



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

R78:1988

**Signalanalys för dimensionering
av lager i energisystem**

Fallstudie i Ängelholm

Per-Olov Larsson

INSTITUTET FÖR
BYGGDOKUMENTATION

Accnr

Plac

Ser

Bygghforskningsrådet

R78:1988

SIGNALANALYS FÖR DIMENSIONERING
AV LAGER I ENERGISYSTEM

Fallstudie i Ängelholm

Per-Olov Larsson

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 860753-7
från Statens råd för byggnadsforskning till VIAK AB,
Malmö.

REFERAT

Komplexa energisystem bestående av ett antal värmeproduktionsenheter ger möjligheten och önskemålet att t ex med hjälp av värmelagring, optimalt utnyttja befintliga värmeproduktionsenheter med hänsyn till aktuella bränslepriser och dylikt.

I rapporten studeras möjligheten att använda signalanalys som ett hjälpmedel vid dimensionering av värmelager i uppvärmningssystem. Fallstudie utförs på fjärrvärmesystemet i Ängelholm för att studera tillämpbarheten.

Resultat från användandet av programpaketets olika delprogram redovisas och presenteras i tabeller och figurer. Utvärdering av signalanalysmetodens tillämpbarhet göres och kompletterande manuella beräkningsrutiner redovisas.

Fortsatt utvecklingsarbete erfordras för att göra programpaketet komplett och i skick att utan manuella beräkningsrutiner utföra dimensioneringsanalys av komplexa energisystem.

I Byggnadsforskningsrådets 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.

R78:1988

ISBN 91-540-4946-6
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

INNEHÅLLSFÖRTECKNING		Sid
FÖRORD		
SAMMANFATTNING		
1.	INLEDNING	1
1.1	Bakgrund	1
1.2	Problemställning	1
2.	FÖRUTSÄTTNINGAR	3
3.	GENOMFÖRANDE	4
4.	RESULTAT	7
4.1	Relationsplott	7
4.2	Frekvensbehandling	10
4.3	Regressionsanalys	15
4.4	Volym- och effektberäkning	16
4.5	Varaktighetsdiagram	23
4.6	Kostnader	25
5.	UTVÄRDERING	26
6.	SLUTSATSER	31
7.	LITTERATURFÖRTECKNING	32

FÖRORD

Föreliggande rapport avser att studera tillämpbarheten av signalanalys som hjälpmedel vid dimensionering av energisystem.

Byggforskningsrådet har därefter anslagit medel till en fallstudie för Ängelholms fjärrvärmenät.

Syftet med denna rapport är att studera och utvärdera beräkningsresultat från ovan nämnda fallstudie i Ängelholm.

Analyserna har utförts vid VIAKs signalanalyslaboratorium.

Ett speciellt tack riktas till "Idé-kläckarna" Björn Svedinger och Bengt Simonsson.

Malmö i april 1988

Per-Olov Larsson
Projektledare

SAMMANFATTNING

Komplexa energisystem bestående av ett antal värme-produktionsenheter ger möjligheten och önskemålet, att t ex med hjälp av värmelagring, optimalt utnyttja befintliga värmeproduktionsenheter med hänsyn till aktuella bränslepriser och dylikt.

I denna rapport studeras möjligheten att använda signalanalys som ett hjälpmedel vid dimensionering av värmelager i uppvärmningssystem. Fallstudie utförs på fjärrvärmesystemet i Ängelholm för att studera tillämpbarheten.

Resultat från användandet av programpaketets olika delprogram redovisas och presenteras i tabeller och figurer i rapporten. Utvärdering av signalanalys-metodens tillämpbarhet göres och kompletterande manuella beräkningsrutiner redovisas. Fortsatt utvecklingsarbete erfordras för att göra program-paketet komplett och i skick att utan manuella beräkningsrutiner utföra dimensioneringsanalys av komplexa energisystem.

