande driftfall identifieras:

Driftfall 1 innebär att värmepumpen kopplas i serie med radiatorväxlaren och förvärmning av tappvatten sker via värmepumpen dvs det mest gynnsamma fallet för värmepumpdrift, se bild 2.11.

Driftfall 2 innebär att 50 % av radiatorreturflödet fördelas till radiatorväxlaren och 50 % till värmepumpen samt där varmvattnet förvärms via tappvattenväxlarens förvärmningssteg, se bild 2.12.

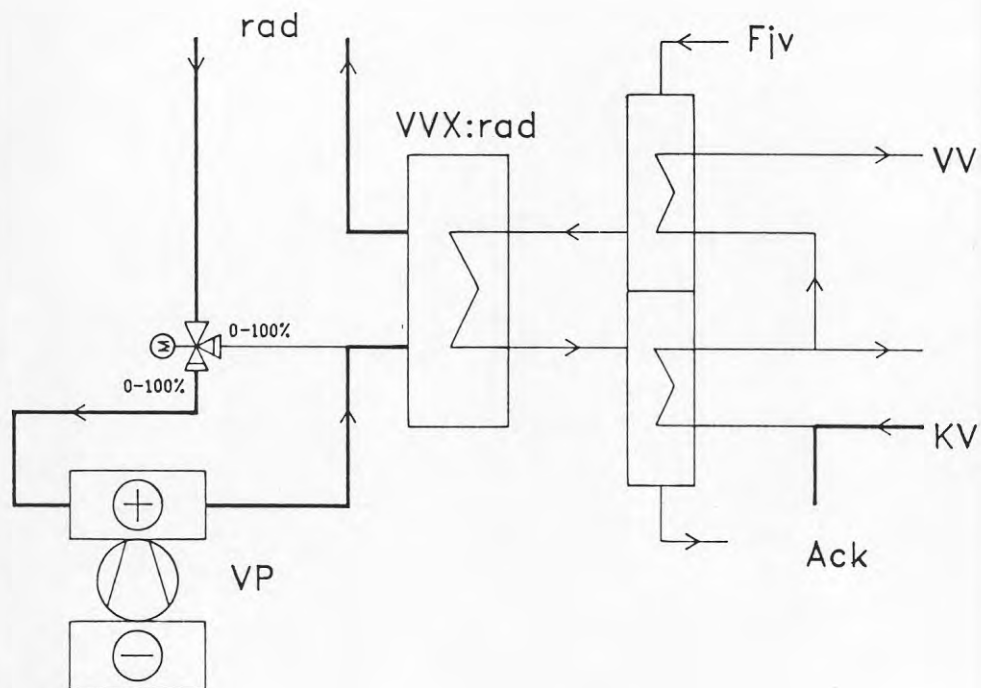


Bild 2.11 Driftfall 1

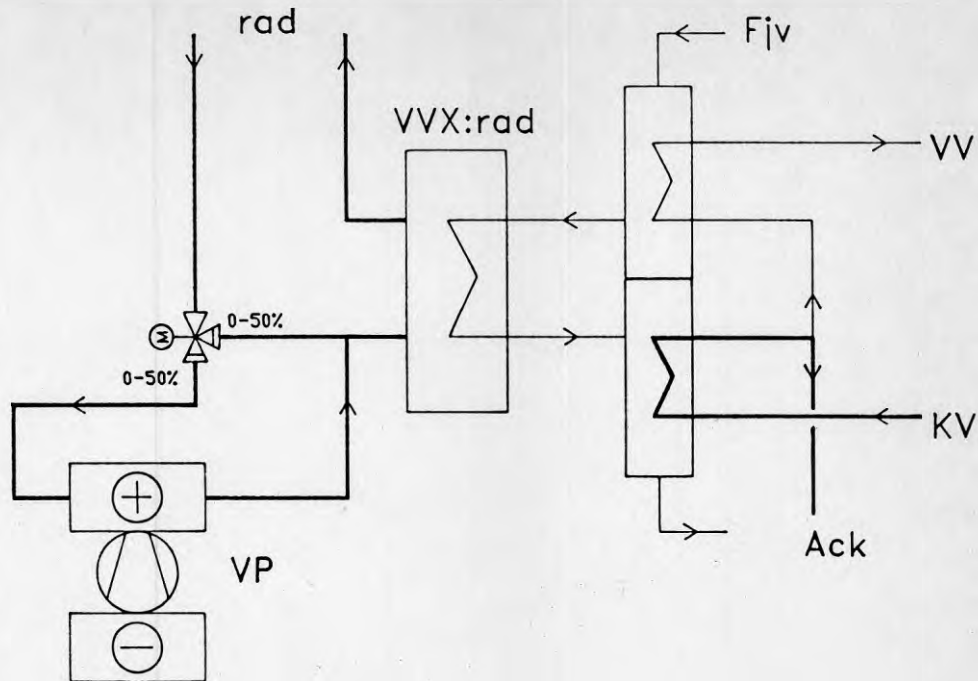


Bild 2.12 Driftfall 2

Den teoretiska beräkningen av driftfallen beskriver förutom fjärrvärmereturtemperaturen vid olika utetemperaturer också värmepumpens producerade energimängd samt verkningsgrad.

I driftfall 1 erhåller av naturliga skäl värmepumpen längre drifttid då dess begränsning på grund av hög returledningstemperatur får mindre inverkan än för fall 2 samtidigt som verkningsgraden blir något högre på grund av lägre drifttemperatur. Under perioder då värmesystemets returtemperatur är högre än maximal arbetstemperatur för värmepumpen ($50,5\text{ }^{\circ}\text{C}$) utgör tappvarmvattenberedning enda värmesänka. I driftfall 2 förväms tappvattnet via fjärrvärme vilket innebär att denna värmesänka reduceras. Fall 2 har dock fördelen att den ger lägre fjärrvärmereturtemperatur.

Den teoretiska beräkningen har följande förutsättningar.

- o Temperaturnivåer fjärrvärmeledning, radiator fram- och returledning i enlighet med uppmätta data under ett år, se bild 2.13.
- o Värmepump- och värmväxlarprestanda enligt fabrikantdata.
- o Energiförbrukning för tappvarmvattenberedning enligt uppmätta data där behovet idealiserats till uttaget under tolv timmar med konstant effekt.

2.3.1 Returtemperatur fjärrvärme

Med förutsättningar enligt ovan erhålls temperaturdiagram för de två driftfallen enligt bild 2.13.

AF-ENERGIKONSULT

FRAM, RETUR/UTETEMP

RADIATORSYSTEM

1987-Okt-01 00:00 -- 1988-Mar-31 00:00

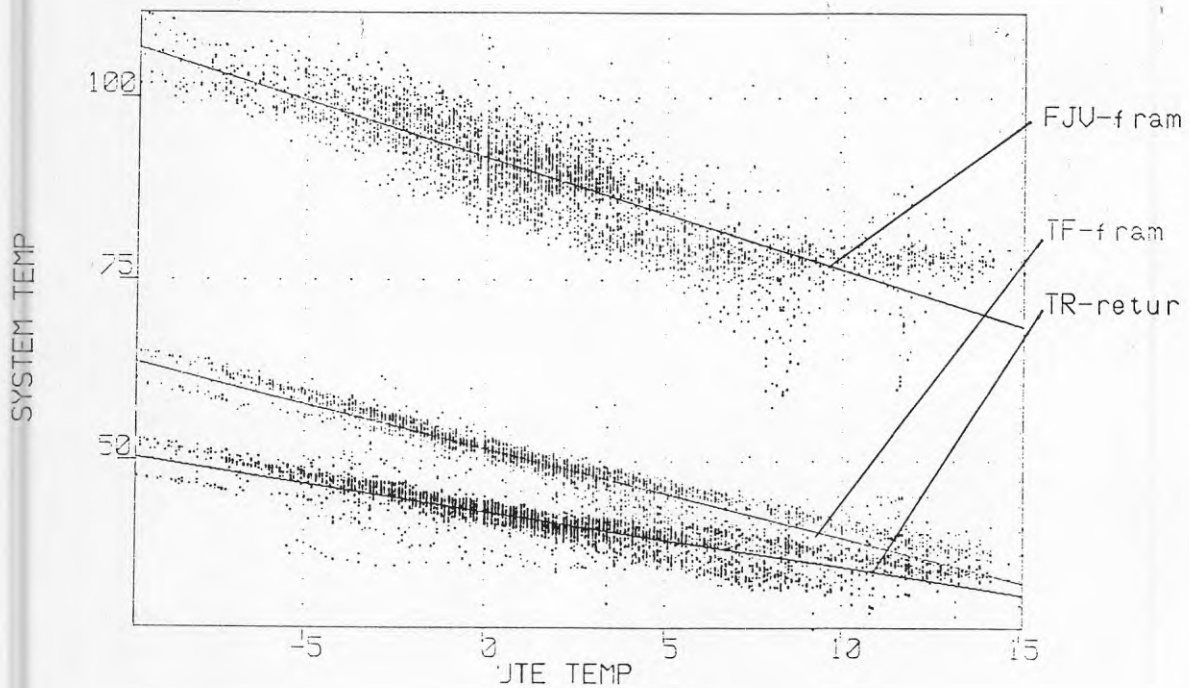


Bild 2.13 Uppmätta temperaturer för fjärrvärme samt radiator-system vid olika utetemperaturer

Som framgår ur bild 2.13 är radiatorsystemets returtemperatur så hög att värmepumpen ej kan vara i drift vid lägre utetemperaturer än ca $-7\text{ }^{\circ}\text{C}$ då arbetstemperaturen $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ överskrids. Vid utetemperaturen $+1\text{ }^{\circ}\text{C}$ börjar värmesystemet att vara begränsande då framledningstemperaturen här är $50\text{ }^{\circ}\text{C}$.

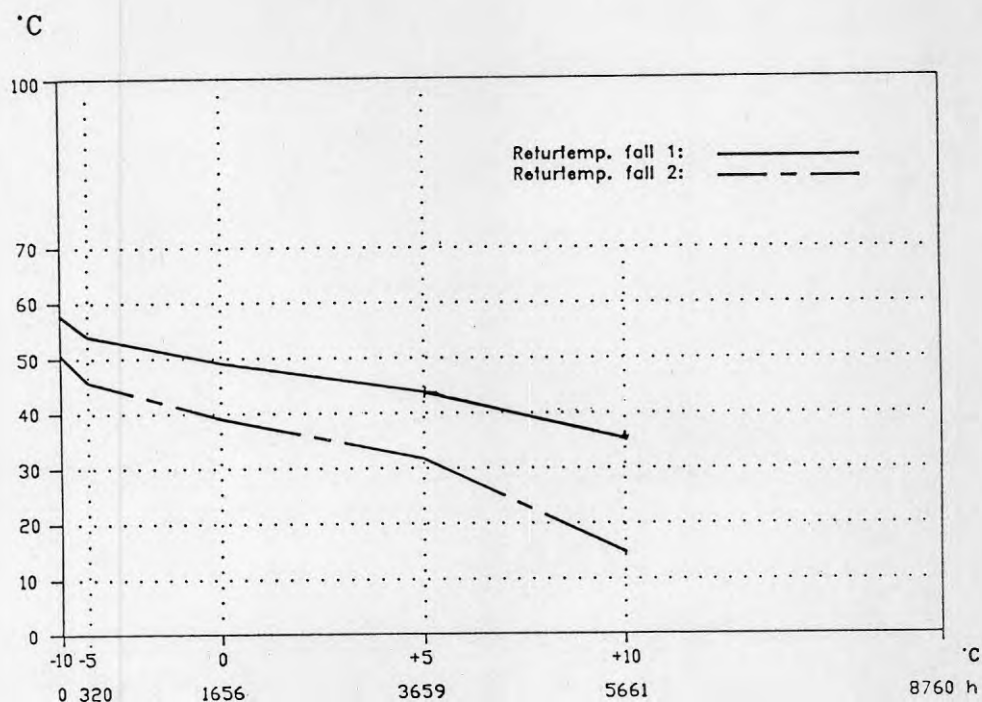


Bild 2.14 Fjärrvärmens returledningstemperatur vid driftfall 1 och 2

Som framgår ur bild 2.14 ger fall 2 ca $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ lägre returledningstemperatur. I detta idealiserade exempel har tappvatten-
värmning förutsatts ske under, som tidigare nämnts, 12 timmar per dygn motsvarande effekten 146 kW vilket utgör dubbla dygnsmedeleffekter.

Under denna tid erhålls en fjärrvärmereturtemperatur ca $15\text{--}20\text{ }^{\circ}\text{C}$ lägre än för fall 1 medan övrig tid ger likartad returtemperatur för båda driftfallen. I bild 2.14 redovisas dygnsmedeltemperaturer.

2.3.2 Driftekonomi frånluftvärmepump

Bild 2.15 redovisar värmeeffektbehovets varaktighet med kurvor som beskriver värmepumpproducerad energi för driftfall 1 och 2.

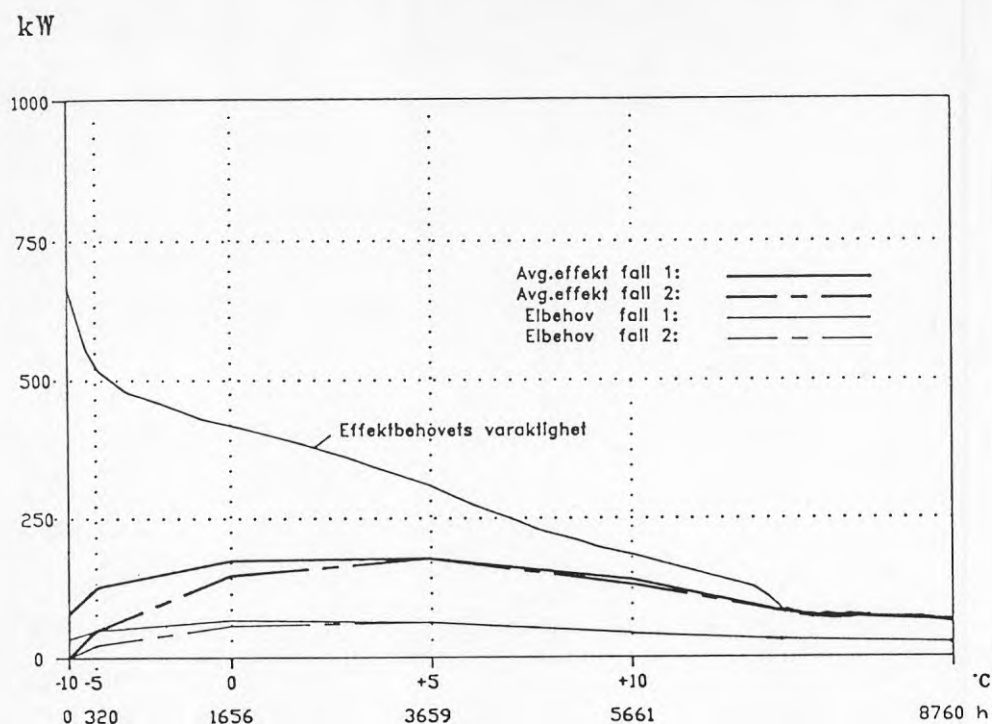


Bild 2.15 Värmeeffektbehovets varaktighet samt energiproduktion via frånluftvärmepump för driftfall 1 och 2.

Det totala värmeenergibehovet som baseras på uppmätta värden från den aktuella mätperioden är ej normalårskorrigerade men redovisar ett idealiserat förhållande som direkt kan jämföras med resultatet från mätningarna.

Följande prestanda erhålls från värmepumpanläggningen i respektive driftfall.

Driftfall 1

Energiproduktion FVP	1171 MWh
Elförbrukning FVP	412 MWh
Årsmedelvärmefaktor FVP	2,84
Begränsning på grund av hög returtemperatur	-2,8 °C
Stopp på grund av hög returtemperatur	-7,0 °C

Driftfall 2

Energiproduktion FVP	1022 MWh
Elförbrukning FVP	383 MWh
Årsmedelvärmefaktor FVP	2,67
Begränsning på grund av hög returtemperatur	+1,0 °C
Stopp på grund av hög returtemperatur	-6,0 °C

Värmeproduktionen från värmepumpanläggningen är 15 % högre i driftfall 1. Skillnaden kan hänföras till att temperaturbegränsningen inträffar tidigare för driftfall 2 samt att värmebehovet för tappvattenberedning i detta driftfall vintertid huvudsakligen täcks av fjärrvärme via förvärmningsteget. Det senare förhållandet erhålls eftersom returtemperaturen efter radiatorväxlaren (inkommande till förvärmningssteget i VVB) är så högt att tillräcklig temperatur kan lagras in i ackumulatortankarna.

Den skillnad i värmeproduktion som beräkningarna påvisar i detta fall är mindre än vad man kan förvänta. Detta beror på att det aktuella exemplet innebär att temperaturbegränsning inträffar för båda driftfallen. Om radiatorsystemets temperaturnivå varit lägre t ex 80/40 °C istället för ca 80/60 °C ger driftfall 1 möjlighet att ha värmepumpen i drift under hela året medan driftfall 2 fortfarande inneburit reducerad drift vid utetemperaturen lägre än 0 °C utetemperatur.

3 SYSTEM FÖR UTVÄRDERING

3.1 Mätssystem, allmänt

Avsikten med mätssystemet är att kontinuerligt samla in data för att redovisa systemets funktion. Det valda mätinsamlings-systemet uppbyggt på givare anslutna till uppringbara data-loggrar. Mätdata lagras och bearbetas i en centraldator placerad på konsultkontoret.

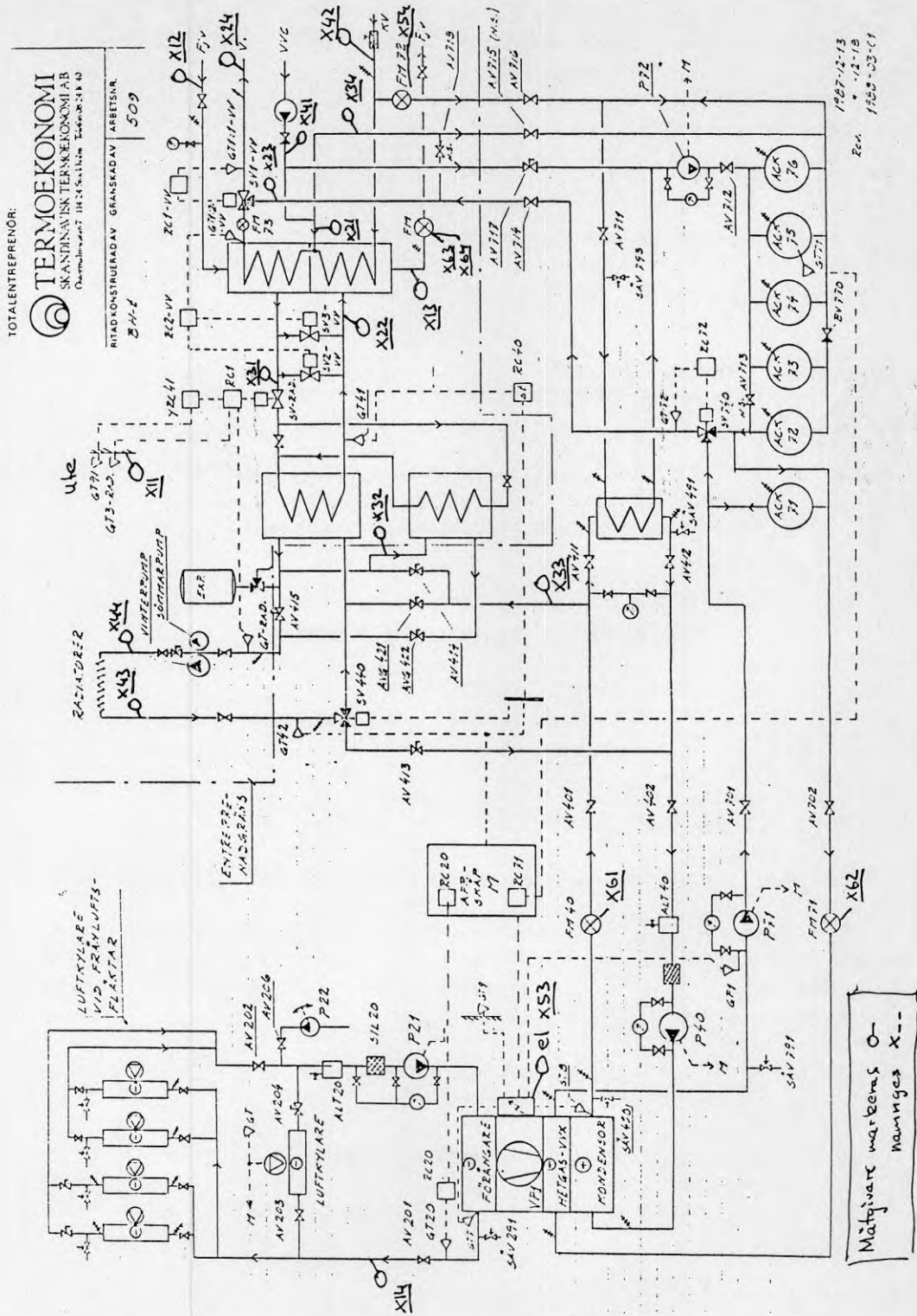
Mätinsamlingssystemet är utvecklat av Stubinen Utveckling (K-Konsult), SIB (Statens Institut för Byggnadsforskning) och Mitec Elektronik AB. Produktnamnet är EF2000 för systemet.

3.2 Givarplacering

Placeringen av givare präglas av möjligheten att utvärdera de olika driftfallen. En sammanställning av de olika givarna ges i nedanstående tabell samt placering i bild 3.1.

Givare Mätt storhet

TU	Utetemperatur
TFF	Framledningstemperatur fjärrvärme
TFR	Returledningstemperatur fjärrvärme
TKB	Köldbärartemperatur
TCA	VVC och KV efter steg 3
TFF3	Fjärrvärme före steg 3
TFA2	Varmvatten från ackumulatorer
TVV	Varmvatten till lägenheter
TFF2	Fjärrvärme före steg 2
TRMX	Framledning radiatorsystem mellan VVX
TRFX	Framledning radiatorsystem före VVX
TFA1	Varmvatten från ackumulatorer
TVC	VVC
TK	KV
TRR	Radiator returledningstemperatur
TRF	Radiator framledningstemperatur
EE	E1 till värmepumpsystemet
FK	Kallvattenflöde till ackumulatorer
EK	Energi värmepumpskondensator
EH	Energi värmepump hetgasvärmväxlare
EF	Energi fjärrvärme
FF	Flöde fjärrvärme



TOTALENTREPRÉNÖR:
TERMÖKONOMI
SKANDINAVISK TERMÖKONOMI AB
Charakteriserat HBT 24.5 kWh/m² år
RITAD/STRUKTURAD AV GRANSKAD AV ARBETSNR.
509
B.M.F.

Bild 3.1

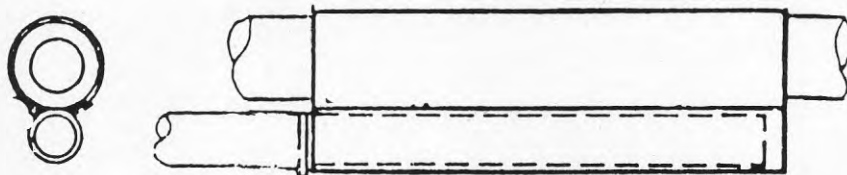
3.3 Givare

3.3.1 Temperatur

Temperaturmätning sker med termistorgivare.

Utetemperaturgivare är applicerad med strålningskydd på yttervägg. Temperaturgivarna i rörsystemet är applicerade som anliggningsgivare. Montaget har utförts med kontaktpasta, "slangklämmor" samt överisolering. Metoden är utprovad på SIB (Statens Institut för Byggnadsforskning) och visar mycket liten avvikelse vid långsamma förlopp.

Av bild 3.2 framgår montaget.



Rörskål för isolering tillkommer

Bild 3.2

3.3.2 Värmemängd

Värmemängdsmätning sker genom nyttjande av befintliga mätare.

Fjärrvärmeenergi/flöde mäts med Stockholm Energi's abonnentmätare. Mätaren är av typen SVME-62-3-6-0-1-3-1. Mätaren har kompletterats med potential fria reläer för pulser för energimängd och flöde (SVMZ-93-41).

Kallvattenflödet till ackumulatorerna mäts med flödesmätare med potentialfrikontakt för pulser.

Energimängden som produceras med värmepumpen mäts överkondensorn och hetgasvärmväxlare med två separata mätare av typen SVME-90-140-141T. Integreringsverken ger pulser på ca 6 volt på min 40 ms.

3.3.3 El

Mätning av elenergi till värmepumpsystemet sker med en elmätare av typen Danubia G746hJ6. Mätaren är utrustad med ett separat potentialfritt relä för pulser. Mätaren är abonnemangsmätare hos Stockholm Energi.

3.4 Mätlogger

Den mätlogger som utnyttjas för mätningarna är utvecklad av Mitec Elektronik AB (Säffle). Två typer av loggrar används. MTM 200 för temperaturgivare och PM 200 för pulsgivare. Data för loggrarna framgår av nedanstående tabell:

Tekniska data

Minneskapacitet	800 mätvärden
Antal kanaler	4
Registreringsintervall	1, 5, 15, 30 min. 1, 2, 4, 6, 8, 12, 24 tim
Givartyp	Termistor
Onoggrannhet, typisk	+/- 0.1 °C exkl givare, +/- 0.3 °C inkl givare
Mätområde	- 40 till + 120 °C.
Display	6 tecken LCD.
Utgångar	Printer/plotter, dator V24/RS232C 1200 baud. Modem, autoanswer CCITT V23. Manöverkontakt (endast MTM200) 220V/2A.
Matningsspänning	9VDC, batterityp IEC L6F22. Batterilivslängd 2-4 månader. Nät: 220V AC (endast MTM200)
Omgivningstemperatur	0 till + 50 °C.
Kapsling	MTM20: Plastlåda, 180x100x30 mm. MTM200: ABS-plast, skyddsklass IP65, 193x181x82 mm.

Mätloggrarna innehåller inbyggda telefonmodem för telekommunikation över uppringd telefonlinje. Inkopplingen på telenätet sker i kaskad på ett nyinstallerat telefonabonnemang i värmeundercentralen.

Minnesutrymmet i loggrarna (200 mätvärden/kanal) ger möjlighet att samla in data för max 200 timmar (vid 1 timmes sampling) mellan uppringningar från centraldator.

Minnet uppdateras kontinuerligt och innehåller följaktligen hela tiden de senaste 200 timmarnas mätvärden.

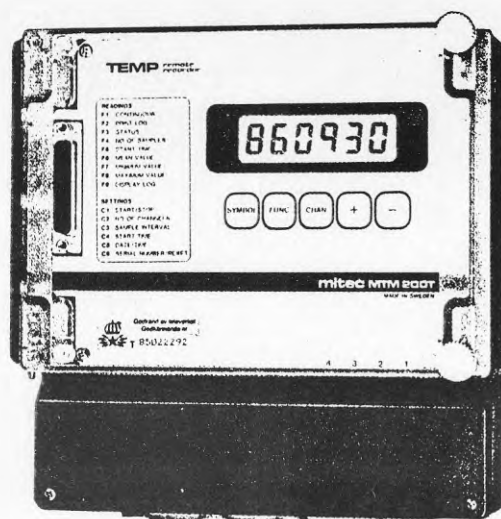


Bild 3.3 Datalogger

3.5 Kommunikations- och analysprogramvara

Insamlingen av mätdata från mätloggrarna i anläggningen sker via uppringd telefonlinje. Under mätningarna nyttjas programvaran EF2000 för kommunikation och analys. Programmet styr när och hur kommunikation skall ske mellan centraldator och mätloggrar. Mätvärdena lagras på centraldatorns Winchester disk, samt varje vecka på floppydisk som backup.

Mätvärdena lagras i binär-format för att minska lagringsutrymmesbehovet. (Ett års mätningar kräver att ca 200.000 mätvärden lagras).

Redovisning och analys av mätvärdena kan ske med programvara i EF2000. Vid tidpunkten för analys av mätvärdena var projektet överflyttat till ÅF-Energikonsult. För att kunna analysera mätdata införskaffade därvid ÅF-Energikonsult programvaran ADAGRAPH, vilken i stort är utveckling av EF2000 inom mätvärdesredovisningsområdet.

3.6 Datorutrustning

EF2000 kräver datorutrustning enligt nedan:

Systemenhet IBM AT(II)
Coproprocessor 80287
RAM 2 Mbyte
EGA grafik
TGC modem

ADAGRAPH kräver följande:

Systemenhet IBM XT alt AT (ev kompatibler)
alt COMPAQ
Coproprocessor 8087 alt 80287
SRT alt TGC modem

Kapitel 4 Utvärdering av mätningar

4 ALLMÄNT

Den under perioden mars 1987 till maj 1988 genomförda mätningen har lidit av ett antal olika problem.

Ett av dessa, som hindrat möjligheterna till omställning av driftfall, är att "knäppningar" i vissa radiatorer körts av hyresgäster. Problemet härleder till den varmvatten "propp" som blir då varmt vatten från kondensorn kommer ut ur radiatorledningen vid växling av värmepumpnyttjande från varmvattenvärmningen till radiatorväxling. Hyresgästernas klagomål stoppade driftfallsomställningarna. Ställmotor för tre-vägs ventil byttes ut mot en långsammare. Detta problem störde driften fram till december 1988. Utöver detta har ett antal mindre justeringar och ombyggnader tvingats göras för att få anläggningen att fungera.

4.01 Mätperioden

I och med de störningar som funnits i systemfunktionen har inte kontrollerade driftfallskörningar kunnat utföras förrän i slutet av december 1987.

Under perioden december 1987 till mars 1988 utfördes kontrollerade driftfallskörningar. Utetemperaturen har under vinterperioden varit mycket jämn runt 0 °C, se bild 4.0.1.

Detta har gjort att det har gått att köra de olika driftfallen under mycket liknande betingelser. Problemet med perioden (och vintern 1987-88) är att den var mycket varmare än normalt och gav följaktligen inga möjligheter till studier av drift vid låga utetemperaturer.

Mätsystemet har samlat mätdata timmesvis under ca 14 månader (ca 220.000 mätvärden). Driftstörningar har skett under fyra perioder, två av dessa berörs av åsknedslag, ett sannolikt på elektriskt handverktyg och ett på grund av datorbortfall. Den totala perioden av saknade mätvärden är ca 10 % av mätperioden.

Under perioden då de kontrollerade driftfallen kördes saknas inga mätvärden.

Ur den totala mätserien har fyra typveckor valts ut. En för respektive driftfall. Typveckorna har valts med kriterierna att inga "onormala" störningar har uppträtt och att utetemperaturen varit mellan -5 °C och +5 °C. I bild 4.0.1, vilken redovisar utetemperaturen, har de olika typveckorna markerats.

I bild 4.0.2 visas värmepumpens funktion under perioden med de olika typveckorna markerade.

ÄF-ENERGIKONSULT utetemp

1987-Dec-26 00:00 -- 1988-Mar-31 00:00

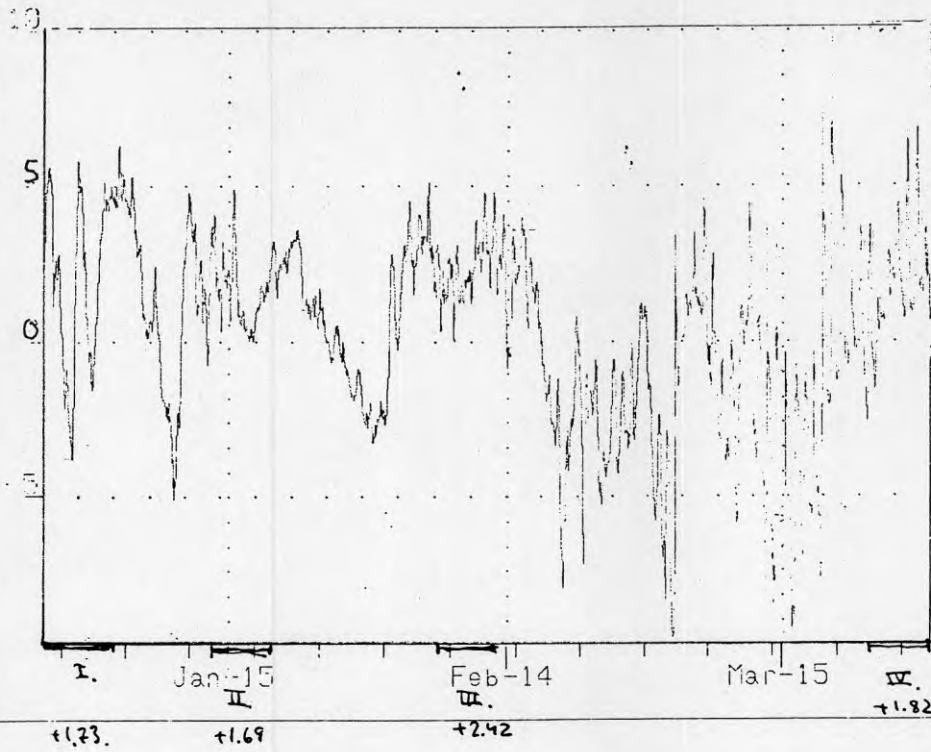


Bild 4.0.1

ÄF-ENERGIKON

VÄRMEPUMP

1987-Dec-26 00:00 -- 1988-Mar-31 00:00

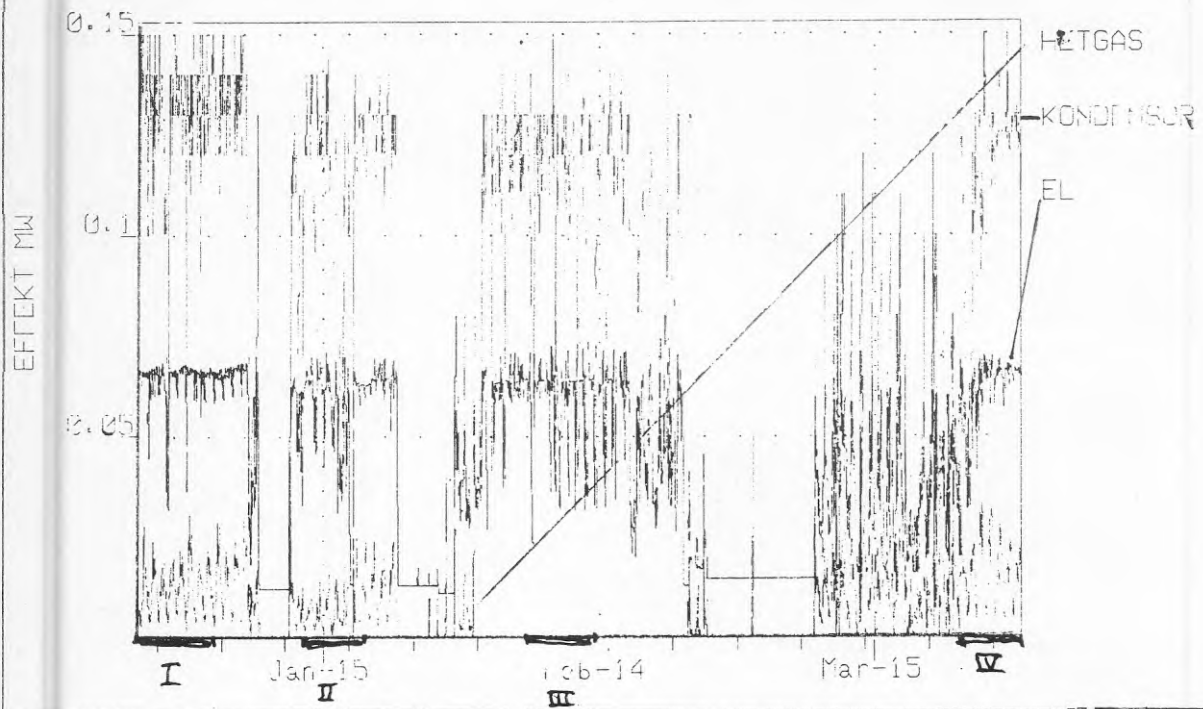


Bild 4.0.2

4.1 Driftfall 1

4.1.1 Allmänt, typvecka

I typveckan som är utvald är den 26 december 1987 - 2 januari 1988.

Utetemperaturen under perioden varierar mellan -5 och +6 °C med ett medelvärde på +1,73 °C.

Systemtemperaturen på fjärrvärme resp radiatorsystem framgår av bild 4.1.1 och 4.1.2.

Driftfallet har lidit av två ej förutsedda problem:

- 1) Driftfallet skulle enligt tidigare funktionsbeskrivning innebära att tappvarmvattnet primärt produceras med värmepumpen. Detta innebär att då varmvattentemperaturen efter sv.vv blir för låg skall blandning ske med fjärrvärmevämt varmvatten. För att VVC skall fungera finns en ledning via AV 717 till ackumulatorerna.

En ej förutsedd effekt av denna lednings anslutning till fjärrvärmens tappvarmvattenväxlare (mellan steg 1 och steg 3) är att baklängescirkulation över steg 1 samt normal cirkulation över steg 3 pågår periodvis då P72 går. Det medför att ackumulatorrening delvis laddas med fjärrvärmevämt vatten.

- 2) Trevägsventilen SV440 vilken är kopplad i fördelning för att kunna skifta värmeproduktionsalternativ för radiatorkretsen mellan förvärmning av värmepump och eftervärmning av fjärrvärme och enbart fjärrvärmevärmning. Denna ventil har inte växlat driftfall fullt ut, dvs stängt den ena porten och öppnat den andra, utan den har hamnat i läge där den stått och läckt vatten i den port som borde vara stängd.

De båda ovanstående driftstörningarna har haft till följd att värmepumpens funktion har blivit sämre än vid avsedd drift samt att fjärrvärmens returtemperatur har blivit lägre än vid avsedd drift.

Energiförbrukningen för veckoperioden framgår av bild 4.1.3. Den totala energiförbrukningen är 58,81 MWh. Av detta producerar värmepumpen 41,2 % eller 23,41 MWh med en medelvärmefaktor på 2,63.

Under natten 29-30 december reglerar värmepumpen ned, sannolikt på grund av att returtemperaturen i värmesystemet stiger upp mot 48 °C. Värmepumpen levererar maximalt ut 50,5 °C och en förhöjd returtemperatur vid ett givet vattenflöde kan endast kompenseras med nedreglering av värmepumpeffekten.

1987-Dec-26 00:00 --1988-Jan-02 00:00

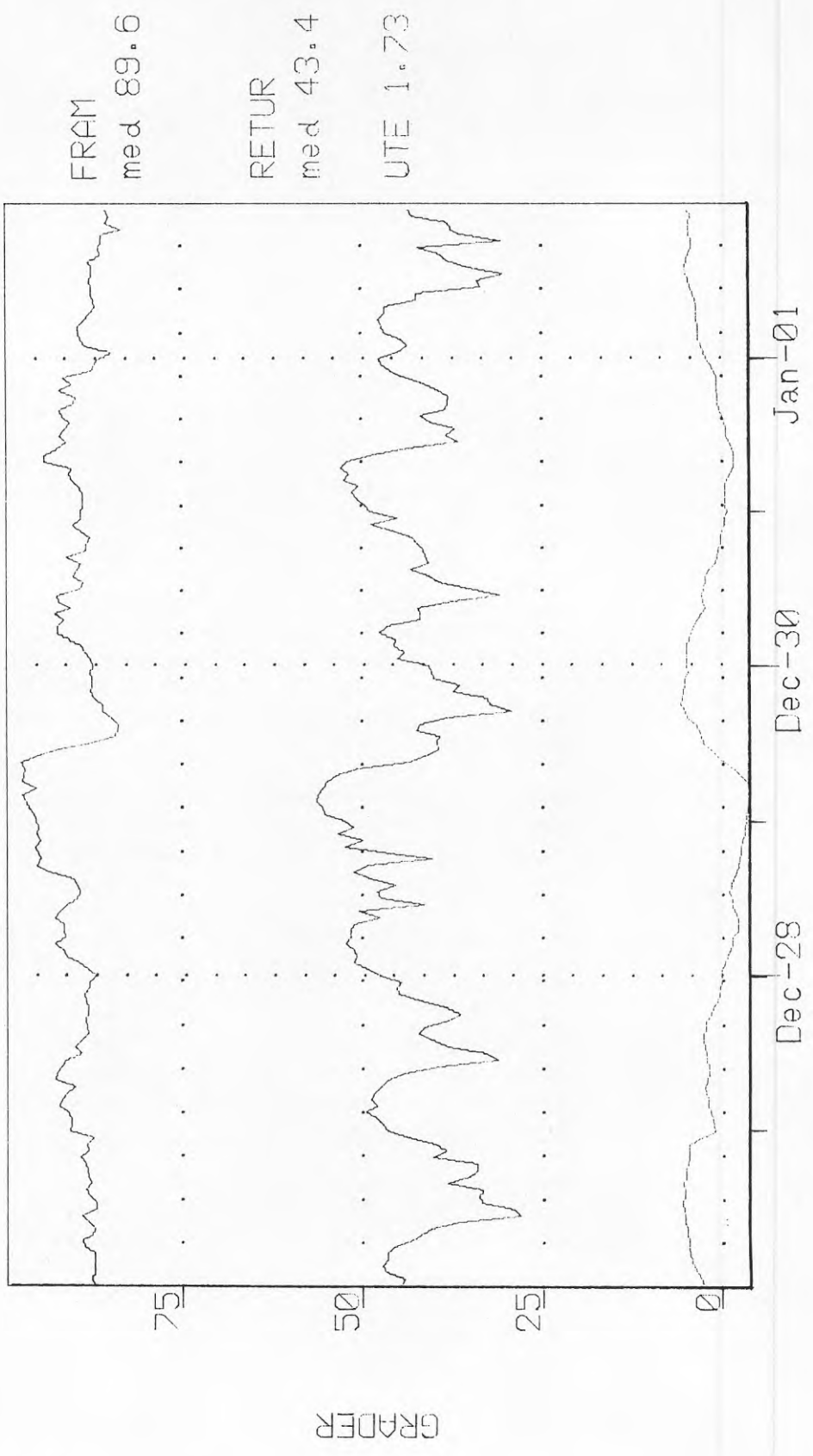


Bild 4.1.1

ÁF-ENERGIKONSULT FRAM-RETUR SEKUNÐÉR RADIATOR

1987-Dec-26 00:00 -- 1988-Jan-02 00:00

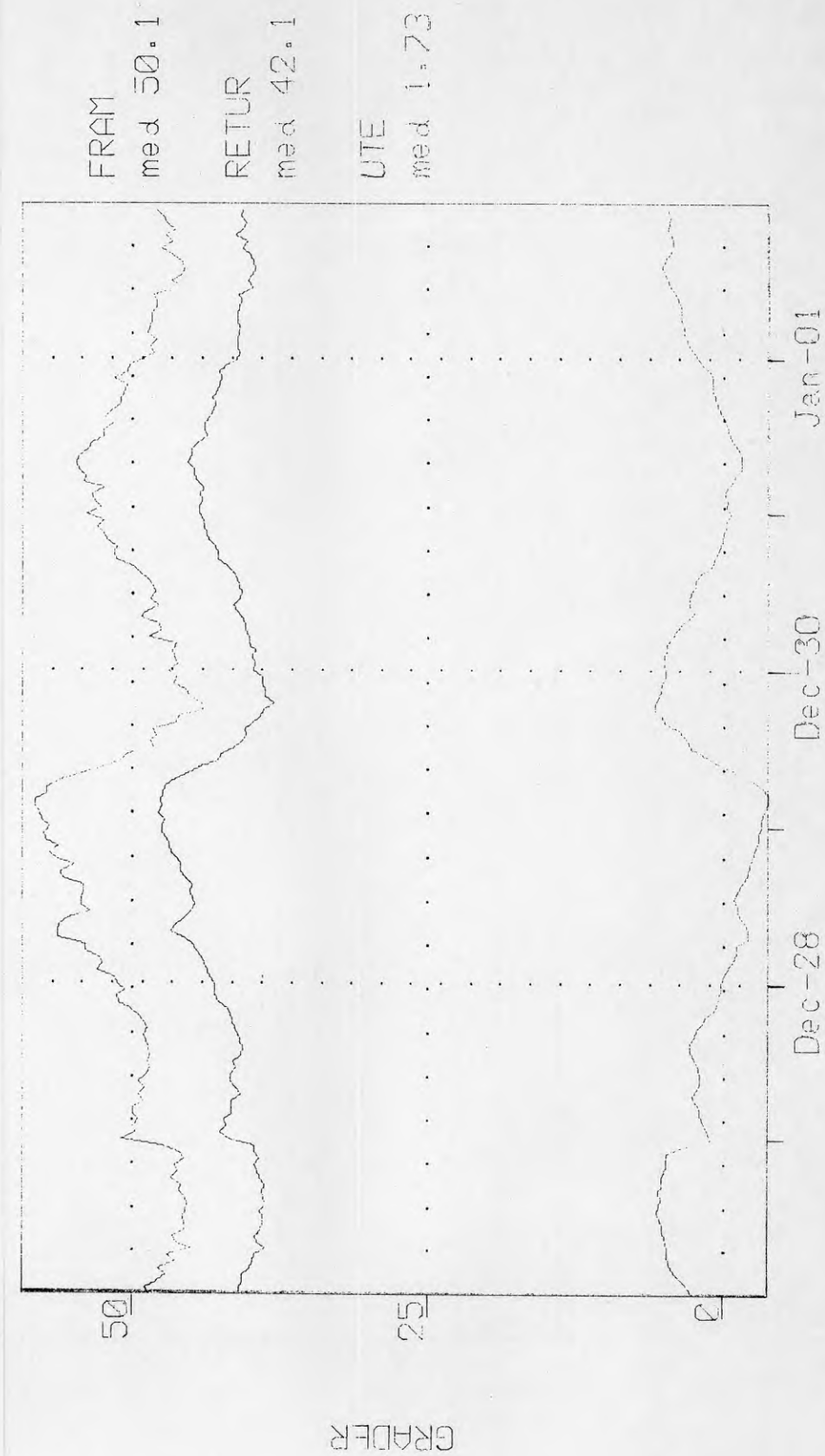


Bild 4.1.2

ÅF-ENERGIKONSULT ENERGI FÖRBRUKNING

1987-Dec-26 00:00 -- 1988-Jan-02 00:00

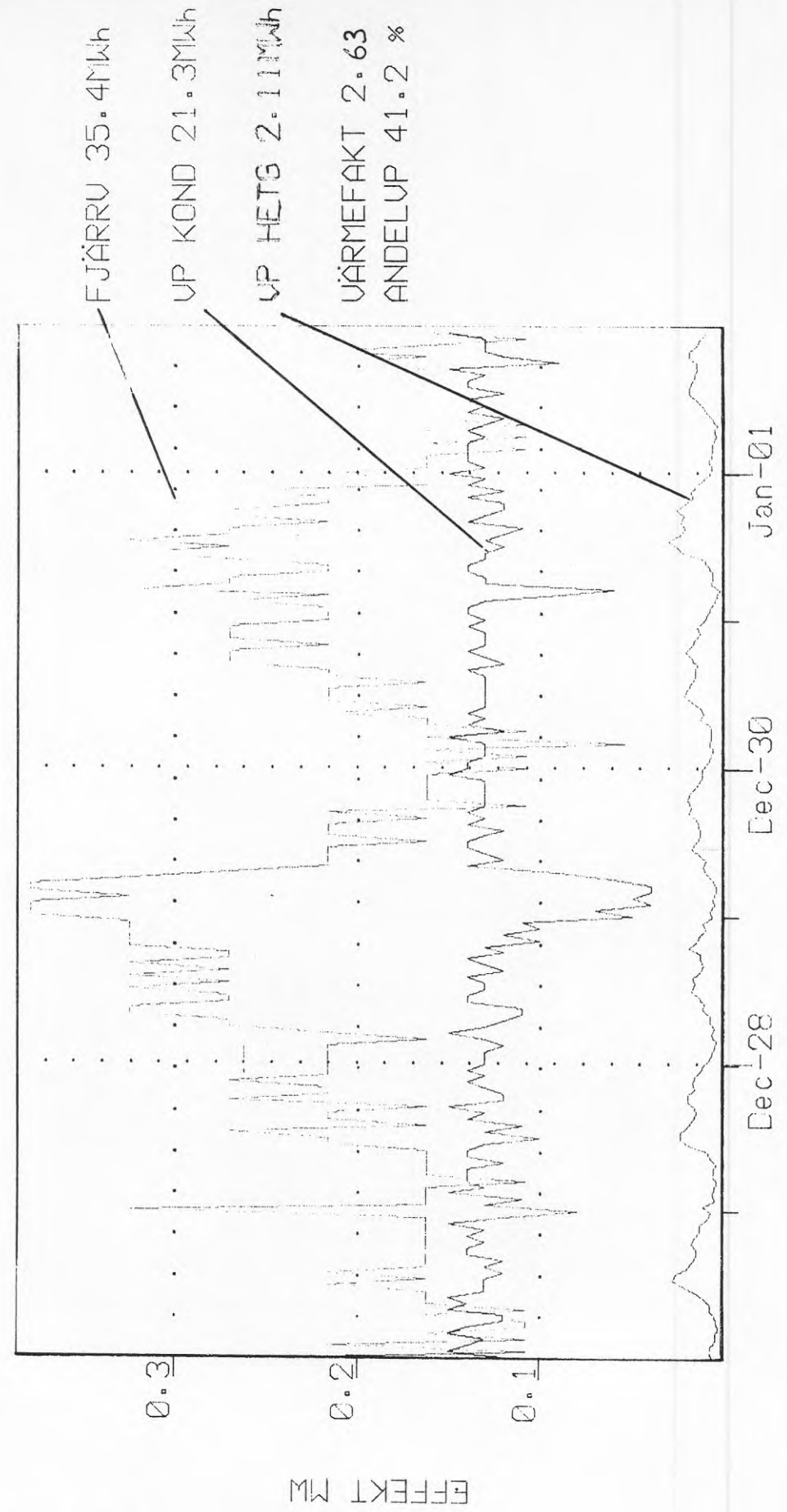


Bild 4.1.3

4.1.2 Returtemperatur, fjärrvärme

Returtemperaturen för fjärrvärmenätet varierar mellan 27 °C och 57 °C med ett rakt medelvärde på 43,4 °C (se bild 4.1.4). Den låga returtemperaturen gäller normalt dagtid vid tappvattenförbrukning medan den högre gäller nattetid då enbart värmesystemet belastar effektuttaget.

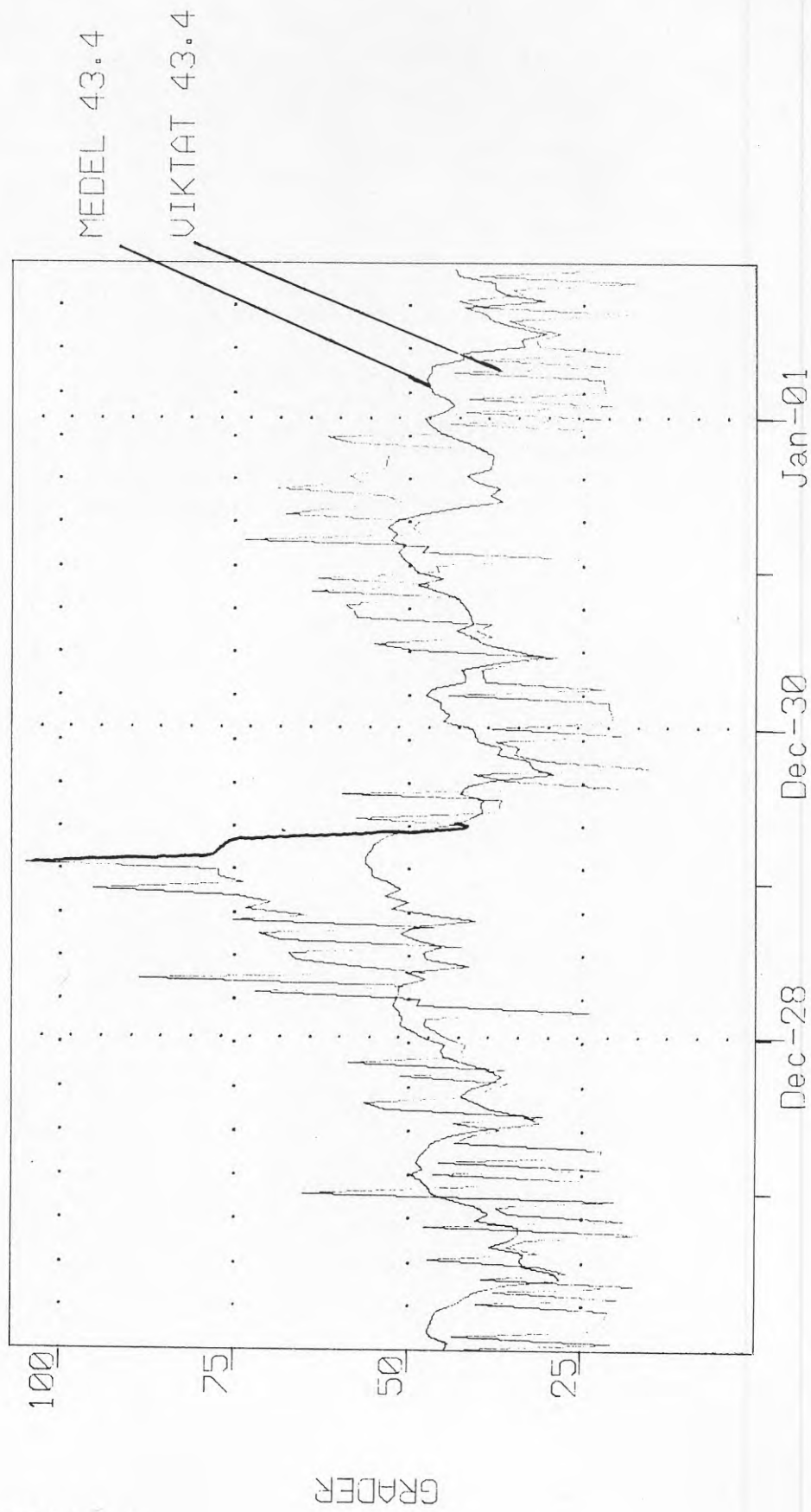
Viktas returtemperaturen mot det i varje tidpunkt rådande fjärrvärmeflödet samt delas med medelflödet i perioden fås en returtemperaturkurva som innehåller en värdering av returtemperaturen i vattenmängd vid varje tidpunkt.

I den viktade kurvan framgår utetemperaturberoendet kraftigare, på grund av att effektuttaget ökar (läs flödet) parallellt med att returtemperaturen höjs vid lägre utetemperatur. Dag- och nattvariationer minskar, på grund av det låga flödet nattetid minskar värdet av den relativt höga returtemperaturen vid dess tidsperiod samt det omvända förhållandet dagtid.

ÁF-ENERGIKONSULT VIKTAD RETUR TEMP

1987-Dec-26 00:00 --1988-Jan-02 00:00

Bild 4.1.4



4.1.3 Energiförbrukning

Den totala energiförbrukningen för perioden är 58,81 MWh (värme och varmvatten).

Av detta produceras 23,4 MWh av värmepumpen. I värmepumpen avges 21,3 MWh i kondensorn (dvs en medeleffekt på 127 kW) samt 2,11 MWh i hetgasvärmväxlaren (dvs en medeleffekt på 13 kW).

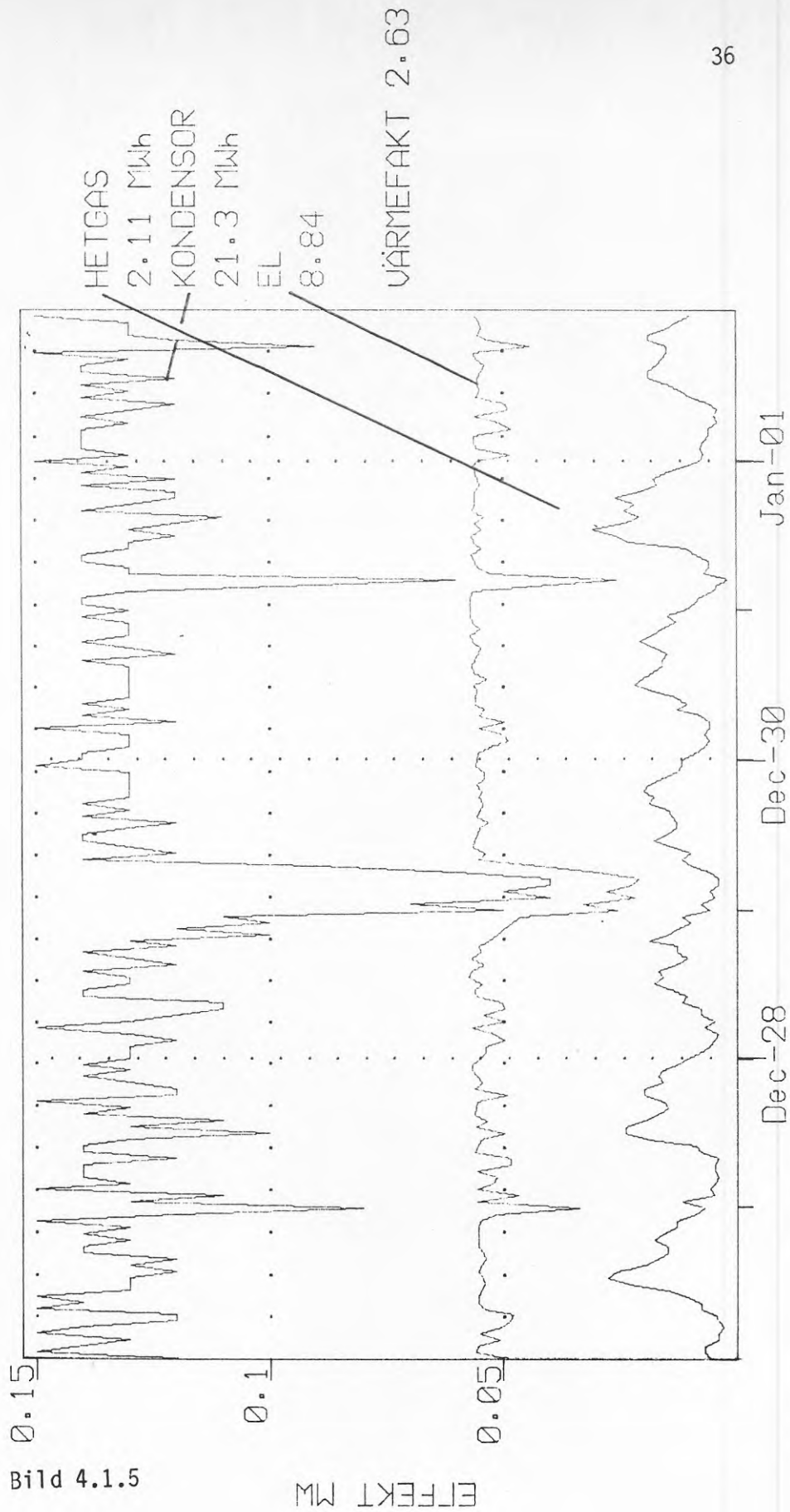
För denna värmeavgivning krävs 8,84 MWh el (dvs en medeleffekt på 53 kW) vilket ger en medelvärmefaktor på ca 2,63.

Ur bild 4.1.5 kan effektagivning samt eleffekt för typveckan utläsas.

Värmepumpen har tvingats till nedreglerad drift under några perioder sannolikt till följd av höga radiatorreturtemperaturer. Bild 4.1.6 visar radiatorreturtemperatur (TR) som funktion av utetemperaturen. Härur kan utläsas att vid 0 °C fås 44 °C och vid -4 °C fås 48 °C. Värmepumpen levererar maximalt ut 50,5 °C till systemet.

Värmepumpens värmefaktor under perioden fås ur bild 4.1.7. Värmefaktorn är relativt konstant förutom vid den nedreglerade driften där en tydlig försämring kan ses.

1987-Dec-26 00:00 -- 1988-Jan-02 00:00

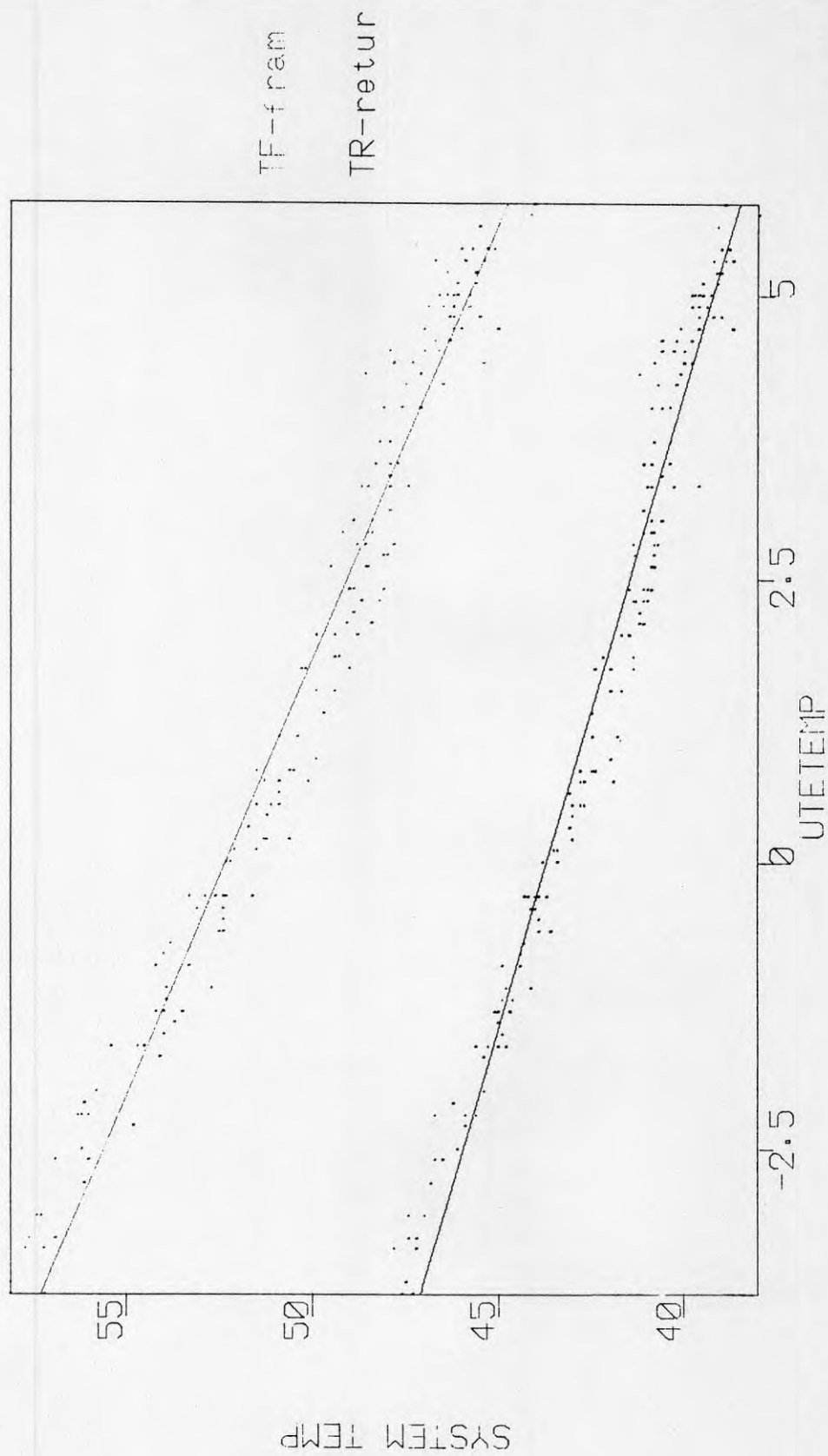


ÅF-ENERGIKONSULT FRAM, RETUR/UTETEMP

RADIATORSYSTEM

1987-Dec-26 00:00 -- 1988-Jan-02 00:00

Bild 4.1.6



ÁF-ENERGIKNSULT UÐRMEFAKTOR

1987-Dec-26 00:00 -- 1988-Jan-02 00:00

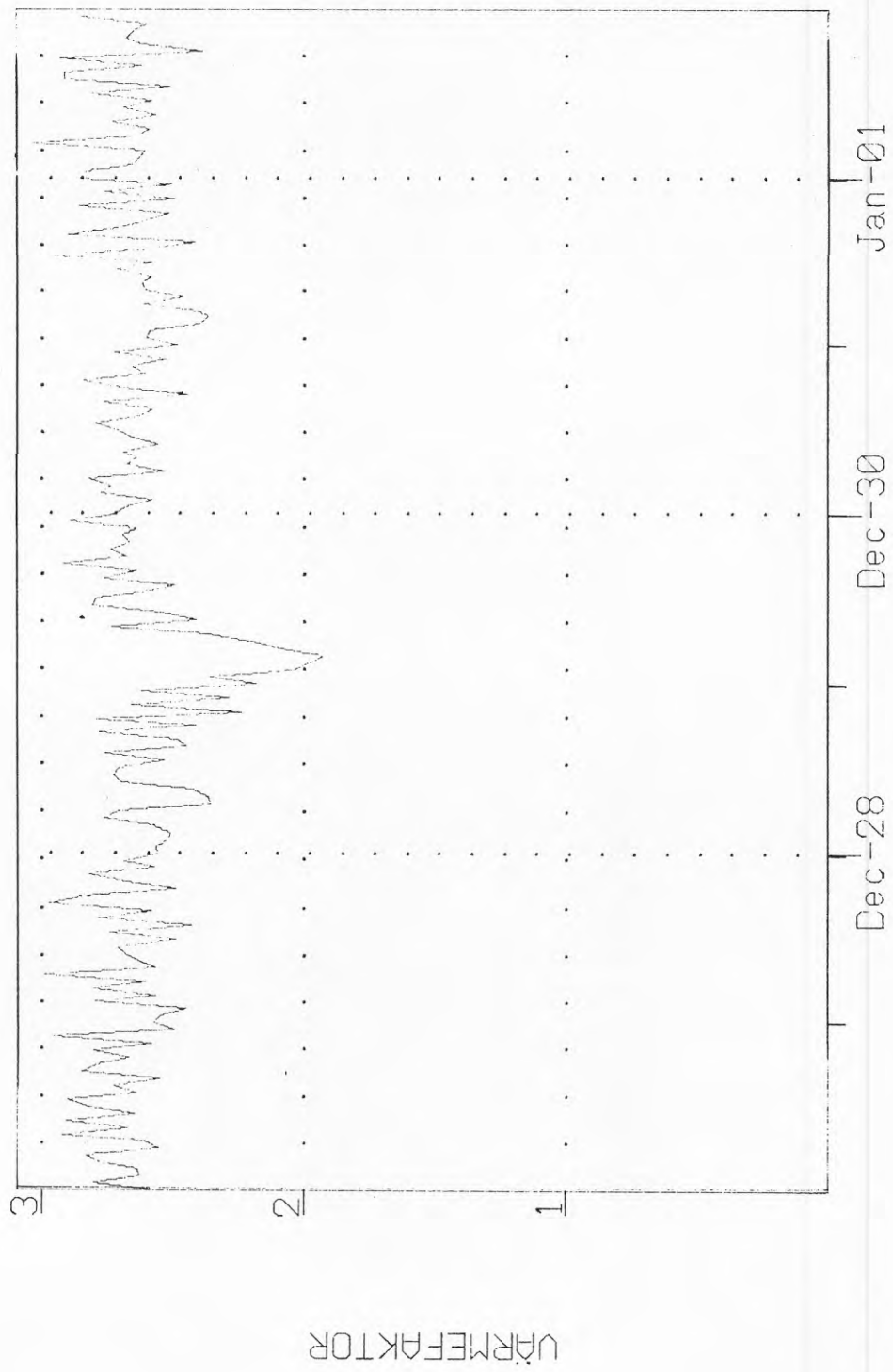


Bild 4.1.7

4.2 Driftfall 2

4.2.1 Allmänt, typvecka

I typveckan som representerar driftfall 2 är den 13 januari - 20 januari 1988.

Utetemperaturen har under perioden varierat mellan 0 °C och +5 °C med ett medelvärde på +1.69 °C.

Systemtemperaturer på fjärrvärme- respektive radiatorsystem framgår av bild 4.2.1 och 4.2.2.

Energiförbrukningen för veckoperioden framgår av bild 4.2.3.

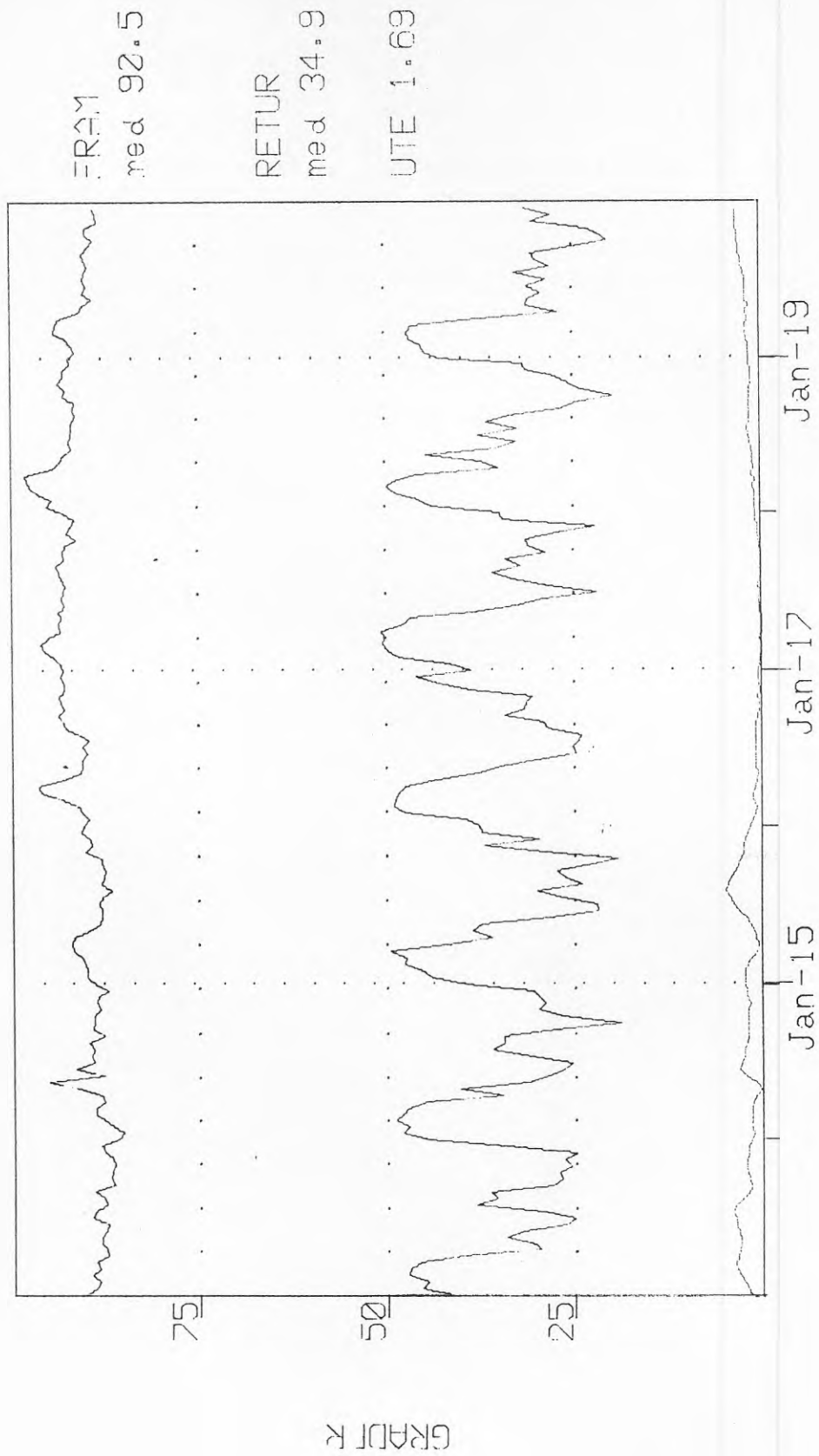
Den totala energiförbrukningen är 60,11 MWh. Av detta produceras 31,5 % av värmepumpen eller 18,71 MWh med en medelvärmefaktor på 2,28.

Värmepumpen har haft ett driftstopp (ca 3 h) under perioden. Den har dessutom gått nedreglerad under flera nätter på grund av höga returtemperaturer i radiatorkretsen.

ÁF-ENERGIKONSULT FRAM-RETUR TEMP PRIMAR

1988-Jan-13 00:00 --1988-Jan-20 00:00

Bild 4.2.1



ÁF-ENERGIKONSULT FRAM-RETUR SEKUNDÄR RÁDIATOR

1988-Jan-13 00:00 --1988-Jan-20 00:00

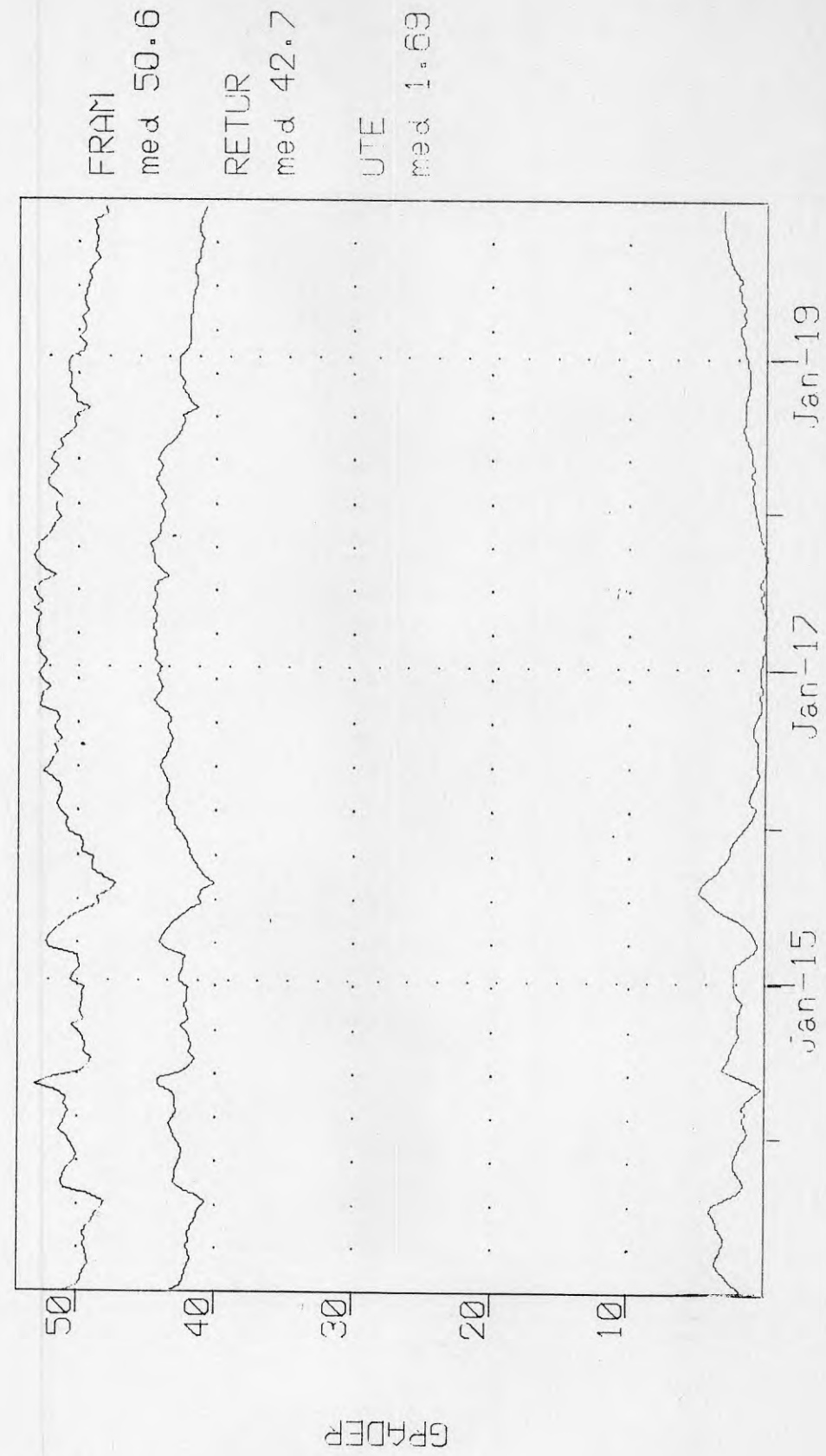
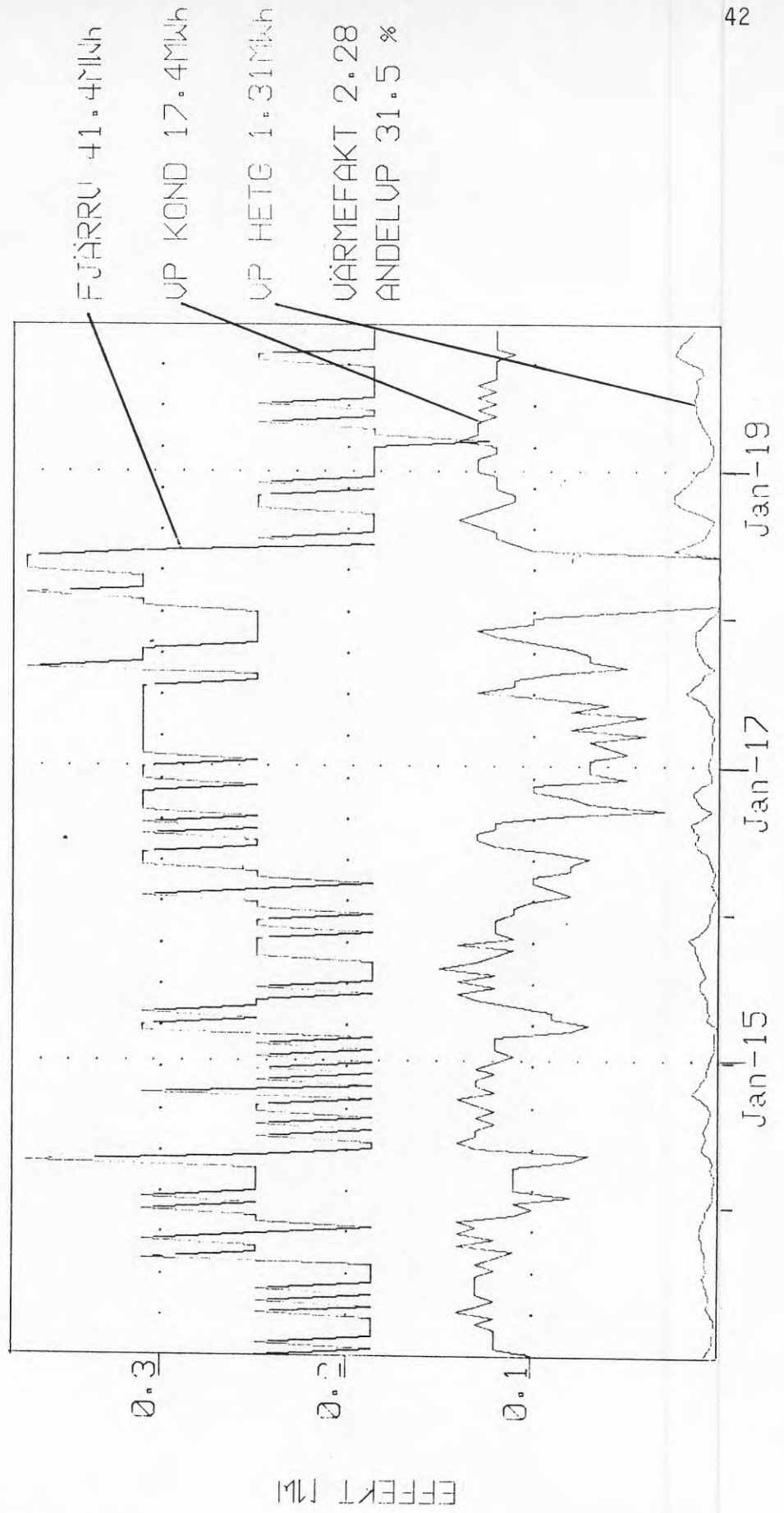


Bild 4.2.2

ÅF-ENERGIKONSULT ENERGI FÖRBRUKNING

1988-Jan-13 00:00 --1988-Jan-20 00:00

Bild 4.2.3



4.2.2 Returtemperatur, fjärrvärme

Returtemperaturen på fjärrvärmenätet varierar mellan 20 °C och 50 °C med ett rakt medelvärde på 34,9 (se bild 4.2.4). Den låga returtemperaturen gäller dagtid och den höga nattetid. Den viktade returtemperaturen ger en dämpning av dag- och nattvariationer samt en ökning av utetemperaturberoendet.

Returtemperaturen ligger klart under driftfall 1. Detta beror på kallvattenkopplingen i fjärrvärme steg 3.

ÁF-ENERGIKONSULT VIKTAD RETUR TEMP

1988-Jan-13 00:00 -- 1988-Jan-20 00:00

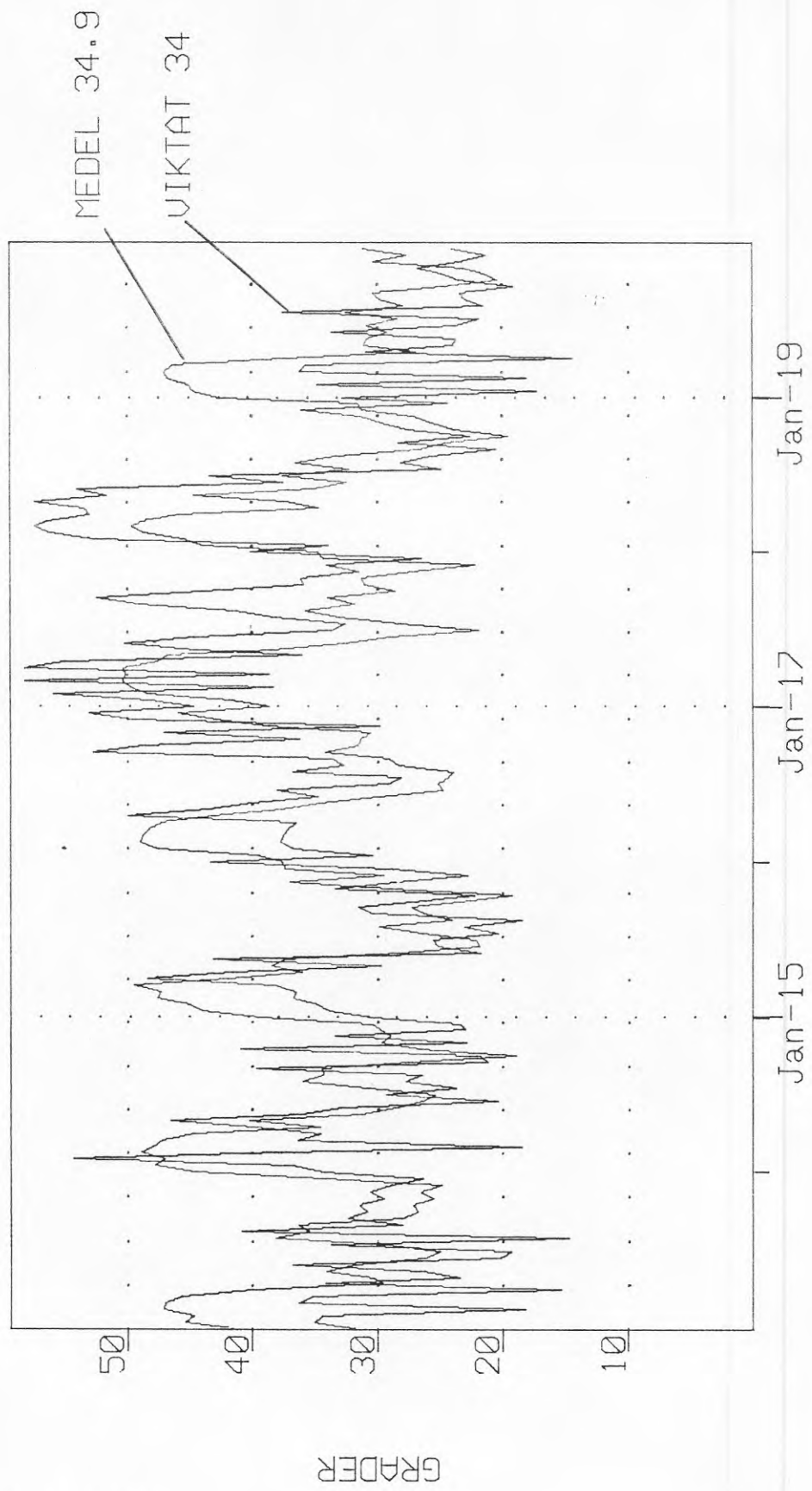


Bild 4.2.4

4.2.3 Energiförbrukning

Den totala förbrukningen för perioden är 60,11 MWh (värme och varmvatten).

Av detta produceras 18,71 MWh och värmepumpen. I värmepumpen avges 17,4 MWh i kondensorn (dvs en medeleffekt på 104 kW) och 1,31 MWh i hetgasvärmväxlaren (dvs en medeleffekt på 8 kW).

För denna värmeavgivning krävs en 7,71 MWh el (dvs en medeleffekt på 46 kW) vilket ger en medelvärmefaktor på ca 2,28.

Ur bild 4.2.5 kan effektagivning samt eleffekt för typveckan utläsas.

Värmepumpen har tvingats nedreglera nattetid sannolikt till följd av hög radiatorreturtemperatur.

Bild 4.2.6 visar radiatorreturtemperaturen (TR) som funktion av utetemperaturen. Härur kan utläsas att vid 0 °C fås 44 °C och vid -4 °C fås 48 °C.

Värmepumpen levererar maximalt 50,5 °C till systemet.

Värmepumpens värmefaktor under perioden fås ur bild 4.3.7. Värmefaktorn är relativt konstant förutom vid nedreglerad och stoppad maskin.

ÄF-ENERGIKONSULT VÄRMEPUMP

1988-Jan-13 00:00 -- 1988-Jan-20 00:00

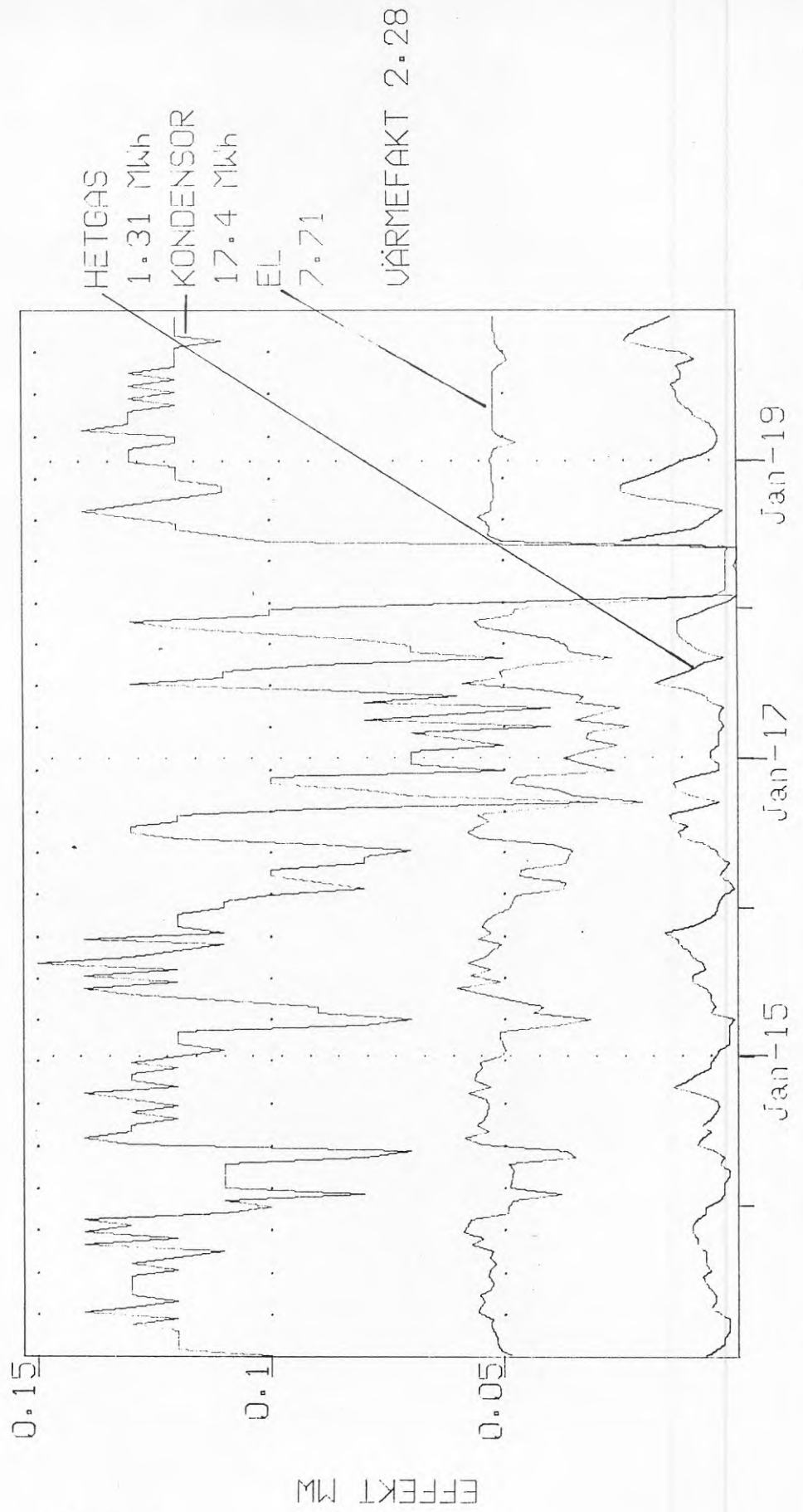


Bild 4.2.5

ÁF-ENERGIKONSULT FRAM, RETUR/UTETEMP

RADIATORSYSTEM

1988-Jan-13 00:00 --1988-Jan-20 00:00

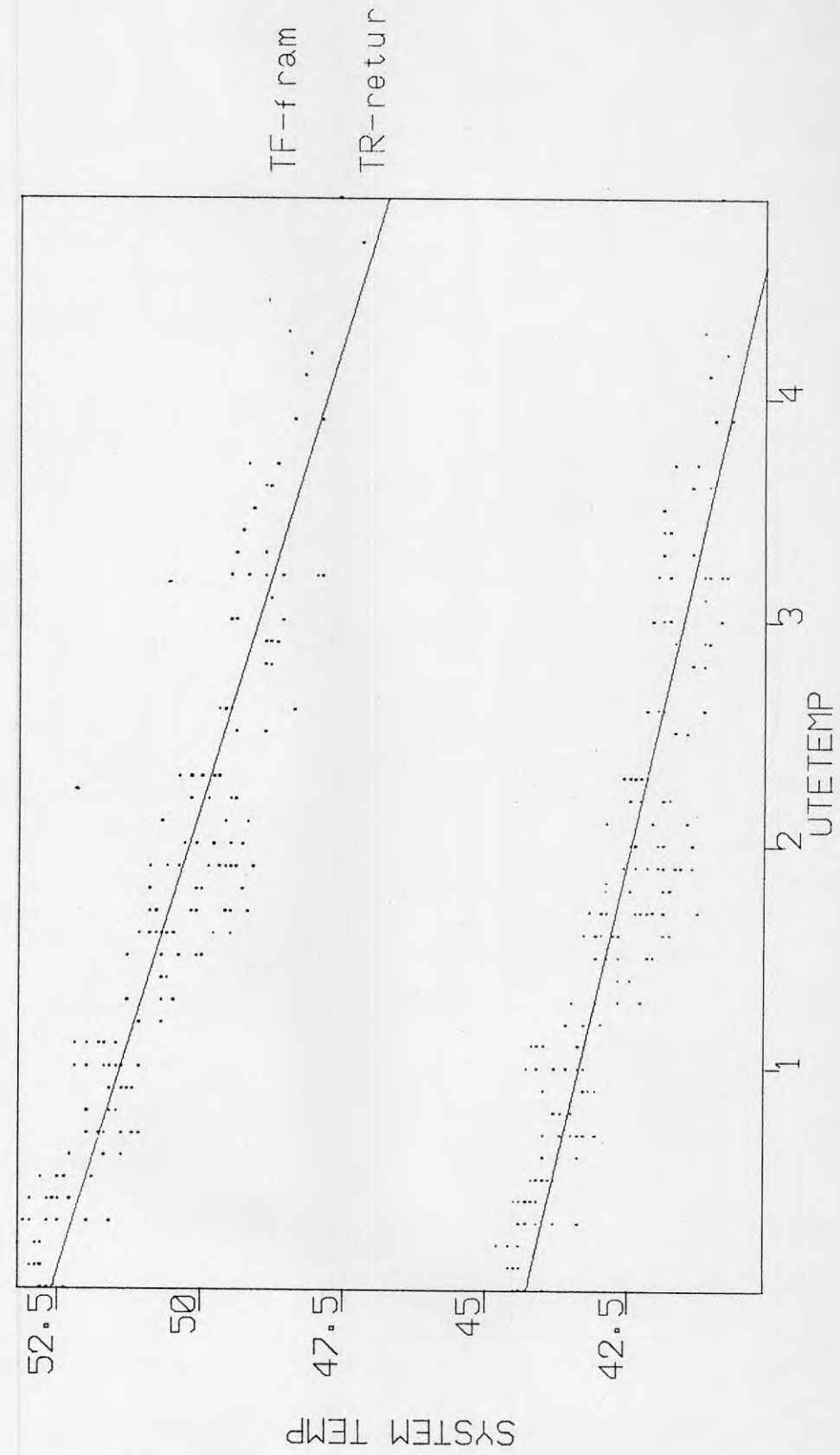


Bild 4.2.6

1988-Jan-13 00:00 -- 1988-Jan-20 00:00

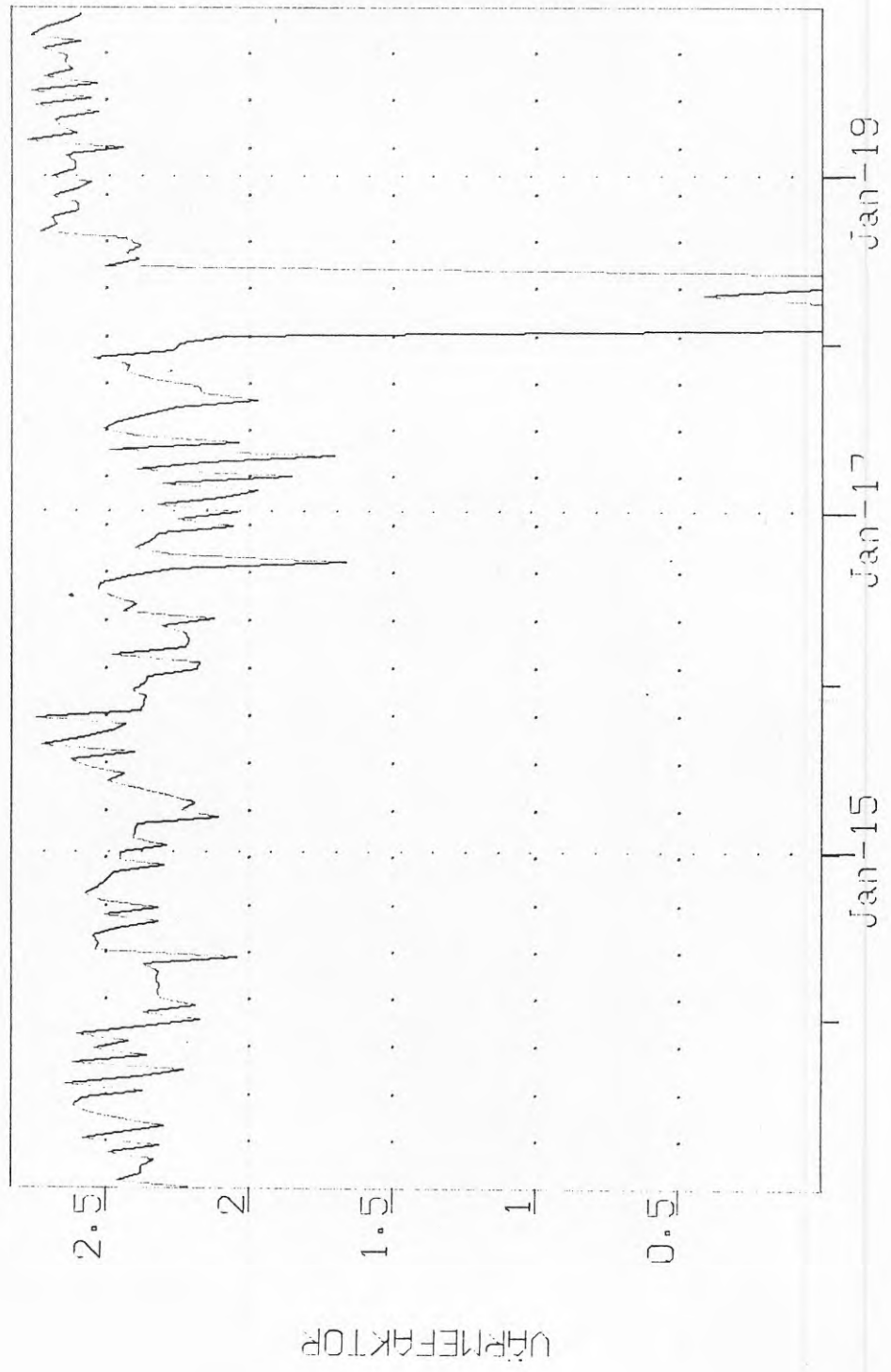


Bild 4.2.7

4.3 Driftfall 3

4.3.1 Allmänt, typvecka

I Typveckan som representerar driftfall 3 utgörs av 5 februari - 12 februari 1988.

Utetemperaturen under perioden har varierat mellan 0 °C och 5 °C med ett medelvärde på +2.42 °C.

Energiförbrukningen för veckoperioden framgår av bild 4.3.3.

Den totala energiförbrukningen är 58,99 MWh av detta producerar värmepumpen 35,6 % eller 20,39 MWh med en medelvärmefaktor på 2,44. Under några nattperioder reglerar värmepumpen ned, sannolikt till följd av för hög returtemperatur och för litet flöde från radiatorkretsen.

Fjärrvärmeförbrukningen hade en kraftig topp natten mellan den 6 och 7 februari. Toppen kan förklaras av att utetemperaturen sjönk hastigt, vilket fick värmepumpen att reglera ned på grund av hög radiatorreturtemperatur, för att i detta läge hålla framledningstemperaturen i radiatorkretsen krävdes denna relativt stora fjärrvärmeeffekt.

ÁF-ENERGIKONSULT FRAM-RETUR TEMP PRIMÄR

1988-Feb-05 00:00 --1988-Feb-12 00:00

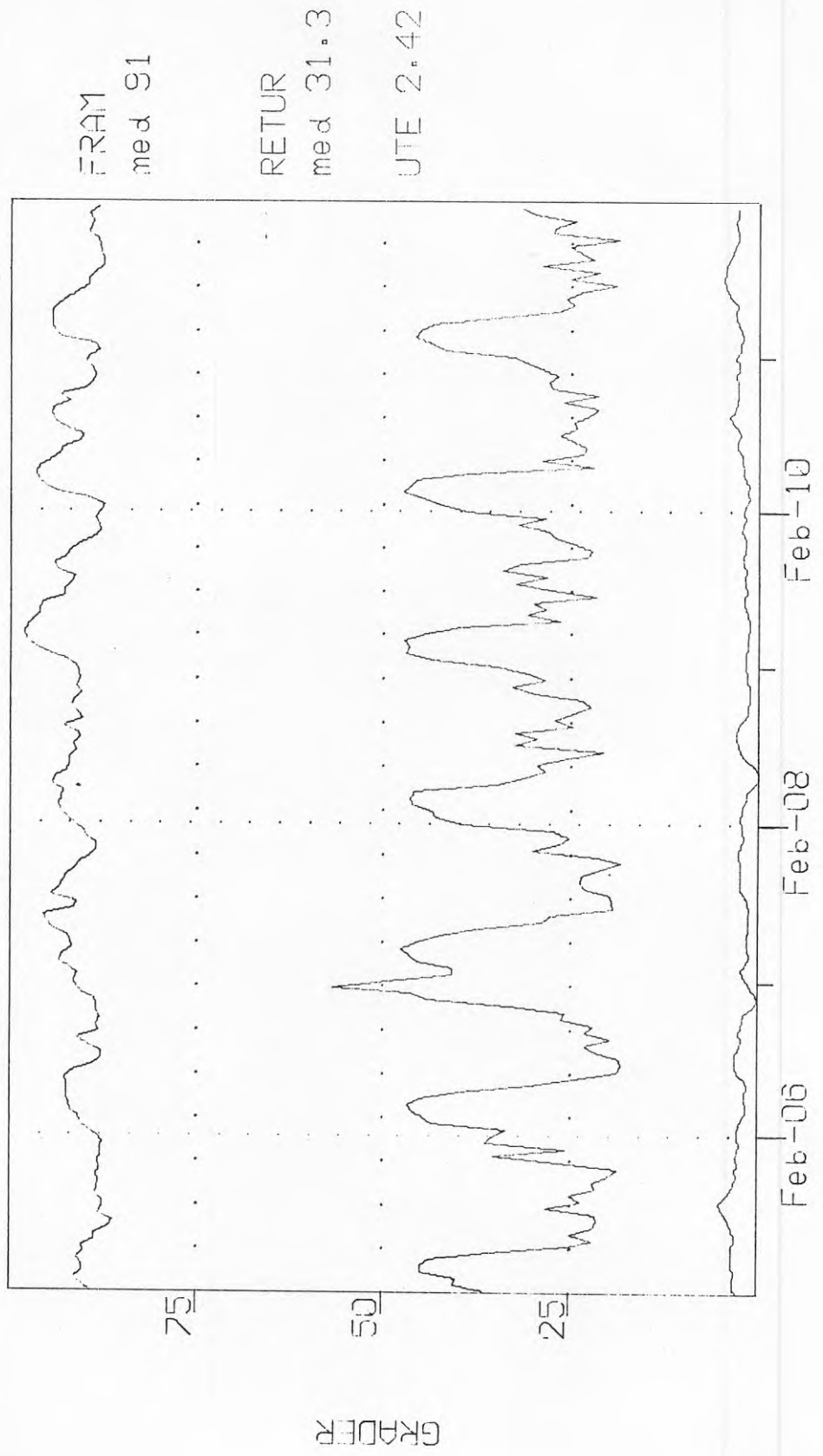
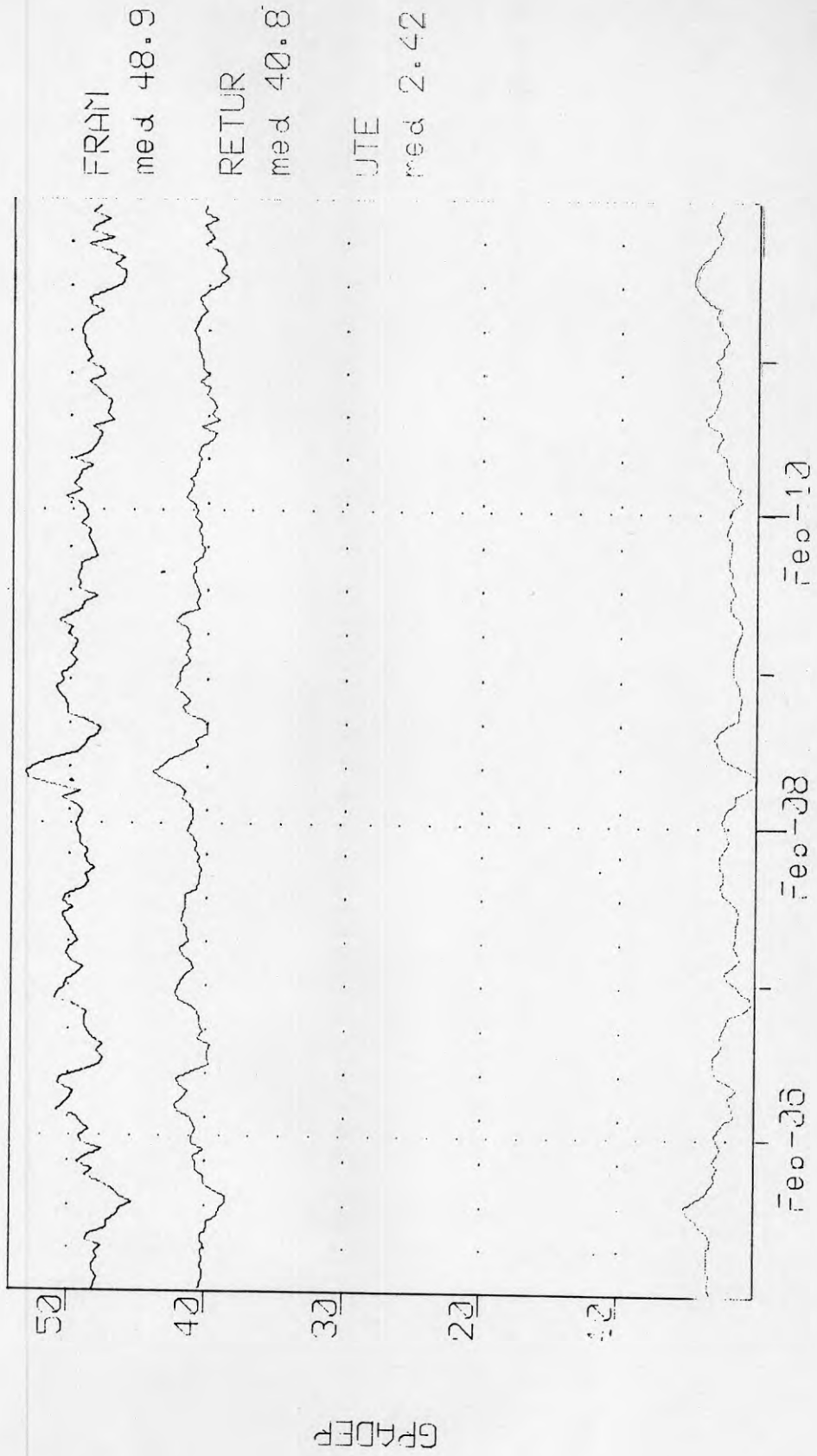


Bild 4.3.1

AF-ENERG.KONSULT FRAM-RETUR SEKUNDÁR RADIATOR

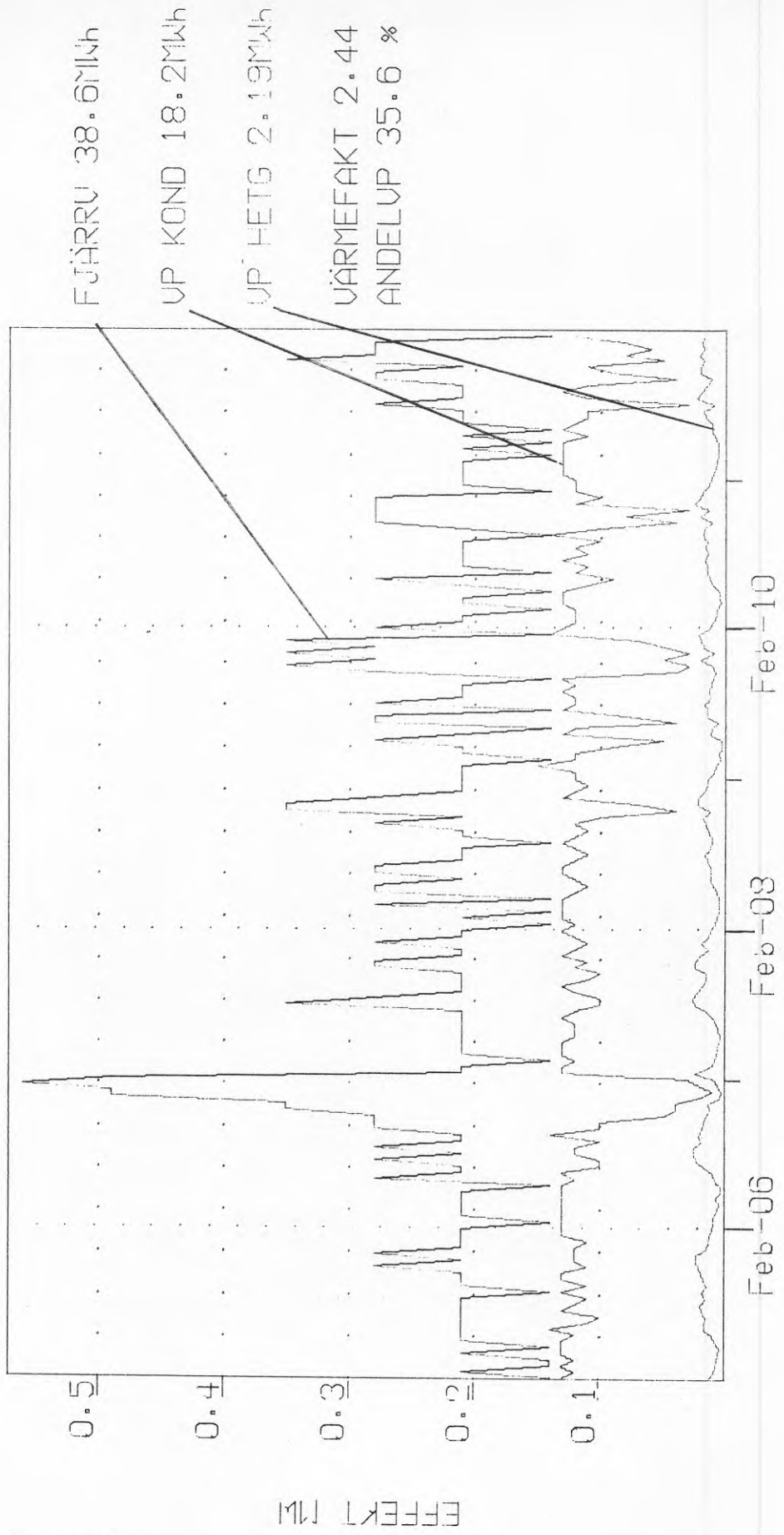
1988-Feb-05 00:00 -- 1988-Feb-12 00:00

Bild 4.3.2



1988-Feb-05 00:00 -- 1988-Feb-12 00:00

Bild 4.3.3



4.3.2 Returtemperatur, fjärrvärme

Returtemperaturen på fjärrvärmenätet varierar mellan 18 °C och 48 °C med ett rakt medelvärde på 31,3 °C (se bild 4.3.4). Den lägre gäller dagtid och den högre nattetid.