1. INLEDNING

1.1 Bakgrund

Av Sveriges totala energianvändning åtgår en stor del till uppvärmning av bostäder och andra lokaler. Energihushållning och ett effektivt utnyttjande av elenergi, fasta bränslen och alternativa energikällor skapar förutsättningar för att reducera vårt oljeberoende.

Alltmer tidsdifferentierade eltaxor ger ekonomiskt incitament till ett effektivt utnyttjande av tillgänglig elenergi. Komplexa energisystem bestående av ett antal värmeproduktionsenheter ger möjligheten och önskemålet att utnyttja befintliga värmeproduktionsenheter med hänsyn till aktuella bränslepriser och dylikt.

Energilagring får, bl a med anledning av ovan sagda, allt större betydelse för optimering av energisystem. Värmelagring i isolerade ståltankar för dygnslagring och säsongslagring av stora volymer i jord, berg eller vatten är aktuella tillämpningar.

1.2 Problemställning

I ett uppvärmningssystem påverkas värmebehov, värmedistribution, värmeproduktion och eventuell värmelagring av ett stort antal inverkanse parametrar såsom utetemperatur, temperaturnivåer i värmesystemet och val av bränsle. Vid traditionell dimensionering av energisystem användes vanligtvis ett varaktighetsdiagram, anpassat efter den för det aktuella energisystemet beräknad utnyttjningstid. (Utnyttjningstiden är den tid i timmar per år som

multipliserat med anläggningens maximala värmeeffektbehov ger den årliga energiförbrukningen i anläggningen). För att med större precision dimensionera ett energisystem är det önskvärt att kunna ta hänsyn till aktuella parametrars variation under det verkliga tidsförloppet.

Med hjälp av signalanalys kan förlopp av periodiska funktioner analyseras. I energisystem kan det således vara intressant att studera t ex levererad värmeeffekt, framledningstemperatur, returtemperatur, utetemperatur etc under ett tidsförlopp.

Föreliggande utredning avser att närmare studera möjligheten att använda signalanalys som ett hjälpmedel vid dimensionering av värmelager i befintliga uppvärmningssystem.

2. FÖRUTSÄTTNINGAR

Fjärrvärmesystemet i Ängelholm, Ängelholms Energiverk, har idag en ansluten värmeeffekt av ca 45 MW. Värmeverket, Akerslundsverket, omfattar två 15 MW hetvattenpannor med fluidiserad bädd som kan eldas med torv, flis, bark, kol eller bränslepellets samt två 12 MW oljeeldade hetvattenpannor, en 6 MW elpanna och en hetvattenackumulator på 2 000 m³.

Värmeproduktion kan således ske i tre olika produktionsenheter med skilda bränsleslag. Dessa valmöjligheter i kombination med hetvattenackumulatoren på 2 000 m³ ger en hög grad av komplexitet.

Val av idrifttagen enhet för värmeproduktion sker manuellt i anläggningen.

Ängelholms Energiverk dokumenterar i driftrapporter följande värden:

- Effekt MW levererad
- Framledningstemperatur °C
- Returledningstemperatur °C
- Tryck i framledningen bar
- Tryck i returledningen bar
- Flöde m³/h
- Lägsta differenstryck bar
- Urladdningseffekt ackumulator MW
- Energiinnehåll ackumulator MWh
- Utetemperatur °C

För respektive pannenhet i drift redovisas flöde, vattentemperatur och levererad effekt från pannan.

Vid drift av fastbränslepannorna redovisas även förbrukad bränslemängd i ton/h. Registrering av dessa värden sker varje timme.

3. GENOMFÖRANDE

Dimensionering av värmelager utifrån givna förutsättningar med avseende på produktionskapacitet, värmebehov och temperaturnivåer är i första hand beroende på lagringsfilosofi.

Vid dygnslagring av varmvatten i t ex ett fjärrvärmenät utnyttjas ackumulatorn i följande fall:

- Vid toppbelastning urladdas ackumulatorn för att reducera erforderlig panneffekt.
- För att utnyttja den eller de pannheter maximalt som för tillfället har den lägsta drift- och underhållskostnaden (inklusive bränslekostnad). Är intressant då t ex elpannor med tidsdifferentierad eltaxa är del av värmeproduktionsresurserna.