Den viktade returtemperaturen ger en dämpning av dag- och nattvariationen. Vid förbrukningstoppen natten mellan den 6 och 7 februari fås en kraftig förstärkning eftersom flödet under denna period varit högt.

Jämförs returtemperaturen med driftfall 2 fås 3,6 - 4,2 °C lägre värde för driftfall 3.

Radiatorsystemets returtemperatur är ca 1,9 °C lägre i driftfall 3. Detta ger en jämförbar fjärrvärmereturtemperatur på 2,1 - 2,7 °C lägre än i driftfall 2.

ÁF-ENERGIKONSULT VIKTAD RETUR TEMP

1988-Feb-05 00:00 --1988-Feb-12 00:00

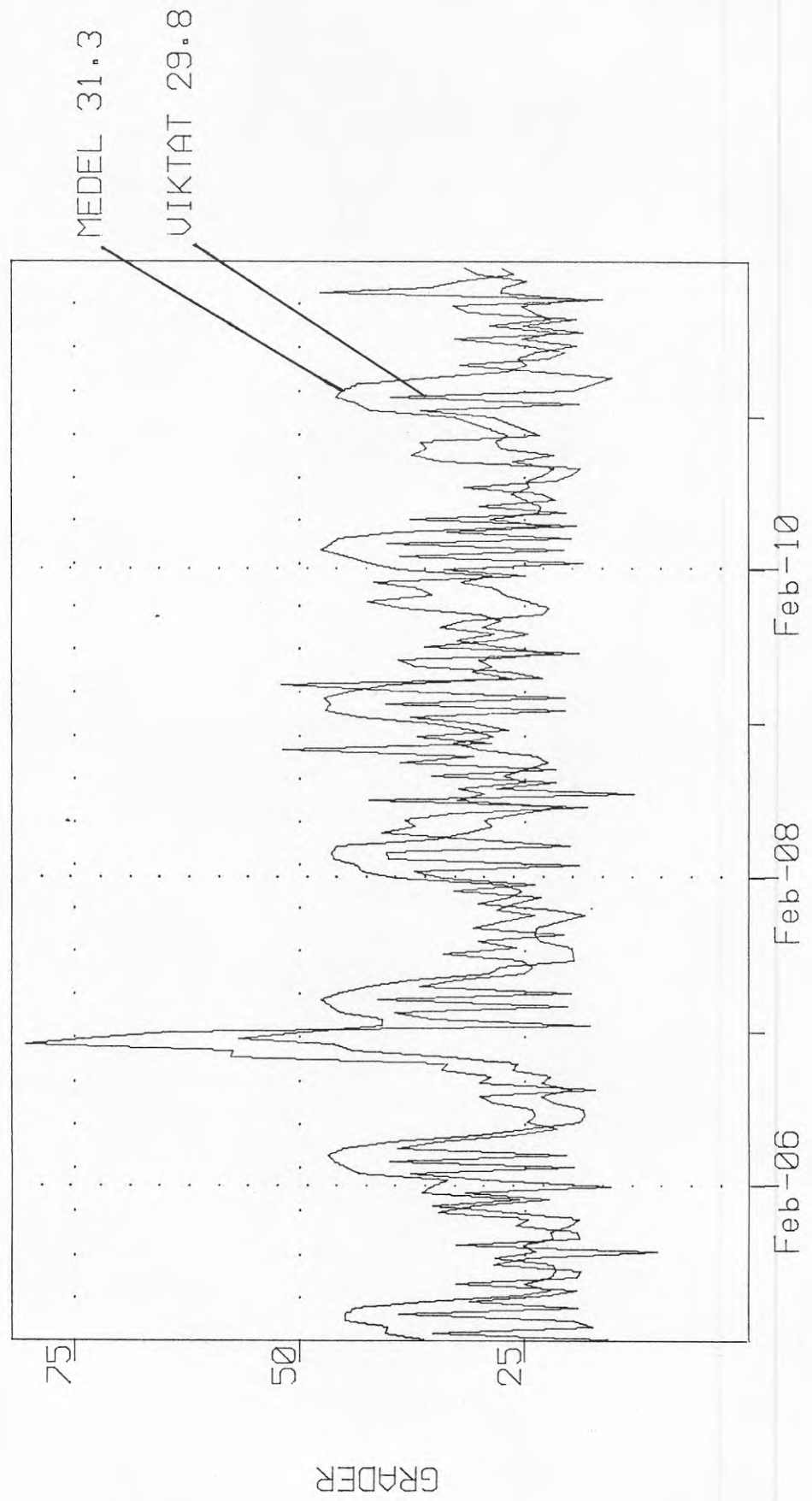


Bild 4.3.4

4.3.3 Energiförbrukning

Den totala energiförbrukningen för perioden är 58,99 MWh (värme och varmvatten).

Av detta produceras 20,39 MWh av värmepumpen. I värmepumpen avges 18,2 MWh i kondensorn (dvs en medeleffekt på 108 kW) och 2,19 MWh i hetgasvärmväxlaren (dvs en medeleffekt på 13 kW).

För denna värmeavgivning krävs 8,21 MWh el (dvs en medeleffekt på 49 kW) vilket ger en medelvärmefaktor på ca 2,44.

Ur bild 4.3.5 kan effektagivning för typveckan utläsas.

Värmepumpen har tvingats att nedreglera nattetid sannolikt till följd av hög radiatorreturtemperatur samt ett lågt radiatorflöde.

Bild 4.3.6 visar radiatorreturtemperaturen (TR) som funktion av utetemperaturen. Härur kan utläsas att vid 0 °C fås 43 °C och vid -4 °C fås 46,5 °C.

Värmepumpen levererar maximalt 50,5 °C till systemet.

Värmepumpens funktion påverkas av att fjärrvärmväxlaren steg 3 förvärmer kallvatten till ackumulatorerna. Detta fenomen kan studeras, bild 4.3.61. T2 (vv mellan 1,3) avser temperaturen på det förvärmade kallvattnet efter steg 3 i fjärrvärmväxlaren. Temperaturen varierar kraftigt till följd av tappningsvariation (flödet) samt fjärrvärmeuttaget över radiatorvärmväxlaren. Dagtid förvärms vattnet till 40 °C, nattetid kan temperaturen stiga upp mot 70 °C. Den höga natttemperaturen förklaras genom att ingen förbrukning råder samt att en viss värmeledning sker från fjärrvärmväxlaren steg 1 där temperaturen är ca 90 °C.

Fjärrvärmväxlarens steg 3 tar ca 80 % av tappvarmvattenvärmingen vid denna koppling vid ca +2 °C utetemperatur.

Värmepumpens värmefaktor under perioden fås ur bild 4.3.7.

Värmefaktorn är relativt konstant förutom vid den nedreglerade driften då en kraftig försämring fås.

1988-Feb--05 00:00 ---1988-Feb--12 00:00

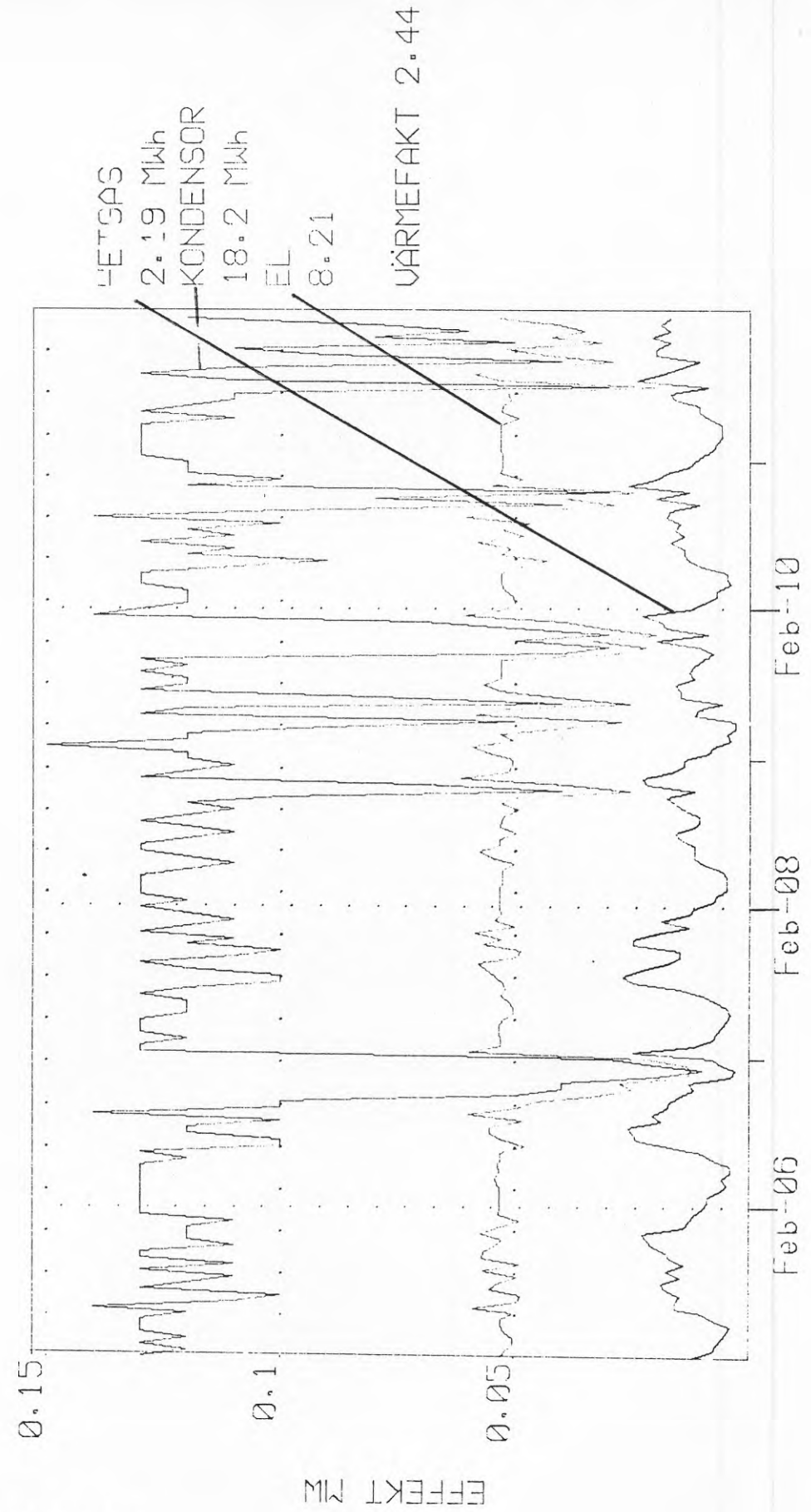


Bild 4.3.5

ÁF-ENERGIKONSULT FRAM, RETUR/UTETEMP

RADIATORSYSTEM

1988-Feb-05 00:00 --1988-Feb-12 00:00

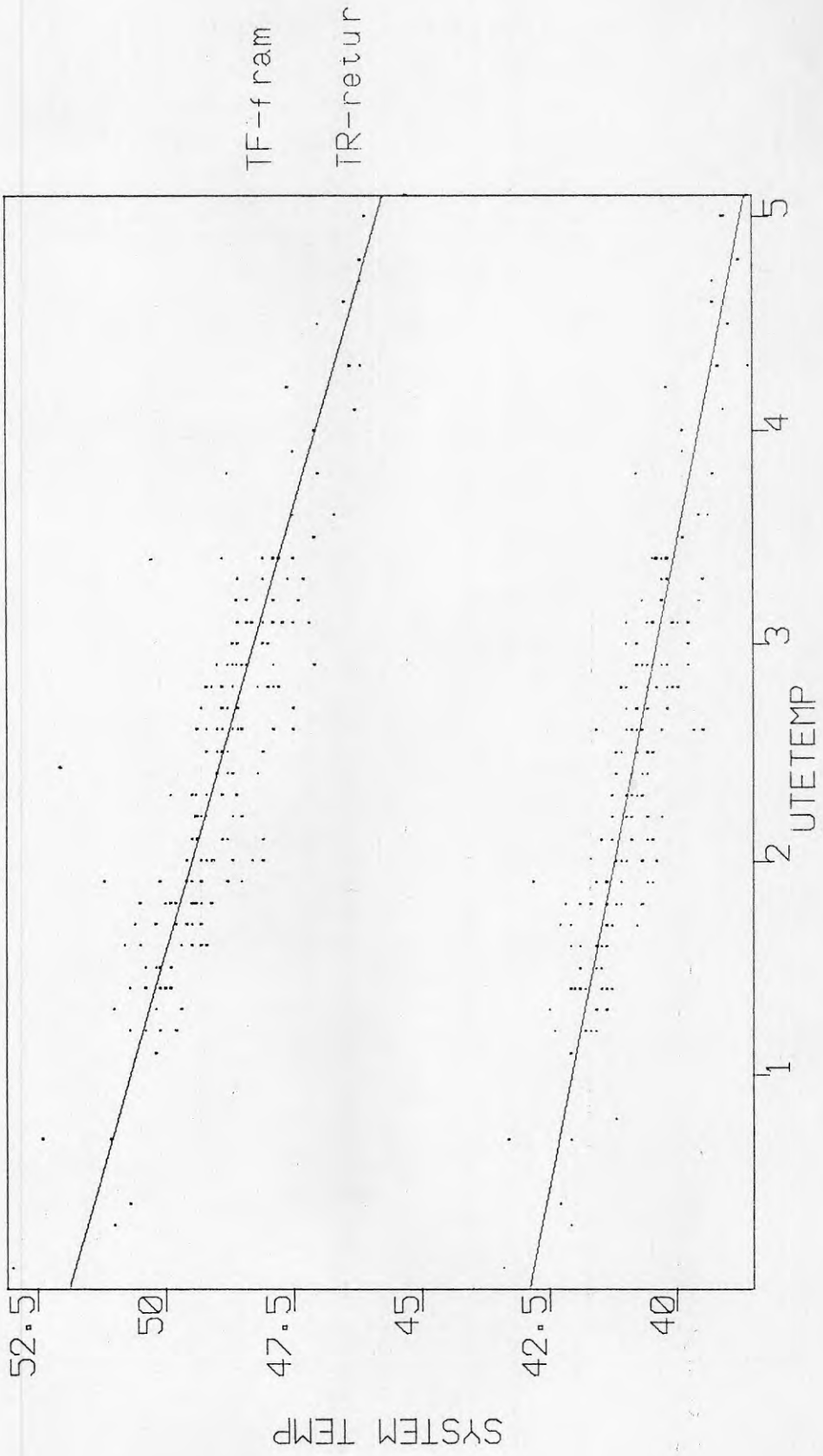
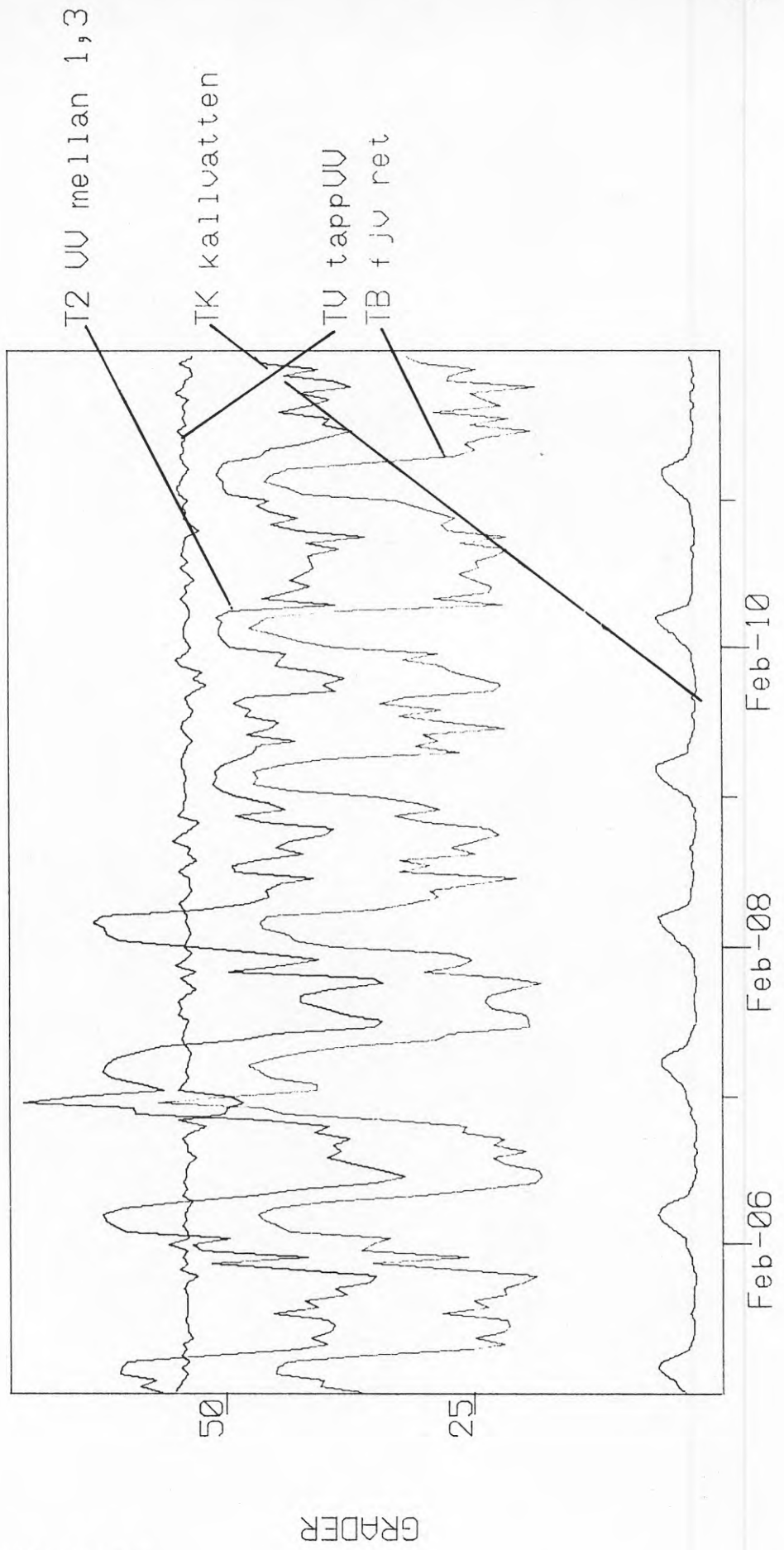


Bild 4.3.6

1988-Feb-05 00:00 --1988-Feb-12 00:00



ÖF-ENERGIKONSULT^s VÄRMEFAKTOR

1988-Feb-05 00:00 -- 1988-Feb-12 00:00

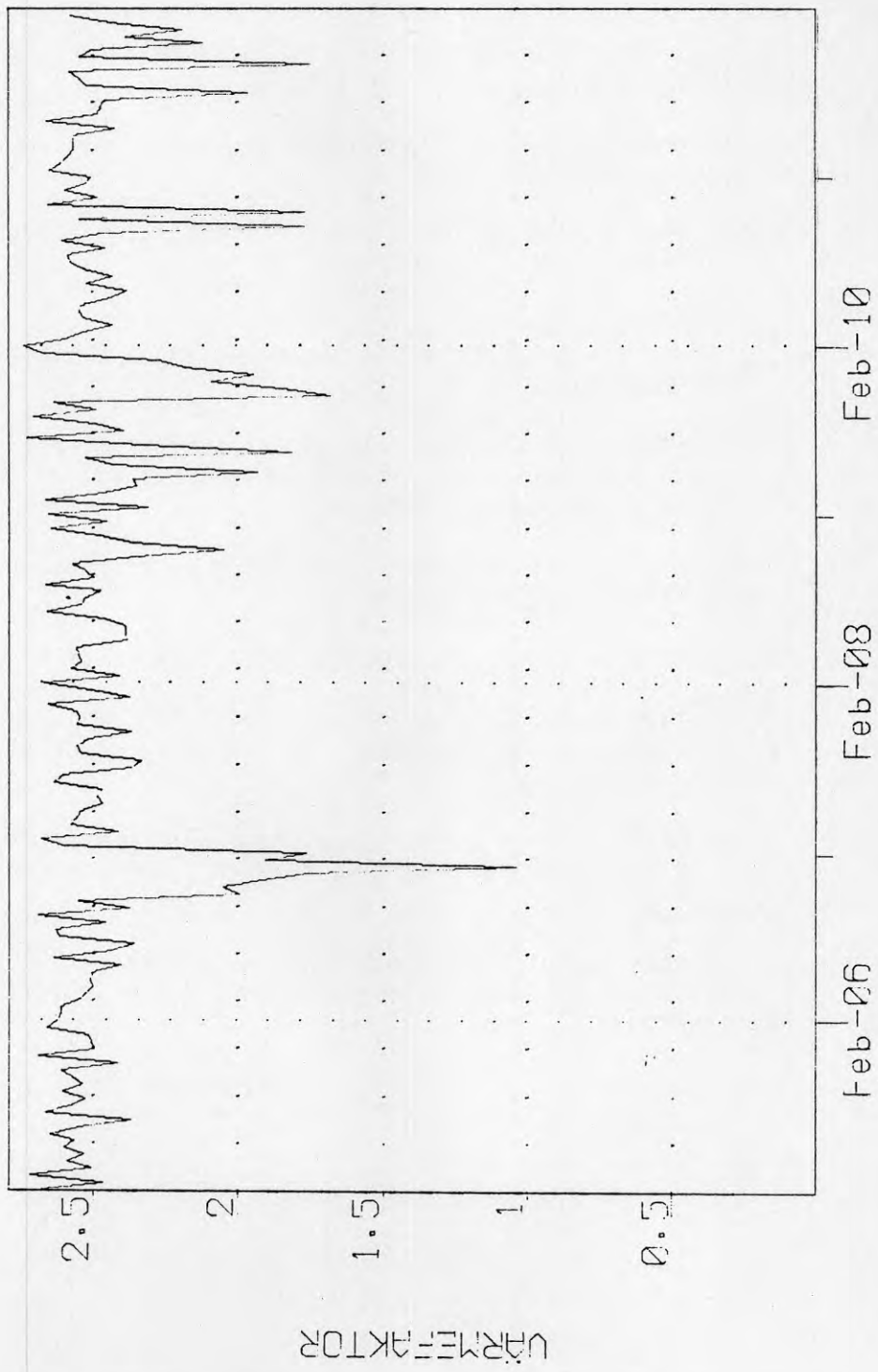


Bild 4.3.7

4.4 Driftfall 4

4.4.1 Allmänt, typvecka

Den typvecka som är utvald för driftfall 4 är den 24 mars - 31 mars 1988.

Utetemperaturen under perioden varierar mellan $-2,5$ °C och $+7$ °C med ett medelvärde på $+1,82$ °C.

Systemtemperaturen på fjärrvärme- respektive radiatorsystem framgår av bild 4.4.1 och 4.4.2.

Samma problem som uppträtt under driftfall 1 har även visat sig i detta driftfall. Problemen är:

- 1) Fjärrvärmeväxlarna utnyttjas för laddning av ackumulatorer för tappvarmvatten genom baklänges cirkulation i värmeväxlare.
- 2) Trevägsventiler SV440 växlar inte driftfall enligt funktionsbeskrivningen utan står och läcker vatten genom den port som borde vara stängd.

Driftstörningarna ger sämre funktion hos värmepumpen samt lägre fjärrvärmereturtemperatur.

Energiförbrukningen för veckoperioden framgår av bild 4.4.3.

Den totala energiförbrukningen är 55,37 MWh, av detta producerar värmepumpen 38 % eller 20,77 MWh med en medelvärmefaktor på 2,48.

Under nätterna 24 - 25 mars reglerade värmepumpen ned, sannolikt på grund av att returtemperaturen i värmesystemet steg upp mot $+45$ °C.

Dessa båda nätter utgör sannolikt huvudorsaken till den lägre värmefaktorn och den mindre värmepumpandelen jämfört med alternativ 1.

ÅF-ENERGIKONSULT FRAM-RETUR: TEMP PRIMÄR

1988-Mar-24 00:00 -- 1988-Mar-31 00:00

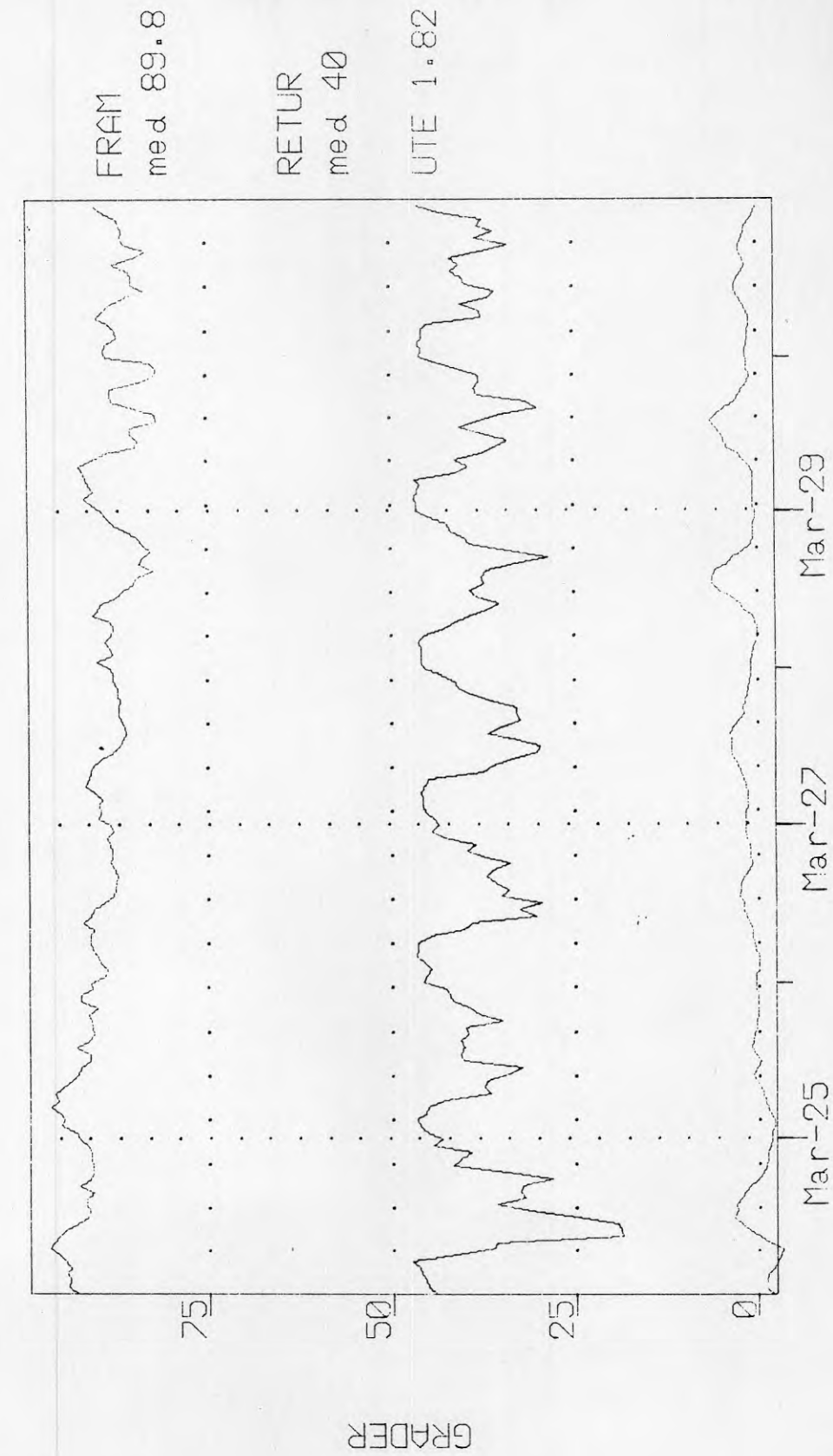
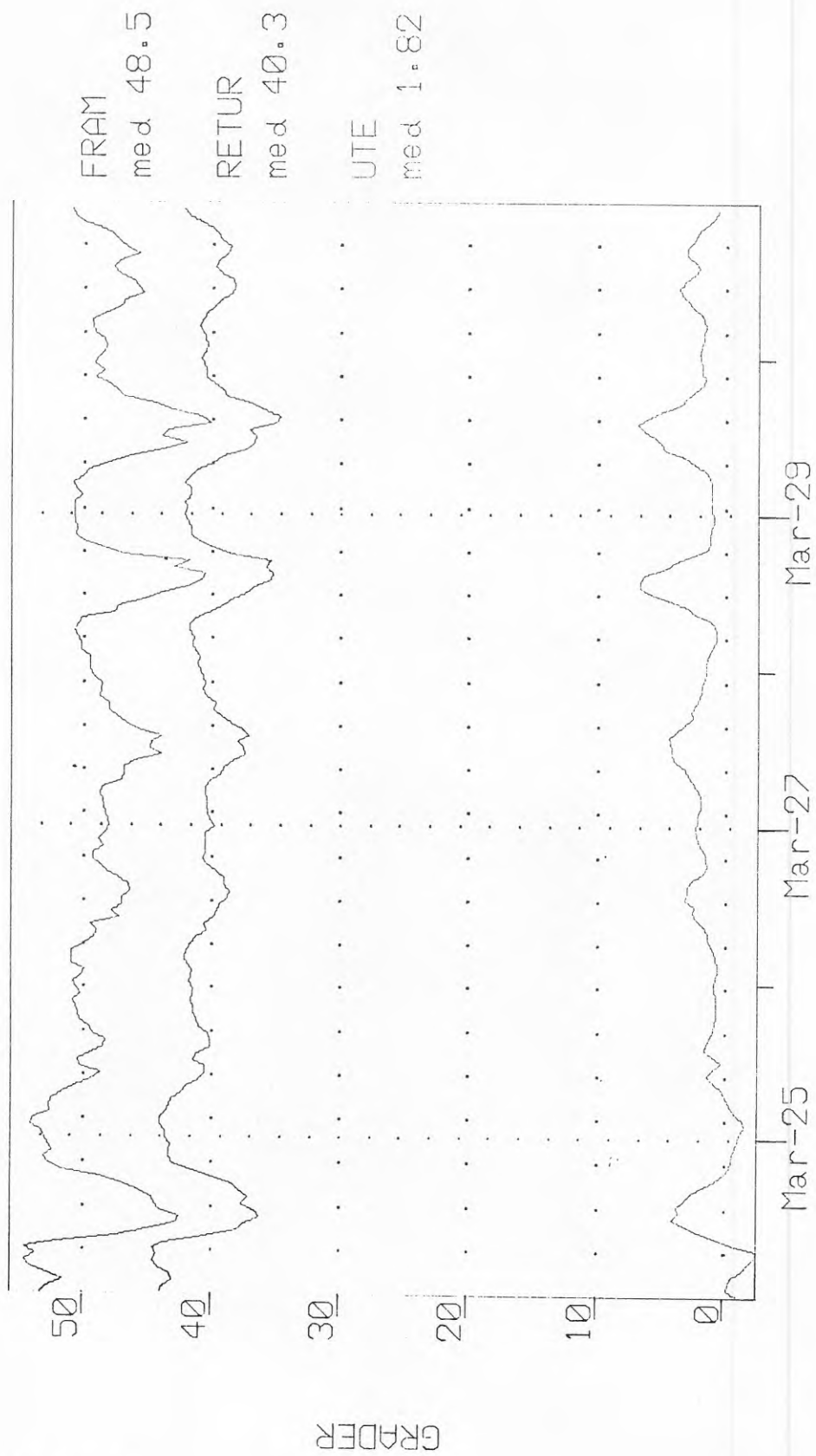


Bild 4.4.1

ÁF-ENERGIKONSULT s FRAM-RETUR SEKUNDÁR RADIATOR

1988-Mar-24 00:00 --1988-Mar-31 00:00

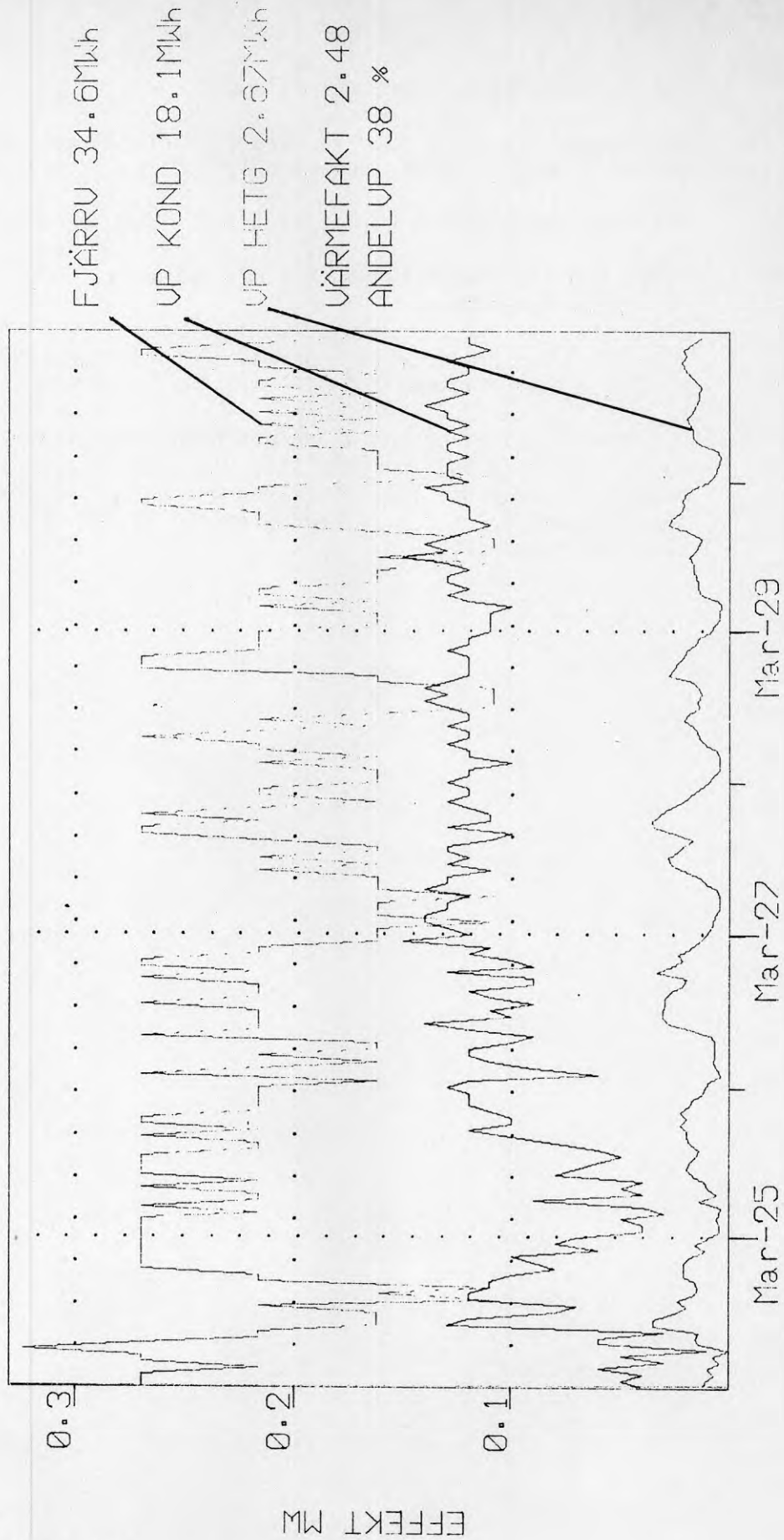
Bild 4.4.2



ÅF-ENERGIKONSULT ENERGI FÖRBRUKNING

1988-Mar-24 00:00 -- 1988-Mar-31 00:00

Bild 4.4.3



4.4.2 Returtemperatur, fjärrvärme

Returtemperaturen på fjärrvärmenätet varierar mellan 30 °C och 48 °C med ett rakt medelvärde på 40 °C (se bild 4.4.4).

Den låga temperaturen gäller dagtid och den högre nattetid.

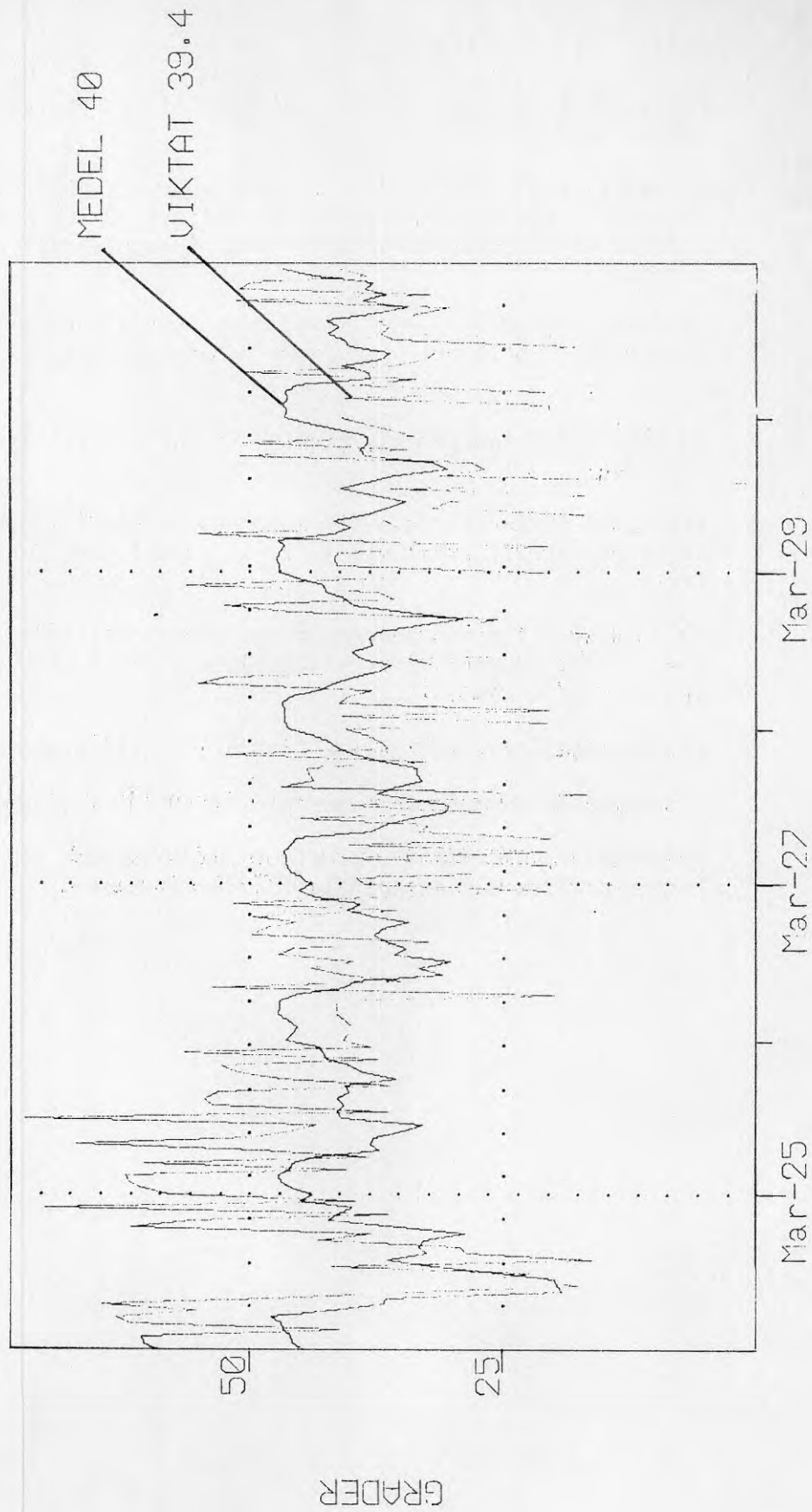
I den viktade temperaturen vägs det aktuella flödet in mot periodens medelflöde.

Jämförs returtemperaturen i driftfall 4 mot den i driftfall 1, fås en sänkning med 3,4 °C - 4,2 °C.

Returtemperaturen på radiatorkretsen har i driftfall 1 legat ca 1,9 °C högre än i driftfall 4. Påverkan på fjärrvärmereturen bör vara ca 1,5 °C, vilket ger en direkt jämförbar sänkning med 1,9 - 2,7 °C med anledning av den ytterligare värmeväxlaren, VVX2.

1988-Mar-24 00:00 --1988-Mar-31 00:00

Bild 4.4.4



4.4.3 Energiförbrukning

Periodens totala energiförbrukning är 55,37 MWh (värme och varmvatten).

Av detta produceras 20,77 av värmepumpen. I värmepumpen avges 18,1 MWh i kondensorn (dvs en medeleffekt på 108 kW) samt 2,67 MWh i hetgasvärmväxlaren (dvs en medeleffekt på 16 kW).

För denna värmeavgivning krävs 8,22 MWh el (dvs en medeleffekt på 49 kW) vilket ger en medelvärmefaktor på ca 2,48.

Ur bild 4.4.5 kan effektavgivning samt eleffekt för typveckan utläsas.

Värmepumpen har tvingats till nedreglerad drift under några perioder sannolikt till följd av höga radiatorreturtemperaturer.

Bild 4.4.6 visar radiatorreturtemperaturen (TR) som funktion av utetemperaturen. Härur kan utläsas att vid 0 °C fås 42 °C och vid -4 °C fås 47 °C.

Värmepumpen levererar maximalt ut 51 °C till systemet.

Värmepumpens värmefaktor under perioden fås ur bild 4.4.7.

Värmefaktorn är relativt konstant förutom under den nedreglerade driften där en kraftig försämring syns.

1988-Mar-24 00:00 -- 1988-Mar-31 00:00

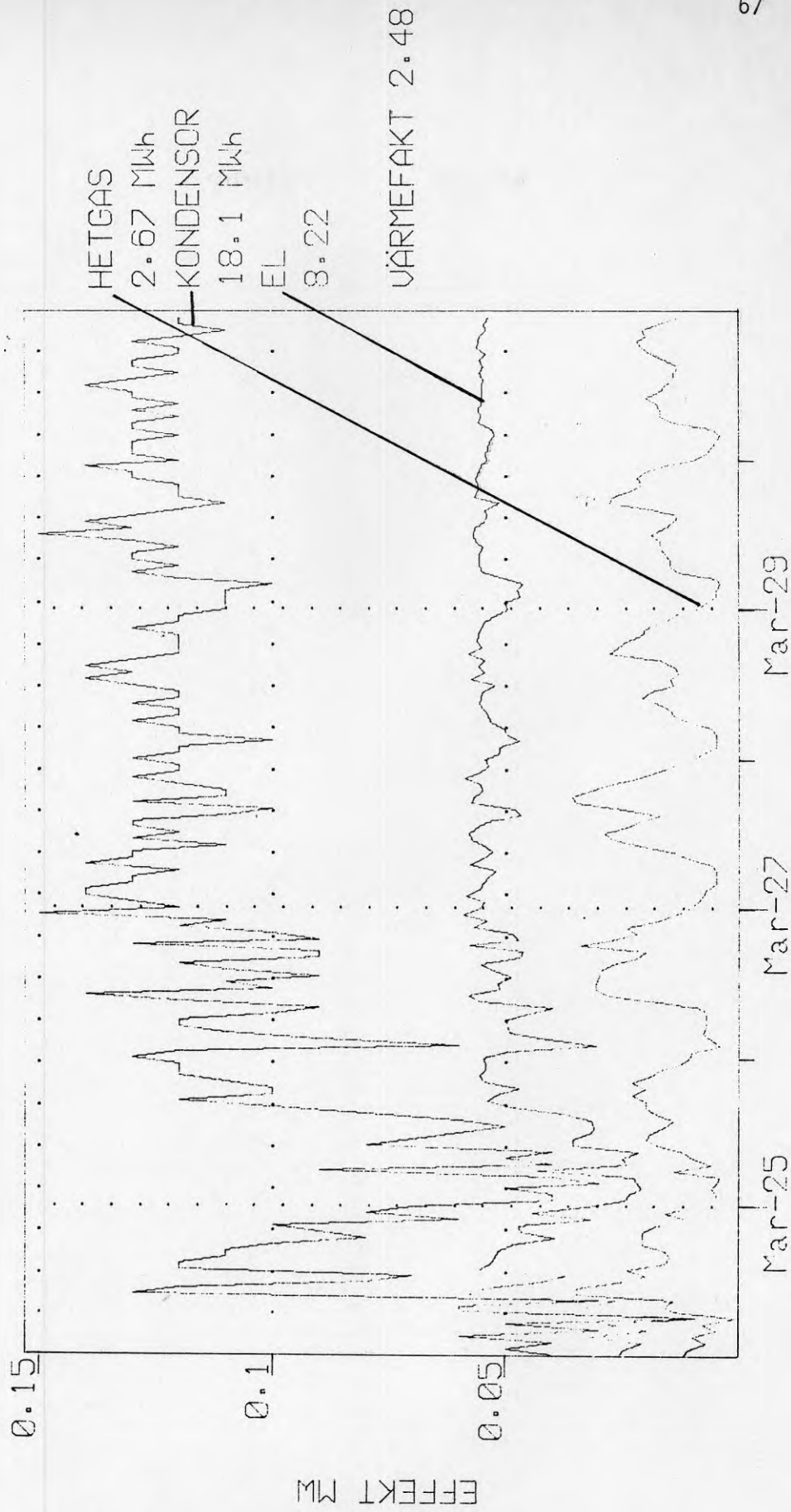


Bild 4.4.5

ÁF-ENERGIKONSULT FRAM, RETUR/UTETEMP

RADIATORSYSTEM

1988-Mar-24 00:00 -- 1988-Mar-31 00:00

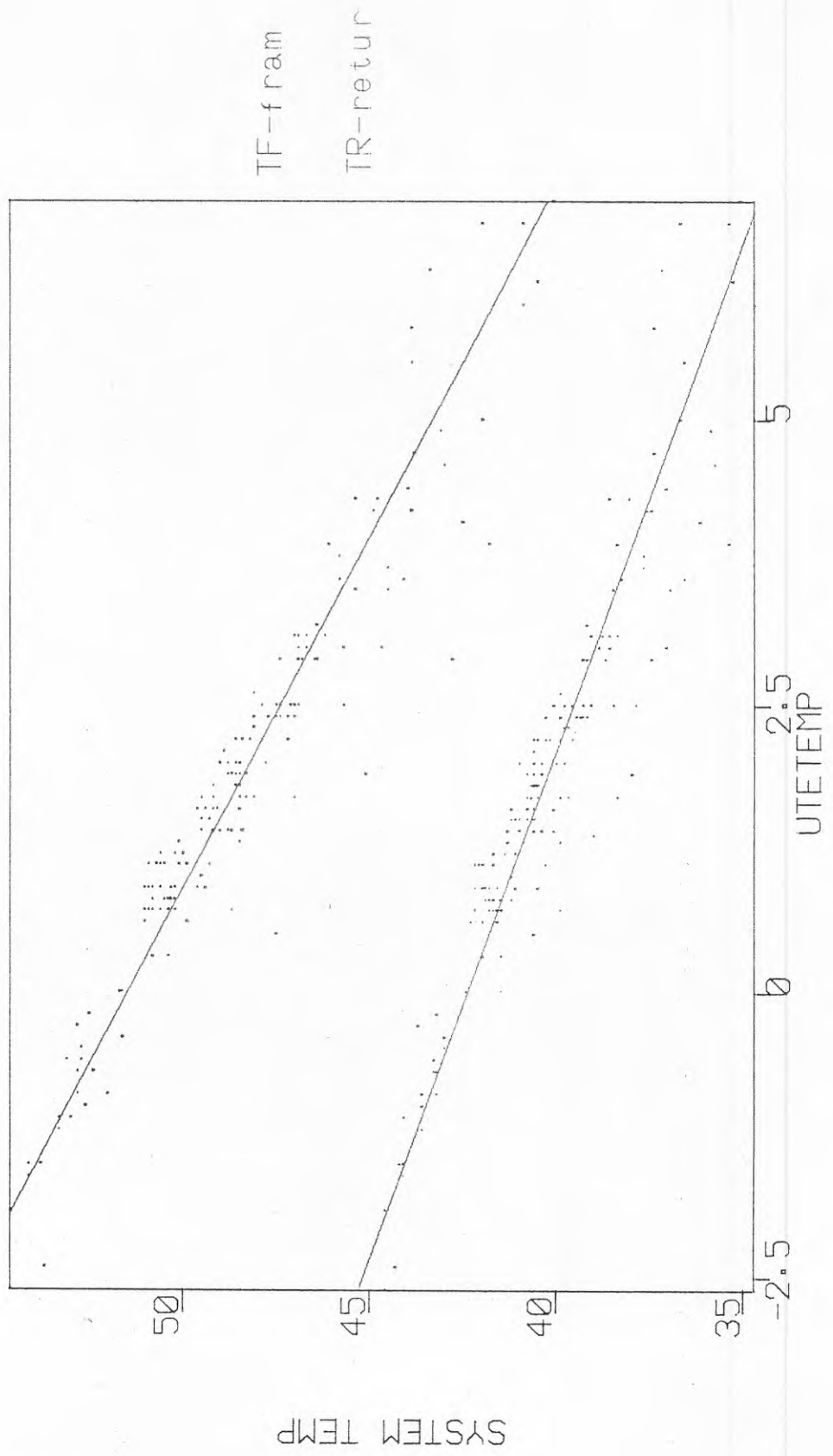


Bild 4.4.6

ÅF-ENERGIKONSULT VÄRMEFAKTOR

1988-Mar-24 00:00 -- 1988-Mar-31 00:00

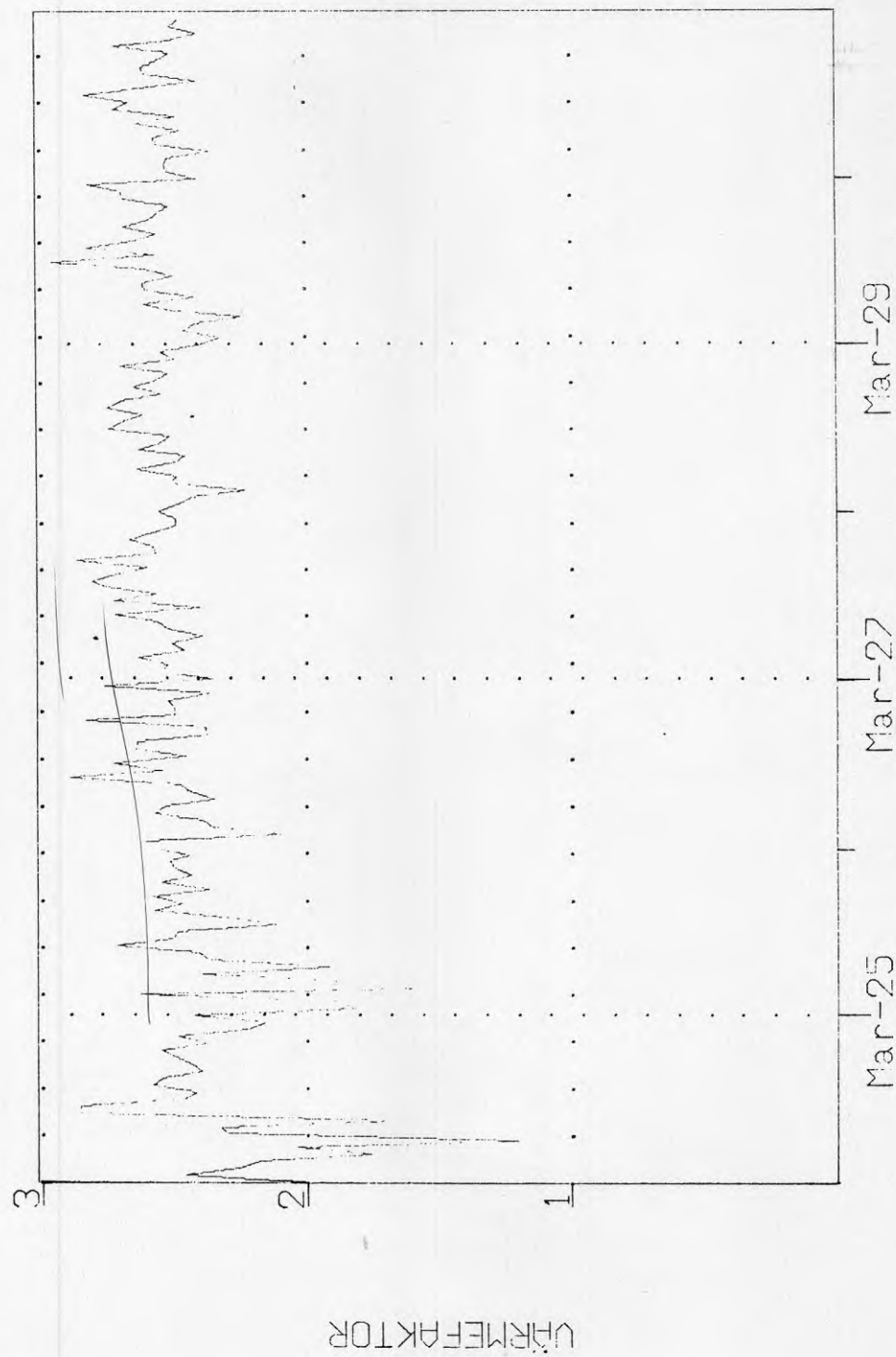


Bild 4.4.7

4.5 Slutsatser, mätningar

4.5.1 Allmänt

I det föregående har de utvalda typveckornas mätresultat redovisats driftfall för driftfall. I detta kapitel skall jämförelser mellan driftfallens resultat göras.