Långtidslagringens främsta syfte är oftast energibesparing. Befintlig spillvärmekälla med värmeöverskott sommartid kan med hjälp av säsonglagring utnyttjas vintertid då ett större värmebehov föreligger. För val av optimalt energilager studeras här signalanalysens tillämpbarhet på energisystem.

Från driftrapporterna har följande parametrar valts som indata:

- Levererad effekt i MW
- Temperatur, framledning °C
- Temperatur, returledning °C
- Utomhustemperatur °C

Värden finns registrerade varje timme under perioden 31 oktober 1985-22 mars 1986.

Dessa data har överförts till ett HP bordsdatorsystem i VIAKs signalanalyslaboratorium.

Signalanalys kan kort beskrivas som ett sätt att analysera periodiska funktioner.

En Fourierserie (efter Jean-Baptiste Joseph Fourier) till en periodisk funktion består av en med Fourierkoefficienter bildad trigonometrisk serie.

Fourierserien till en funktion har följande utseende.

$$\frac{a_0}{2} + \sum_{u=1}^{\infty} (a_u \times \cos ux + b_u \times \sin ux)$$

Fourieranalys utförs för att bestämma vilka frekvenser som förekommer i en signal. Variabeln n i Fourierserien betecknar således en viss frekvens. I princip utförs en transformation från ett tidplan till ett frekvensplan. Resultatet blir att en tidsserie avbildas som funktion av frekvens och fas.

Fourieranalys utförs med hjälp av dator. För att definiera ett systems dynamiska egenskaper söker vi ett samband mellan insignal och utsignal för ett system.

Överföringsfunktionen är en matematisk beskrivning av ett system och kan användas för att definiera förhållanden mellan två signaler.

Om systemet endast har en insignal och en utsignal så är överföringsfunktionen kvoten mellan utsignalens och insignalens laplacetransformer. Signalanalytiska metoder kan användas då systemets dynamiska egenskaper är definierade och mätningar under en kort tidsperiod kan extrapoleras under antagande av linjära förhållanden.

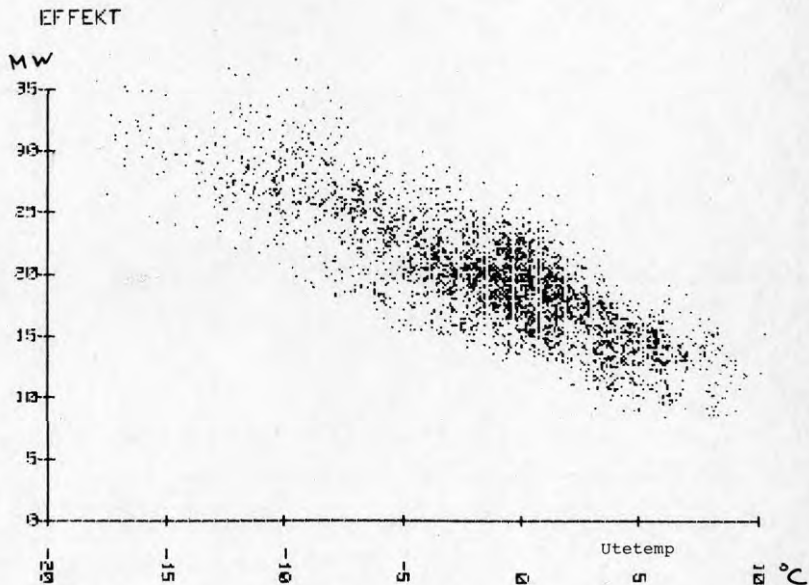
4. RESULTAT

4.1 Relationsplott

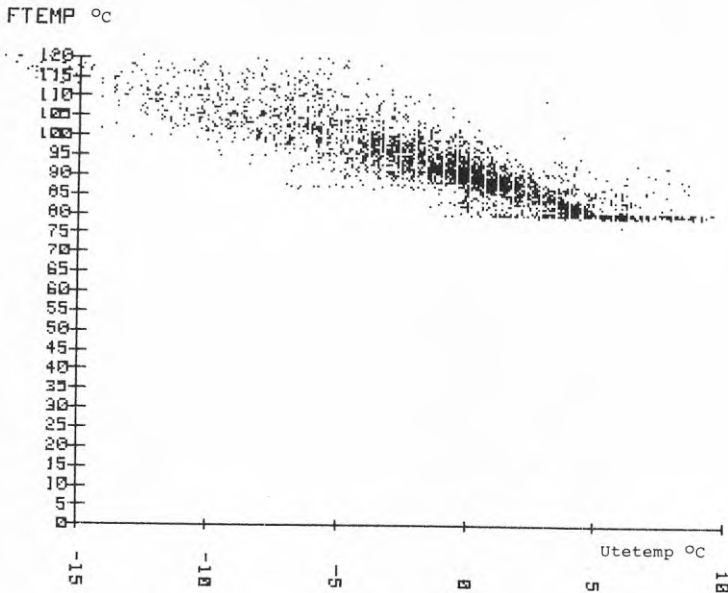
Information finnes lagrad i 4 kanaler, enligt ovan, som funktion av tiden. Relationsplott är en rutin för punktvis plottning av två olika kanaler i förhållande till varandra. Spridningen av mätdata under en mätperiod kan bedömas och relationsplotten ger en fingervisning om linjäritet föreligger mellan de båda kanalerna. Följande relationsplottar har framtagits och redovisas i figurerna 4.1-4.4.

- Figur 4.1 Utetemp-Effekt
- Figur 4.2 Utetemp-Framledningstemp
- Figur 4.3 Utetemp-Returledningstemp
- Figur 4.4 Framledningstemp-Effekt

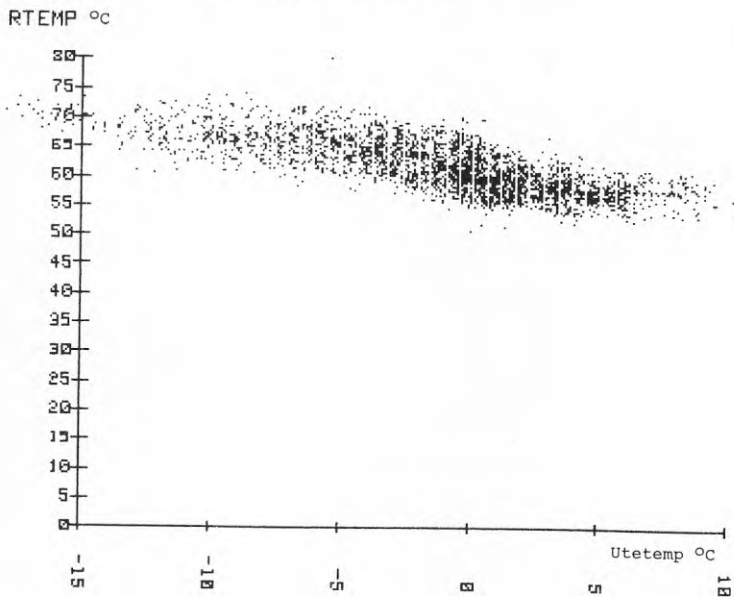
Som framgår av dessa diagram är spridningen minst då utetemperaturen redovisas i förhållande till framledningstemperaturen.