4.5.2 Returtemperatur, fjärrvärme

Returtemperaturen på fjärrvärmevattnet varierar oavsett driftalternativ under dygnet samt med utetemperaturen. Dygnsvariationen är sådan att vid varmvattentappningsperioden (dvs mellan 6 - 23) kyls fjärrvärmereturen av inkommande kallvatten, vilket resulterar i en låg temperaturnivå. Under denna period av dygnet är effektuttaget störst på grund av varmvattenbehovet. Under natten kyls fjärrvärme nästan enbart av radiatorsystemets värmeupptagning. Detta medför att fjärrvärmereturen under denna del av dygnet närmar sig radiatorreturtemperaturen.

Görs en jämförelse mellan de olika driftfallens medelfjärrvärmeretur korrigerat med hänsyn till olika radiatorsystemtemperaturer fås.

<u>Driftfall</u>	<u>Returtemp</u>
1	43,4 °C
2	34,9 °C
3	32,8 °C
4	41,5 °C

Av denna tabell kan utläsas att den ökade värmeväxlarlytan vid driftfall 3 och 4 ger ca 2 °C lägre returtemperatur relativt driftfallen 1 och 2.

Studeras skillnaden i returtemperatur mellan driftfallsalternativen (1 och 4) och (2 och 3) fås ca 8,6 °C lägre värde vid (2 och 3).

Förklaringen ligger givetvis i att (2 och 3) nyttjar kallvattnet i större utsträckning för kylning av fjärrvärmereturer än (1 och 4).

Fjärrvärmereturtemperaturer är i sig en parameter som kan bedömas (se ovan), men även kombinationen av aktuell vattensmängd med en viss temperatur är intressant.

Skapas något som kan kallas viktad returtemperatur enligt:

$$\sum_{i=1}^n \frac{t_{ri} \cdot m_i}{m_{medel}} / n$$

fås ett jämförbart mått på värdet av returtemperatur i flödesmängd.

där t_r - fjärrvärmereturtemperaturen

m - fjärrvärmeflödet

Genom att studera detta kan man med utläsa om ett visst driftfall ger perioder med mycket låga flöden och höga returtemperaturer. Detta skulle inte framgå av ett rakt medelvärde.

Avvikelsen mellan periodens viktade medeltemperatur och den raka medeltemperaturen är liten (mindre än 1 °C) för alla driftfallen.

Däremot kan viss skillnad i beteende ses mellan driftfallen (1 och 4) och (2 och 3). Varaktighetskurvorna för (2 och 3) viktade resp avlästa returtemperatur följer varandra på grund av att vid ökad förbrukning ökar även kylningen av returtemperaturen i steg 3.

Varaktighetskurvorna för (1 och 4) divergerar däremot kraftigt vid låg och hög temperatur. Detta beror sannolikt på ackumulatorladdningens beteende. Då dessa är laddade fås ingen kylning i steg 3 vid stort behov vilket ger den höga viktade returtemperaturen. Vid ej laddade ackumulatorer går stor mängd kallvatten genom steg 3 vid effektehov, vilket ger den låga viktade returtemperaturen.

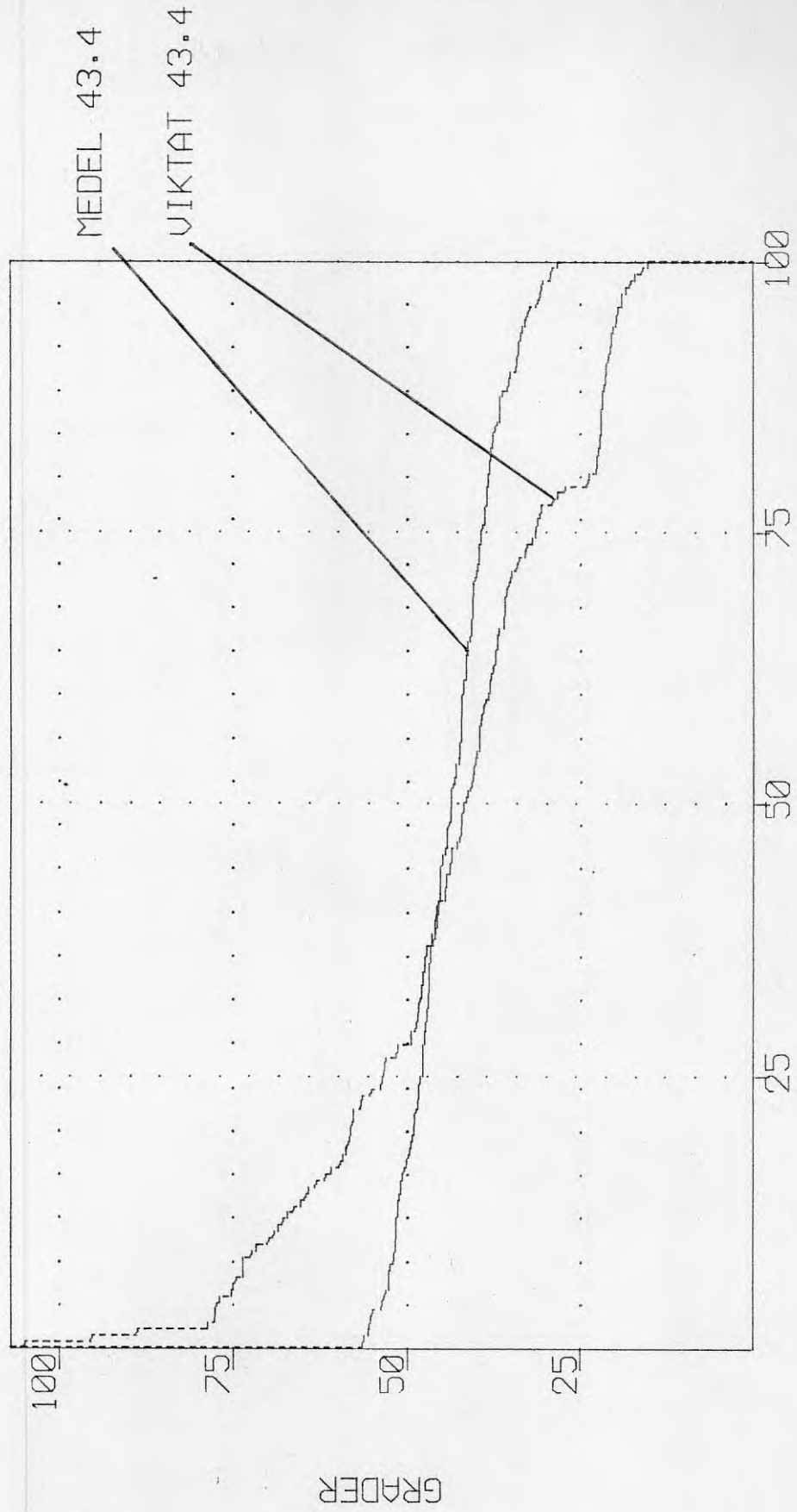
Sammanfattningsvis kan sägas avseende den viktade returtemperaturen att:

- x det viktade medelvärdets avvikelse för perioden är liten relativt det raka medelvärdet
- x driftfall (1 och 4) innebär en större variation i tiden, dvs vissa tider stora mängder vatten med låg returtemperatur vissa tider stora mängder vatten med höga returtemperaturer, relativt driftfall (2 och 3).

Bild 4.5.1-4 visar varaktigheten för fjärrvärmemetemperaturen samt den viktade dito.

1987-Dec-26 00:00 -- 1988-Jan-02 00:00

Bild 4.5.1



ÁF-ENERGIKONSULT VIKTAD RETUR TEMP

1988-Jan-13 00:00 -- 1988-Jan-20 00:00

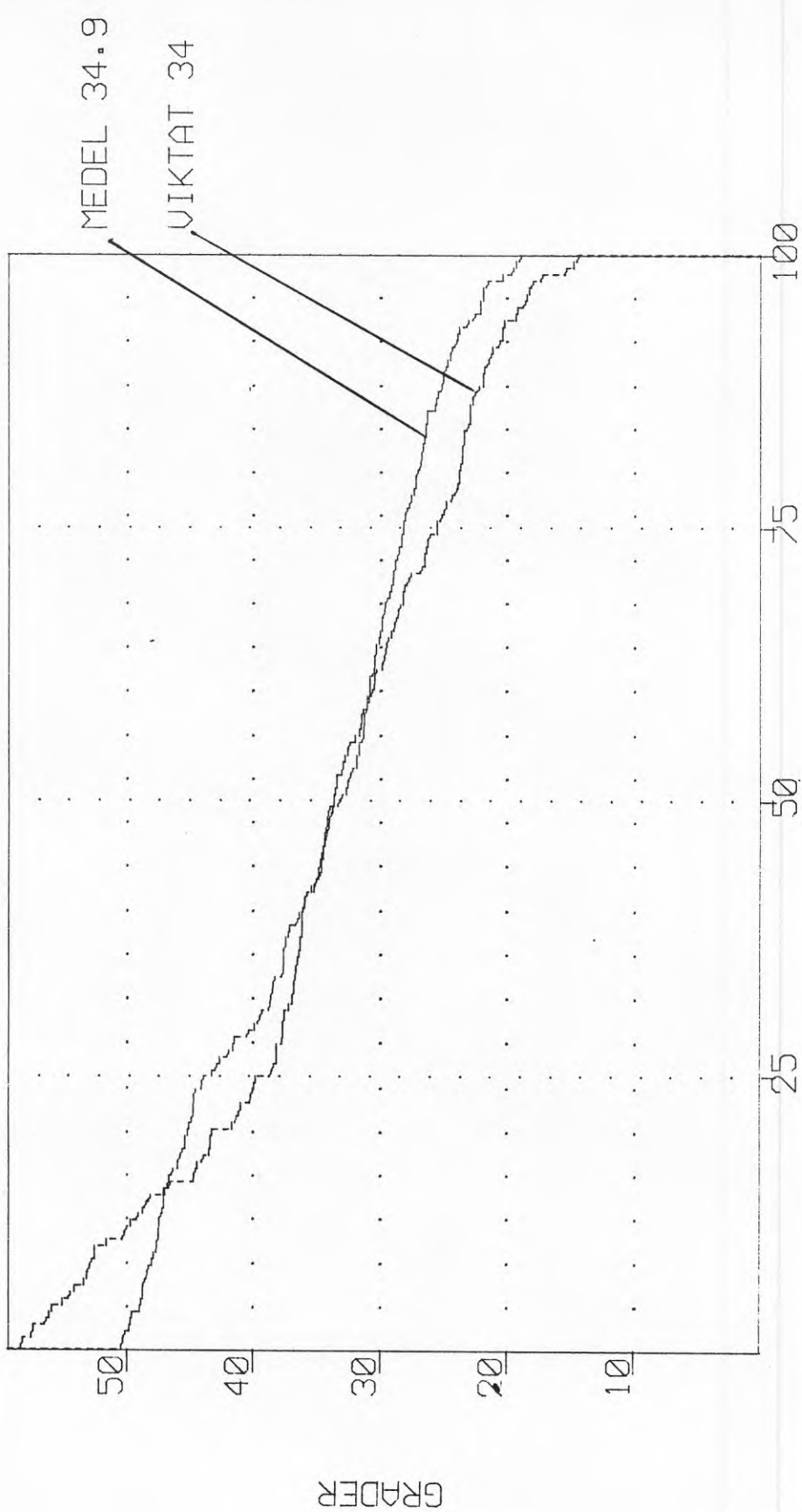
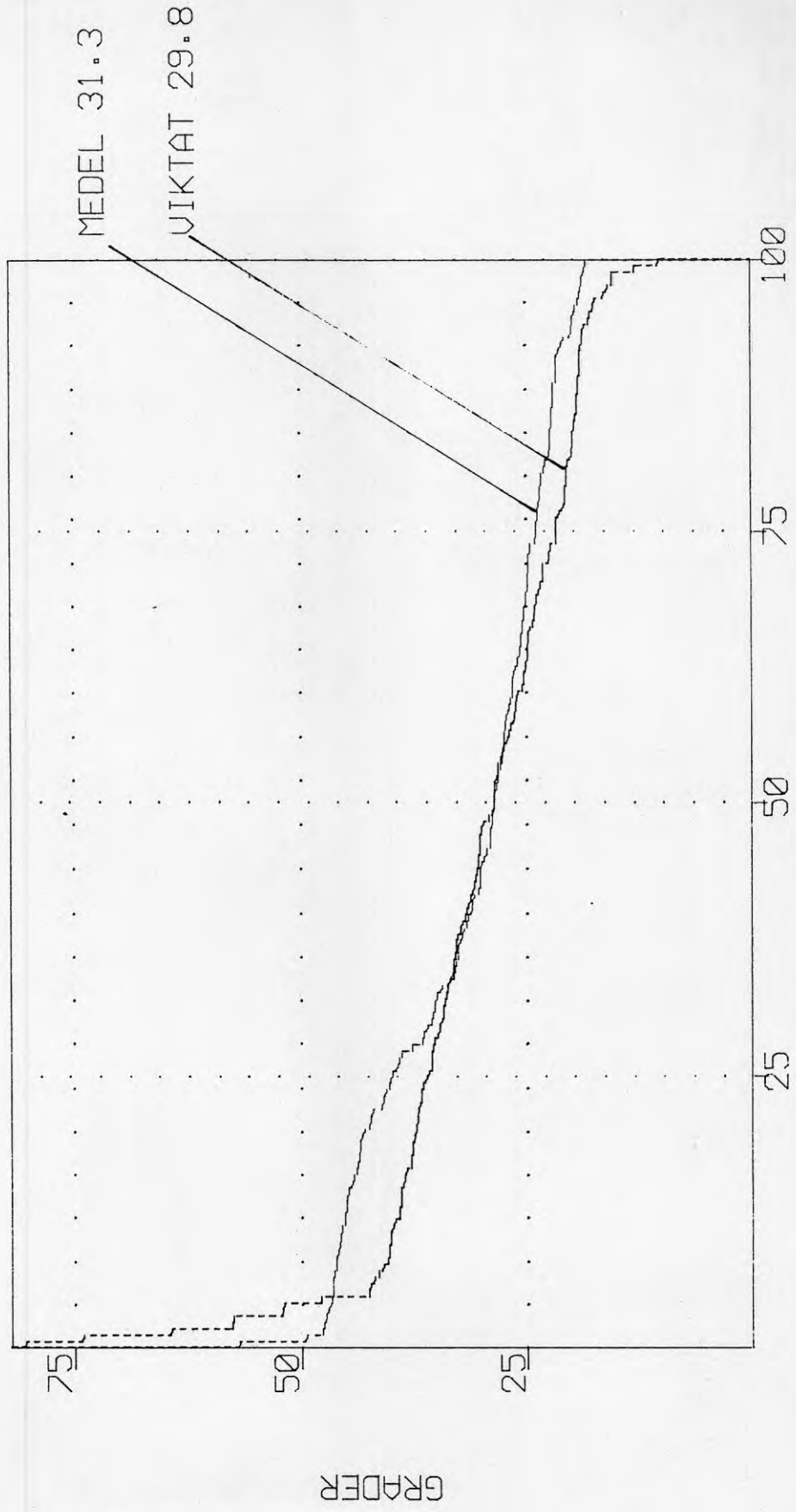


Bild 4.5.2

1988-Feb-05 00:00 -- 1988-Feb-12 00:00

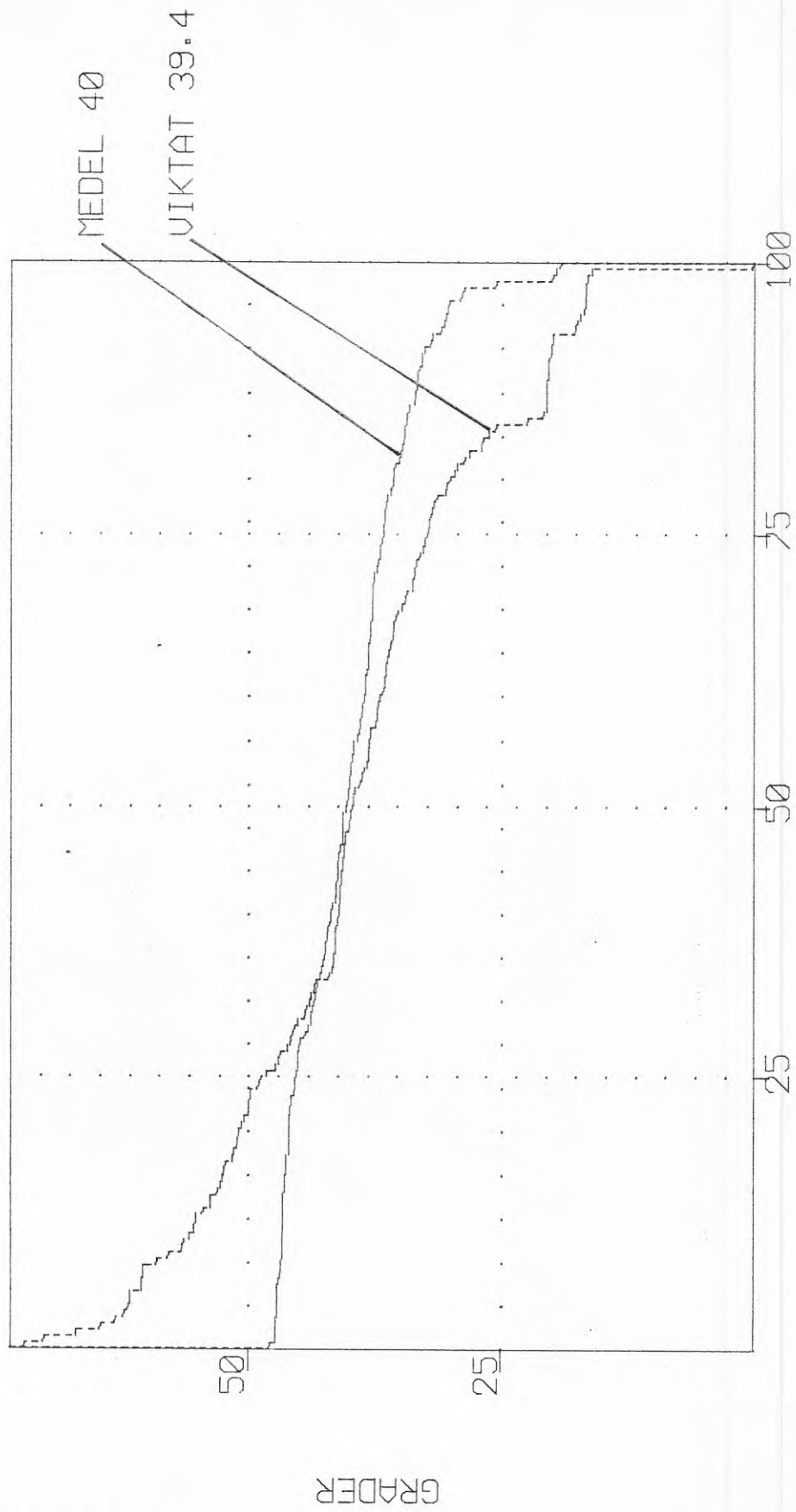
Bild 4.5.3



ÁF-ENERGÍKONSULT VIKTAD RETUR TEMP

1988-Mar-24 00:00 -- 1988-Mar-31 00:00

Bild 4.5.4



4.5.3 Energiförbrukning

För de utvalda typveckorna ser energiförbrukning ut enligt nedanstående tabell (MWh/vecka).

<u>Driftfall</u>	<u>1. Fjärrvärme</u>	<u>2. Kond</u>	<u>3. Hetgas</u>	<u>1+2+3 totalt</u>	<u>VP-andel%</u>	<u>EI</u>	<u>Värmefakt</u>
1	35,40	21,30	2,11	58,87	41,2	8,84	2,63
2	41,40	17,40	1,31	60,11	31,5	7,71	2,28
3	38,60	18,20	2,19	58,99	35,6	8,21	2,44
4	34,60	18,10	2,67	55,37	38,0	8,22	2,48

Av tabell framgår bland annat att den totala veckoförbrukningen varierar med max 8 % mellan alternativen samt att värmepumpandelen varierar mellan 31,5 - 41,2 %.

Genom att redovisa effektbehovet mot utetemperaturer, dels under hela perioden december 1987 - april 1988 och dels för varje delperiod (driftfall), kan behovet studeras. I bild 4.5.5 har effektbehovet totalt (dvs fjärrvärme, kondensor och hetgas) - 75 kW (motsvarande varmvattenbehovet) ställts mot utetemperaturen.

I bilden kan även fjärrvärmeeffektens utetemperaturberoende utläsas.

Den slutsats man kan dra av det totala effektbehovets utseende är att driftfall 4 har ca 15 % lägre behov för uppvärmning än de övriga, vilka ligger väl samlade.

1987-Dec-01 04:30 --1988-Mar-31 00:00

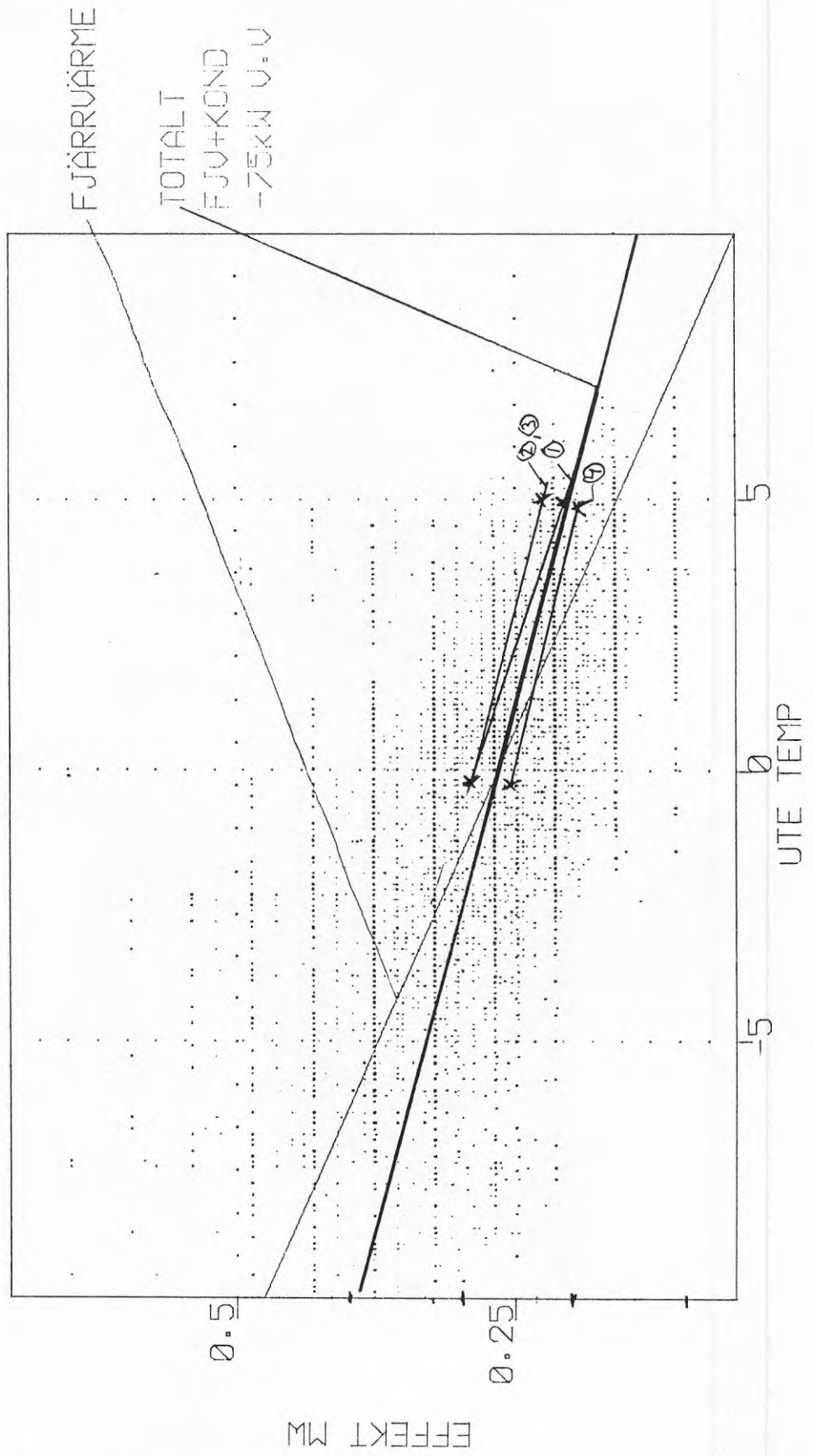


Bild 4.5.5

Värmepumpens funktion kan utläsas ur tabellen på två sätt:

- 1) värmefaktorn
- 2) vp-andel (dvs värmeproducerad av värmepumpen av det totala behovet).

Värmefaktorn bör vara oberoende av värmeväxларыта mot fjärrvärmenätet (dvs VVX1 och VVX2). Detta gör att driftfall 1 och 4 bör ge lika värmefaktor samt att driftfall 2 och 3 bör överensstämma.

Medelvärmefaktorn för perioden påverkas kraftigt av perioder med nedreglerad drift och avbrott. Bland annat detta gör att värmefaktorn varierar mellan driftfallen. Som veckogenomsnitt för (1 och 4) kan 2,55 ges. På samma sätt för (2 och 3) fås 2,36.

Studerar värmepumpandelen för veckoperioderna fås för (1 och 4) 39,6 % och för (2 och 3) 33,5 %.

Värmepumpen tvingas nedreglera vid höga radiatorreturtemperaturer och låga radiatorsystemflöden. Nedregleringen kan i vissa fall börja redan vid 40 °C returtemperatur, nedregleringen sker tidigare i driftfall (2 och 3) på grund av att mindre kapacitet nyttjas för varmvattenvärmning samt att endast halva radiatorflödet går igenom värmepumpen.

Ur bild 4.5.6 kan radiatorsystemtemperaturen för hela perioden resp för driftfall 1-4 utläsas.

Returtemperaturen 40 °C fås vid ca +3 °C ute. Under ca halva året är returtemperaturen högre än så och nedreglering kan ske, därav typveckornas utseende.

Görs samma funktionsstudier för en för värmepumpen "bra dag" i veckoperioden fås följande tabell.

<u>Dag</u>	<u>Driftfall</u>	<u>Utetemp</u>	<u>Fjv</u>	<u>Kond</u>	<u>Hetgas</u>	<u>El</u>	<u>Värmefaktor</u>	<u>VP-andel %</u>
30/12	1	2,42	4,36	3,19	0,324	1,31	2,67	44,6
13/1	2	2,77	5,33	3,00	0,146	1,28	2,44	37,5
5/2	3	3,47	4,83	2,93	0,331	1,27	2,56	46,8
27/3	4	2,73	4,48	2,98	0,431	1,32	2,58	43,9

Härur kan läsas att driftfall (1 och 4) ger värmefaktorn 2,63 och andelen 44,3 % samt att driftfall (2 och 3) ger värmefaktorn 2,5 och andelen 39,2 %.

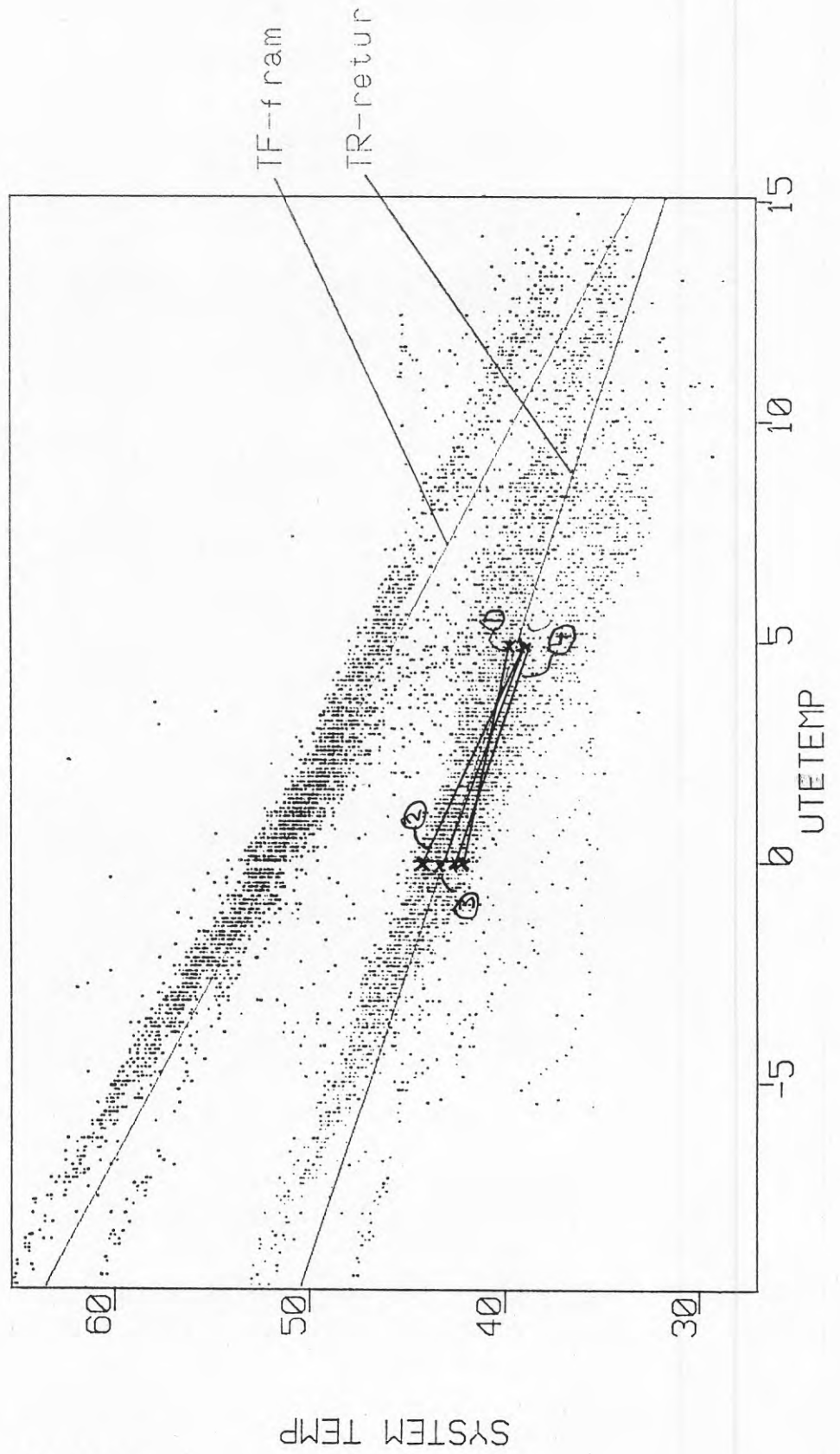
Sammanfattningsvis kan sägas att värmefaktorsförsämringen från driftfall (1 och 4) till (2 och 3) är 0,13 - 0,19 samt värmepumpandelsminskningen är 5-6 procentenheter.

ÁF-ENERGIKONSULT FRAM, RETUR/UTETEMP

RADIATORSYSTEM

1987-0kt-01 00:00 --1988-Mar-31 00:00

Bild 4.5.6



5 TEORETISK BETRÄKTELSE

5.1 Inledning

I syfte att göra en jämförelse mellan det verkliga fallet och en teoretisk modell av samma inkoppling utarbetades en datoriserad beräkningsmetod. Ett program skrevs i Symphony, som är ett enkelt kalkylprogram.

Effekter, energier, drifttider och temperaturer togs fram för två olika driftfall och fyra olika systemtemperaturer. Med utgångspunkt från uppmätta värden från den befintliga anläggningen jämfördes även denna med de teoretiska fallen.

5.2 Årskostnader

Totala årskostnader för de olika driftfallen baserade på för 1990 aktuella uppgifter från Stockholm Energi. Dessa består i huvudsak av en fjärrvärme- och en eldel, som var för sig består av fasta och rörliga avgifter. Se bil.2.1.

5.2 Årskostnader

Årskostnad – 400000 kr

Olika driftfall

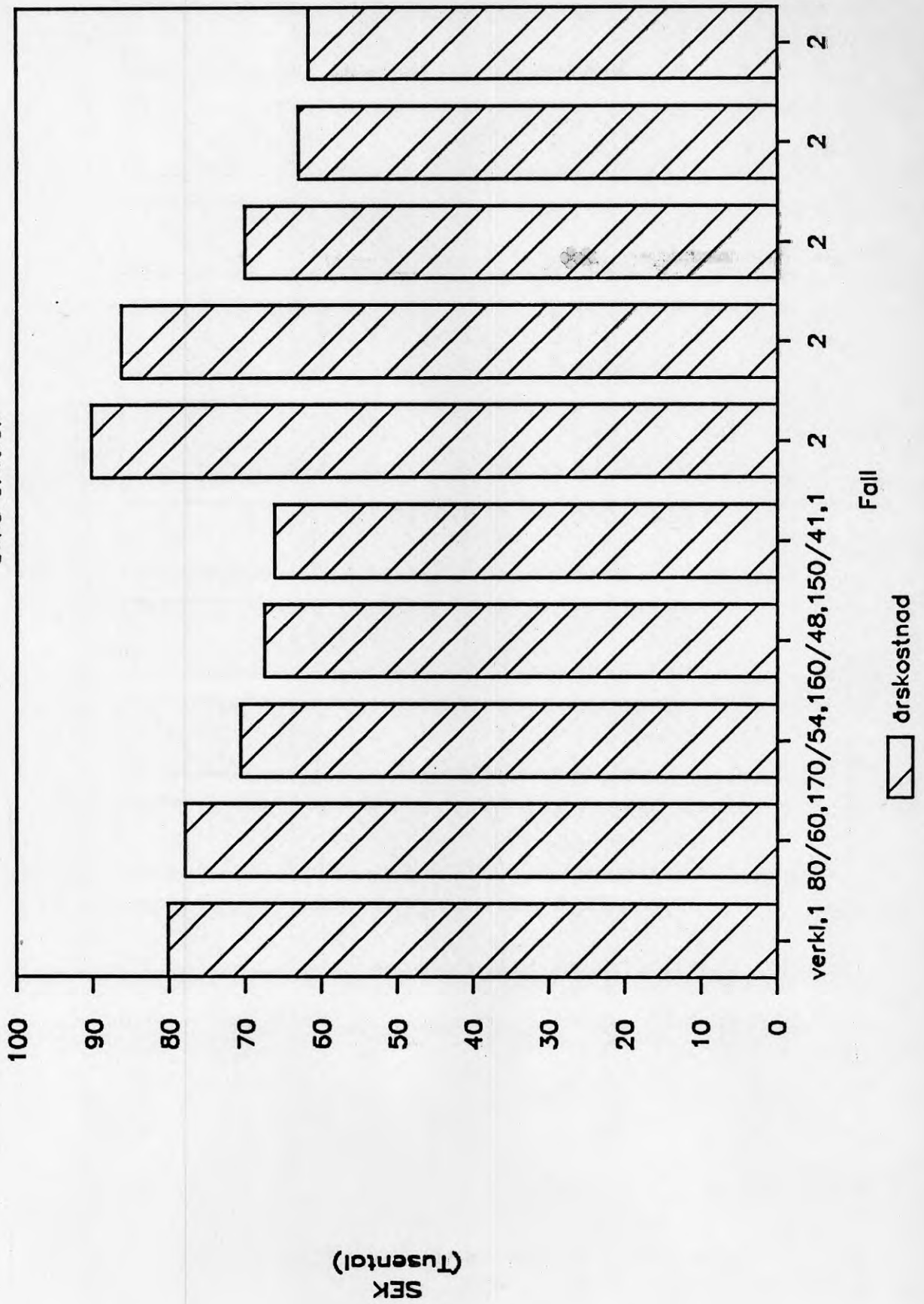


Bild 5.2.1

Årskostnad

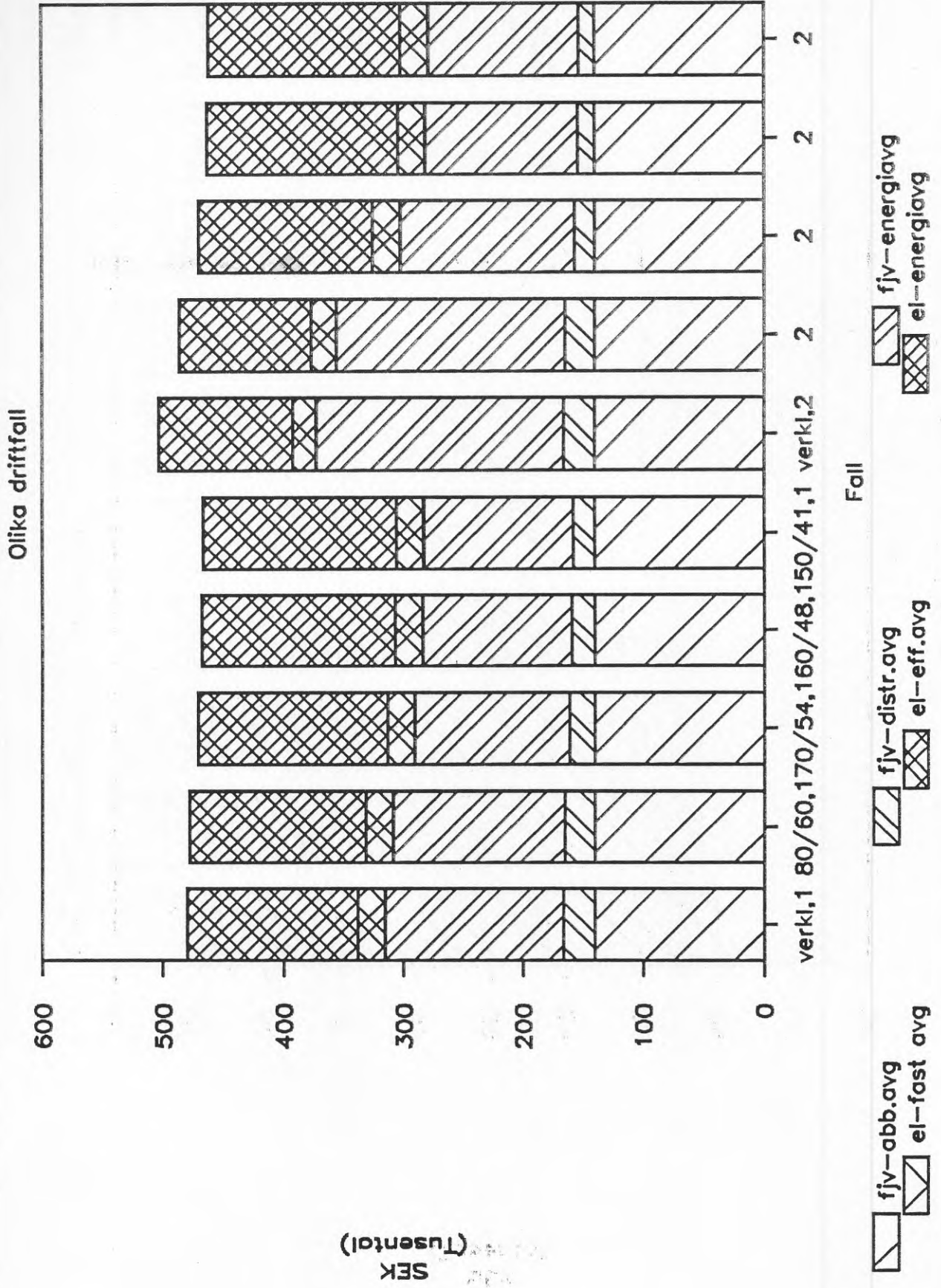


Bild 5.2.2

Årskostnad – 400000 kr

Olika driftfall

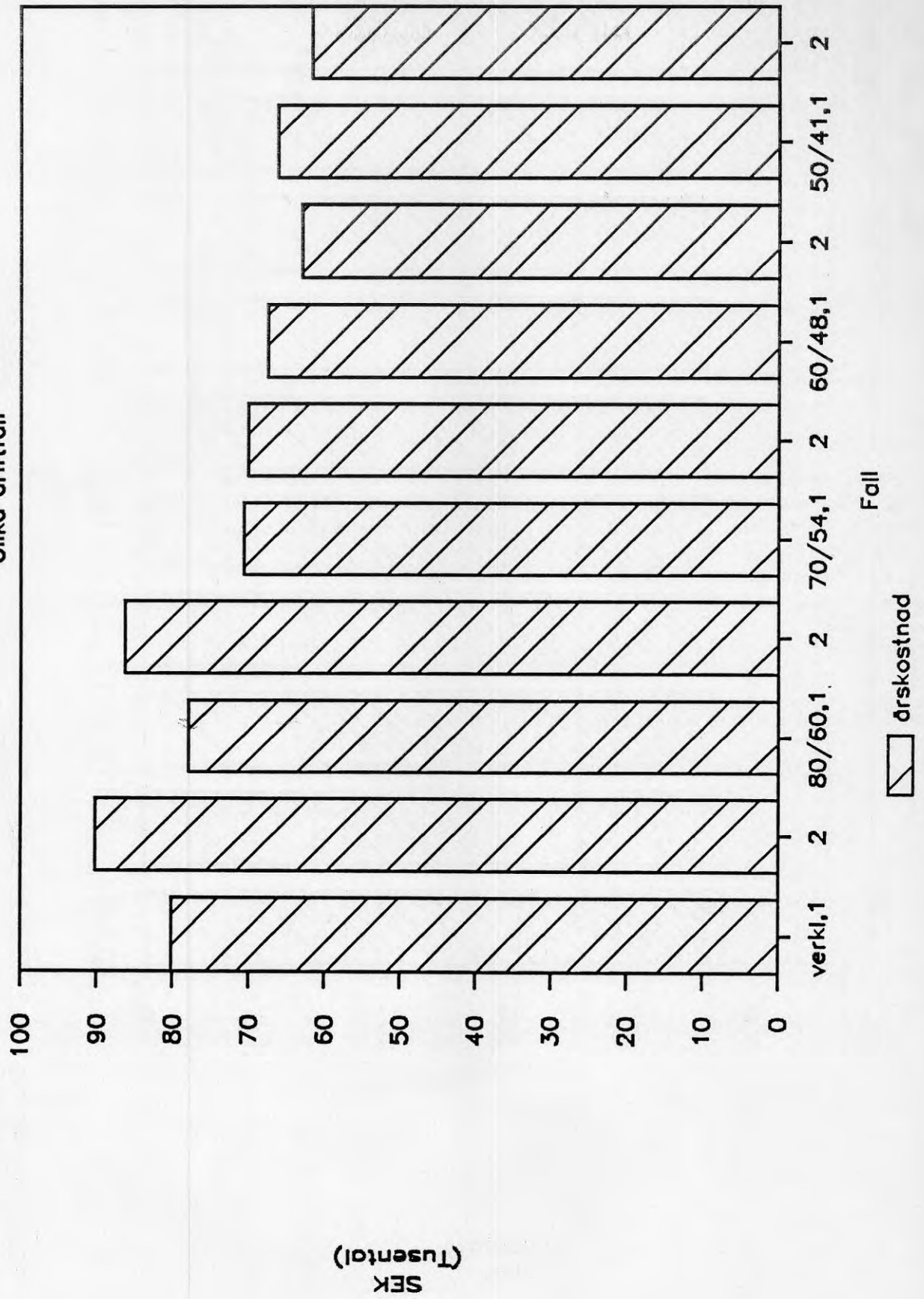


Bild 5.2.3

Årskostnad

Olika driftfall

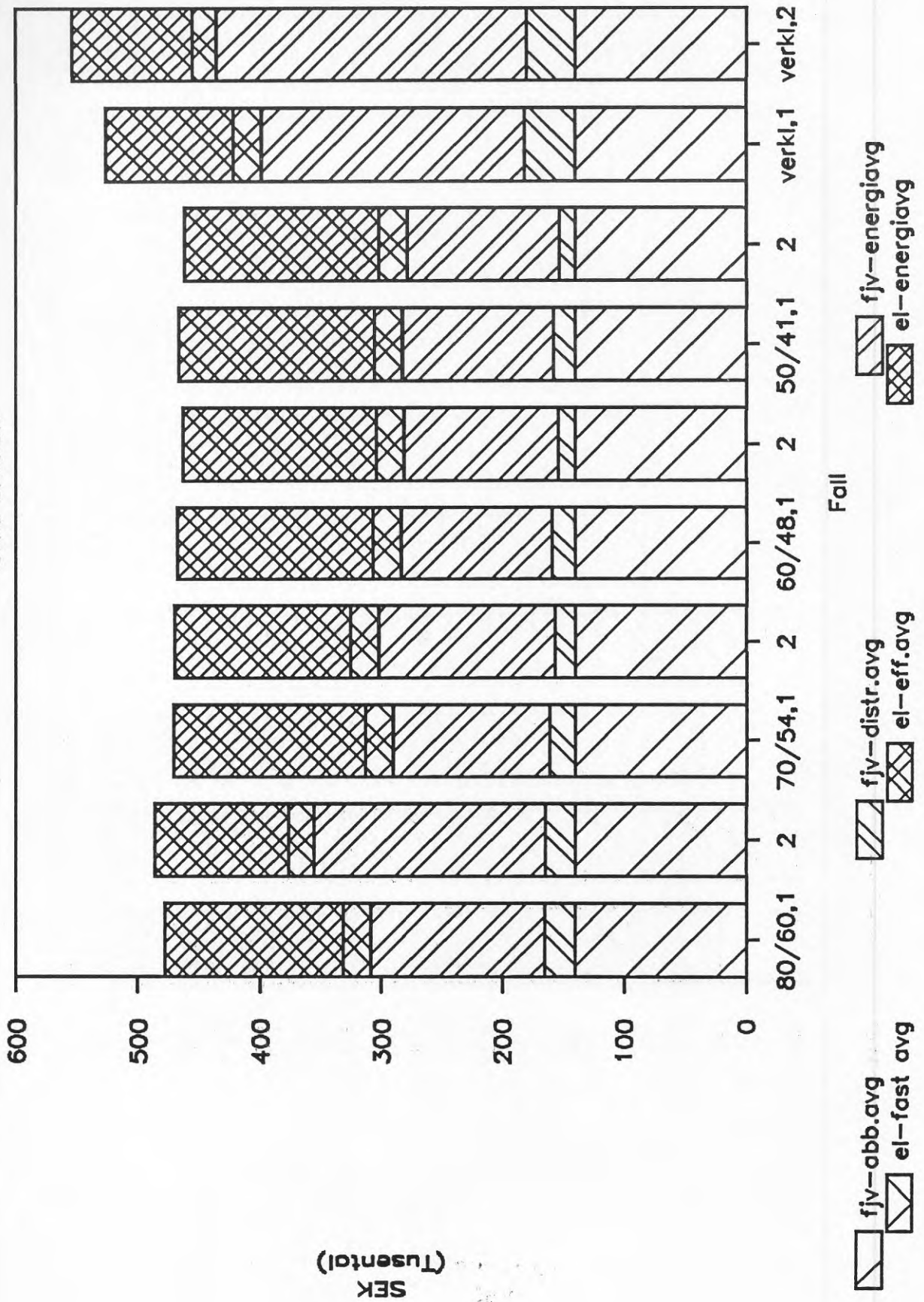


Bild 5.2.4

Slutsatser, årskostnader

Vid en jämförelse av årskostnad mellan olika driftfall vid samma systemtemperatur framgår att driftfall 1 är billigare vid högre systemtemperaturer, medan driftfall 2 utgör det mest ekonomiska alternativet vid lägre temperaturer, se 5.2. Årskostnaden inom samma driftfall sjunker med sjunkande systemtemperatur.

Vid jämförelse mellan olika systemtemperaturer vid samma driftfall arbetar värmepumpen allt bättre mot lägre systemtemperaturer, se 5.6, varaktighetsdiagram, vilket medför en ökande andel elenergi av den totala energianvändningen, se 5.4. Samtidigt minskar årskostnaden med sjunkande systemtemperaturer, se 5.2, vilket beror på att elenergens ökande andel med konstant pris överbryggat effekterna av det ökande fjärrvärmepriset.

5.3 Energipris

Energipriset har räknats fram med hjälp av årskostnader och årlig energiförbrukning.

5.3 Energipris

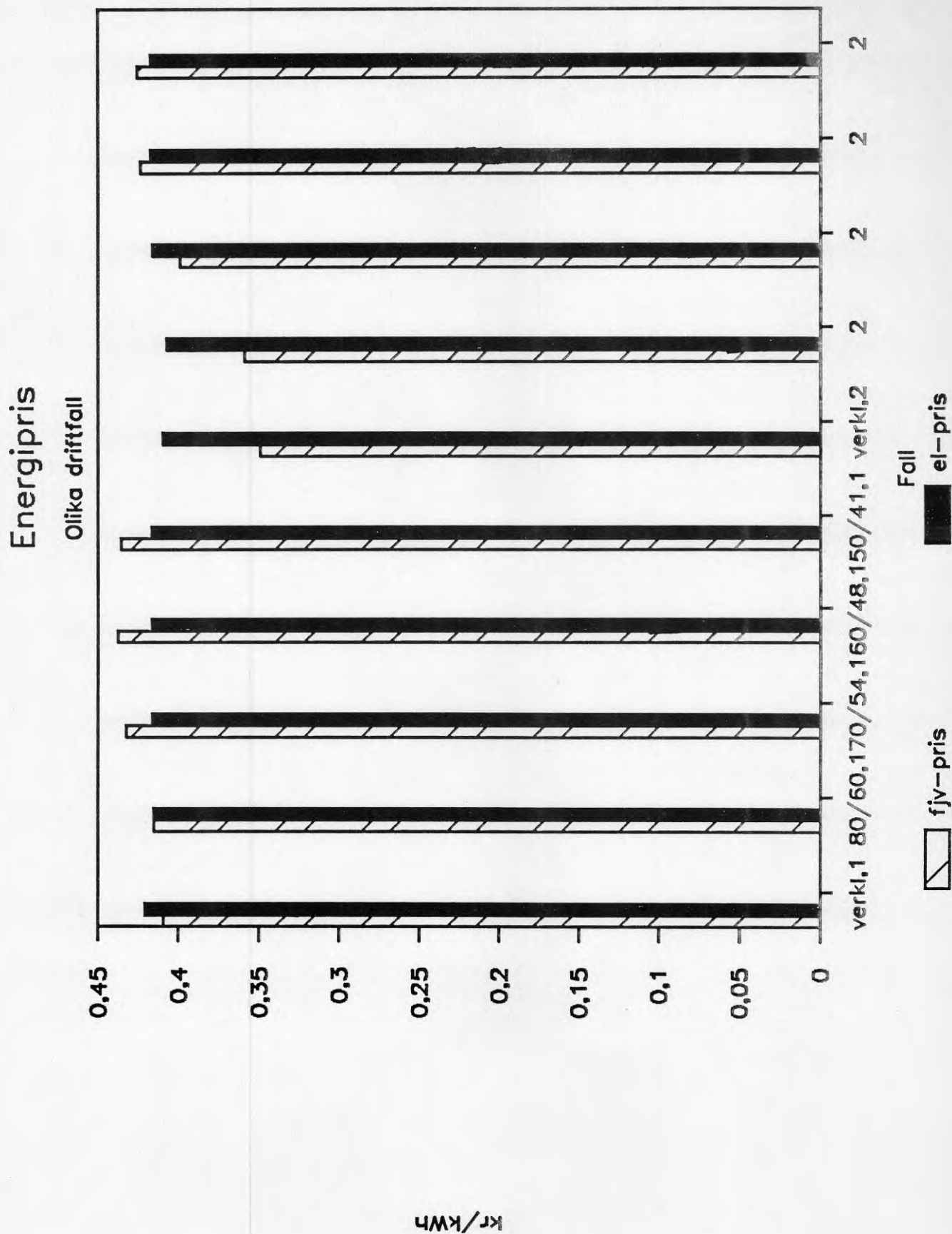


Bild 5.3.1

Slutsatser, energipris

Fjärrvärmeenergipriset varierar både med systemtemperatur och driftfall. Kostnaden för varje genom fjärrvärme producerad kWh är mindre i driftfall 2 jämfört med fall 1. Kostnaden stiger med sjunkande systemtemperatur. Elpriset är vid både driftfall 1 och 2 i det närmaste lika och konstant.