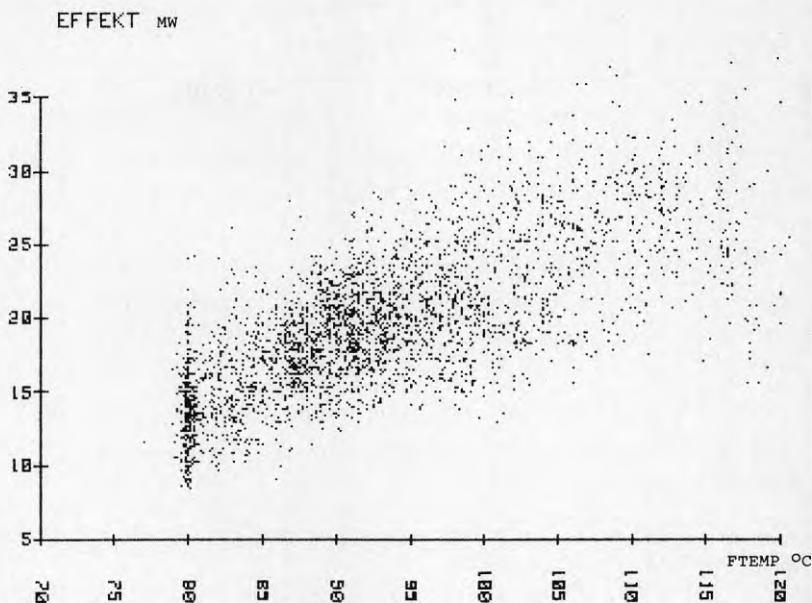
Figur 4.1 Effekten som funktion av utetemperaturen



Figur 4.2 Framledningstemperaturen som funktion av utetemperaturen



Figur 4.3 Returtemperaturen som funktion av utetemperaturen



Figur 4.4 Effekten som funktion av framlednings-
temperaturen

Ur figur 4.2 kan utläsas att framledningstemperaturen styrs av utetemperaturen enligt angiven temperaturkurva på reglercentralen. Med hjälp av två reglerventiler styrda av reglercentralen blandas tillöpps- och returflöde till önskad temperatur. I diagrammet kan en brytpunkt identifieras. Då utetemperaturen är $+5^{\circ}\text{C}$ eller högre, konstanthålles framledningstemperaturen vid 80°C .

Studeras utetemperaturen i förhållande till returledningstemperaturen på motsvarande sätt blir spridningen större. Detta beror på att returtemperaturen ej är styrd direkt av utetemperaturen. Effekten som funktion av utetemperaturen visar också stor spridning och detta avspeglar sig då på returtemperaturen.

Effektvariationer flödesregleras, men vid snabba fluktuationer hinner inte flödesregleringen med utan returtemperaturen kommer att påverkas.

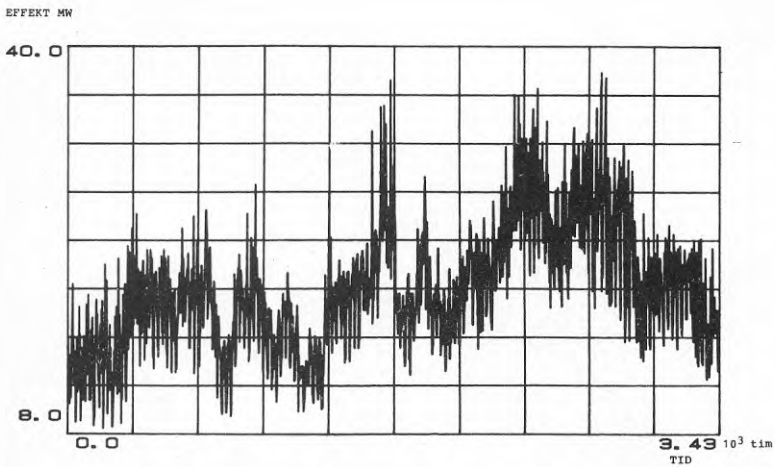
Ur figur 4.1 kan skönjas en tendens till linjäritet mellan levererad värmeeffekt och utetemperatur. Spridningen är dock stor kring en tänkt medellinje.

Utetemperaturen är bara en av flera parametrar som påverkar effektbehovet, t ex varmvattenförbrukning, vind och luftfuktighet.

I denna studie har ej närmare studerats om linjäritet står att finna mellan effektbehov och ett antal funktionsparametrar.