5.4 Årsenergiförbrukning

Den totala energiförbrukningen per år är en summation av energiförbrukningarna inom varje tids-/temperaturintervall, där en riktning har gjorts i varje intervall med hänsyn tagen till dess del av totala tids-/temperaturskalan.

Årsenergiförbrukning

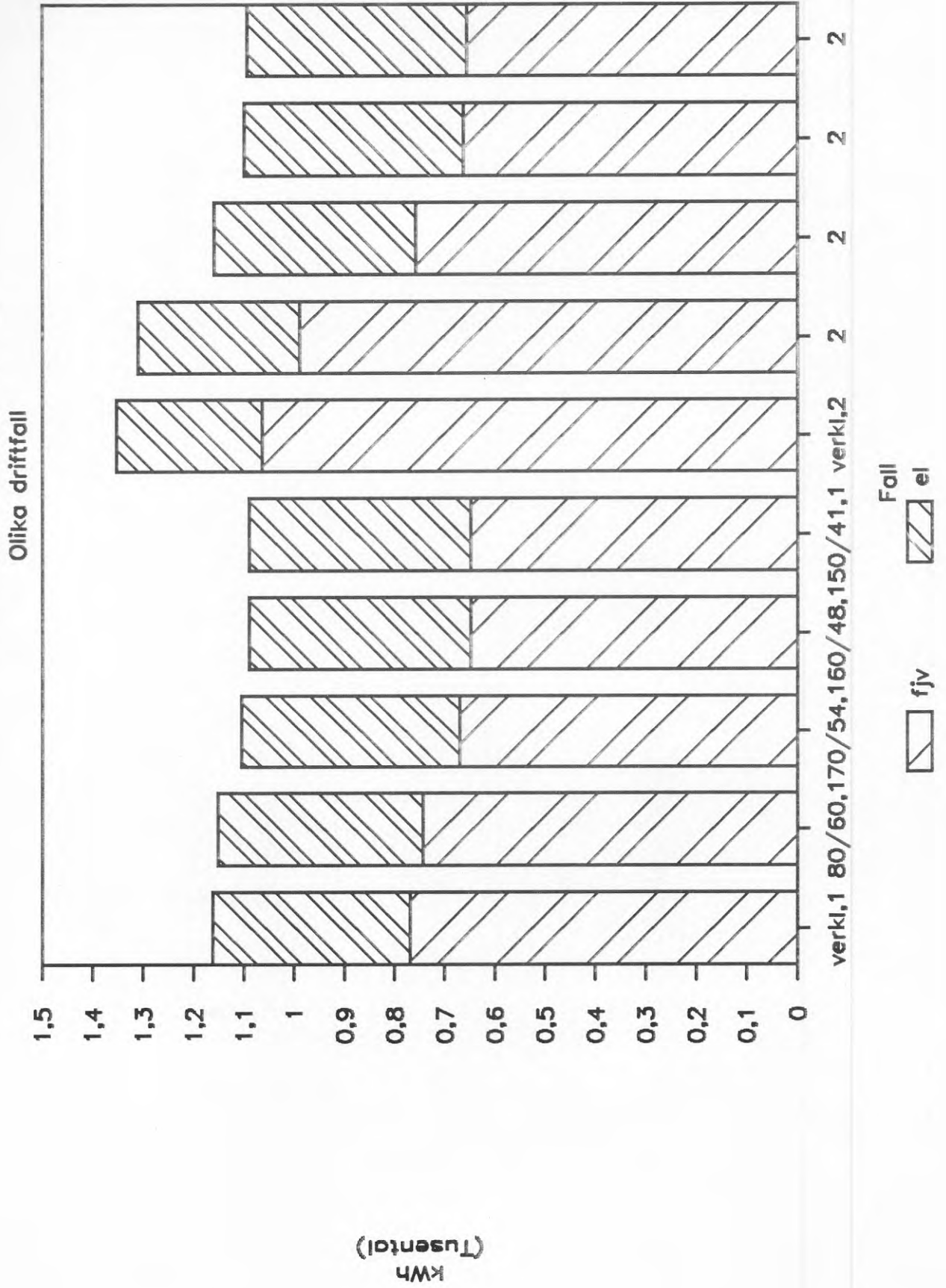


Bild 5.4.1

Slutsatser, årsenergiförbrukning

Värmepumpen arbetar allt bättre mot lägre systemtemperaturer, vilket visar sig i en ökande andel elenergi av årsenergiförbrukningen. Dessutom minskar inom samma driftfall årsenergiförbrukningen med sjunkande systemtemperatur.

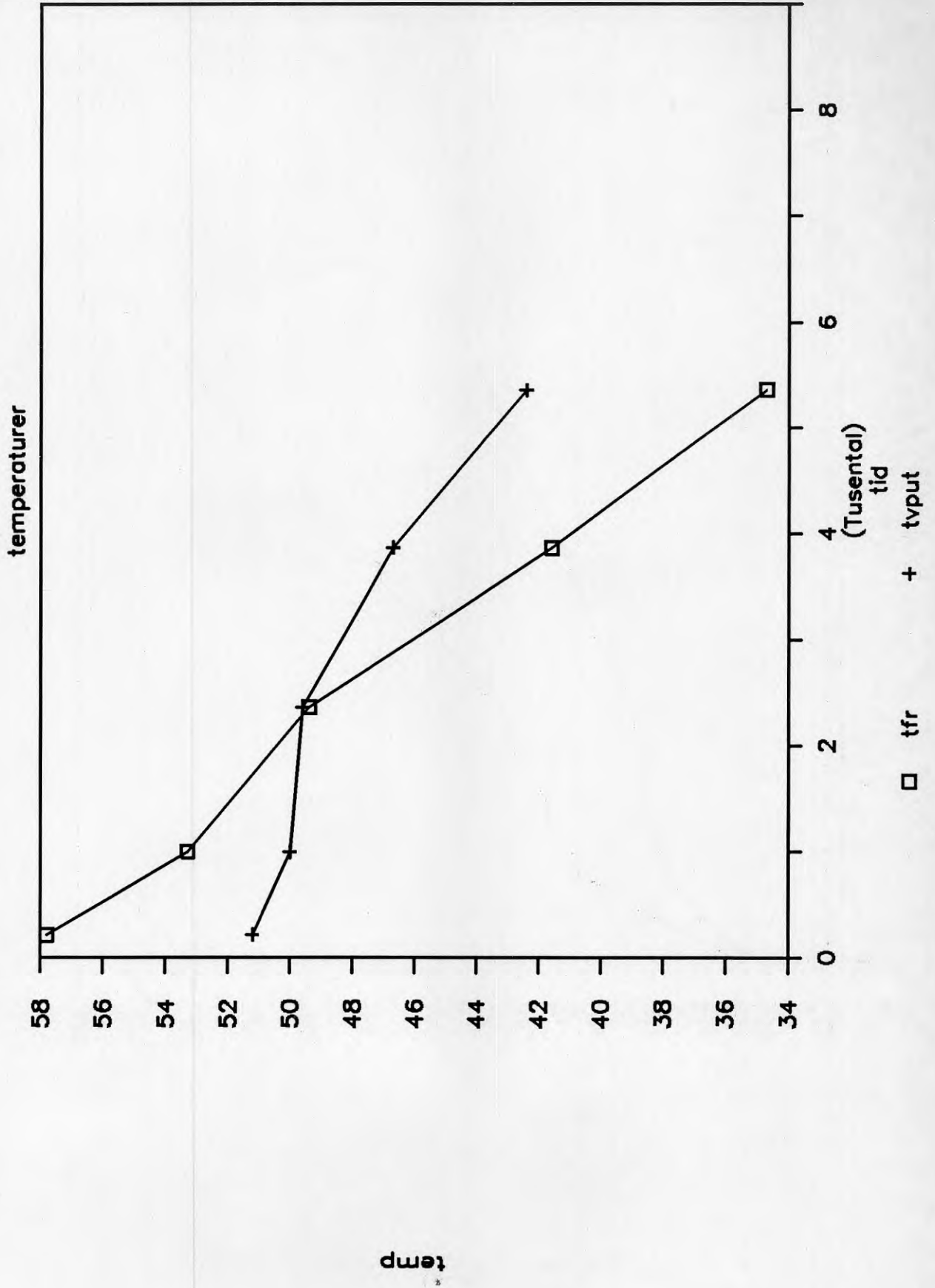
Driftfall 2 medför en ökande energiförbrukning vid höga systemtemperaturer, medan driftfallen medför likartade energiförbrukningar vid låga.

5.5 Temperaturkurvor

Temperaturen ut från kondensorn t_{vput} och fjärrvärmereturtemperaturen t_{fr} beräknas enligt genomgång i bilaga 7.

Vid beräkningen av t_{fr} används två beräkningsmetoder för olika delar av kurvan, vilket medför ett "hack" i kurvan mellan 3 000 och 4 000 h. Detta syns tydligast i fall 2. Anledningen till detta genomgås i bilaga 7 punkt 13 och måste iaktas vid läsning av diagrammen.

Fall 1 Verkligt



Fall 1 50/41

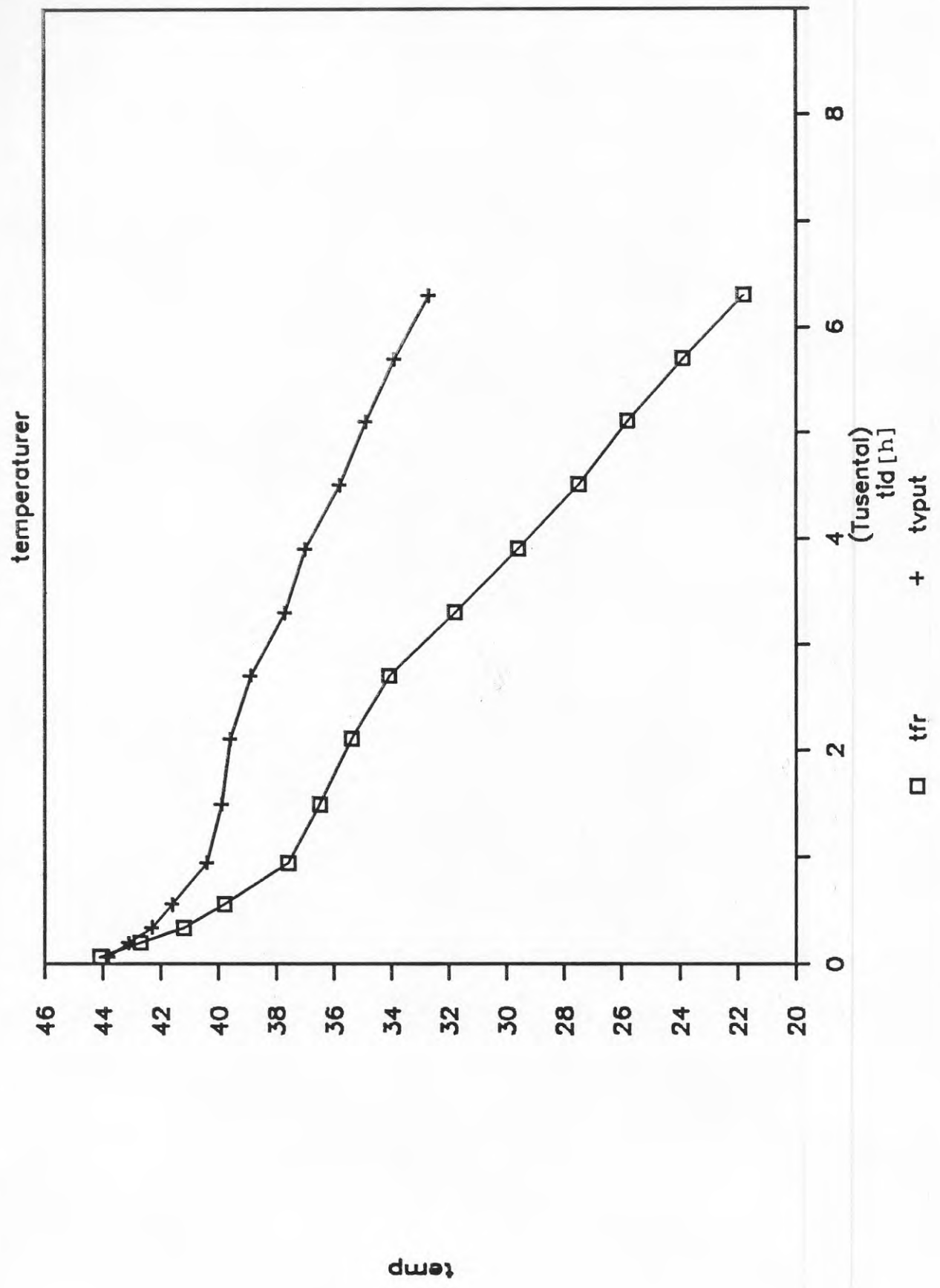


Bild 5.5.2

Fall 1 60/48

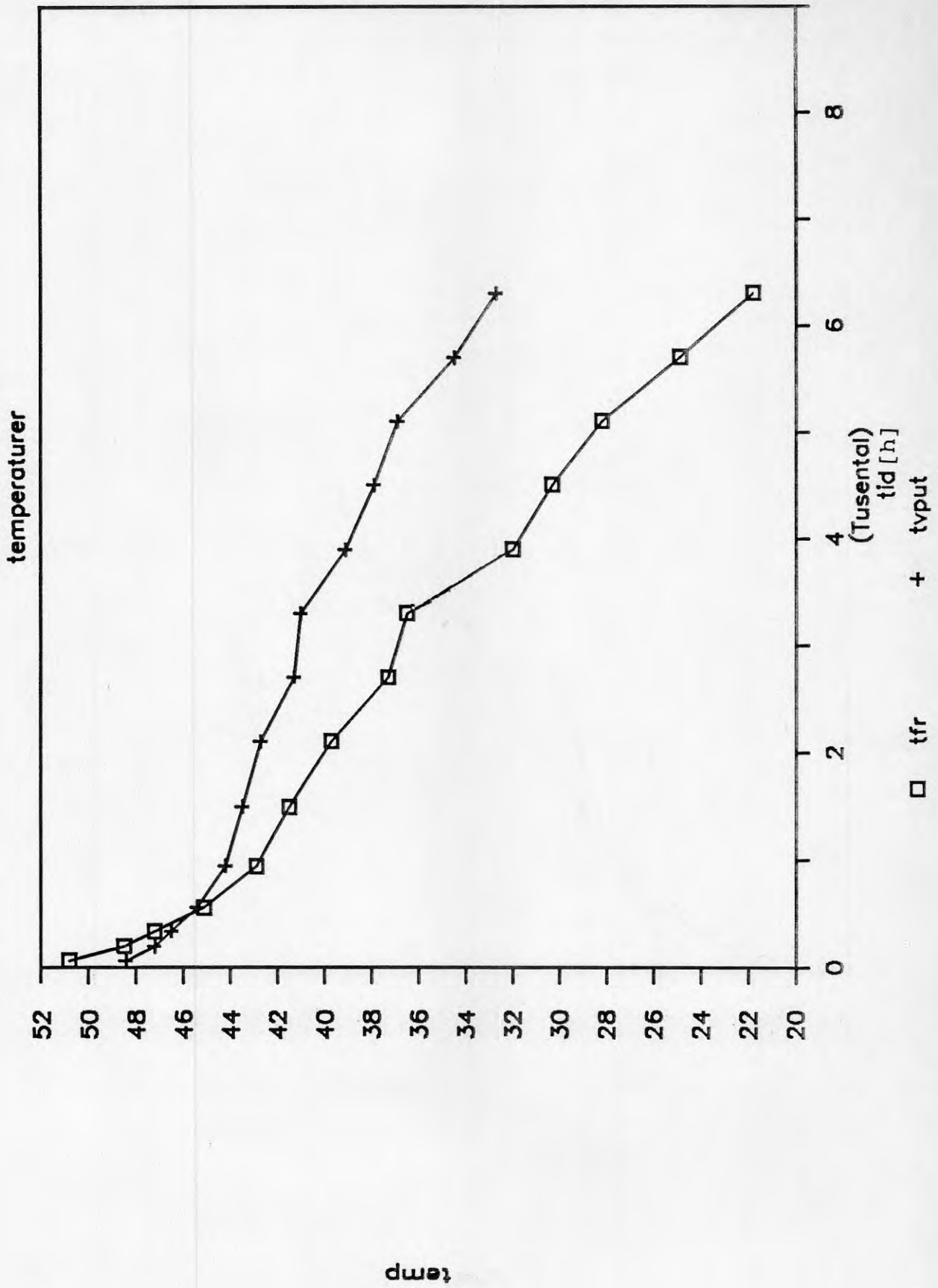


Bild 5.5.3

Fall 1 70/54

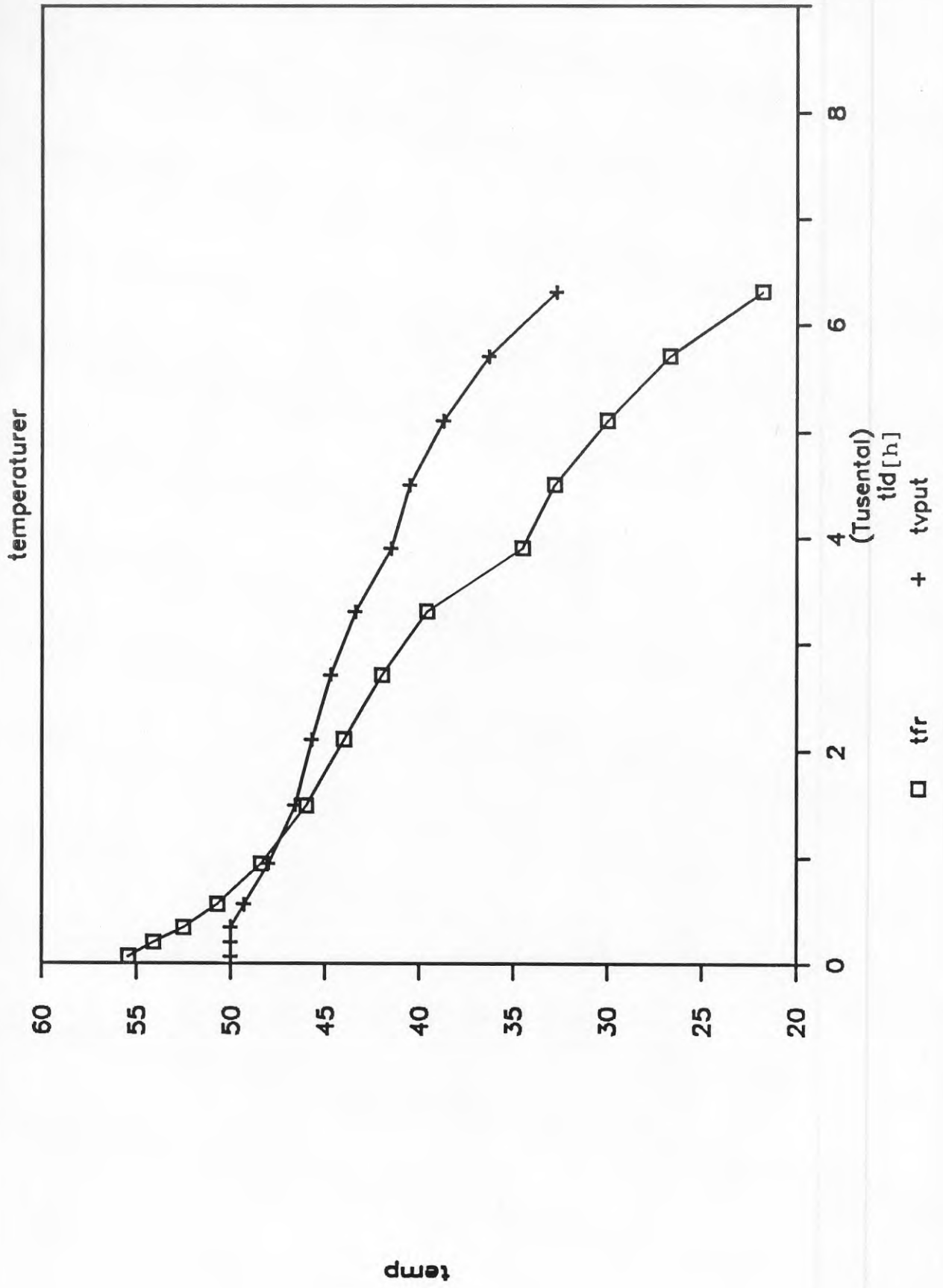


Bild 5.5.4

Fall 1 80/60

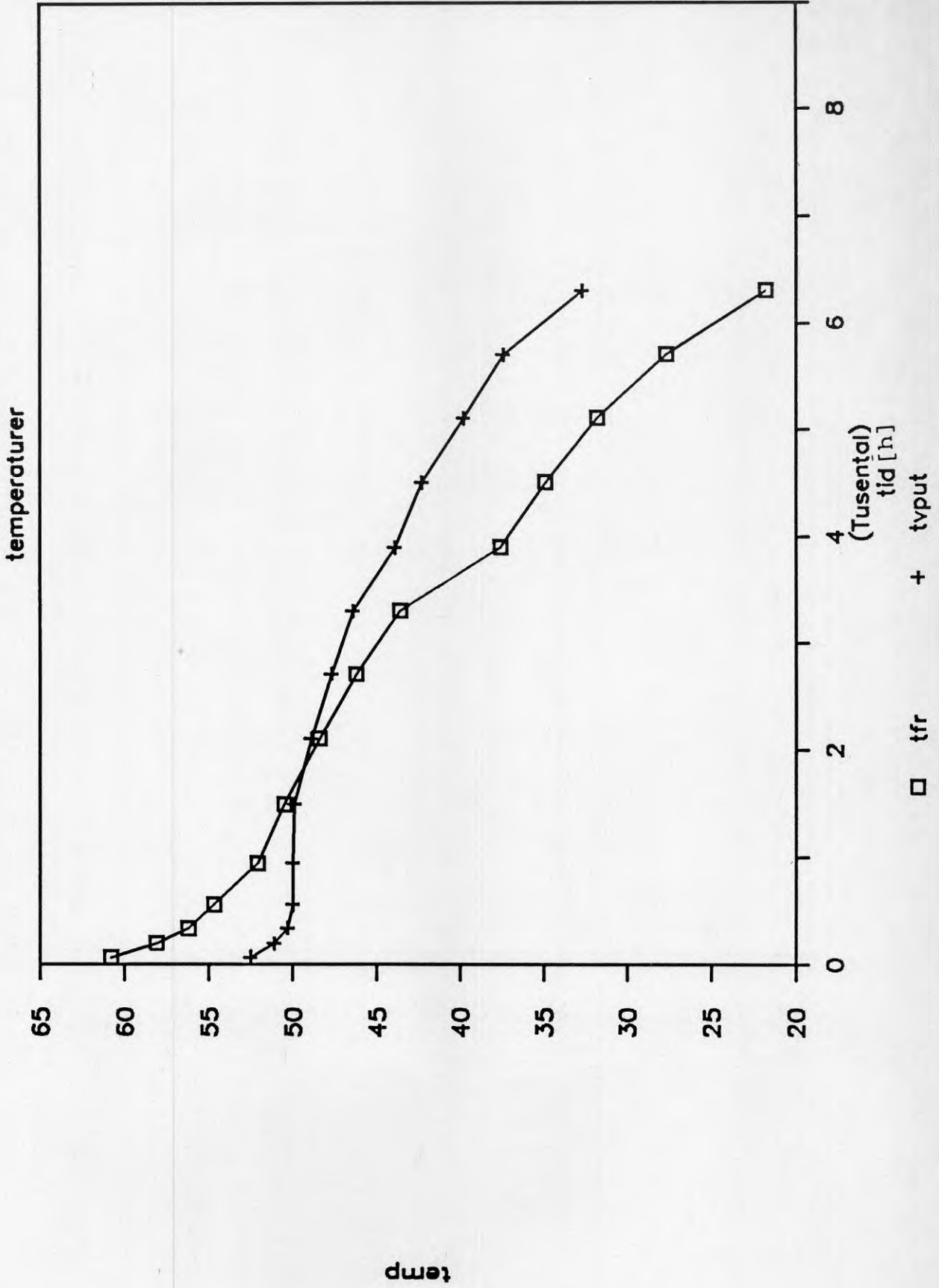
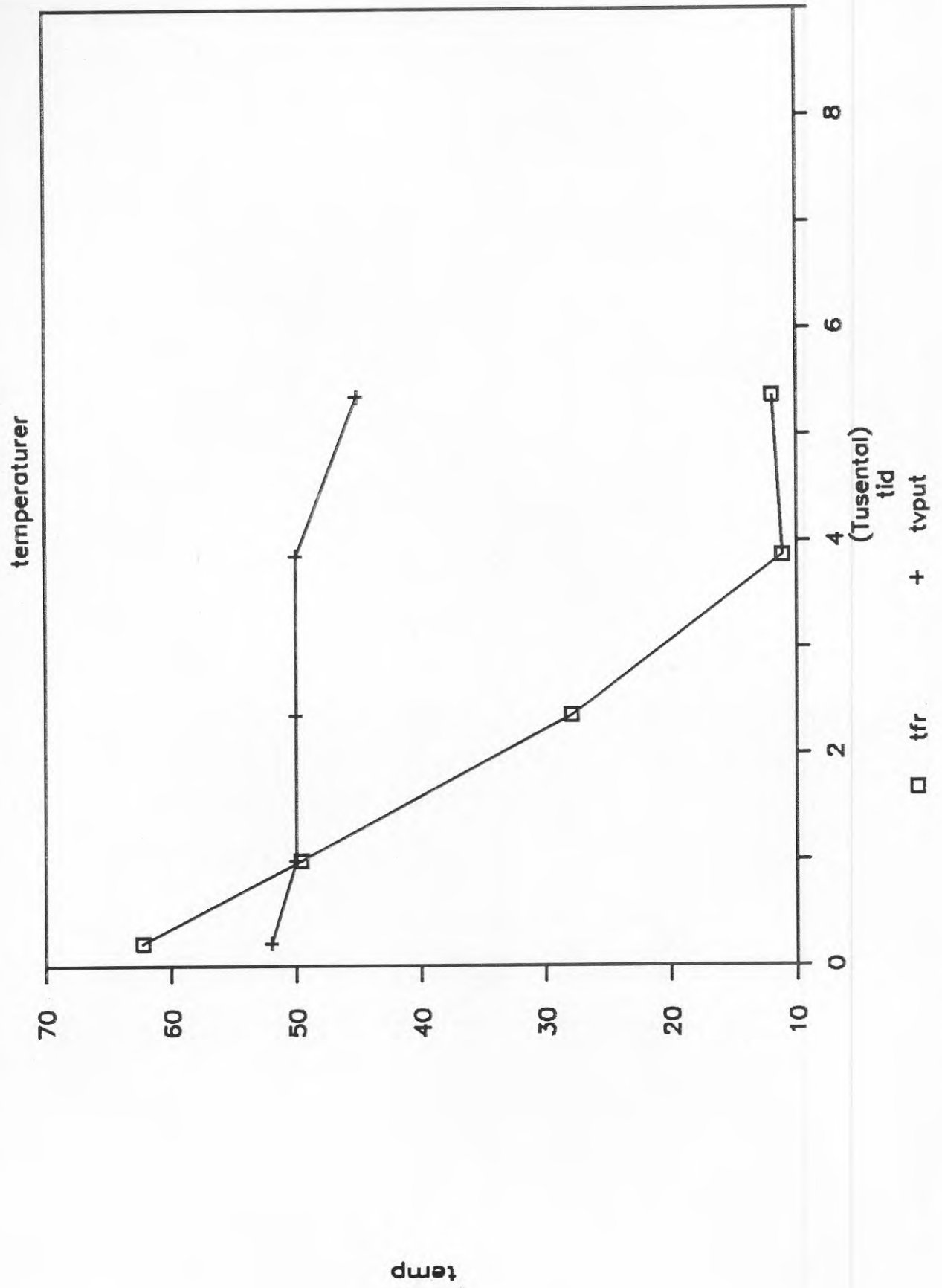


Bild 5.5.5

Fall 2 Verkligt



Fall 2 50/41

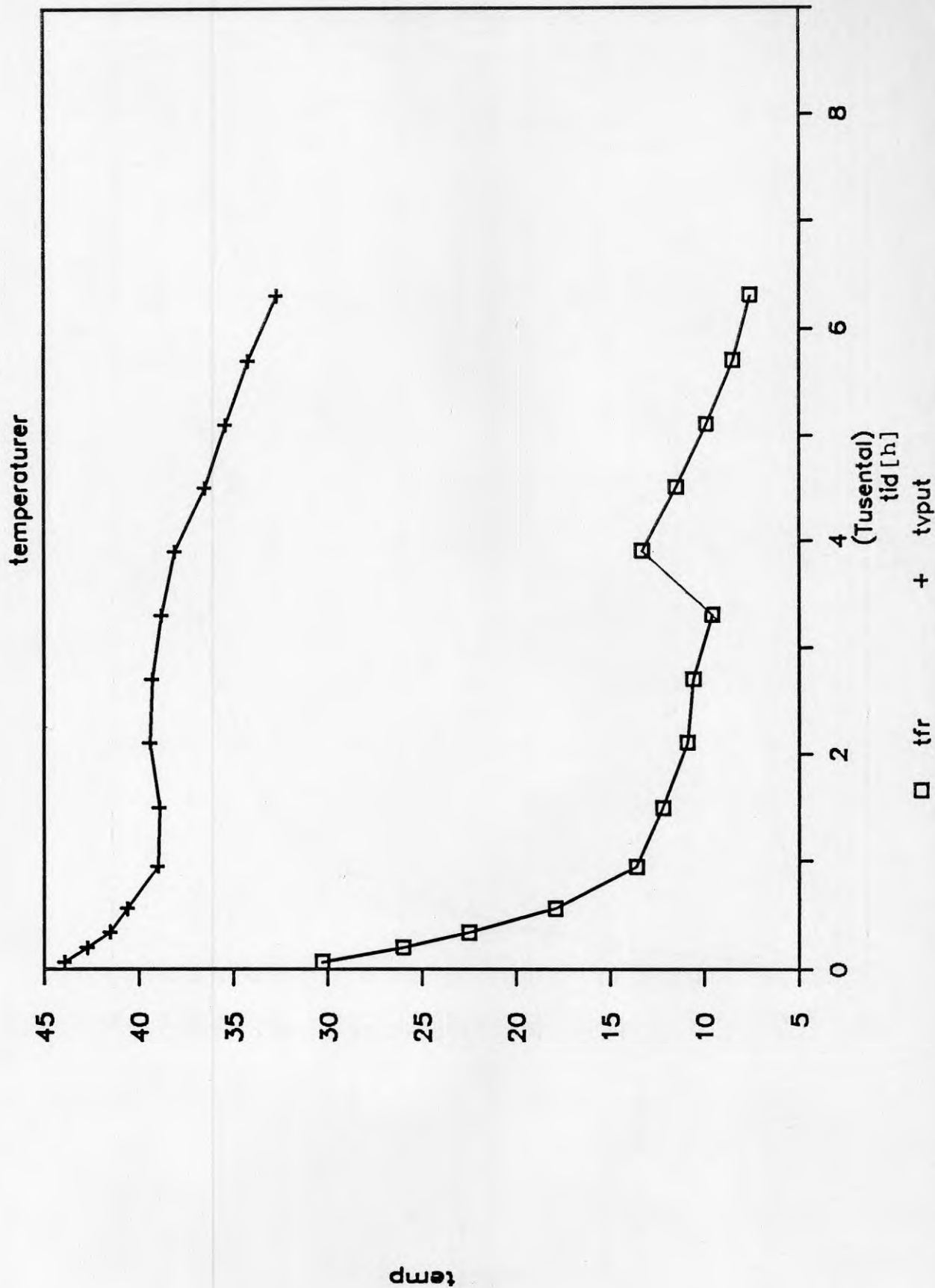


Bild 5.5.7

Fall 2 60/48

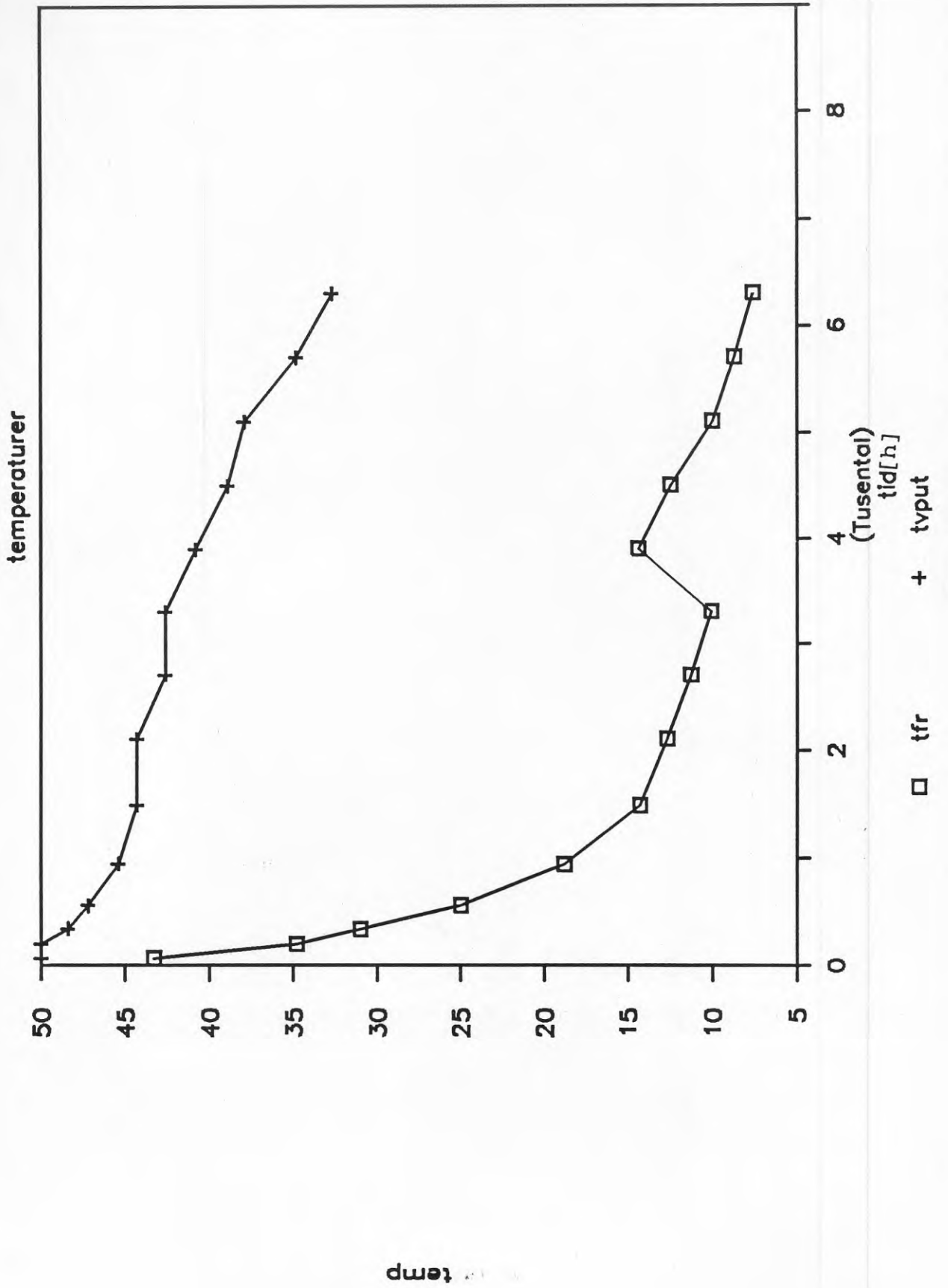


Bild 5.5.8

Fall 2 70/54

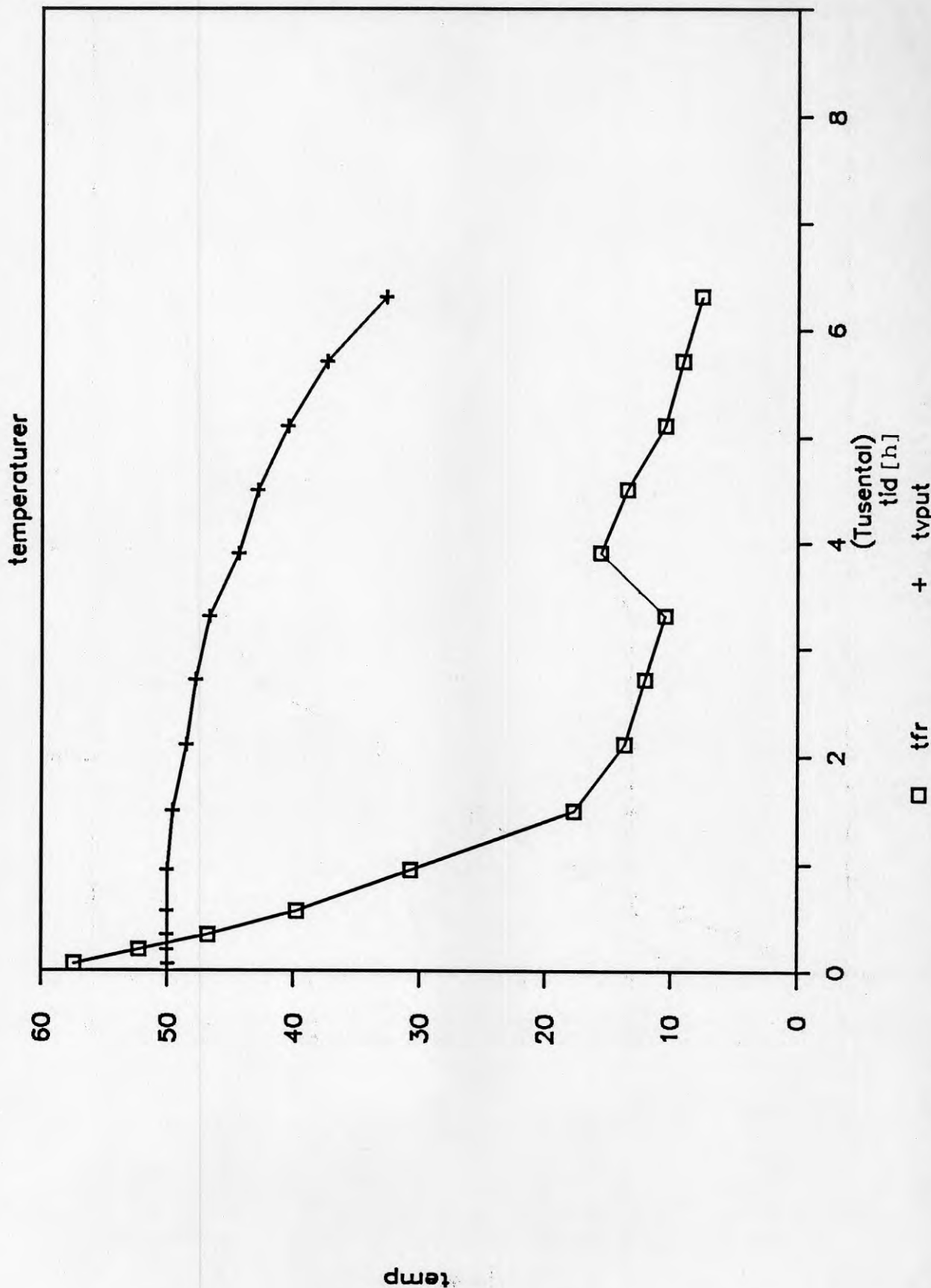


Bild 5.5.9

Fall 2 80/60

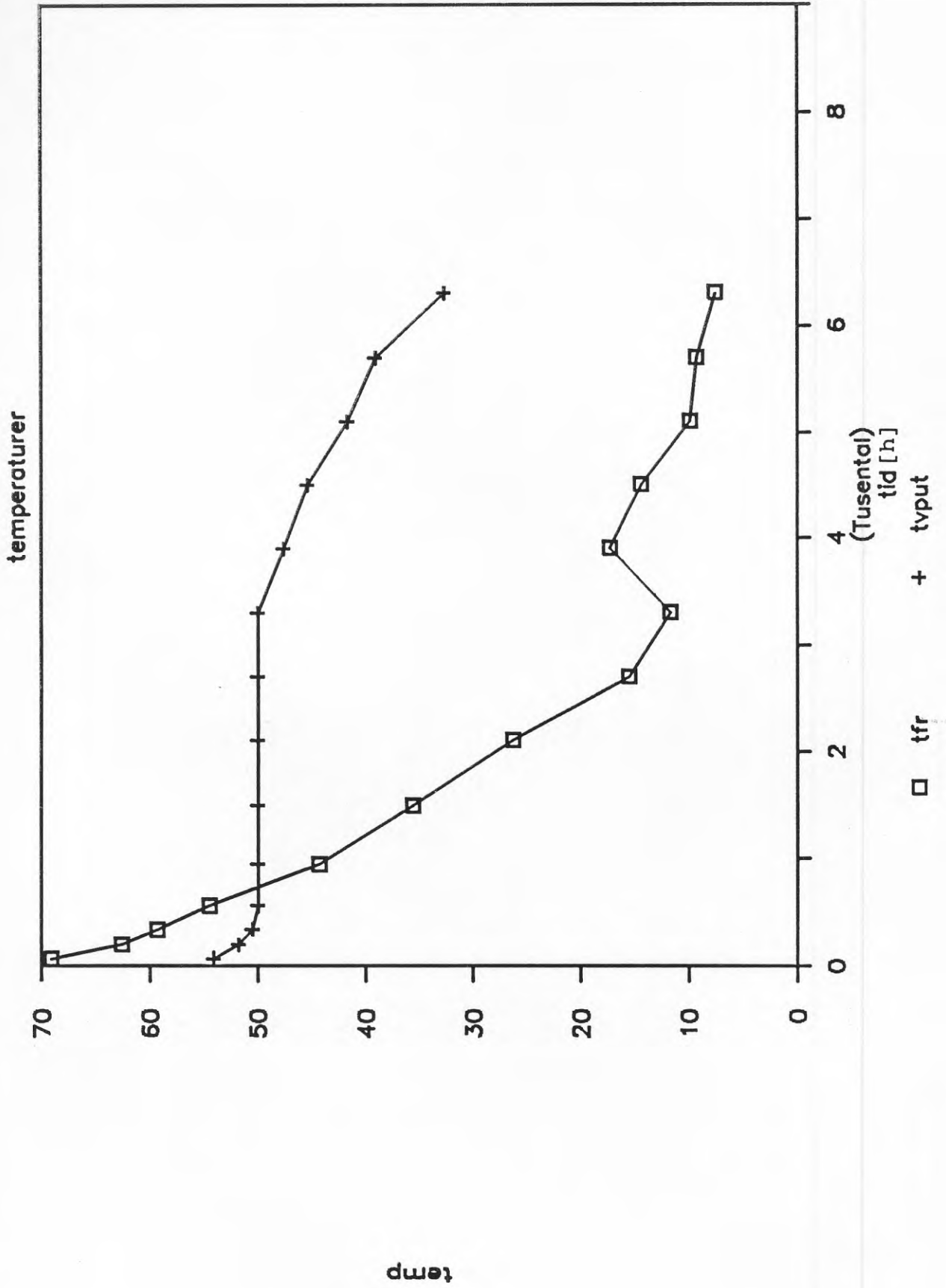


Bild 5.5.10

Slutsatser, temperaturkurvor

Driftfall 2, som representerar en av Stockholm energi föreslagen inkoppling, med låg fjärrvärmereturtemperatur som mål, har i jämförelse med driftfall 1 avsevärt lägre returtemperaturer. Båda driftfallen ger dessutom lägre returtemperaturer vid sjunkande systemtemperatur. Skillnaden i ut-temperatur från kondensorn är liten med en lägre temperatur för driftfall 1.

5.6 Varaktighets- och effektkurvor

Varaktighetsdiagram har tagits fram med hjälp av beräkningsprogrammet. Dessutom har diagram av typen $P = f(\text{temp})$ tagits fram för att få en korrelation till utetemperaturen.

I dessa diagram finns även kurvor för elförbrukningen för uppvärmning av tappvarmvatten och radiatorsystemet.

Elåtgången till värmepumpen och dess kompressor finns i effektdiagrammen.

Fall 1 verkligt

Varaktighetsdiagram

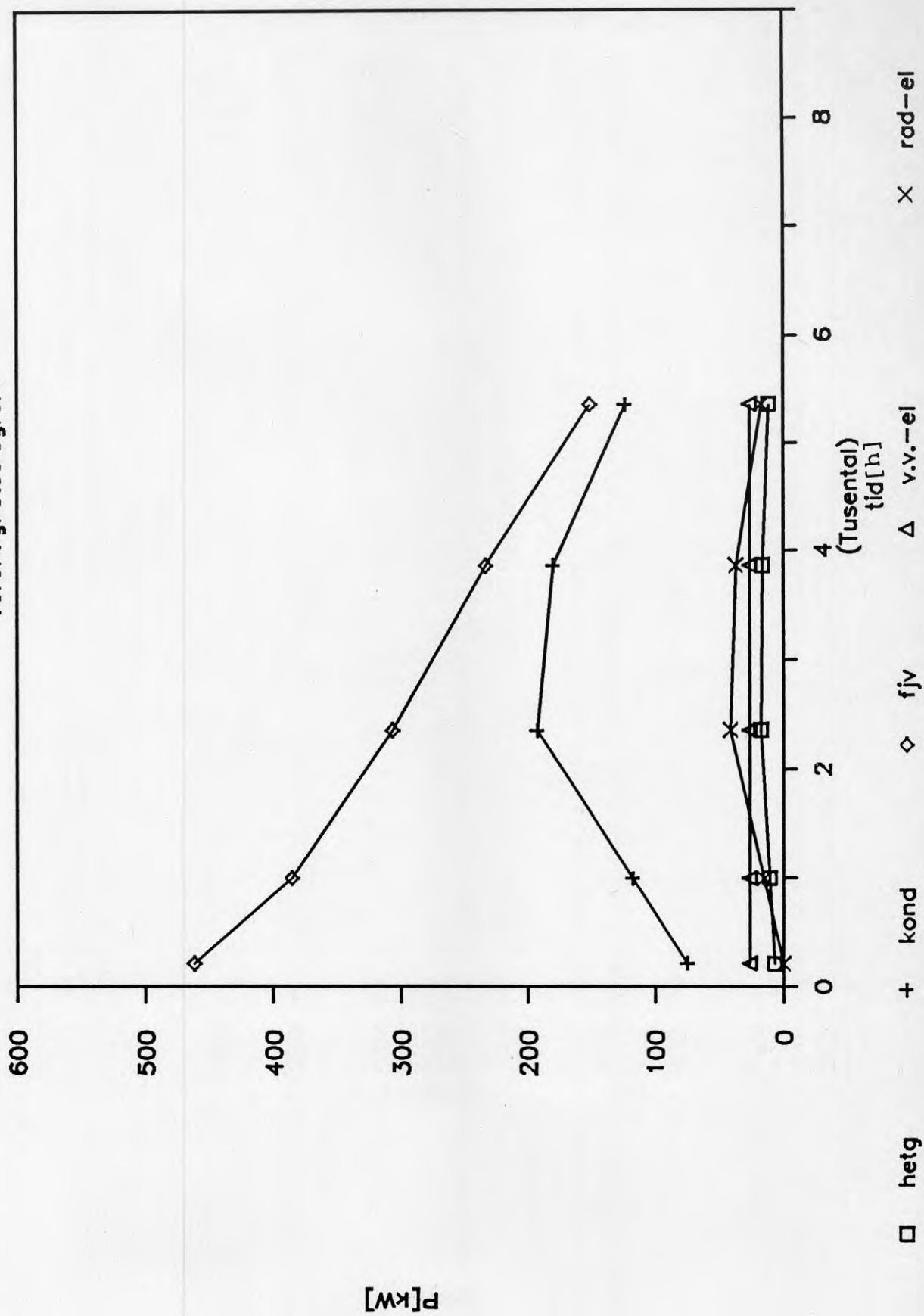


Bild 5.6.1

Fall 1 verkligt

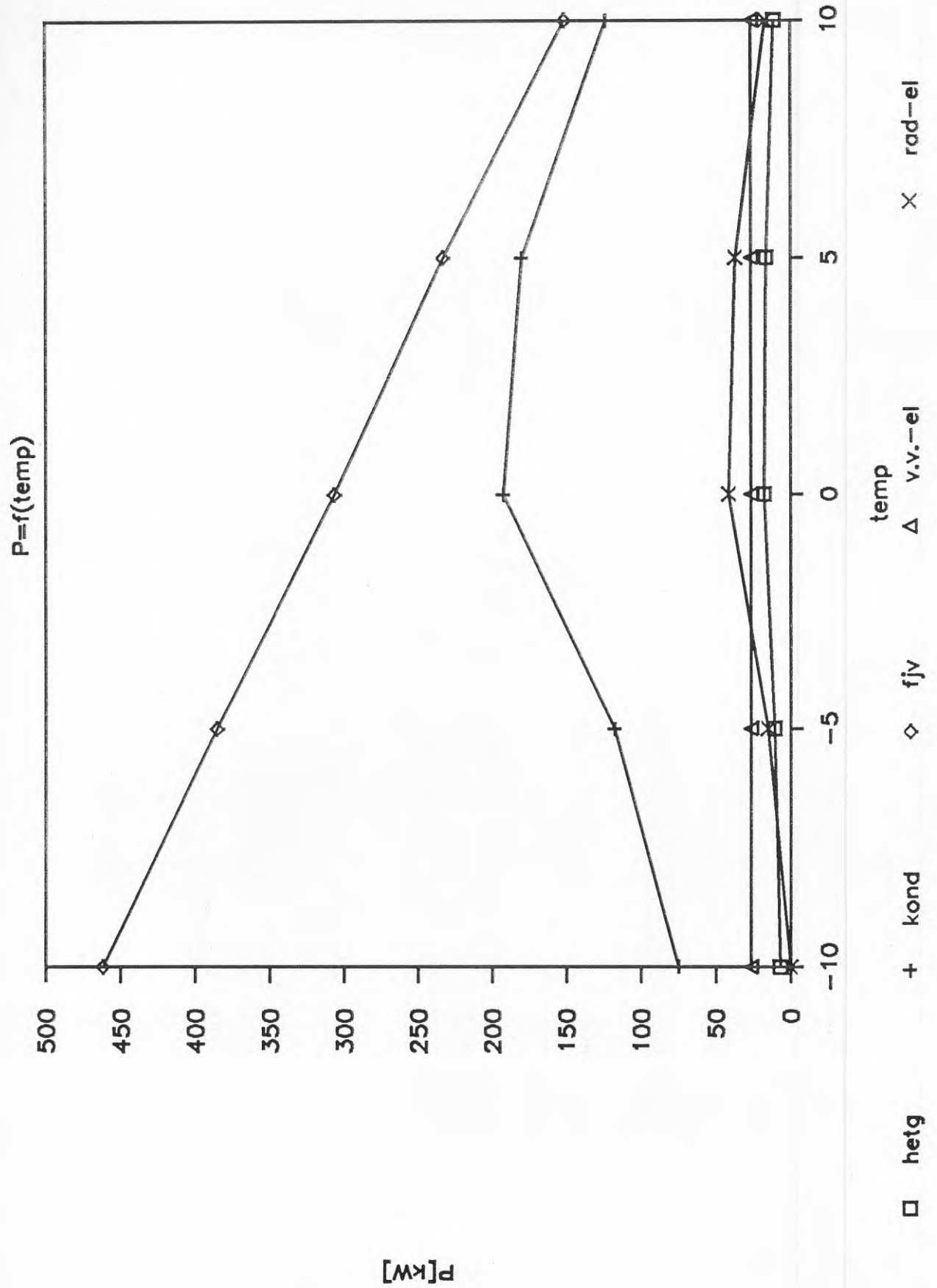


Bild 5.6.2

Fall 1 verkligt

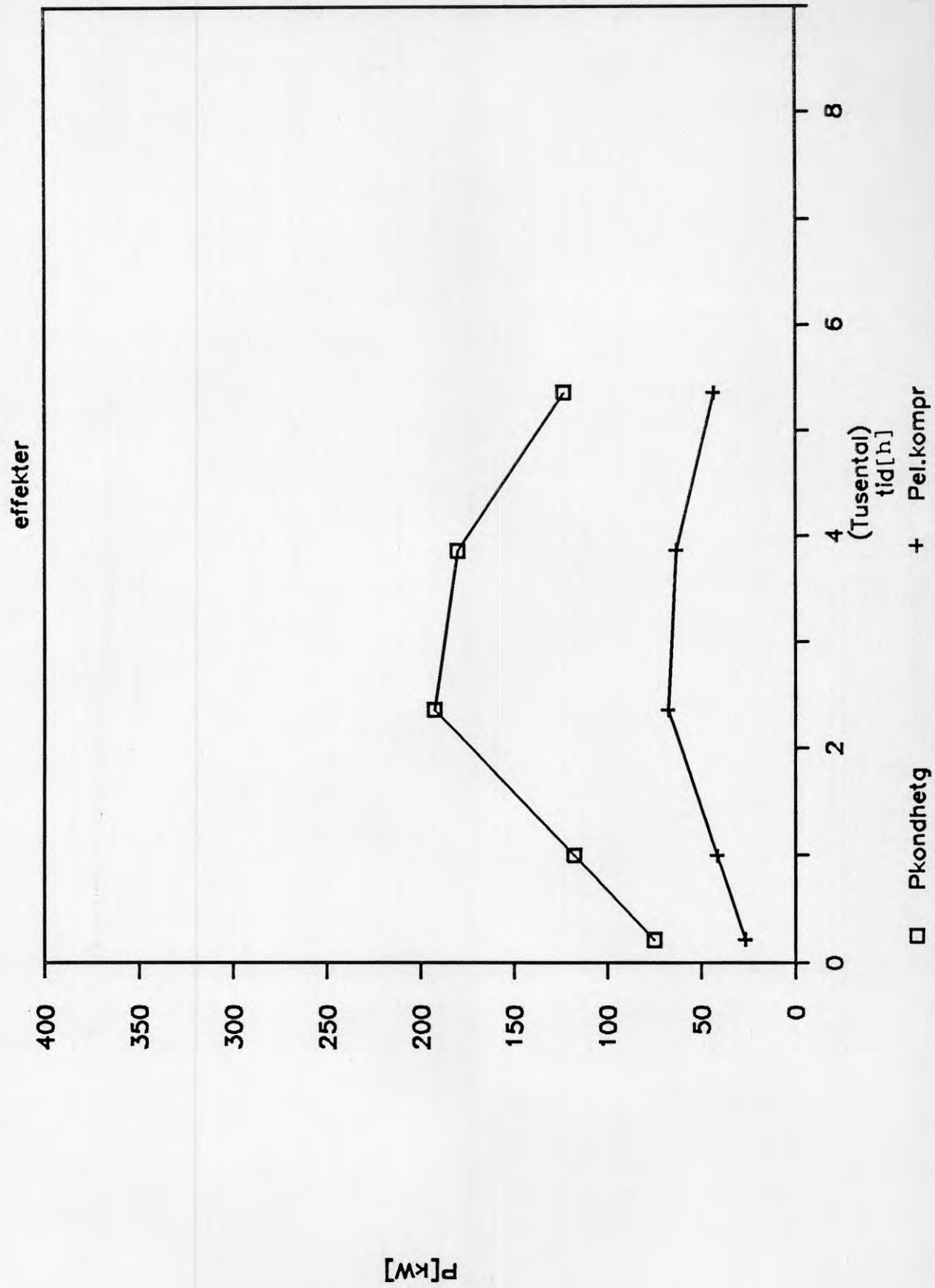


Bild 5.6.3

Fall 2 verkligt

Varaktighetsdiagram

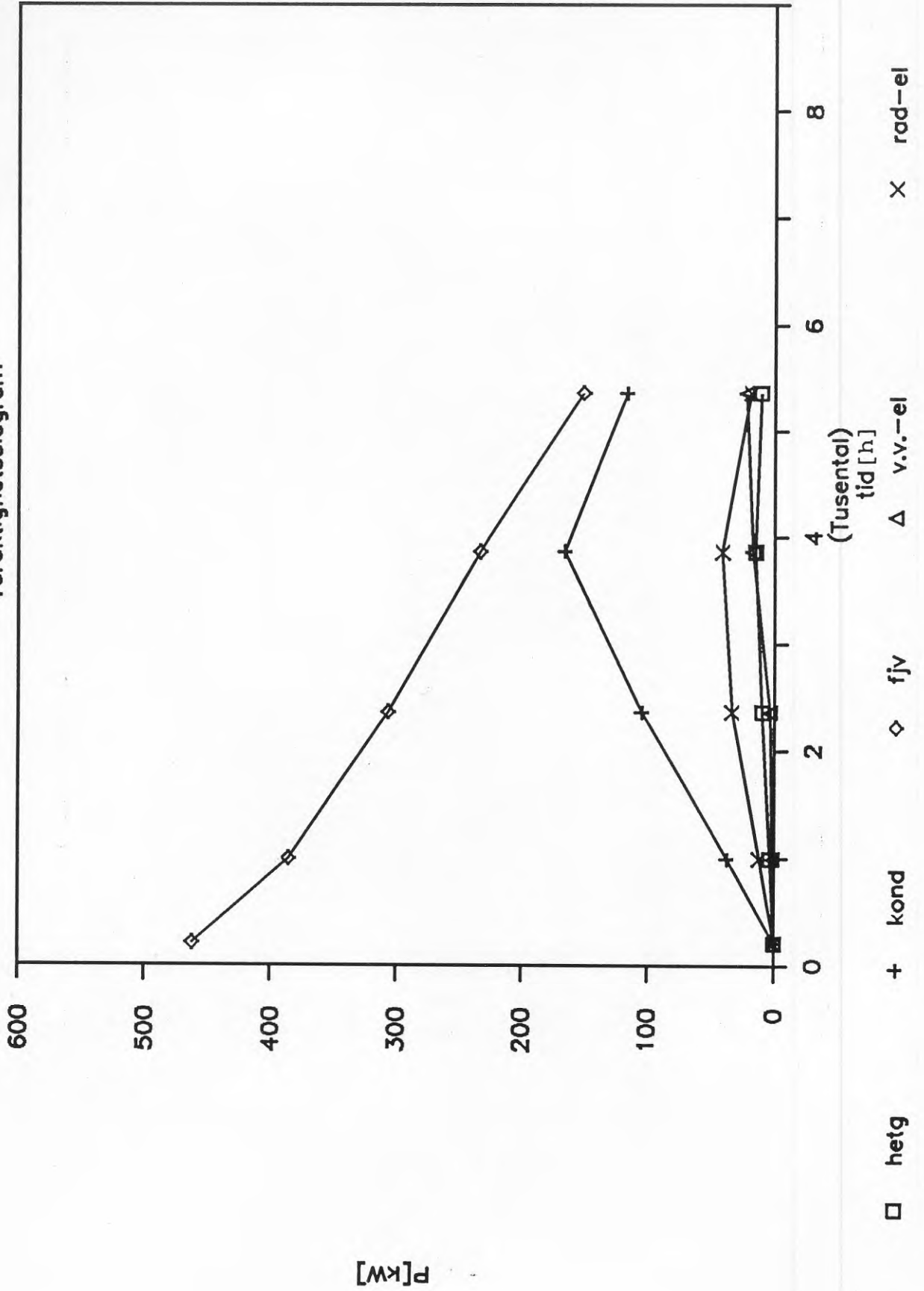


Bild 5.6.4

Fall 2 verkligt

$P=f(\text{temp})$

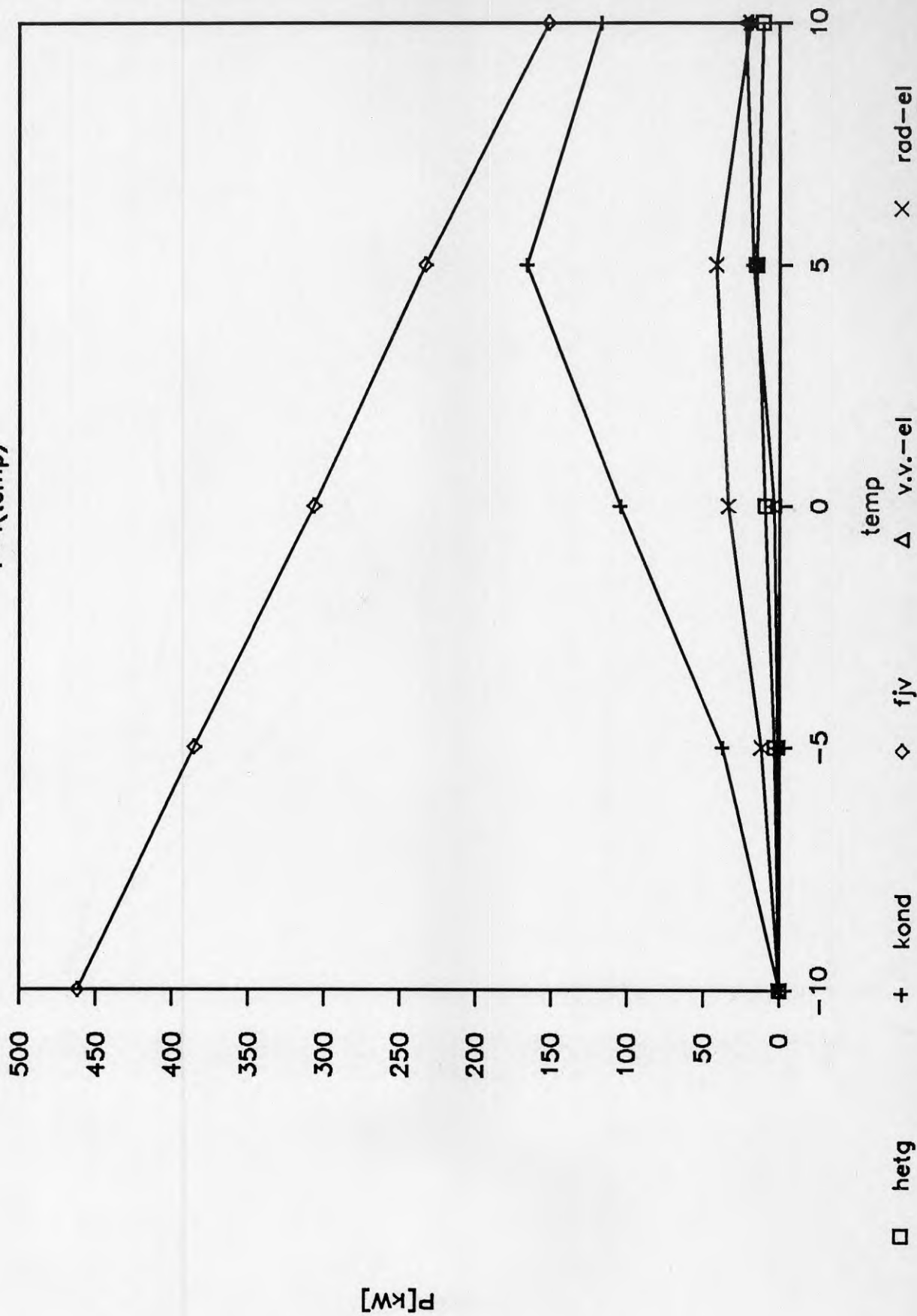


Bild 5.6.5

Fall 2 verkligt

effekter

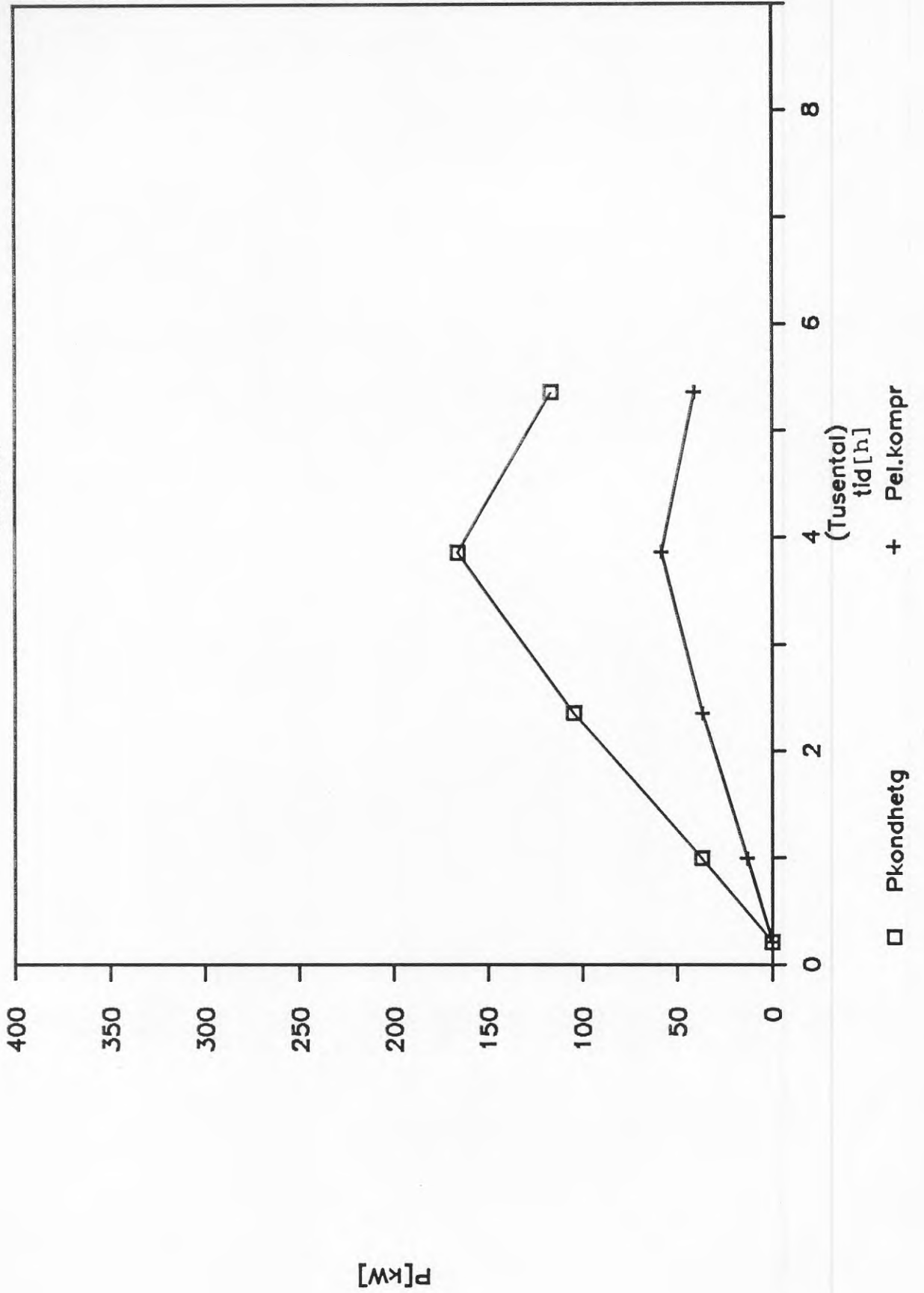


Bild 5.6.6

Fall 1 80/60

Varaktighetsdiagram

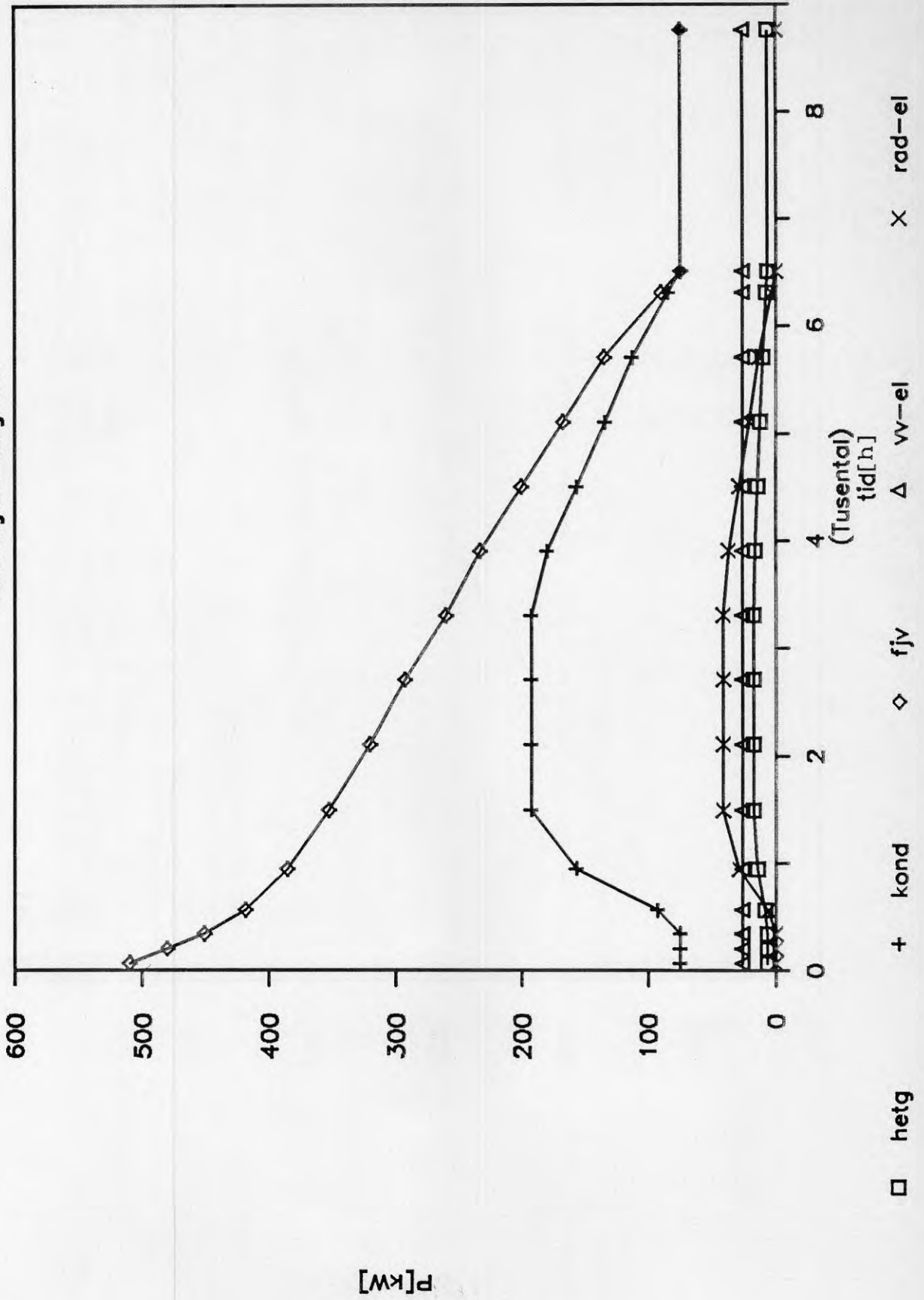


Bild 5.6.7

Fall 1 80/60

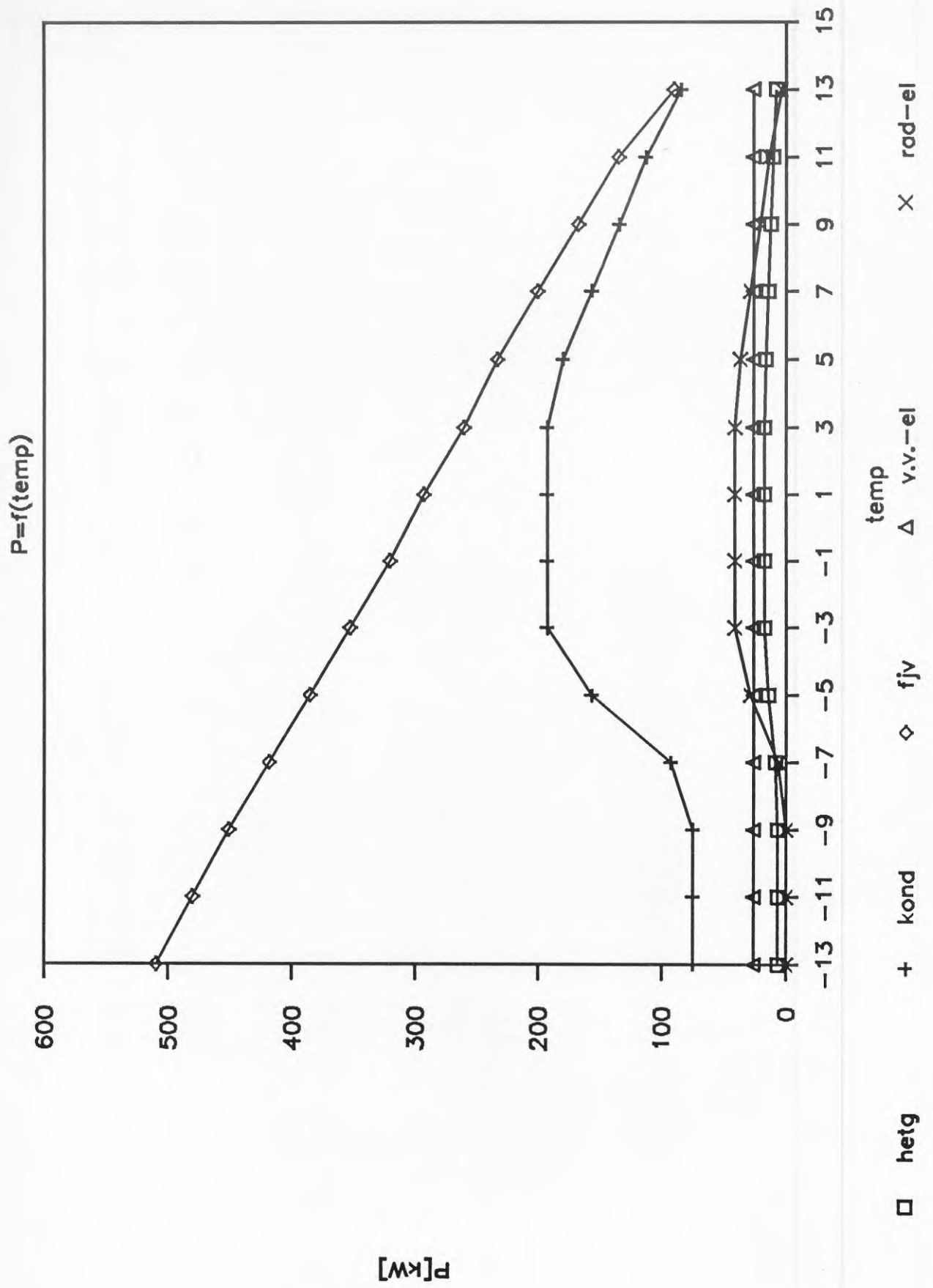


Bild 5.6.8

Fall 1 80/60

effekter

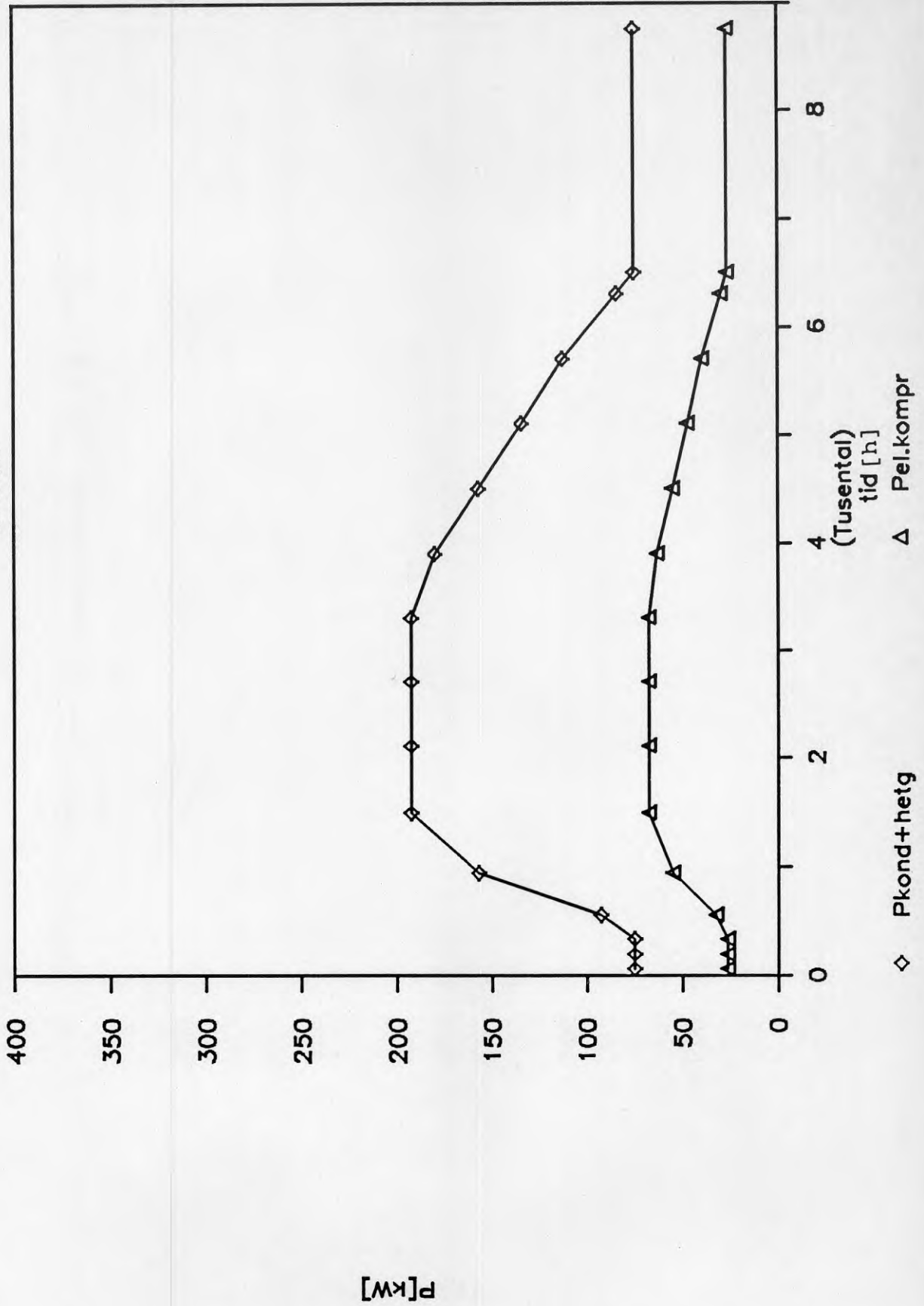


Bild 5.6.9

Fall 2 80/60

Varaktighetsdiagram

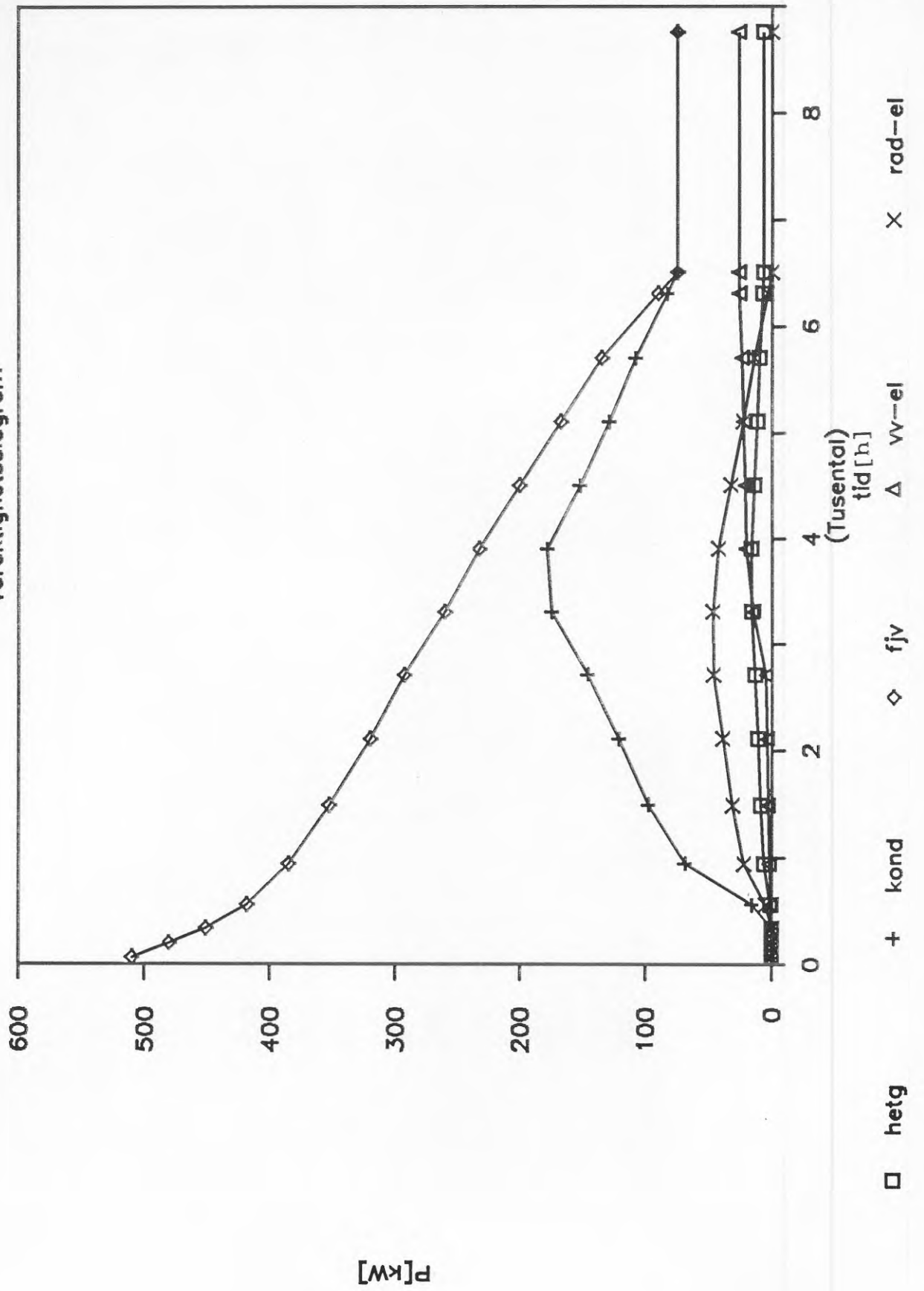


Bild 5.6.10

Fall 2 80/60

$P=f(\text{temp})$

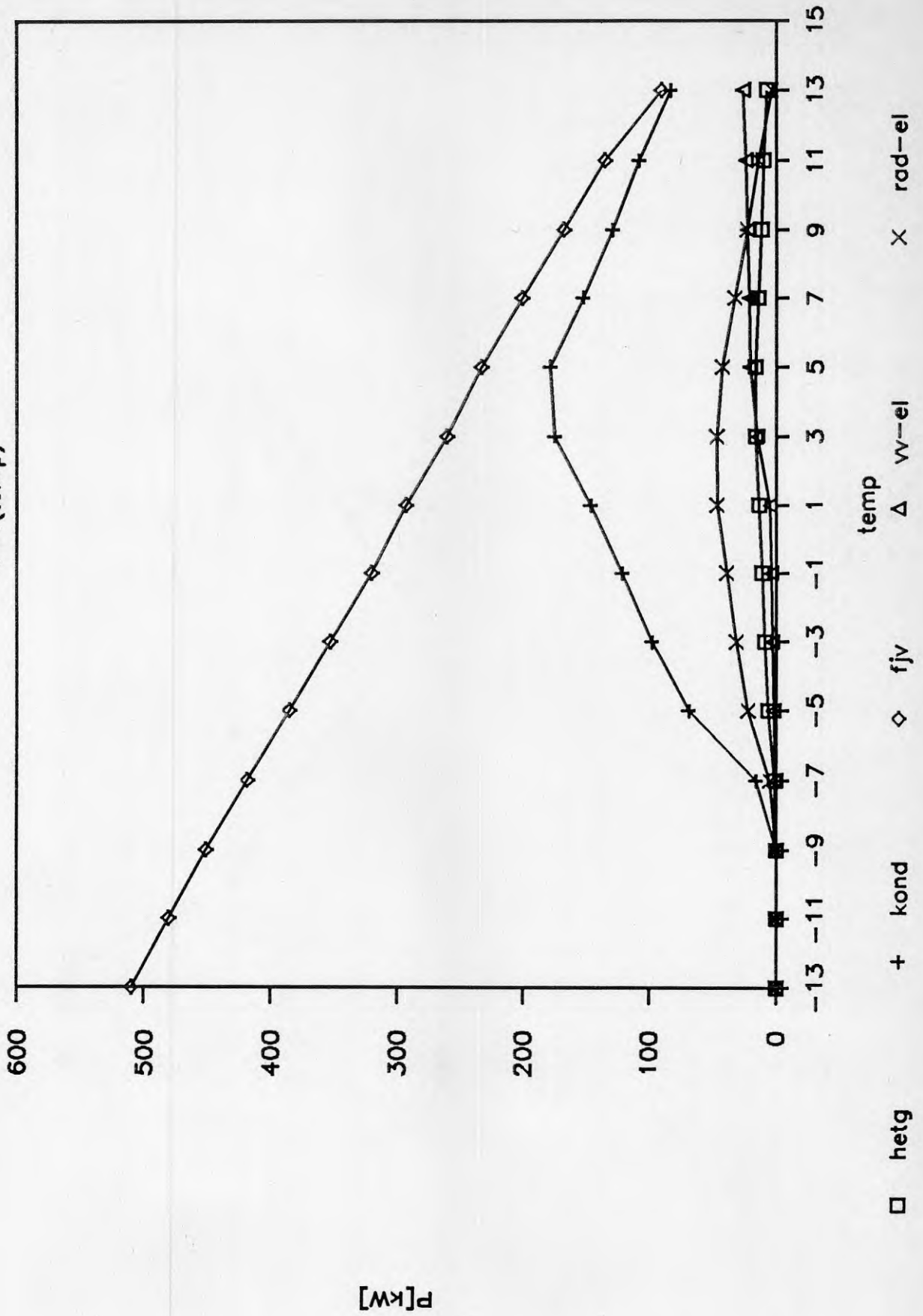


Bild 5.6.11

Fall 2 80/60

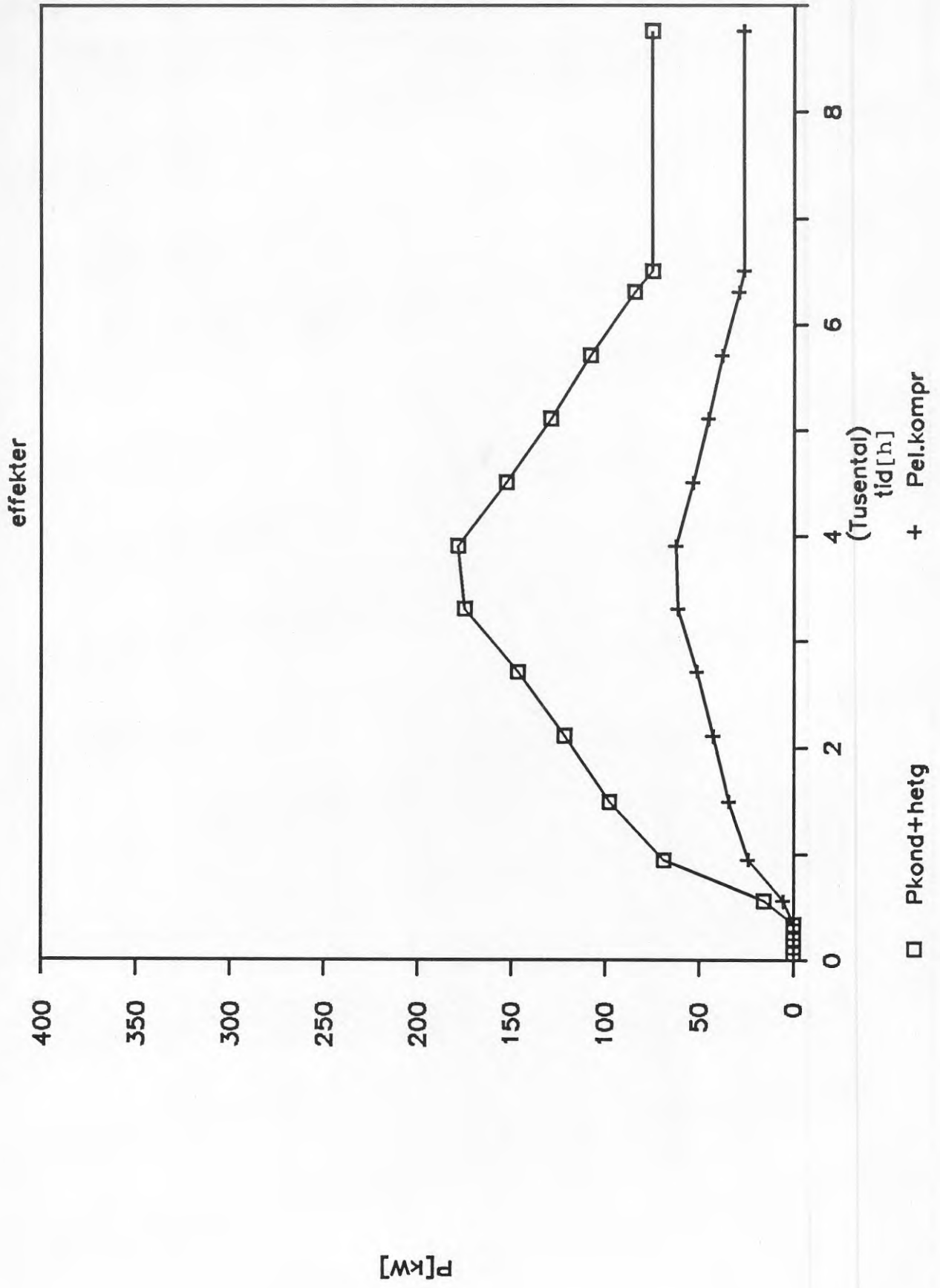


Bild 5.6.12

Fall 1 70/54

Varaktighetsdiagram

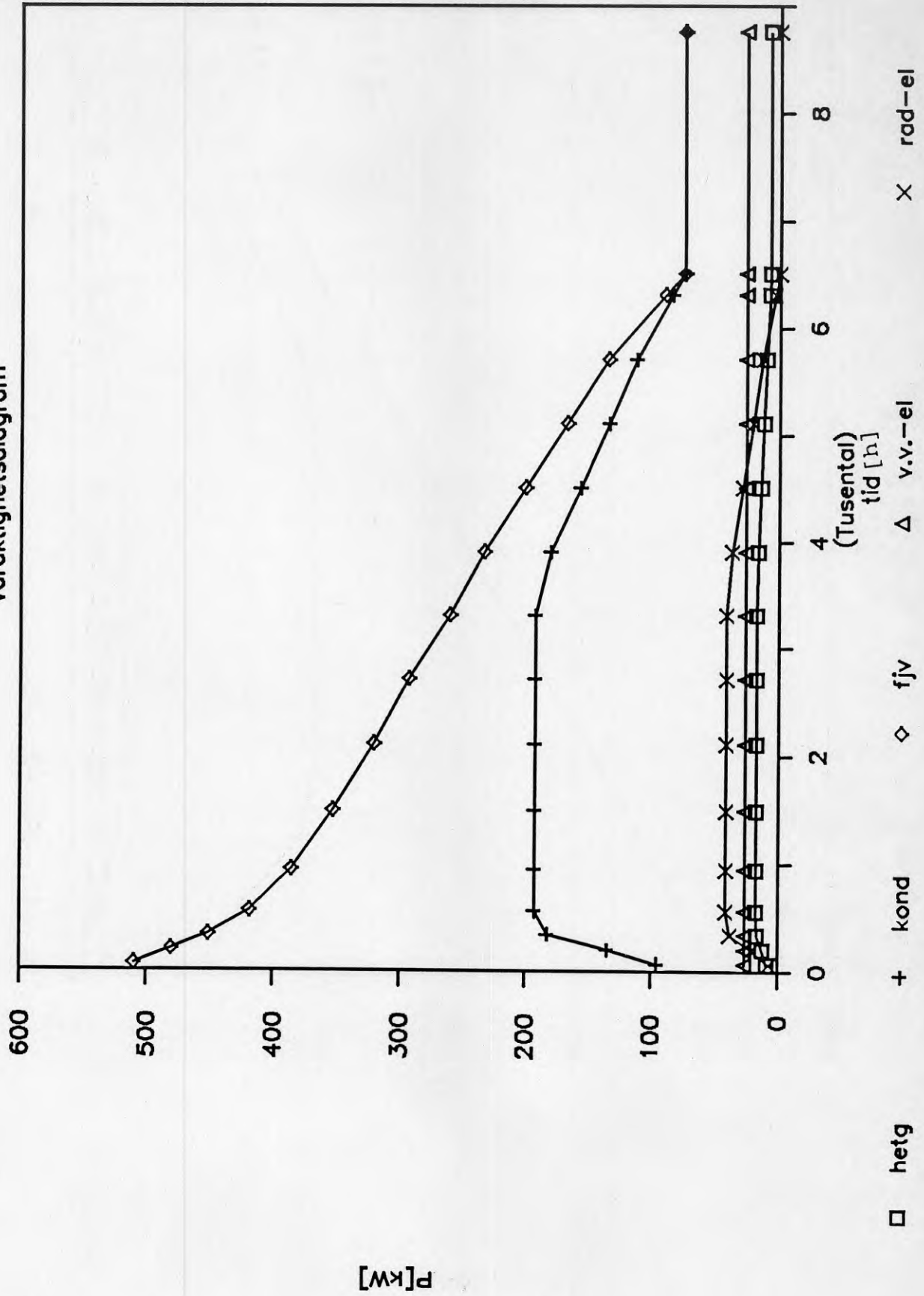


Bild 5.6.13

Fall 1 70/54

$P=f(\text{temp})$

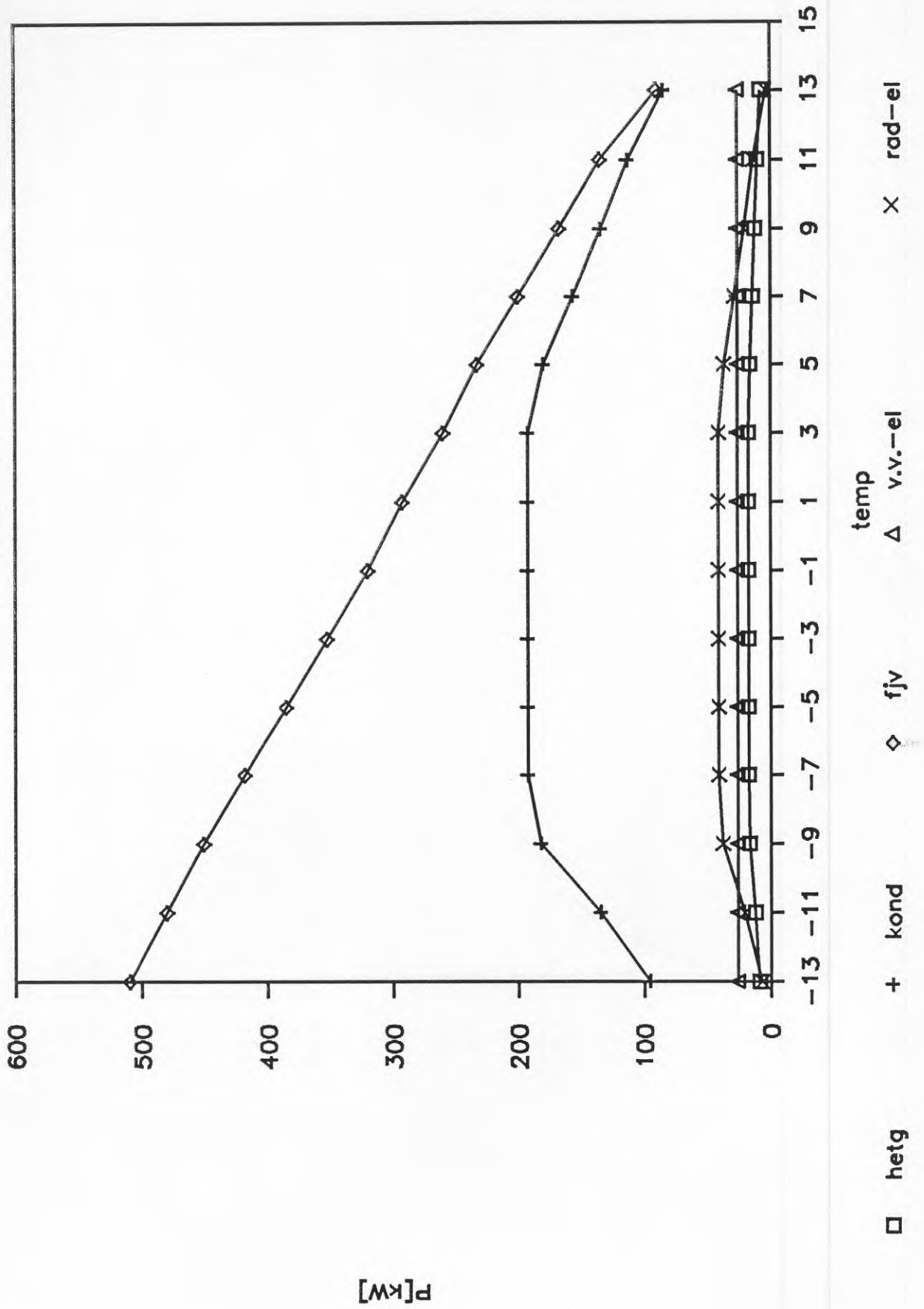


Bild 5.6.14

Fall 1 70/54

effekter

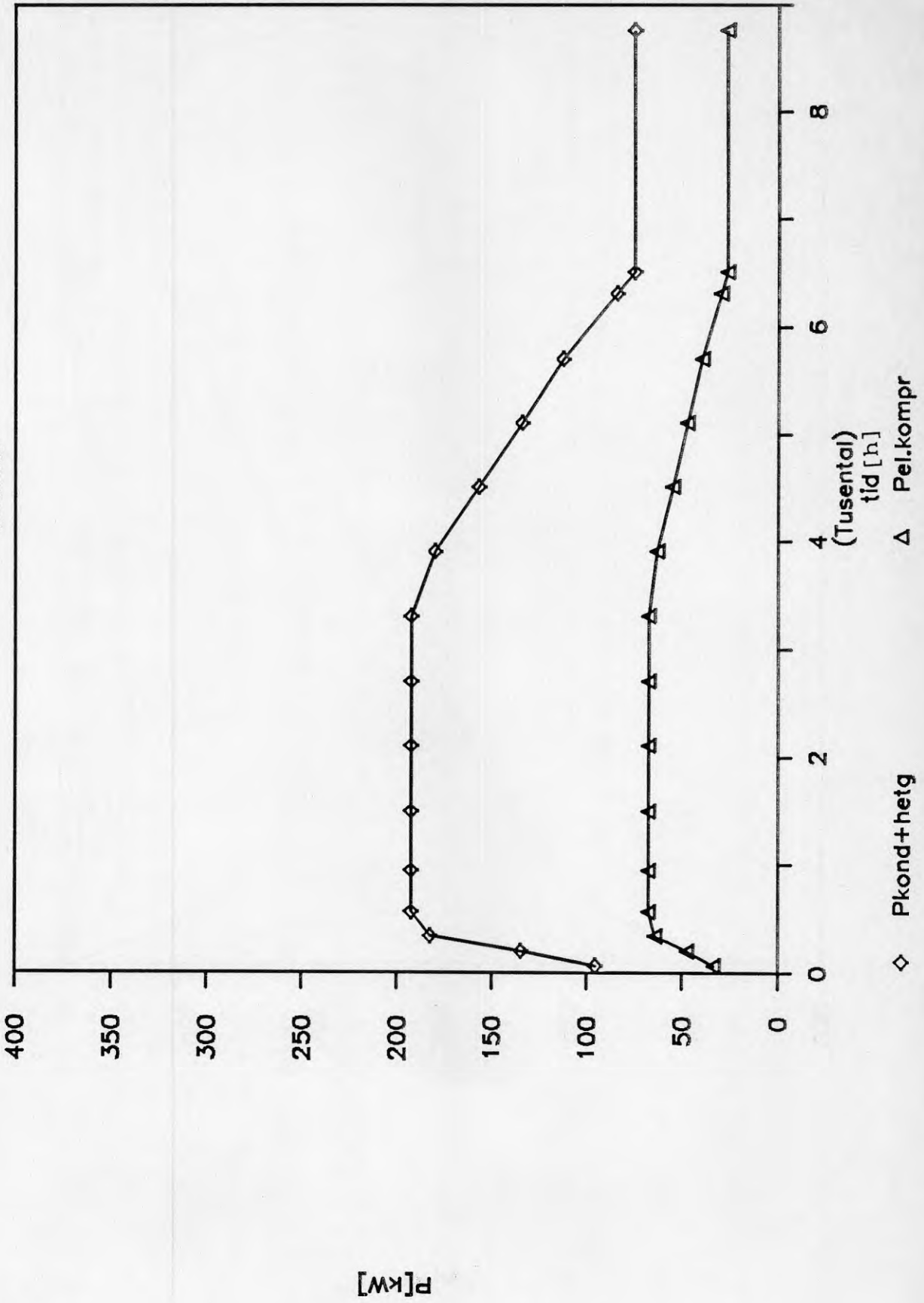


Bild 5.6.15

Fall 2 70/54

Varaktighetsdiagram

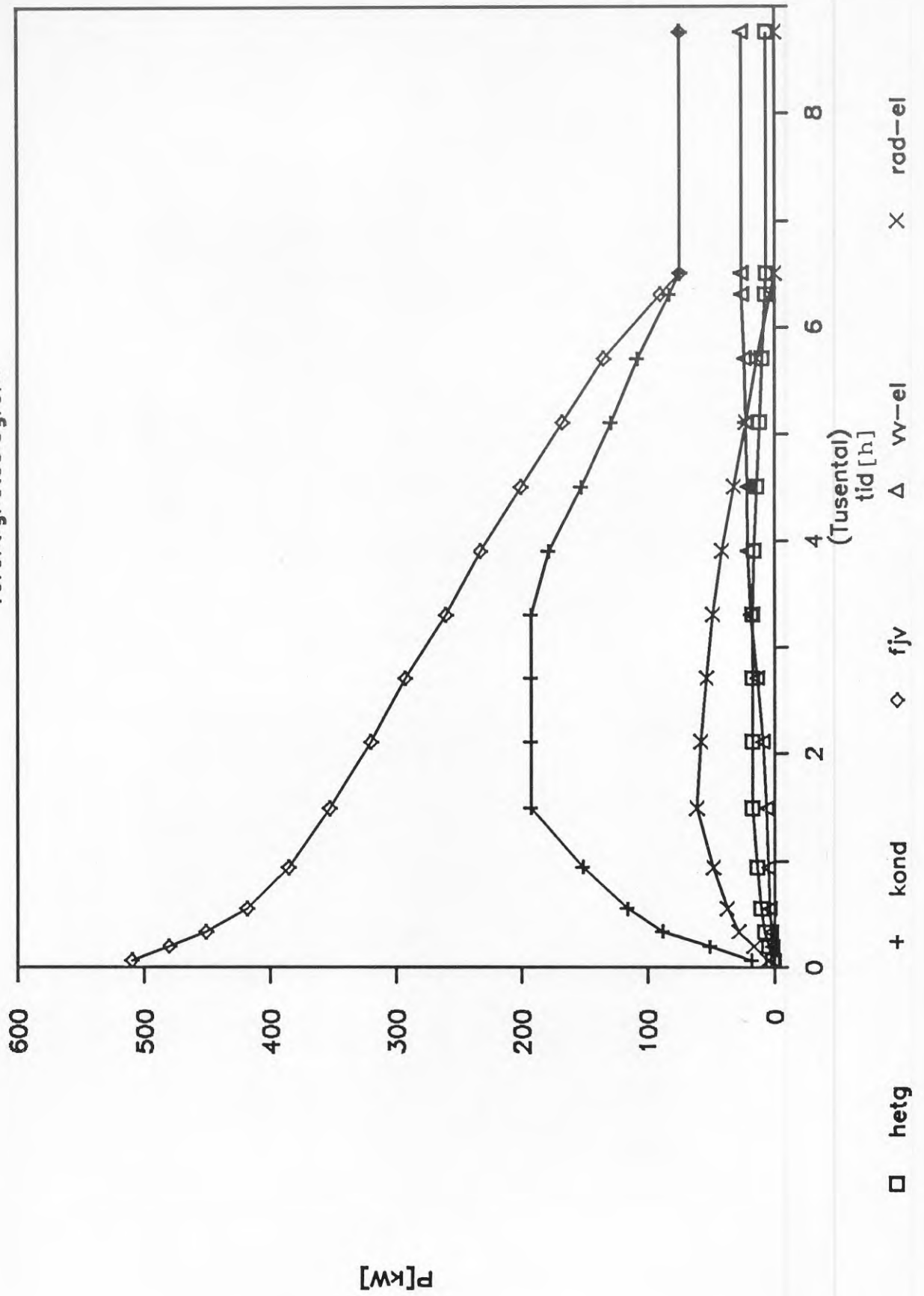


Bild 5.6.16

Fall 2 70/54
 $P=f(\text{temp})$

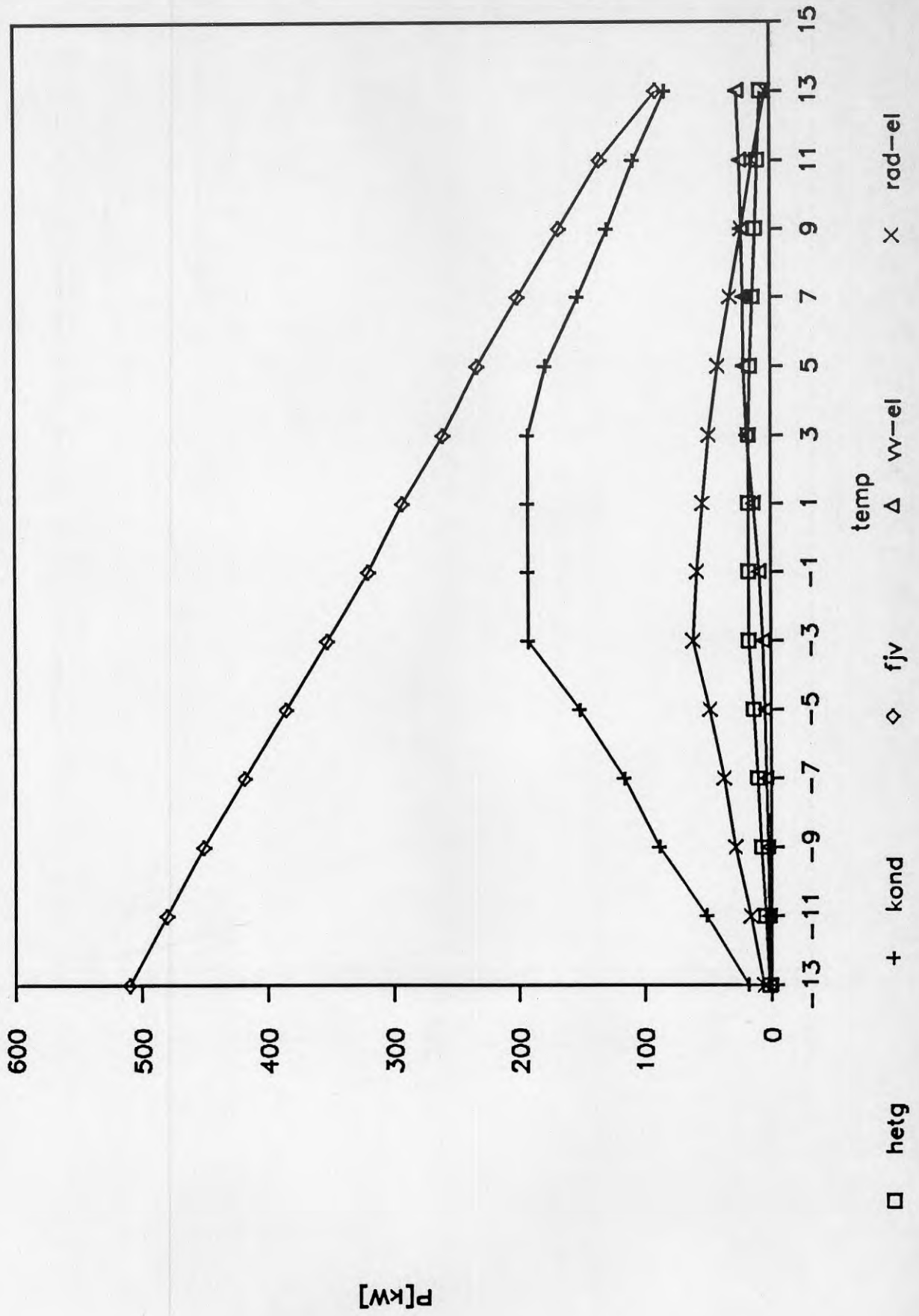


Bild 5.6.17

Fall 2 70/54

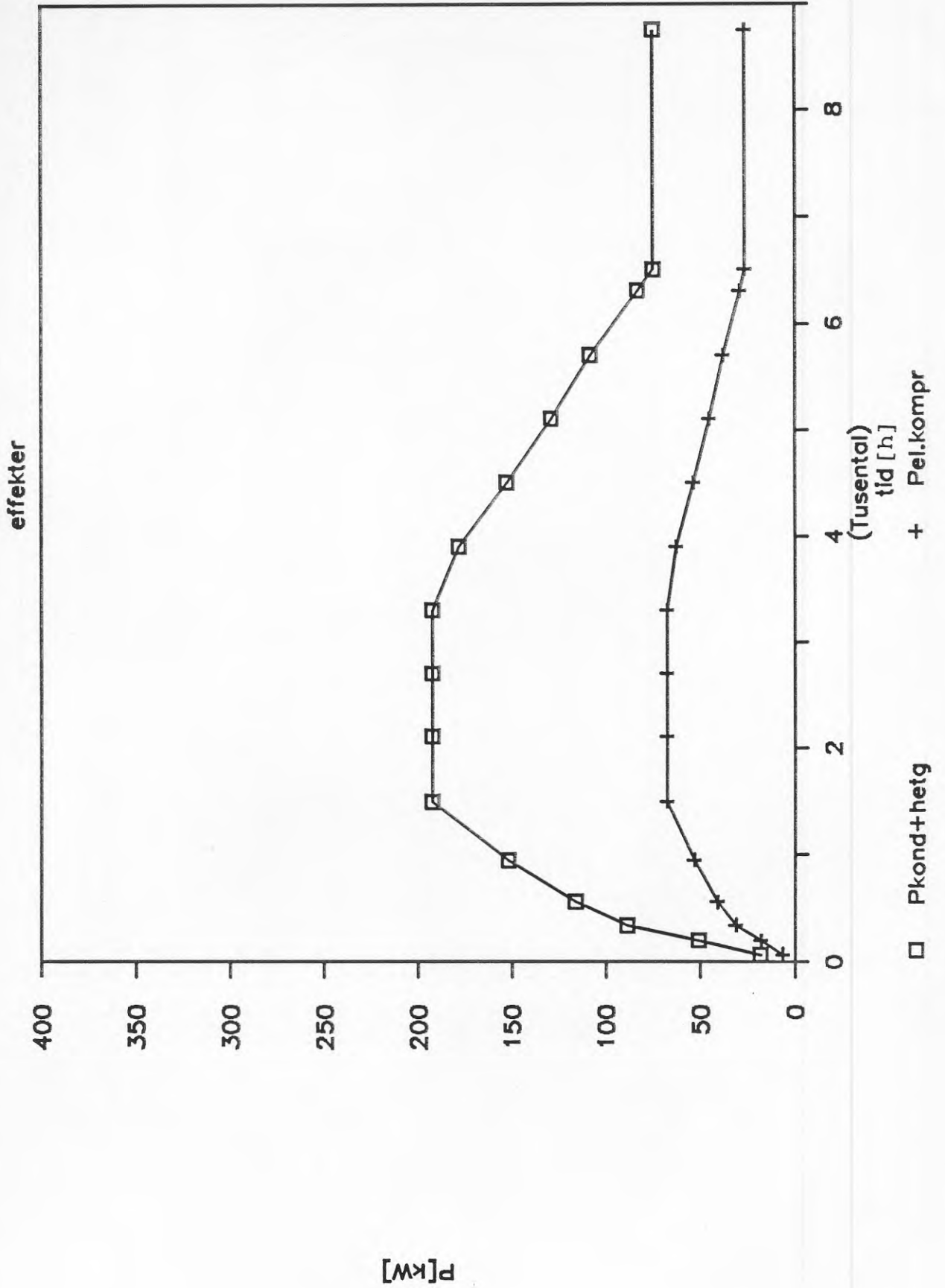


Bild 5.6.18

Fall 1 60/48

Varaktighetsdiagram

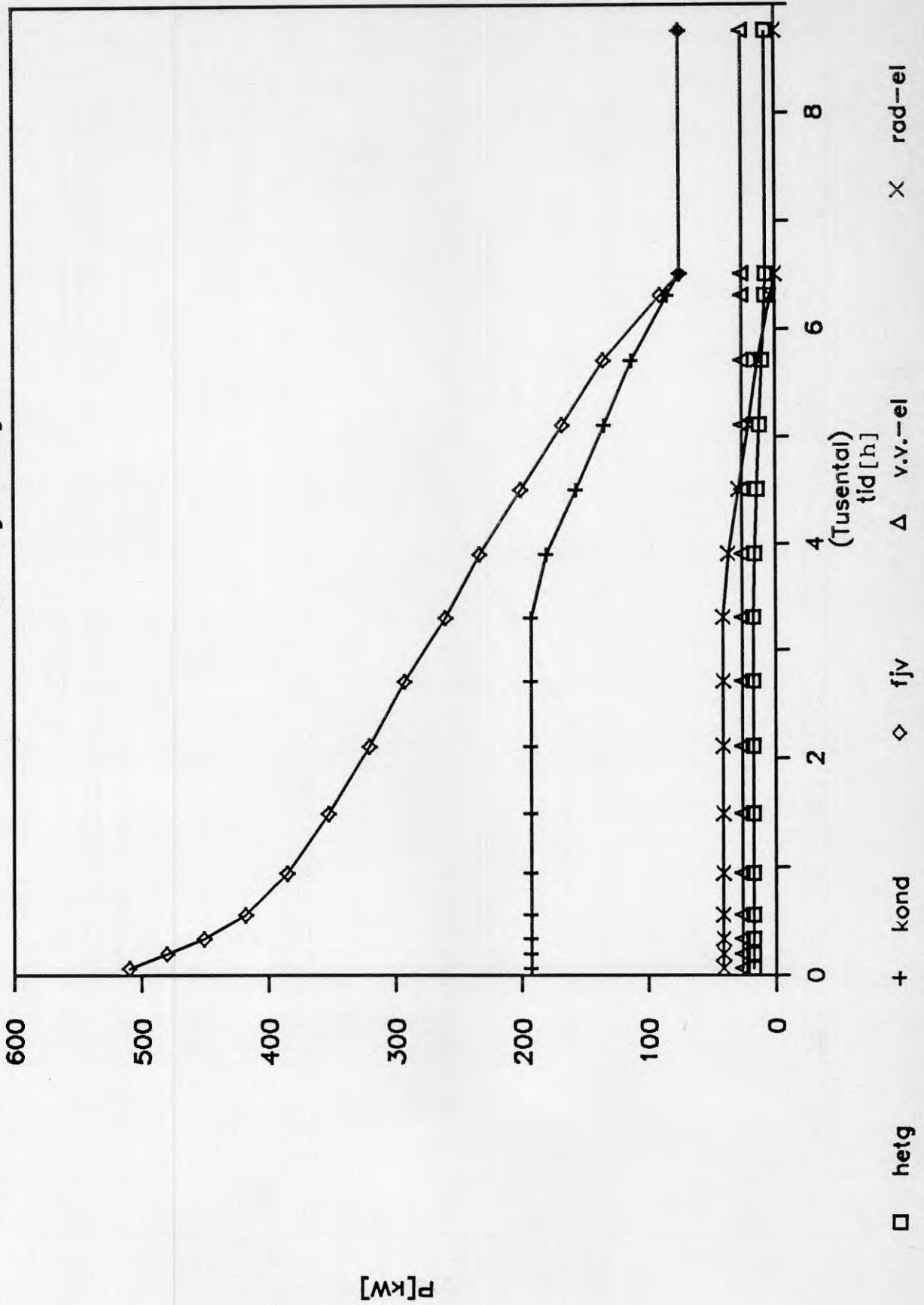


Bild 5.6.19

Fall 1 60/48

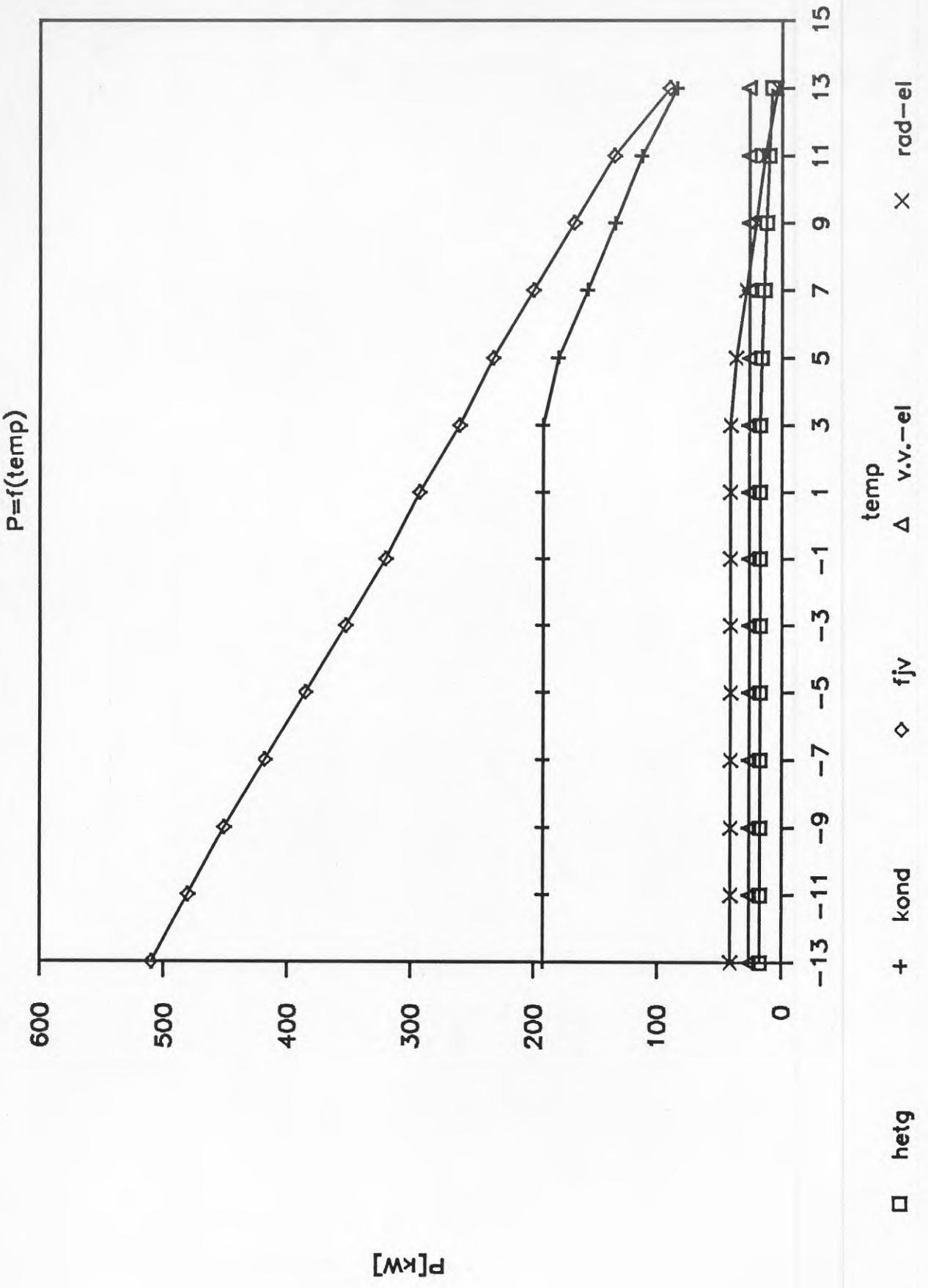


Bild 5.6.20

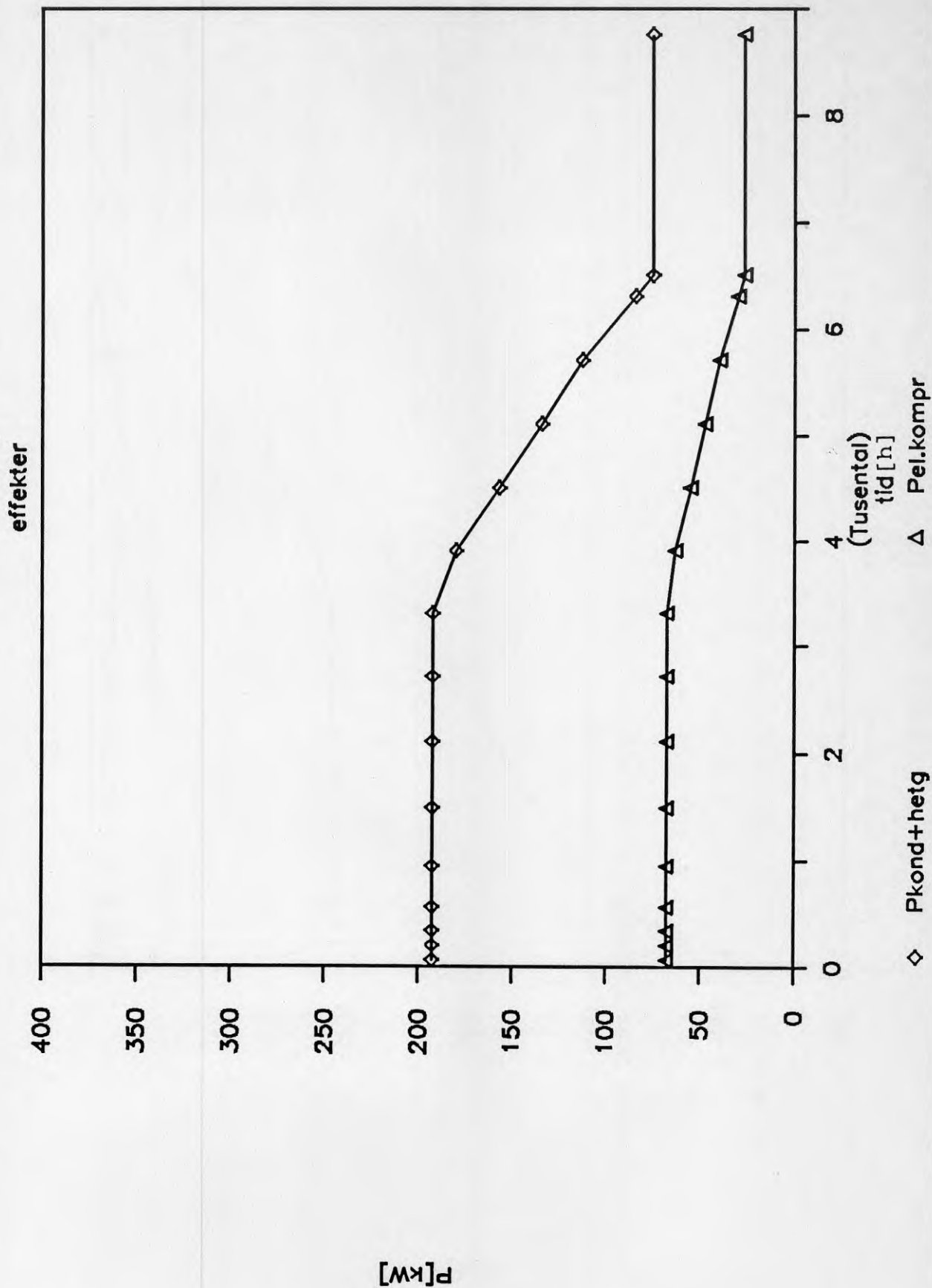


Bild 5.6 21

Fall 2 60/48

Varaktighetsdiagram

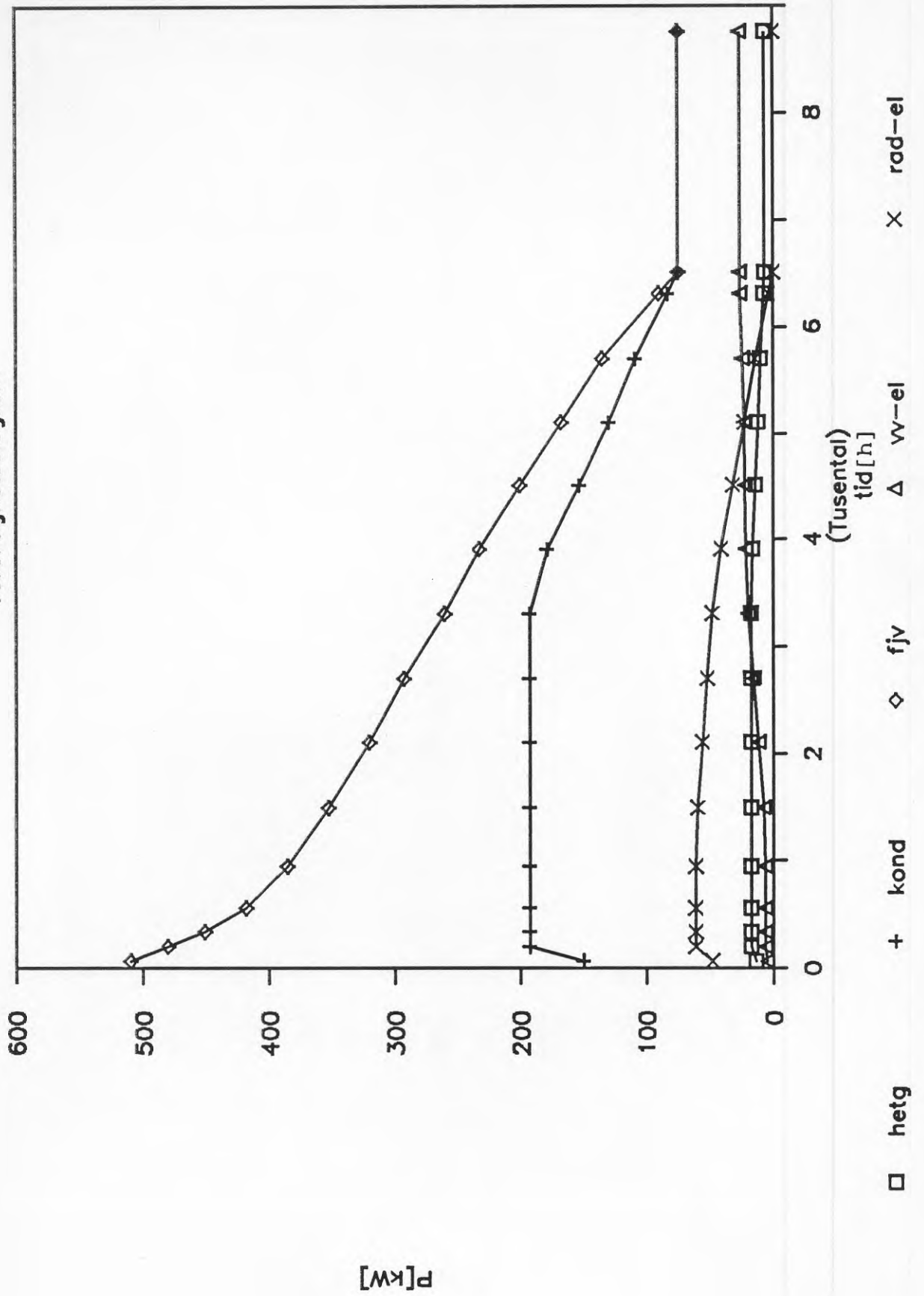


Bild 5.6.22

Fall 2 60/48

$P=f(\text{temp})$

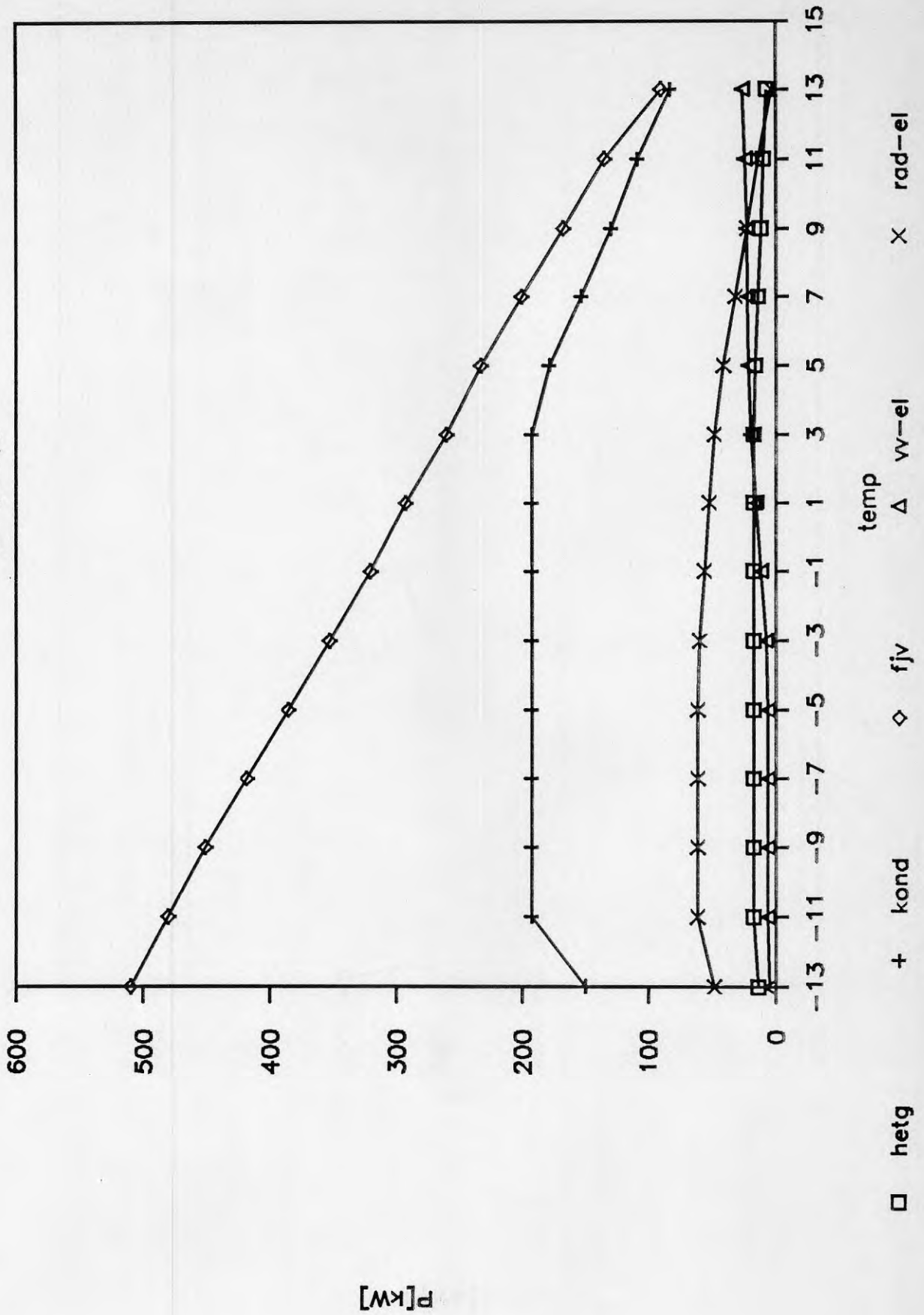


Bild 5.6.23

Fall 2 60/48

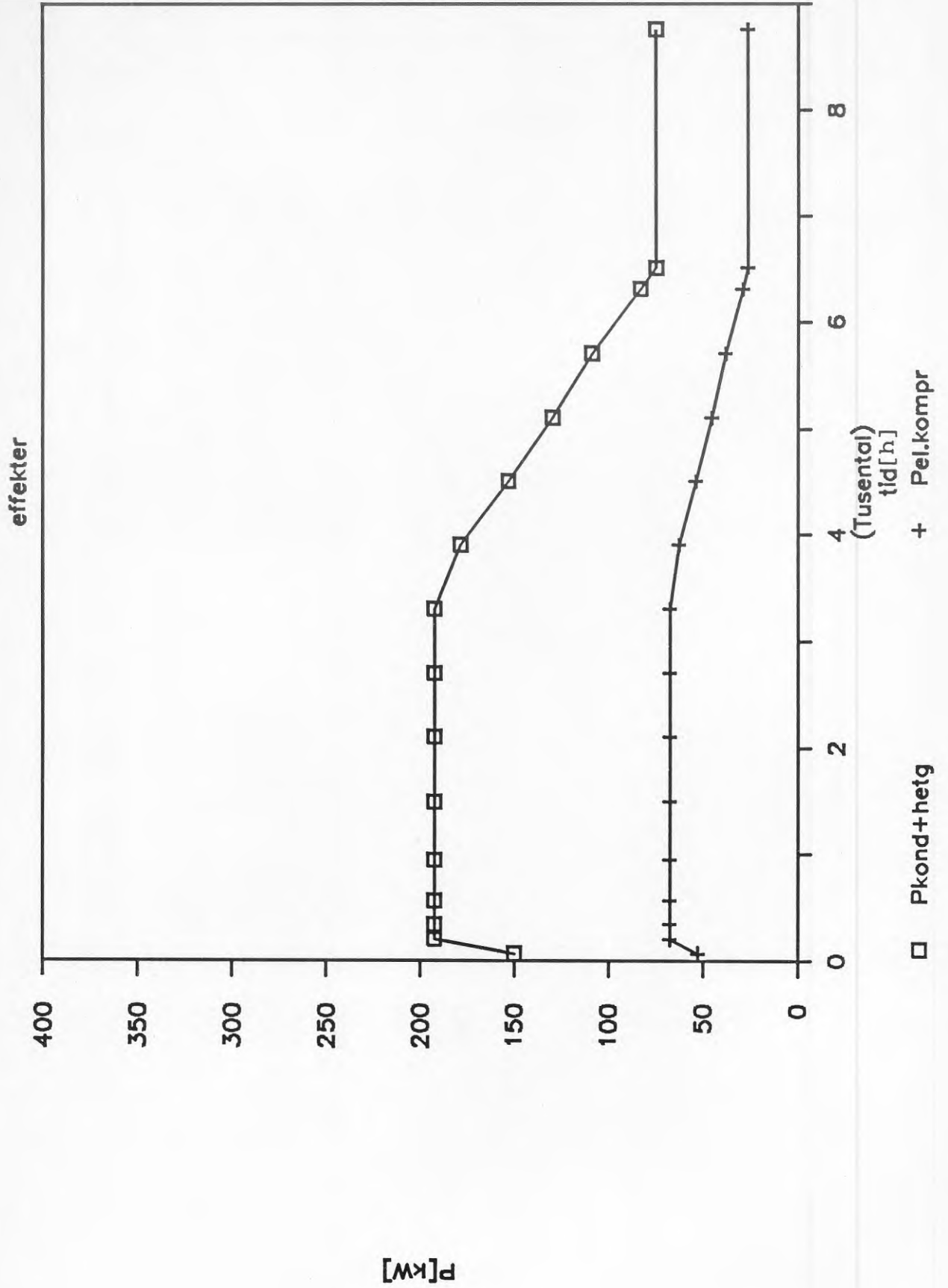


Bild 5.6.24

Fall 1 50/41
Varaktighetsdiagram

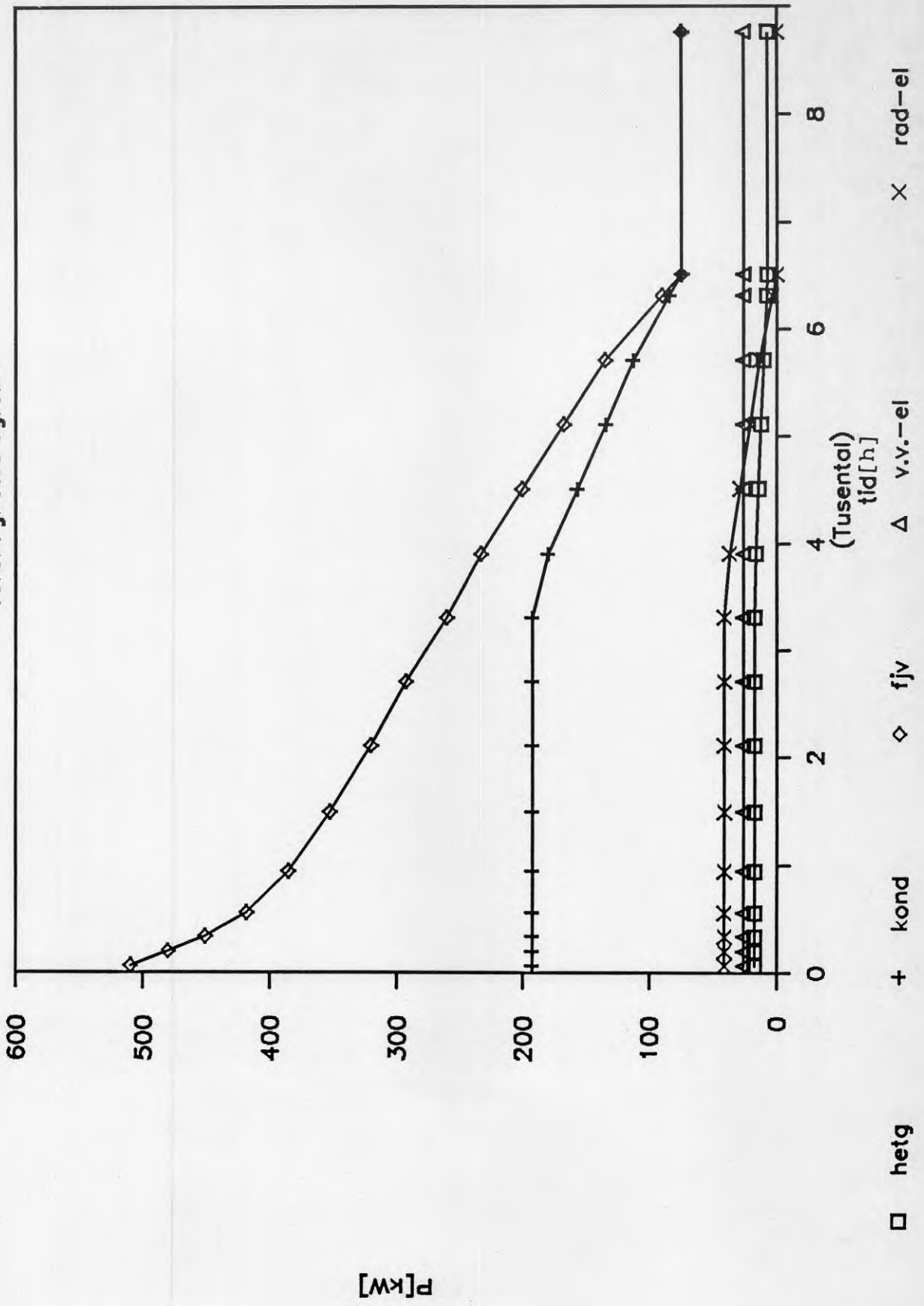


Bild 5.6.25

Fall 1 50/41

$P=f(\text{temp})$

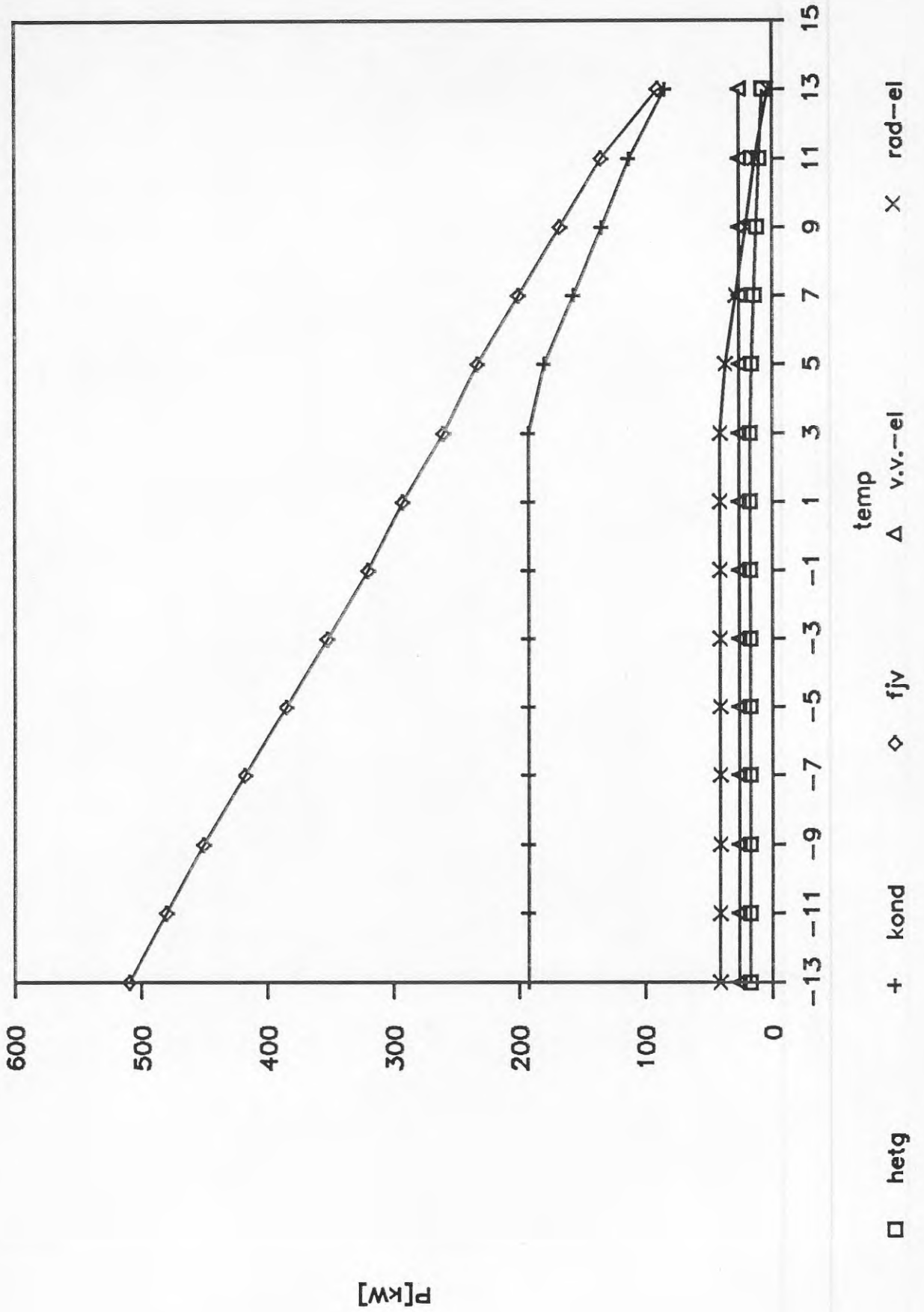


Bild 5.6.26

Fall 1 50/41

effekter

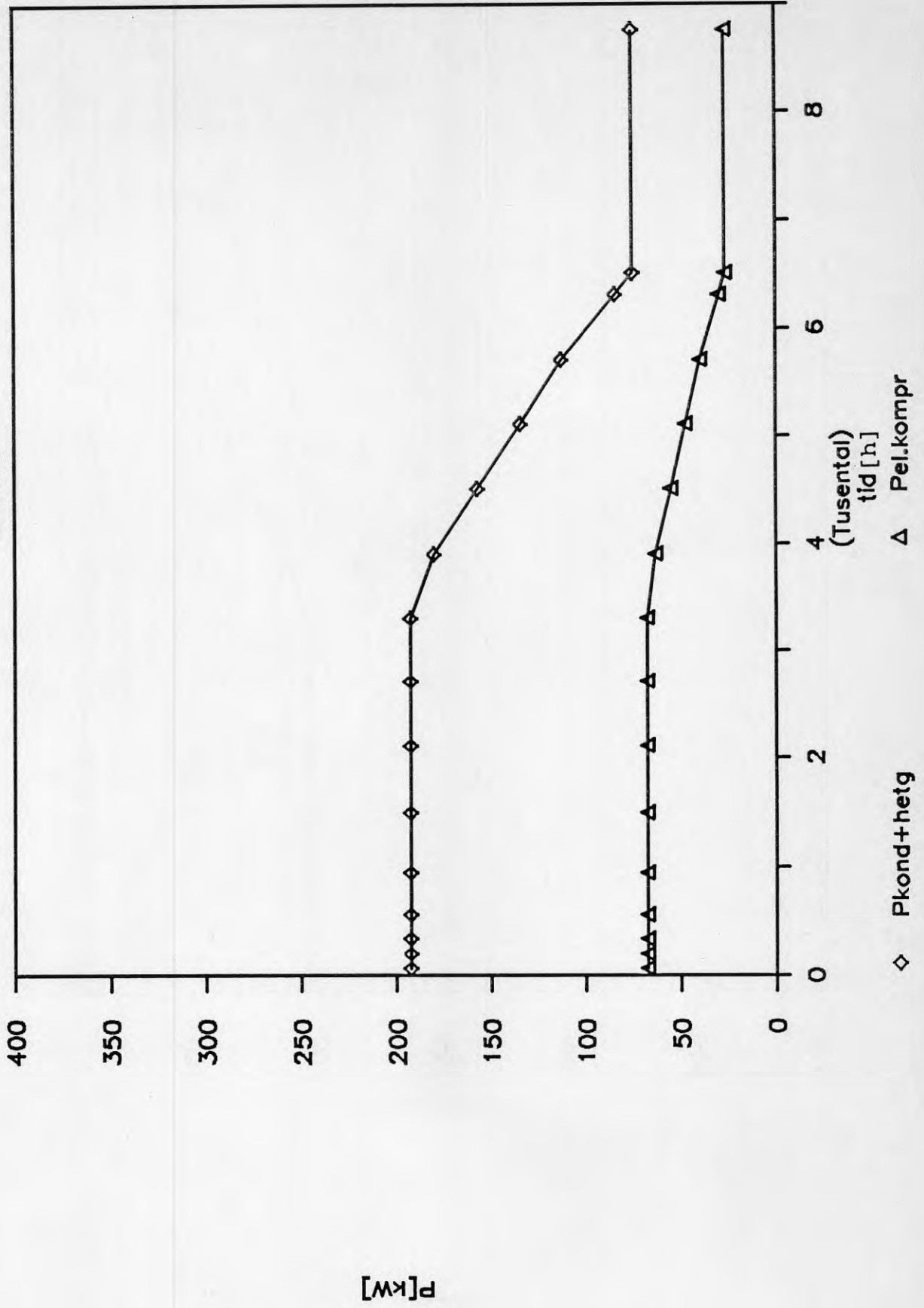


Bild 5.6.27

Fall 2 50/41

Varaktighetsdiagram

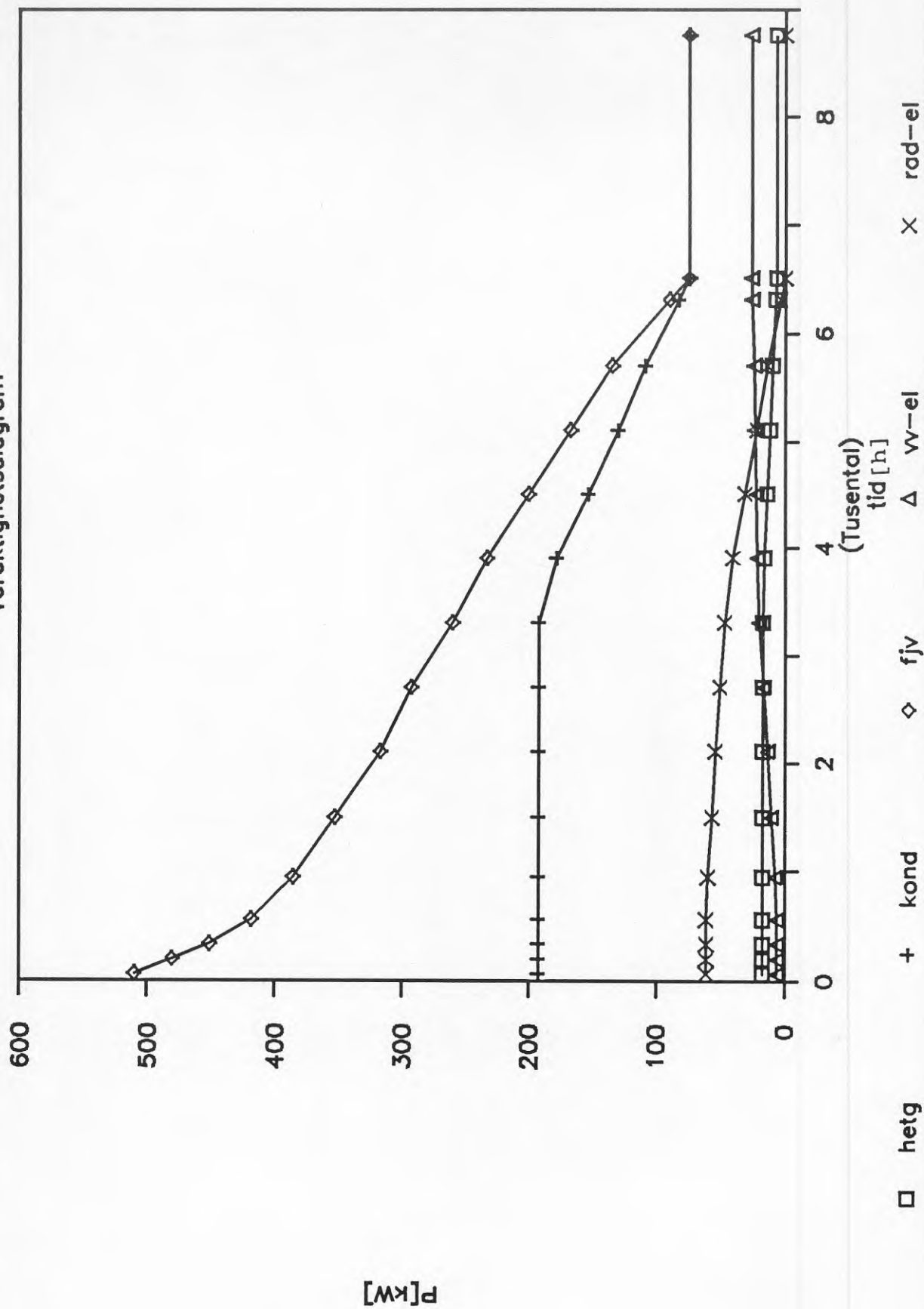


Bild 5.6.28

Fall 2 50/41
 $P=f(\text{temp})$

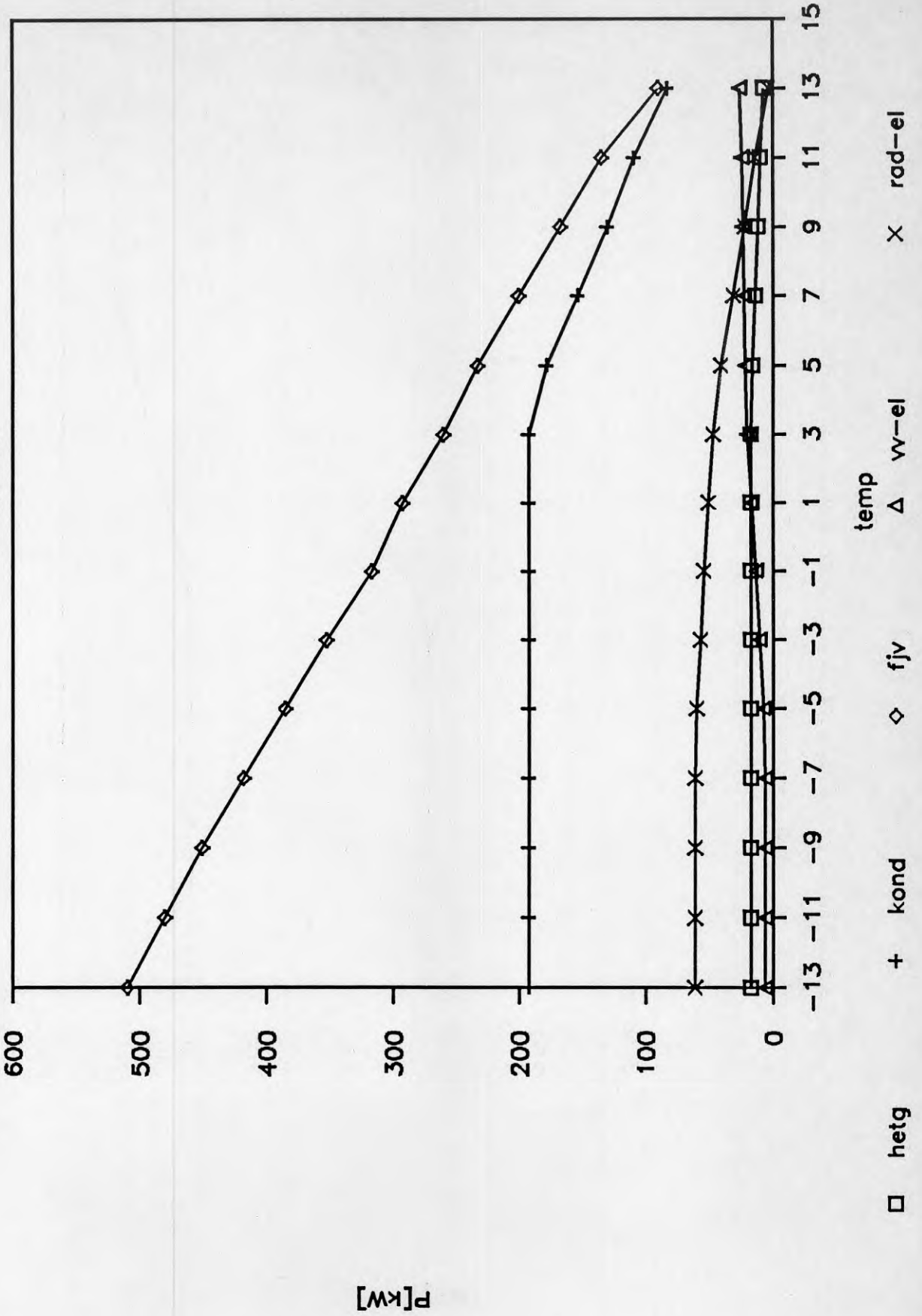


Bild 5.6.29

Fall 2 50/41

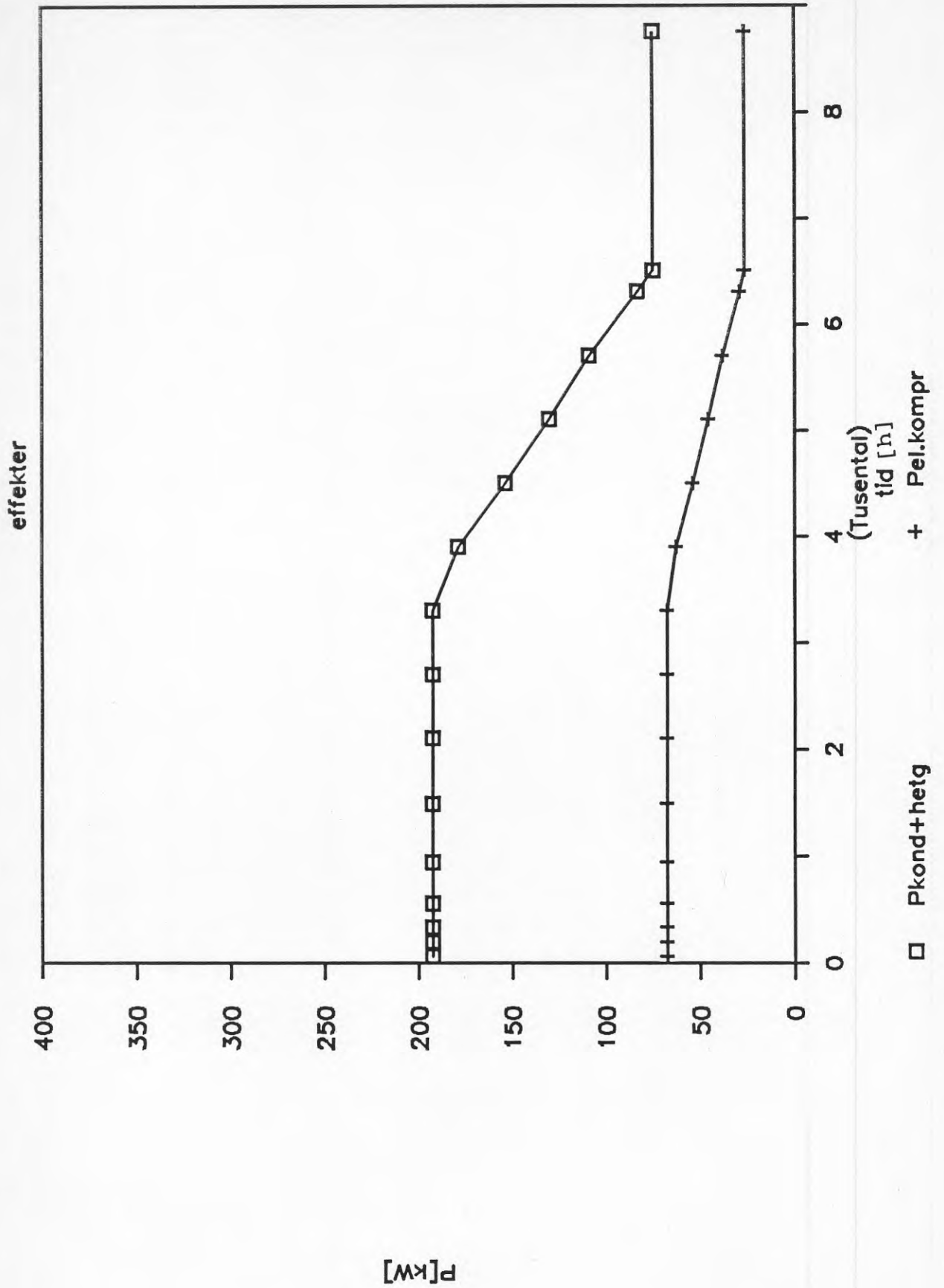


Bild 5.6.30

Slutsatser, varaktighets- och effektkurvor

Enligt varaktighets- och $P = f(\text{temp})$ -diagrammen arbetar värmepumpen allt bättre mot lägre systemtemperaturer. Driftfall 1, vars inkopplingstyp är vald för att främja värmepumpen, medför en bättre utnyttjningsgrad för värmepumpen.

Effektdiagrammen visar också att värmepumpen utnyttjas mer vid lägre temperaturer vid sjunkande systemtemperaturer.

1 FUNKTIONSBESKRIVNING

Uppbyggnad – flöde

Den varma frånluften kyls i 4 st kylbatterier som sitter i resp. frånluftkanal av köldbäraren, vilken består av 30% glykol-vatten-blandning. Värmen överflyttas från luften och därmed höjs köldbärarens temperatur ca 3–4°C och pumpas ned till maskinrummet där vätskan kyls i förångaren. Den återvunna värmen har överförts till köldmediet.

Med hjälp av kompressorn höjs temperaturen så att köldmediet kan avge sin värme till värmesänkan. I detta fall tappvarmvatten och radiatorvatten. Värmen avges dels i överhettningvärmeväxlaren och dels i kondensorn. I överhettningvärmeväxlaren värms tappvarmvatten till en högre temperatur än vad som normalt kan ske i kondensorn. I denna värms radiatorvatten som antingen kan avge sin värme i radiatorerna eller i plattvärmväxlaren till tappvarmvattnet.

För att klara störttappningar ackumuleras tappvarmvatten i 6 st tankar om vardera 500 liter. 5 av dessa håller en temperatur på 40–45 °C medan den sjätte värms av hetgasvärmväxlaren till 60–95°C beroende på säsong och tid på dygnet.

Tappvarmvatten prioriteras framför radiatorvatten. Som tillsatsvärme finns fjärrvärme för att säkerställa erforderlig temperatur.

Uppbyggnad – regler

Värmepumpaggregats kapacitet styrs av dess interna reglercentral. Yttre villkor, t ex om tappvarmvatten ska värmas styrs från apparatskåpet.

Aggregatets interna reglercentral anpassar kompressorns kapacitet så att framledningstemperaturen från kondensorn blir en funktion av utetemperaturen. Reglercentralen maximerar även framledningstemperaturen så att driftstopp pga högtryckspressostatstopp ej ska inträffa. En motsvarande funktion finns även på köldbärarsidan. Om utgående köldbärartemperatur närmar sig minvärdet reglerar kompressorn ned så att energiuttaget ur köldbäraren minskar och temperaturen blir oförändrad.

Den yttre regleringen prioriterar tappvarmvattenvärmning. Behov avkänns från givare i en av ackumulatorerna. När denna temperatur är lägre än inställt värde läggs hela effekten från värmepumpen på tappvarmvattenvärmning.

Avfrostning sker då utgående köldbärartemperatur är lägre än inställt värde samt att en viss tid förflutit. Avfrostning sker som stoppavfrostningar.

DRIFTINSTRUKTION

Förutsättning för drift

För att värmepumpaggregatet ska kunna starta fördras att köldbärarpumpen P21 samt radiatorvattenpumpen P40 är i drift samt att värmepumpens interna reglering kallar på värme (lysdioden på RE8 är tänd).

Dessa startar om temperaturen i ackumulatorerna blir låg eller om befintlig radiatorvattencentral kallar på radiatorpumpen (pumpstoppfunktion).

Vid stoppavfrostningar stannar kompressorn trots att ovanstående villkor är uppfyllda. Avfrostningen pågår ca 5 minuter.

Värmepumpaggregatets interna temperaturreglerutrustning

Ingående komponenters funktion:

RC1 reglerar kompressorkapaciteten så att radiatorvattentemperaturen vid GTR överensstämmer med bärvärdet bestämt av stördonet GTU. I stördonet finns möjlighet att variera framledningstemperaturens beroende av utetemperaturen.

RC1 maximalbegränsar temperaturen vid stördonet till $+50 - +51^{\circ}\text{C}$. Detta värde får inte under några förhållanden ökas ty då riskeras stopp från aggregatets högtryckspressostat.

RC6 reglerar kompressorkapaciteten så att köldbärartemperaturen vid GTSB ej understiger -10°C . Detta värde får inte under några förhållanden minskas ty då riskeras fryshet av köldbäraren i förångaren.

Utsignalerna från RC1 och 6 är proportionella mot avvikelsen mellan bör- och ärvärde för respektive regulator. Via RE7 väljs den signal som medför den lägsta kompressorkapaciteten som "börvärde" för kompressorregleringen.

Start och stopp av kompressor sker från RE8.

För att kompressor skall kunna starta måste 10 minuter förflutit sedan föregående start.

Aggregatet är utrustat med "pumpdown"-funktion. Detta innebär att kompressor automatiskt, från pressostat, kortvarigt startas upp för utsugning av köldmedieånga ur förångaren utan att yttre reglerutrustning kallar på värme. Denna funktion säkerställer att förångaren hålls fri från köldmedievätska vid stillestånd och därmed minimerar risken för kompressorventilhaveri vid normal uppstart.

Observera att pumpdown-funktionen kan senarelägga normal start från yttre reglerutrustning av kompressor på grund av startfördröjningen, 10 minuter mellan starter, om pumpdown ägt rum strax före den normala starten.

Yttre reglerutrustning

I apparatskåpet i värmepumprummet finns följande reglercentraler

- RC20 Temperaturgivare GT20 avkänner temperaturen på köldbärarkretsens framledning. När den understiger inställt börvärde, ca -2°C , påbörjas tidsräkningen till avfrostning. Tiden T1 på tidrelä TR1 räknar den tid som ska gå innan avfrostningen kan starta. Avfrostningen pågår sedan under tiden T2 enligt tidrelä TR1.
- RC71 Temperaturgivare GT71 avkänner temperaturen i en av ackumulatorerna. När den blir låg startar tappvarmvattenvärmningen. Därvid startar pumpen P72 samt styrventil SV40 går i stängläge, vilket innebär att allt radiatorvatten leds in i fjärrvärmväxlaren. Värmepumpen värmer endast tappvarmvatten (indirekt) i detta driftläge.

I undercentralen finns följande 3 reglercentraler som tillkommit på grund av värmepumpinstallationen.

- RC40 Denna central konstanthåller temperaturdifferansen mellan fjärrvärmvattnet och radiatorvattnet. Vid tappvarmvattenvärmning leds radiatorvattnet enbart in i fjärrvärmväxlaren, ty ventilen styrs in i detta läge. När tv-värmningen upphör övergår ventilen till att arbeta från reglercentral RC40.
- RC41 Förhindrar inkoppling av fjärrvärme på radiatorsidan om utomhustemperaturen överstiger inställt värde, ca $+8^{\circ}\text{C}$. Om kompressorn inte är i drift, vid t ex service eller driftfel, förbikopplas funktion ovan automatiskt och fjärrvärme kopplas in.
- RC72 Reglerar rätt framledningstemperatur på tappvarmvattnet från värmepumpen. Denna central skall vara något högre ställd än befintlig blandningsventil för att undvika tillsatsvärme från fjärrvärmn.

Ekonomi

Totala årskostnader för de olika driftfallen, uppdelade på delkostnader, har tagits fram, se sid 80-83. Dessa baserar sig på för 1990 aktuella uppgifter från Stockholm Energi.

Fjärrvärme

Abonnemangsavgift = 255 kr/kW,år + 11.500 kr/år.

Δt_{medel} och ΣkWh är tidsviktade i förhållande till tidsintervallen för respektive beräkningstemperatur.

Distributionsavgift = $\frac{\Sigma \text{kWh} \cdot 0,86}{\Delta t_{\text{medel}}} \cdot 2 \text{ kr}$, ΣkWh och Δt_{medel}

beräknade under okt-apr, (-14 → 9 °C).

Energiavgift okt-apr: $\Sigma \text{kWh}_{\text{okt-apr}} \cdot 0,209 \text{ kr}$ (-14 → 9 °C)
 maj-sep: $\Sigma \text{kWh}_{\text{maj-sep}} \cdot 0,12 \text{ kr}$ (9 → "∞" °C)

Reduktion 6,5 % av totala fjärrvärmekostnaden.

E1

Fast avgift = 354:-

Årseffektavgift = 68 kr/kW, uppmätt maxeffekt, entimmesvärde.

Vintereffektavgift (nov-mars) = 270 kr/kW, uppmätt maxeffekt, entimmesvärde.

Energiavgifterna/kWh baseras på över dygnet tidsviktade medelvärden av hög- och låglasttidsavgifterna.

Energiavgift: vinter = 0,431 · (ΣkWh , nov-mars)
 sommar = 0,281 · (ΣkWh , apr-okt)

80/60 Fall 1Fjv: Abonnemangsavgift 150.475:-

$$\left. \begin{array}{l} \Delta t_{\text{medel, okt-apr}} = 46,4 \\ \Sigma \text{ kWh, okt-apr} = 716357 \text{ kWh} \end{array} \right\} \text{distr.avg} = \frac{716.357 \cdot 0,86 \cdot 2}{46,4} = 26.555:-$$

$$\begin{array}{l} \text{Energiavgift: okt-apr} \quad 716.357 \cdot 0,209 = 149.719:- \\ \text{maj-sep} \quad 26.812 \cdot 0,12 = 3.217:- \end{array}$$

$$\text{Reduktion: } 6,5 \% = 21.448:- \Rightarrow \Sigma \text{ fjv} = 308.518:-$$

El: Fast avgift: 354:-

$$\text{Årseffektavgift: } 68 \cdot \left(\frac{989+632}{24} \right) = 4.593:-$$

$$\text{Vintereffektavgift: } 270 \cdot \left(\frac{989+632}{24} \right) = 18.236:-$$

$$\begin{array}{l} \text{Energiavgift: } 0,431 \cdot 210.514 = 90.732:- \\ 0,281 \cdot 197.471 = 55.489:- \end{array}$$

$$\Sigma = \underline{477.922:-}$$

80/60 Fall 2Fjv: Abonnemangsavgift: 150.475:-

$$\left. \begin{array}{l} \Delta t_{\text{medel, okt-apr}} = 64,5 \\ \Sigma \text{ kWh, okt-apr} = 957 207 \end{array} \right\} \text{distr.avg} = \frac{957 207 \cdot 0,86 \cdot 2}{64,5} = 25.526:-$$

$$\begin{array}{l} \text{Energiavgift: okt-apr} \quad 957 207 \cdot 0,209 = 200.056:- \\ \text{maj-sep} \quad 32 138 \cdot 0,12 = 3.857:- \end{array}$$

$$\text{Reduktion: } 6,5 \% = 24.694:- \quad \text{fjv} = 355.220:-$$

El: Fast avgift: 354:-

$$\text{Årseffektavgift: } 68 \cdot \left(\frac{1 013+488}{24} \right) = 4.253:-$$

$$\text{Vintereffektavgift: } 270 \cdot \left(\frac{1 013+488}{24} \right) = 16.886:-$$

$$\begin{array}{l} \text{Energiavgift: } 0,431 \cdot 127.894 = 55.122:- \\ 0,281 \cdot 193.671 = 54.422:- \end{array}$$

$$\Sigma = \underline{486.257:-}$$

70/54 Fall 1Fjv: Abonnementavgift 150.475:-

$$\left. \begin{array}{l} \Delta t_{\text{medel, okt-apr}} = 50,0 \\ \Sigma \text{kWh, okt-apr} = 644029 \text{ kWh} \end{array} \right\} \text{distr.avg} = \frac{644.029 \cdot 0,86 \cdot 2}{50,0} = 22.155:-$$

$$\begin{array}{l} \text{Energivgift: okt-apr} \quad 644 \cdot 029 \cdot 0,209 = 134.602:- \\ \text{maj-sep} \quad 26 \ 812 \cdot 0,12 = 3.217:- \end{array}$$

$$\text{Reduktion: } 6,5 \% = 20.179:- \Rightarrow \Sigma \text{ fjv} = 290.270:-$$

E1: Fast avgift: 354:-

$$\text{Årseffektavgift: } 68 \cdot \left(\frac{989+632}{24} \right) = 4.593:-$$

$$\text{Vintereffektavgift: } 270 \cdot \left(\frac{989+632}{24} \right) = 18.236:-$$

$$\begin{array}{l} \text{Energivgift: } 0,431 \cdot 235 \ 875 = 101.662:- \\ 0,281 \cdot 197 \ 471 = 55.489:- \end{array}$$

$$\Sigma = \underline{470.604:-}$$

70/54 Fall 2Fjv: Abonnementavgift: 150.475:-

$$\left. \begin{array}{l} \Delta t_{\text{medel, okt-apr}} = 71,9 \\ \Sigma \text{kWh, okt-apr} = 725 \ 465 \end{array} \right\} \text{distr.avg} = \frac{725.465 \cdot 0,86 \cdot 2}{71,9} = 17.355:-$$

$$\begin{array}{l} \text{Energivgift: okt-apr} \quad 725 \ 465 \cdot 0,209 = 151.622:- \\ \text{maj-sep} \quad 31 \ 862 \cdot 0,12 = 3.823:- \end{array}$$

$$\text{Reduktion: } 6,5 \% = 21.013:- \Rightarrow \Sigma \text{ fjv} = 302.262:-$$

E1: Fast avgift: 354:-

$$\text{Årseffektavgift: } 68 \cdot \left(\frac{1 \ 621}{24} \right) = 4.593:-$$

$$\text{Vintereffektavgift: } 270 \cdot \left(\frac{1 \ 621}{24} \right) = 18.236:-$$

$$\begin{array}{l} \text{Energivgift: } 0,431 \cdot 209.035 = 90.094:- \\ 0,281 \cdot 193.971 = 54.506:- \end{array}$$

$$\Sigma = \underline{470.045:-}$$

60/48 Fall 1Fjv: Abonnemangsavgift 150.475:-

$$\Delta t_{\text{medel, okt-apr}} = 53,9 \quad \left. \begin{array}{l} \\ \Sigma \text{ kWh, okt-apr} \quad 621933 \text{ kWh} \end{array} \right\} \text{distr.avg} = \frac{621\,933 \cdot 0,86}{53,9} \cdot 2 = 19.846:-$$

$$\begin{array}{l} \text{Energiavgift: okt-apr} \quad 621.933 \cdot 0,209 = 129.984:- \\ \text{maj-sep} \quad 26.812 \cdot 0,12 = 3.217:- \end{array}$$

$$\text{Reduktion: } 6,5 \% = 19.729:- \Rightarrow \Sigma \text{ fjv} = 283.793:-$$

E1: Fast avgift: 354:-

$$\text{Årseffektavgift: } 68 \cdot \left(\frac{989+632}{24} \right) = 4.593:-$$

$$\text{Vintereffektavgift: } 270 \cdot \left(\frac{989+632}{24} \right) = 18.236:-$$

$$\begin{array}{l} \text{Energiavgift: } 0,431 \cdot 243.623 = 105.002:- \\ 0,281 \cdot 197.471 = 55.489:- \end{array}$$

$$\Sigma = \underline{467.467:-}$$

60/48 Fall 2Fjv: Abonnemangsavgift: 150.475:-

$$\Delta t_{\text{medel, okt-apr}} = 76,5 \quad \text{distr.avg} = \frac{632\,025 \cdot 0,86}{76,5} \cdot 2 = 14.210:-$$

$$\Sigma \text{ kWh, okt-apr} = 632.025$$

$$\begin{array}{l} \text{Energiavgift: okt-apr} \quad 632\,025 \cdot 0,209 = 132.093:- \\ \text{maj-sep} \quad 31\,438 \cdot 0,12 = 3.773:- \end{array}$$

$$\text{Reduktion: } 6,5 \% = 19.536:- \Rightarrow \Sigma \text{ fjv} = 281.015:-$$

E1: Fast avgift: 354:-

$$\text{Årseffektavgift: } 68 \cdot \left(\frac{1\,621}{24} \right) = 4.593:-$$

$$\text{Vintereffektavgift: } 270 \cdot \left(\frac{1\,621}{24} \right) = 18.236:-$$

$$\begin{array}{l} \text{Energiavgift: } 0,431 \cdot 241.663 = 104.157:- \\ 0,281 \cdot 194.246 = 54.583:- \end{array}$$

$$\Sigma = \underline{462.938:-}$$

50/41 Fall 1Fjv: Abonnementavgift 150.475:-

$$\left. \begin{array}{l} \Delta t_{\text{medel, okt-apr}} = 58,0 \\ \Sigma \text{ kWh, okt-apr} = 621933 \text{ kWh} \end{array} \right\} \text{distr. avg} = \frac{621.933 \cdot 0,86 \cdot 2}{58,0} = 18.444:-$$

$$\begin{array}{l} \text{Energiavgift: okt-apr} \quad 621 \ 933 \cdot 0,209 = 129.984:- \\ \text{maj-sep} \quad 26 \ 812 \cdot 0,12 = 3.217:- \end{array}$$

$$\text{Reduktion: } 6,5 \% = 19.638:- \Rightarrow \Sigma \text{ fjv} = 282.482:-$$

El: Fast avgift: 354:-

$$\text{Årseffektavgift: } 68 \cdot \left(\frac{989+632}{24} \right) = 4.593:-$$

$$\text{Vintereffektavgift: } 270 \cdot \left(\frac{989+632}{24} \right) = 18.236:-$$

$$\begin{array}{l} \text{Energiavgift: } 0,431 \cdot 243 \ 623 = 105.002:- \\ \quad \quad \quad 0,281 \cdot 197 \ 471 = 55.489:- \end{array}$$

$$\Sigma = \underline{466.156:-}$$

50/41 Fall 2Fjv: Abonnementavgift: 150.475:-

$$\left. \begin{array}{l} \Delta t_{\text{medel, okt-apr}} = 79,1 \\ \Sigma \text{ kWh, okt-apr} = 623896 \end{array} \right\} \text{distr. avg} = \frac{623 \ 896 \cdot 0,86 \cdot 2}{79,1} = 13.566:-$$

$$\begin{array}{l} \text{Energiavgift: okt-apr} \quad 623 \ 896 \cdot 0,209 = 130.394:- \\ \text{maj-sep} \quad 31 \ 125 \cdot 0,12 = 3.735:- \end{array}$$

$$\text{Reduktion: } 6,5 \% = 19.381:- \Rightarrow \Sigma \text{ fjv} = 278.789:-$$

El: Fast avgift: 354:-

$$\text{Årseffektavgift: } 68 \cdot \left(\frac{1 \ 621}{24} \right) = 4.593:-$$

$$\text{Vintereffektavgift: } 270 \cdot \left(\frac{1 \ 621}{24} \right) = 18.236:-$$

$$\begin{array}{l} \text{Energiavgift: } 0,431 \cdot 243.623 = 105.002:- \\ \quad \quad \quad 0,281 \cdot 194.546 = 54.667:- \end{array}$$

$$\Sigma = \underline{461.641:-}$$

Verkligt Fall 1Fjv: Abonnementavgift 150.475:-

$$\left. \begin{array}{l} \Delta t_{\text{medel, okt-apr}} = 46,4 \\ \Sigma \text{ kWh, okt-apr} = 747471 \text{ kWh} \end{array} \right\} \text{distr. avg} = \frac{747471 \cdot 0,86 \cdot 2}{46,4} = 27.708:-$$

$$\begin{array}{l} \text{Energiavgift: okt-apr } 747471 \cdot 0,209 = 156.221:- \\ \text{maj-sep } 22233 \cdot 0,12 = 2.668:- \end{array}$$

$$\text{Reduktion: } 6,5 \% = 21.910:- \Rightarrow \Sigma \text{ fjv} = 315.162:-$$

El: Fast avgift: 354:-

$$\text{Årseffektavgift: } 68 \cdot \left(\frac{989+632}{24} \right) = 4.593:-$$

$$\text{Vintereffektavgift: } 270 \cdot \left(\frac{989+632}{24} \right) = 18.236:-$$

$$\begin{array}{l} \text{Energiavgift: } 0,431 \cdot 210340 = 90.657:- \\ 0,281 \cdot 197471 = 51.155:- \end{array}$$

$$\Sigma = \underline{480.157:-}$$

Fall 2Fjv: Abonnementavgift: 150.475:-

$$\left. \begin{array}{l} \Delta t_{\text{medel, okt-apr}} = 65,5 \\ \Sigma \text{ kWh, okt-apr} = 1036955 \end{array} \right\} \text{distr. avg} = \frac{1036955 \cdot 0,86 \cdot 2}{65,5} = 27.230:-$$

$$\begin{array}{l} \text{Energiavgift: okt-apr } 1036955 \cdot 0,209 = 216.724:- \\ \text{maj-sep } 27667 \cdot 0,12 = 3.320:- \end{array}$$

$$\text{Reduktion: } 6,5 \% = 25.854:- \Rightarrow \Sigma \text{ fjv} = 371.895:-$$

El: Fast avgift: 354:-

$$\text{Årseffektavgift: } 68 \cdot \left(\frac{1397}{24} \right) = 3.958:-$$

$$\text{Vintereffektavgift: } 270 \cdot \left(\frac{1397}{24} \right) = 15.716:-$$

$$\begin{array}{l} \text{Energiavgift: } 0,431 \cdot 114208 = 49.224:- \\ 0,281 \cdot 174746 = 49.103:- \end{array}$$

$$\Sigma = \underline{490.250:-}$$

Formler, samband och algoritmer

Beräkningarna har gjorts för utetemperaturer -14 till 14 grader i två-gradiga intervall, i vilka medeltemperaturen har använts som beräkningstemperatur. Motsvarande tidsintervall har i VVS-handboken (7:28) för Stockholm (årets normaltemperatur = 6,6 °C) uttagits.

- * Med hjälp av beräkningstemperaturerna och $Q_{DUT} = 545$ kW har i BFR-rapport R98:1982, bild 6.4, fram- och returtemperaturer till radiatorsystemet (t_r & t_{radret}) vid systemtemperaturer framtagits. Härur har även radiatoreffekten, P_{rad} , framtagits.
- * Fjärrvärmetemperaturen fram, $t_{fjv.fr}$, har uttagits ur mätningar gjorda vid drift av den aktuella anläggningen.
- * Tappvattenflödet, \dot{m}_t , har satts till 0,79 kg/s.
- * Tappvattentemperatur in, t_k , är 5 °C.
- * Beräkningskonstanten K, fås ur sambandet

$$P = K \cdot \left(\frac{P}{t_{fjv} \cdot \dot{m}_t \cdot (t_r - t_f)} \right)^{0,8} \cdot \dot{V}_m$$

där $P = P_{vvx}$ i kW = radiatorvärmväxlareffekten i kW

\dot{V}_m = medeltemperaturdifferensen över samma vvx

t_f = radiatorvärmväxlarreturtemperaturen

vid valt driftfall.

Driftfallet fås ur $\dot{m} = \frac{P}{C_p \cdot \Delta t}$ som med värden för det valda

driftfallet ur tabell för Parca, typ MR, bör bli lika de

framräknade värdena på radiatorflödet, $\dot{m}_{rad} = \frac{P_{rad}}{C_p \cdot (t_r - t_{radret})}$

Värmefaktorn för kompressorn fås ur tekniska data för STAL VMP 108, $t_2 = -8$ °C & $t_1 = 50$ °C = $\phi \Rightarrow 2,85$.

De ovan behandlade konstanterna ges i början av programmet.

Temperaturintervall

VVS-handboken 7:28

Årets normaltemperatur i Stockholm = 6,6 °C

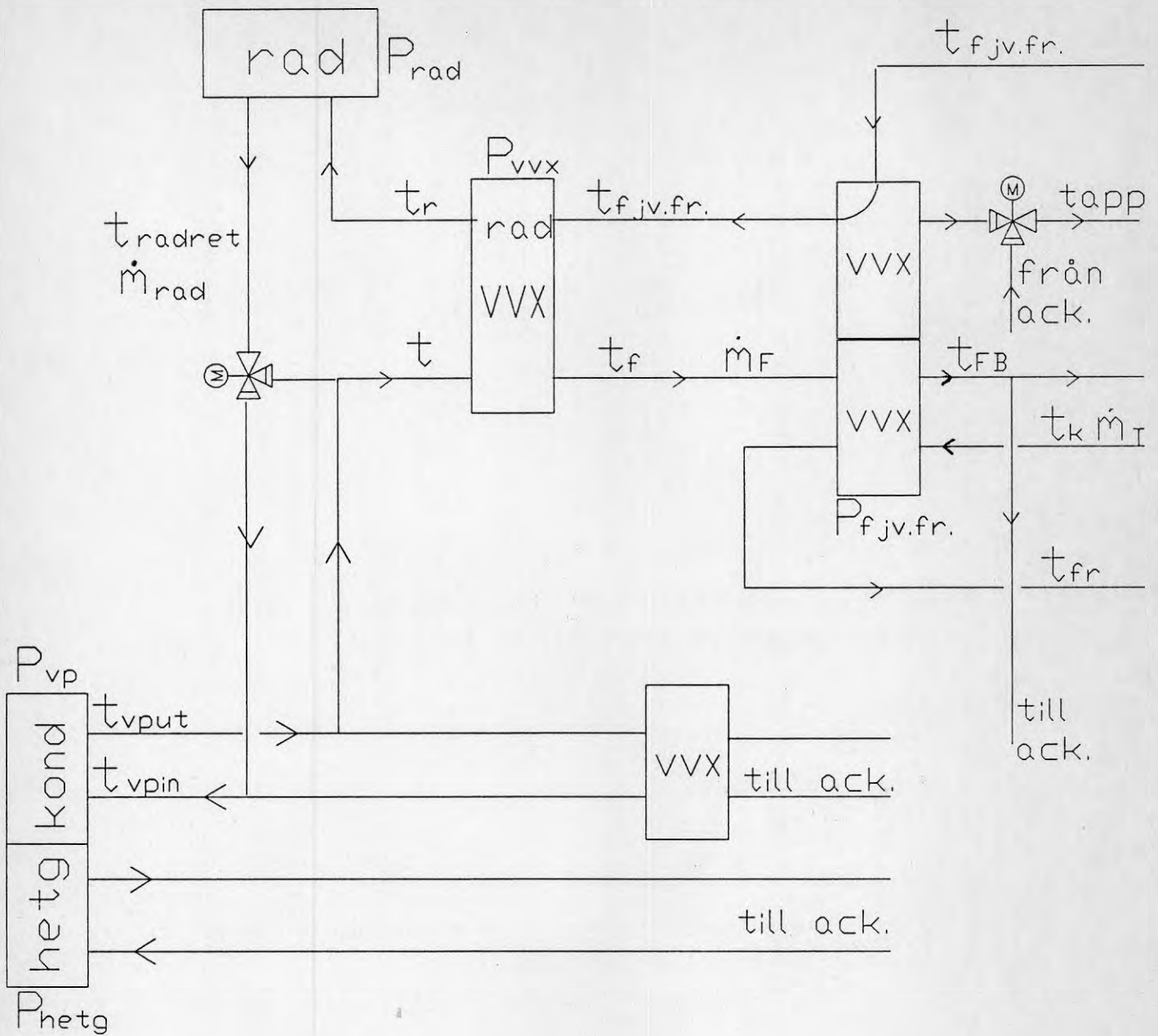
Temperaturintervall (°C)	Tidsintervall (h)	Beräknings-temp (°C)	Motsvarande "tidpunkt" (h)
-14 - -12	133	-13	66,5
-12 - -10	134	-11	200
-10 - -8	140	-9	337
-8 - -6	300	-7	557
-6 - -4	467	-5	940,5
-4 - -2	633	-3	1 490,5
-2 - 0	600	-1	2 107
0 - 2	600	1	2 707
2 - 4	600	3	3 307
4 - 6	600	5	3 907
6 - 8	600	7	4 507
8 - 10	600	9	5 107
10 - 12	600	11	5 707
12 - 14	600	13	6 307

 Σ 6 607

-12,5 - -7,5	427	-10	213,5
-7,5 - -2,5	1 133	-5	993,5
-2,5 - 2,5	1 600	0	2 360
2,5 - 7,5	1 400	5	3 860
7,5 - 12,5	1 600	10	5 360

 Σ 6 160

Effekt-, flödes- och temperaturbenämningar, principskiss

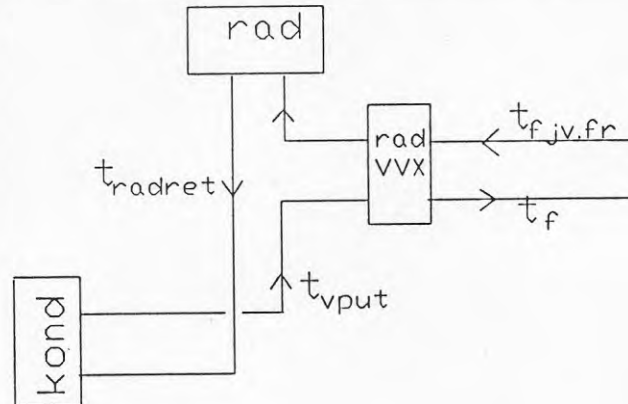


Hur programmet fungerar

Programmet är till en del självinstruerande, men genomgår här steg för steg:

Fall 1a

Kondensorn går i detta delfall mot radiatorsystemet och värmer detta gemensamt med fjärrvärmen.



- 1 Ge $t_{fjv\ fr}$, t_r , t_{radret} & P_{rad}
 \dot{m}_t , t_k , K & värmefaktorn för värmepumpen har vid dessa beräkningar hållits konstanta, men kan vid önskemål ändras.

$$2 \quad \dot{m}_{rad} = \frac{P_{rad}}{C_p \cdot (t_r - t_{radret})}$$

$$3 \quad \Delta t_{max} = \frac{P_{vpmax}}{\dot{m}_{rad} \cdot C_p}$$

där $P_{vpmax} = 175 \text{ kW}$

Δt_{max} är den temperaturhöjning som kondensorn teoretiskt maximalt kan ge det cirkulerande vattnet.

$$\text{Om } P_{vpmax} = 175 \text{ kW} > P_{rad} \Rightarrow \Delta t_{max} = \frac{P_{rad}}{\dot{m}_{rad} \cdot C_p}$$

eftersom P_{vp} = kondensoreffekten ej kan bli större än radiatoreffekten.

$$4 \quad \text{Om } t_{radret} > 50 \text{ }^\circ\text{C} \Rightarrow t_{vput} = t_{radret}$$

$$\text{Om } t_{radret} < 50 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\text{och } t_{radret} + \Delta t_{max} > 50 \Rightarrow t_{vput} = 50$$

Om $t_{\text{radret}} < 50 \text{ }^\circ\text{C}$ och $t_{\text{radret}} + t_{\text{max}} < 50 \Rightarrow t_{\text{vput}} =$
 $= t_{\text{radret}} + \Delta t_{\text{max}}$

där $t_{\text{vput}} =$ uttemperatur från kondensorn

Om $t_{\text{radret}} > 50 \text{ }^\circ\text{C}$ kan ej värmepumpen höja temperaturen högre
och $t_{\text{vput}} = 50 \text{ }^\circ\text{C}$

Om $t_{\text{radret}} < 50 \text{ }^\circ\text{C}$ och $t_{\text{radret}} + t_{\text{max}} > 50$ innebär det
att temperaturen kan höjas, men ej den teoretiskt möjliga
temperaturhöjningen $\Delta t_{\text{max}} \Rightarrow t_{\text{vput}} = 50$

Om $t_{\text{radret}} < 50 \text{ }^\circ\text{C}$ och $t_{\text{radret}} + \Delta t_{\text{max}} < 50$ kan hela Δt_{max}
utnyttjas, men då når ej t_{vput} den maximala uttemperaturen
 $50 \text{ }^\circ\text{C} \Rightarrow t_{\text{vput}} = t_{\text{radret}} + \Delta t_{\text{max}}$

$$5 \quad P_{\text{vp}} = C_p \cdot \dot{m}_{\text{rad}} \cdot (t_{\text{vput}} - t_{\text{radret}})$$

$$6 \quad P_{\text{vvx}} = P_{\text{rad}} - P_{\text{vp}}$$

där $P_{\text{vvx}} =$ radiatorvärmväxlareffekten

7 Framiterering av t_f med hjälp av grundsambandet

$$P = K \cdot \left(\frac{P}{t_{\text{fjvfr}} - t_f} \right)^{0,8} \cdot \gamma_m$$

$$\text{där } \gamma_m = \frac{(t_{\text{fjvfr}} - t_r - (t_f - t_{\text{vput}}))}{\ln \frac{(t_{\text{fjfr}} - t_v)}{(t_f - t_{\text{vput}})}}$$

t_f skall ges i intervallet $t_{\text{vput}} < t_f < t_r$

$t_f = t_{\text{FR}} =$ fjärrvärmereturtemperaturen, eftersom
tappvattenvärmväxlaren ej används vid normal drift.

$$8 \quad P_{\text{hetg}} = 0,1 \cdot P_{\text{vp}}$$

Hetgaseffekten antas i alla delfall vara 10 % av
kondensoreffekten.

Fall 1b

Kondensorn går i detta delfall mot ackumulatorsystemet och radiatorsystemet värms helt av fjärrvärme.

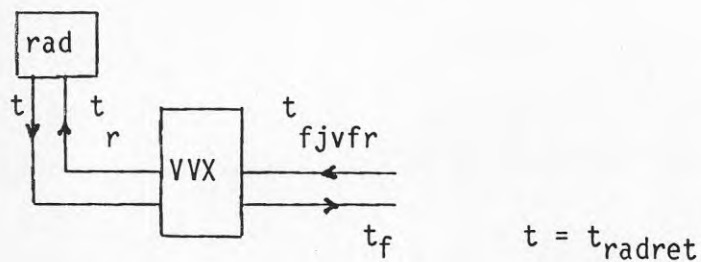
9 Hetgas- och kondensoreffekten anses vara konstanta på 17,5 respektive 175 kW.

10 Framiterering av t_f med hjälp av grundsambandet

$$P = K \cdot \left(\frac{P}{t_{fjvfr} - t_f} \right)^{0,8} \cdot \gamma_m$$

$$\text{där } \gamma_m = \frac{(t_{fjvfr} - t_r) - (t_f - t)}{\ln \left(\frac{t_{fjvfr} - t_r}{t_f - t} \right)}$$

$$P = P_{vvx} = P_{rad} \text{ i kW}$$



t_f skall ges i intervallet $t_{radret} < t_f < t_r$

$t_f = t_{FR}$ av samma orsak som i 1a.

- 11 Värmepumpen prioriterar i fall 1 tappvattenvärmning, varför kondensorn i fall 1b går mot ackumulatorsystemet till dess att energibehovet till dessa är tillgodosett, för att därefter växla till fall 1a.

Tappvatteneffektbehovet för 150 lägenheter är 75 kW/dygn
 \Leftrightarrow 1 800 kWh/dygn. Hetgasvärmväxlaren går mot ackumulatorsystemet under dygnets alla 24 timmar.

Den energimängd som kondensorn under fall 1b skall leverera till ackumulatorsystemet kan därför uttryckas:

$$W_b = 1800 \cdot 10^3 - 0,10 \cdot P_{vpa} \cdot (24 - \text{tid}_b) - 0,10 \cdot P_{vpb} \cdot \text{tid}_b \quad (1)$$

där W_b = energitillförseln från kondensorn till ackumulatorsystemet under fall 1b

P_{vpa} = kondensoreffekten under fall 1a

P_{vpb} = kondensoreffekten under fall 1b

tid_b = den tidsperiod under vilken anläggningen är kopplad enligt fall 1b

Hetgaseffekten är under respektive delfall 10 % av respektive kondensoreffekt.

Kondensorn går under fall 1b med maxeffekt 175 kW, varför tid_b kan uttryckas:

$$\text{tid}_b = \frac{W_b}{175 \cdot 10^3} \quad (2)$$

tid fås ur ekv (1) och (2)

$$\text{tid}_b = \frac{1800 \cdot 10^3 - 2,4 P_{vpa}}{175 \cdot 10^3 - 0,1 \cdot P_{vpa} + 0,1 \cdot B43}$$

- 12 $W_{fjv \text{ rad}} = \text{fjärrvärme mot rad system} = P_{vvxa} \cdot (24 - \text{tid}_b) + P_{vvxb} \cdot \text{tid}_b$

där P_{vvxa} = radiatorvärmväxlareffekten under fall 1a

P_{vvxb} = radiatorvärmväxlareffekten under fall 1b

$$W_{\text{kond.rad}} = \text{kondensator mot rad-system} = P_{\text{vpa}} \cdot (24 - \text{tid}_b)$$

$$W_{\text{kond,varmv}} = \text{kondensator mot varmvatten (ack-syst)} = 175 \cdot 10^3 \cdot \text{tid}_b$$

$$W_{\text{hetg.varmv}} = \text{hetgas mot varmvatten (ack-syst)} = \\ = 0,1 \cdot P_{\text{vpa}} \cdot (24 - \text{tid}_b) + 0,1 \cdot P_{\text{vpb}} \cdot \text{tid}_b$$

$$W_{\text{el.rad}} = \text{elenergiåtgång för rad-syst} = \frac{W_{\text{kond, rad}}}{\phi}$$

där ϕ = värmefaktorn för kompressorn

$$W_{\text{el.varmv}} = \text{elenergiåtgång för varmvatten (ack-syst)} = \\ = \frac{W_{\text{kond,varmv}} + W_{\text{hetg.vv}}}{\phi}$$

- 13 Fjärrvärmereturtemperaturen tidsviktas och medeltemperaturen i fall 1 blir

$$t_{\text{fr medel}} = \frac{t_{\text{fra}} \cdot (24 - \text{tid}_b) + t_{\text{frb}} \cdot \text{tid}_b}{24}$$

$$\text{Om } t_{\text{fra}} = 0 \Rightarrow t_{\text{fr medel}} = t_{\text{frb}}$$

Om i fall 1 a radiatorvärmväxlareffekten blir 0, dvs då kondensorn övertar hela värmningen av vattnet, reglerar RC1 så att \dot{m}_{Fa} blir 0 \Rightarrow ingen temperatur på fjärrvärmereturen finns att mäta. Då sätts $t_{\text{fra}} = 0$.

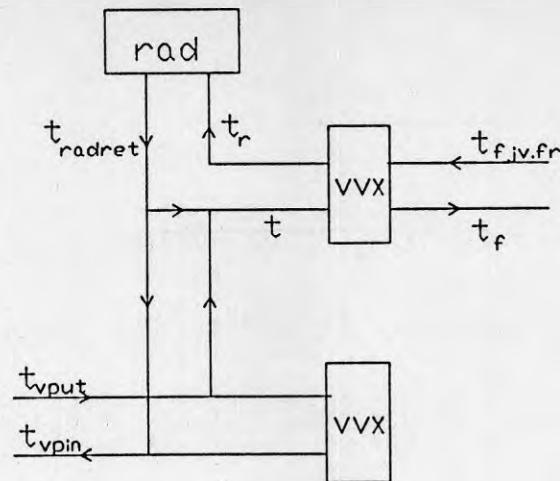
Detta är anledningen till det "hack" i temperaturkurvan för t_{fr} som uppstår i fall 1. De två delkurvorna representerar två olika beräkningsmetoder.

$$14 \quad t_{\text{vput medel}} = \frac{t_{\text{vputa}} \cdot (24 - \text{tid}_b) + t_{\text{vputb}} \cdot 50}{24}$$

I fall 1b, då kondensorn går mot ackumulatorsystemet, antas $t_{\text{vput}} = 50$ °C konstant.

Fall 2a

Detta delfall fungerar i princip som delfall 1a, med det tillägget att inkommande kallvatten går igenom tappvattenvärmeväxlaren för att förvärmas och att en annan koppling föreligger vid radiatorvärmeväxlaren.



$$15 \quad \dot{m}_{\text{rad}} = \frac{P_{\text{rad}}}{C_p \cdot (t_r - t_{\text{radret}})}$$

$$16 \quad \text{Om } 175 \text{ kW} > P_{\text{rad}} \Rightarrow \Delta t_{\text{max}_1} = \frac{P_{\text{rad}}}{\dot{m}_{\text{rad}} \cdot C_p}$$

$$\text{annars } \Delta t_{\text{max}_1} = \frac{175 \cdot 10^3}{\dot{m}_{\text{rad}} \cdot C_p}$$

$$17 \quad \frac{t_{\text{radret}} + t_{\text{vput}}}{2} + \Delta t_{\text{max}_1} = t_{\text{vput}} \Rightarrow t_{\text{vputprel}} =$$

$$= 2 \cdot \Delta t_{\text{max}_1} + t_{\text{radret}}$$

som är en preliminär ut-temperatur från kondensorn, där hela den teoretiskt utnyttjningsbara Δt_{max_1} utnyttjas.

$$\text{Om } t_{\text{radret}} > 50 \Rightarrow t_{\text{vput}} = t_{\text{radret}} \text{ annars } t_{\text{vpinprel}} =$$

$$\frac{50 + t_{\text{radret}}}{2} \text{ som är en preliminär in-temperatur till kondensorn}$$

baserad på $t_{\text{vput}} = 50 \text{ } ^\circ\text{C}$.

$$\Delta t_{\max 2} = 50 - t_{\text{vpinprel.}}$$

$$\text{Om } \Delta t_{\max 2} < \Delta t_{\max 1} \Rightarrow t_{\text{vput}} = 50$$

annars blir $t_{\text{vput}} = t_{\text{vputprel}}$, dvs om ej hela den teoretiskt möjliga temperaturhöjningen $\Delta t_{\max 1}$ kan utnyttjas blir $t_{\text{vput}} = 50$ °C.

$$18 \quad t_{\text{vpin}} = \frac{t_{\text{vput}} + t_{\text{radret}}}{2}$$

$$19 \quad P_{\text{vp}} = \dot{m}_{\text{rad}} \cdot C_p \cdot (t_{\text{vput}} - t_{\text{vpin}})$$

$$20 \quad P_{\text{vvx}} = P_{\text{rad}} - P_{\text{vp}}$$

21 Framiterering av t_f med hjälp av grundsambandet

$$P = K \cdot \left(\frac{P}{t_{\text{fjvfr}} - t_f} \right)^{0,8} \cdot \sqrt[4]{m}$$

$$\text{där } \sqrt[4]{m} = \frac{(t_{\text{fjvfr}} - t_r) - (t_f - t)}{\ln\left(\frac{t_{\text{fjvfr}} - t_r}{t_f - t}\right)}$$

$$t = \frac{t_{\text{vput}} + t_{\text{radret}}}{2}$$

t_f ska ges i intervallet $t < t_f < t_r$

$$22 \quad \dot{m}_F = \frac{P_{vvx}}{C_p \cdot (t_{fjvfr} - t_f)}$$

$$23 \quad kA = 7,183 \cdot 10^3 \cdot \dot{m}_F^{0,8}$$

Ur tekniska data för tappvattenvärmeväxlaren PARCA GS151 fås för $\dot{m}_T = 1 \text{ kg/s} \Rightarrow t_{fr} = 12 \text{ }^\circ\text{C}$

$$\& \dot{m}_F = \dot{m}_T \cdot \frac{t_{FB} - t_k}{t_{fjvfr} - t_{FR}} = 1 \cdot \frac{55 - 5}{85 - 12} = 0,7 \text{ kg/s}$$

där t_{FB} = tappvattentemperatur ut

$$kA = \frac{P_{fjv vx}}{\dot{V}_m} = \frac{\dot{m}_T \cdot C_p \cdot (t_{FB} - t_k)}{(t_f - t_{FB}) - (t_{FR} - t_k)} = \frac{1 \cdot 4,18 \cdot 10^3 \cdot (55 - 5)}{(85 - 55) - (12 - 5)} = \frac{1 \cdot 4,18 \cdot 10^3 \cdot (55 - 5)}{\ln \left(\frac{85 - 55}{12 - 5} \right)}$$

= 13, men då bara halva vvx används $\Rightarrow 6,5$

där $P_{fjv vx}$ = tappvattenvärmeväxlareffekten.

$$\text{Allmänt samband : } kA = X_1 \cdot \dot{m}_t^{0,8}$$

där X_1 är en konstant

I typfallet ovan blir $X_1 = 6,5$

$$\text{Med } \dot{m}_T = 0,79 \text{ kg/s} \Rightarrow kA = 6,5 \cdot 0,79^{0,8} = 5,4$$

kA är lika för en värmeväxlarens båda sidor, men X varierar

$$kA = X_2 \cdot \dot{m}_F^{0,8} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow 5,4 = X_2 \cdot 0,7^{0,8} \Rightarrow X_2 = 7,183$$

24 Framiterering av t_{FR} med hjälp av sambanden

$$\textcircled{1} P = \dot{m}_F \cdot C_p(t_F - t_{FR})$$

$$\textcircled{2} P = \dot{m}_T \cdot C_p(t_{FB} - t_K)$$

$$\textcircled{3} P = kA \cdot \frac{(t_F - t_{FB}) - (t_{FR} - t_K)}{\ln\left(\frac{t_F - t_{FB}}{t_{FR} - t_K}\right)}$$

Dessa samband med uttrycker tappvattenvärmeväxlareffekten på tre olika sätt.

Obekanta faktorer är P , t_{FB} och t_{FR} . Av dessa söks t_{FR} .

Ur $\textcircled{1}$, $\textcircled{2}$ och $\textcircled{3}$ fås sambandet

$$\dot{m}_F \cdot C_p \cdot t_F = kA \cdot \frac{t_F(1 - \frac{\dot{m}_F}{\dot{m}_T}) + t_{FR}(\frac{\dot{m}_F}{\dot{m}_T} - 1)}{\ln\left(\frac{t_F - \frac{\dot{m}_F}{\dot{m}_T}(t_F - t_{FR}) - t_K}{t_{FR} - t_K}\right)} = + \dot{m}_F \cdot C_p \cdot t_{FR}$$

vilket används vid itereringen.

$$25 P_{fjv \text{ vvxa}} = \dot{m}_F \cdot C_p(t_F - t_{FR})$$

$$26 t_{FB} = t_K + \frac{P_{fjv \text{ vvxa}}}{\dot{m}_T \cdot C_p}$$

Fall 2b

Detta delfall fungerar i princip som delfall 1b, med det tillägget att inkommande kallvatten går genom tappvattenvärmeväxlaren för att förvärmas.

$$27 \quad \dot{m}_F = \frac{P_{v\dot{v}x\dot{b}}}{C_p \cdot (t_{fjv} - t_f)}$$

$$28 \quad kA = 7,183 \cdot 10^3 \cdot \dot{m}_F^{0,8}$$

29 Framiterering av t_{FR} som i fall 2a.

$$30 \quad P_{fjv} = \dot{m}_F \cdot C_p (t_F - t_{FR})$$

$$31 \quad t_{FB} = t_K + \frac{P_{fjv}}{\dot{m}_T \cdot C_p}$$

32 Kondensoreffekten anses vara konstant 175 kW \Rightarrow
 \Rightarrow Hetgaseffekten = 17,5 kW konstant.

33 Se punkt 11, fall 1 för resonemang om funktion. Den energimängd som kondensorn under fall 2b skall leverera till ack-syst blir dock här

$$W_b = 1800 \cdot 10^3 - 0,10 \cdot P_{vpa} \cdot (24 - \text{tid}_b) - 0,10 \cdot P_{vpb} \cdot \text{tid}_b - P_{fjv} \cdot \text{tid}_b \cdot (24 - \text{tid}_b) - P_{fjv} \cdot \text{tid}_b$$

eftersom fjärrvärmen levererar energi till ack-syst via tappvattenvärmeväxlaren.

$$\text{tid}_b = \frac{W_b}{175 \cdot 10^3} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \text{tid}_b = \frac{1800 \cdot 10^3 - 2,4 \cdot P_{vpa} - P_{fjv} \cdot 24}{175 \cdot 10^3 + 0,1 \cdot P_{vpb} - 0,1 \cdot P_{vpa} - P_{fjv} + P_{fjv} \cdot \text{tid}_b}$$

tid_{prel} är en första uträkning av tid_b . Är energibehovet 1800 kWh redan täckt av fjärrvärme och hetgas behövs ej kondensorvärmern $\Rightarrow tid_{prel} < 0 \Rightarrow tid_b = 0$.

$$34 \quad W_{fjv \text{ rad}} = P_{vvxa} \cdot (24 - tid_b) + P_{vvxb} \cdot tid_b$$

$$W_{kond \text{ rad}} = P_{vpa} \cdot (24 - tid_b)$$

$$W_{hetg \text{ varmv}} = 0,1 \cdot P_{vpa} \cdot (24 - tid_b) + 0,1 \cdot P_{vpb} \cdot tid_b$$

$$W_{fjv \text{ varmv}}: \text{Om } P_{fjv \text{ vvxa}} \cdot (24 - tid_b) + P_{fjv \text{ vvxb}} \cdot tid_b + W_{hetg} > 1800 \cdot 10^3 \Rightarrow W_{fjv \text{ varmv}} = 1800 \cdot 10^3 - W_{hetg \text{ varmv}} \text{ annars blir}$$

$$W_{fjv \text{ varm}} = P_{fjv \text{ vvxa}} \cdot (24 - tid_b) + P_{fjv \text{ vvxb}} \cdot tid_b$$

dvs om fjärrvärme- och hetgasenergin överstiger dygnsenergiebehovet för tappvatten = 1800 kWh, kan ej all effekt vid tappvattenvärmeväxlarna tillgodogöras.

$$W_{kond \text{ varmv}}: \text{Om } 1800 \cdot 10^3 - W_{fjv \text{ varmv}} - W_{hetg \text{ varmv}} \leq 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow W_{kond \text{ varmv}} = 0 \text{ annars}$$

$$W_{kond \text{ varmv}} = 1800 \cdot 10^3 - W_{fjv \text{ varmv}} - W_{hetg \text{ varmv}}$$

dvs kondensorn tillför bara ackumulatorsystemet energi om det efter fjärrvärme- och hetgasvärmningen behövs energi för att nå dygnsenergiebehovet på 1800 kWh

$$W_{el. \text{ rad}} = \frac{W_{kond. \text{ rad}}}{\phi}$$

$$W_{el. \text{ varmv}} = \frac{W_{kond. \text{ varmv}} + W_{hetg \text{ varmv}}}{\phi}$$

35 Fjärrvärmereturtemperaturen tidsviktas

$$t_{fr,m,prel} = \frac{(24-tid_b) \cdot t_{fra} + tid_b \cdot t_{frb}}{24}$$

$$\text{Om } P_{fjv\ vvx a} \cdot (24-tid_b) + P_{fjv\ vvx b} \cdot tid_b > 1800 \text{ kWh}$$

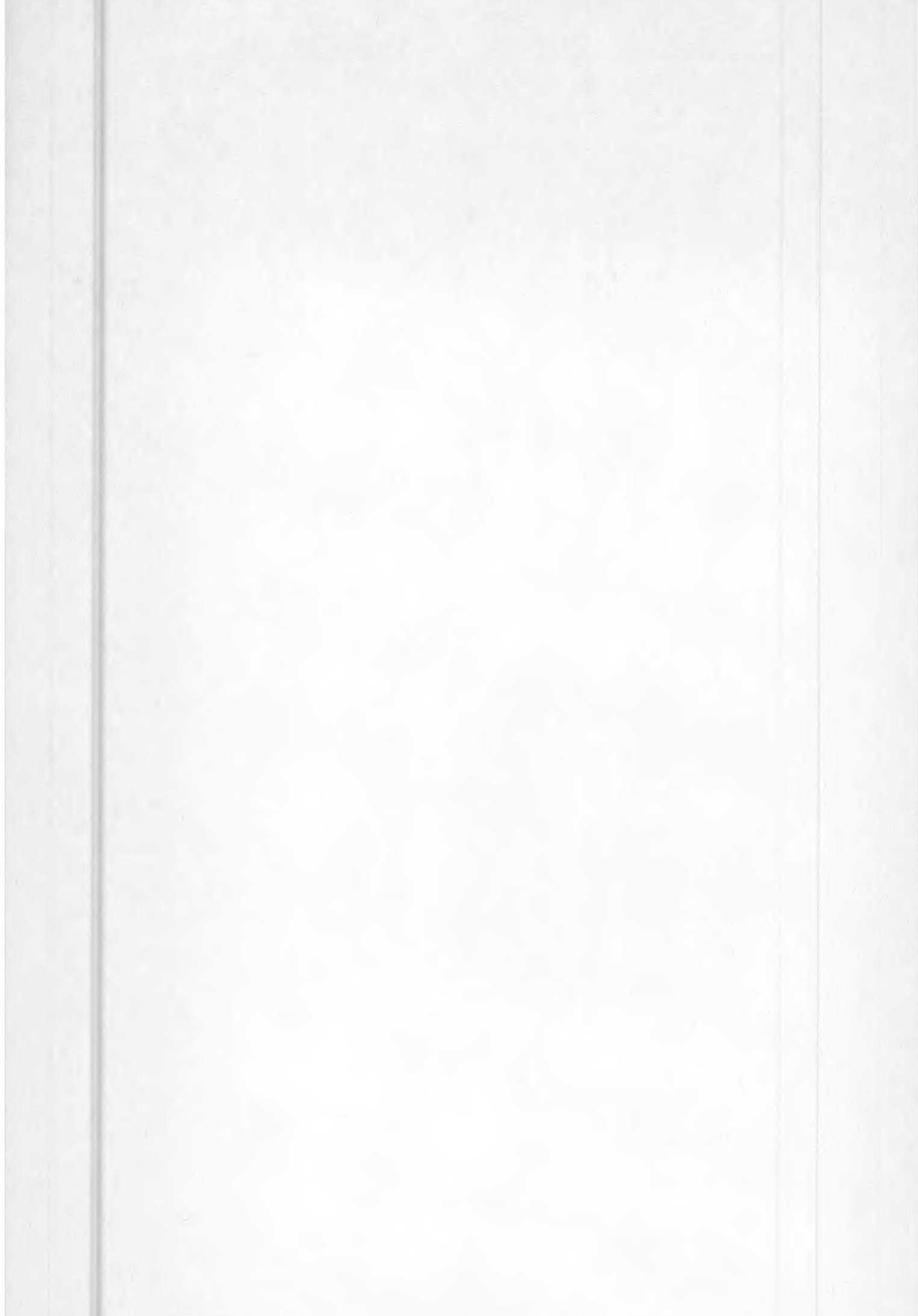
dvs om ett energiöverskott som ej värmer något vatten finns, medför detta en proportionerlig höjning av fjärrvärmereturtemperaturen \Rightarrow

$$\Rightarrow t_{fr,medel} = \frac{P_{fjv\ vvx a} \cdot (24-tid_b) + P_{fjv\ vvx b} \cdot tid_b}{24 \cdot C_p \cdot m_T} + t_{frm,prel}$$

annars blir $t_{fr\ medel} = t_{fr,m\ prel}$

Övriga resonemang om t_{fr} enligt punkt 13.

$$36 \quad t_{vput,medel} = \frac{(24-tid_b) \cdot t_{vputa} + tid_b \cdot t_{vputb}}{24}$$



Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 851152-4
från Statens råd för byggnadsforskning till ÅF-Energikonsult,
Stockholm.

R64:1990

ISBN 91-540-5238-6

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6801064

Abonnemangsgrupp:
Ingår ej i abonnemang

Distribution:
Svensk Byggtjänst
171 88 Solna

Cirkapris: 77 kr exkl moms