4.2 Frekvensbehandling

Utsignalen levererad värmeeffekt, figur 4.5, är en funktion som i bästa fall kan anses vara periodisk.



Figur 4.5 Levererad värmeeffekt som funktion av tiden (Tidsperiod 31/10 1985-22/3 1986)

Under denna förutsättning kan funktionen delas upp i en summa av sinus- och cosinustermer (Fourierserie) för olika frekvenser. Efter denna uppdelning kan således vissa frekvenser nollställas. Detta åstadkommes genom att simulera ett idealt lågpasfilter.

Filter plockar bort frekvenser i en signal som man ej är intresserad av. Ett lågpasfilter karakteriseras av sitt poltal och sin gränshfrekvens. Vid en viss gränshfrekvens filtreras högre frekvenser bort. Poltalet anger brantheten hos filtret, vilket bestämmer hur snabbt frekvenser över gränshfrekvensen kapas bort. För enkelhetens skull och då värmelagrets filteregenskaper ej är definierade antas ett idealt filter som över gränshfrekvensen klipper bort alla variationer.

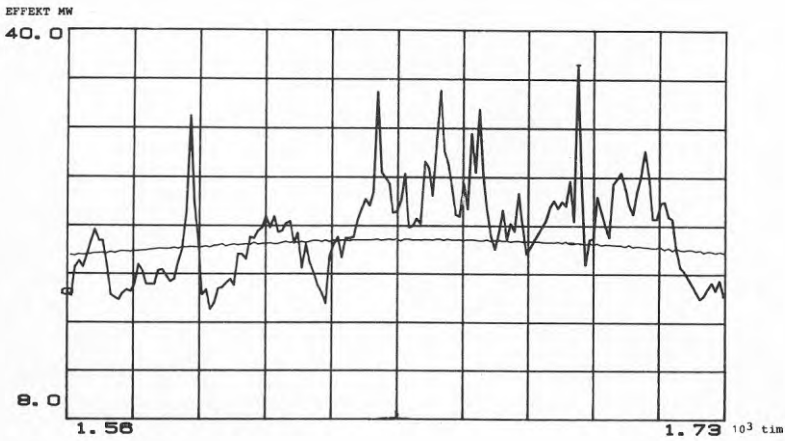
För respektive gränshfrekvens skapas en medeleffekt-kurva, där energimängden under en tidsperiod svarande mot gränshfrekvensen är identisk med energimängden från den verkliga effektbehovskurvan under samma tidsperiod.

Vi kan således med frekvensbehandling beskriva ett värmelager i ett energisystem, med laddning och urladdning av ackumulator.

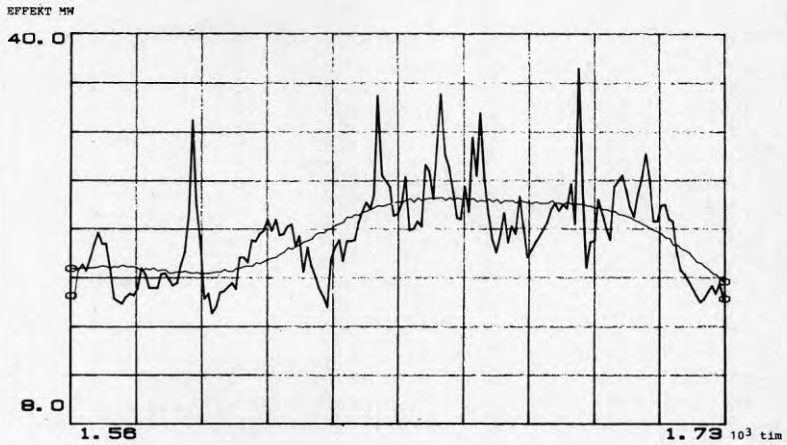
Ett filter med högre gränshfrekvens ger en mindre lagringsvolym och en effektkurva (anger erforderlig effekt att produceras i befintliga pannor) som med större följsamhet följer effektbehovskurvan.

Skillnaden mellan båda dessa kurvor täckes av värmelagret.

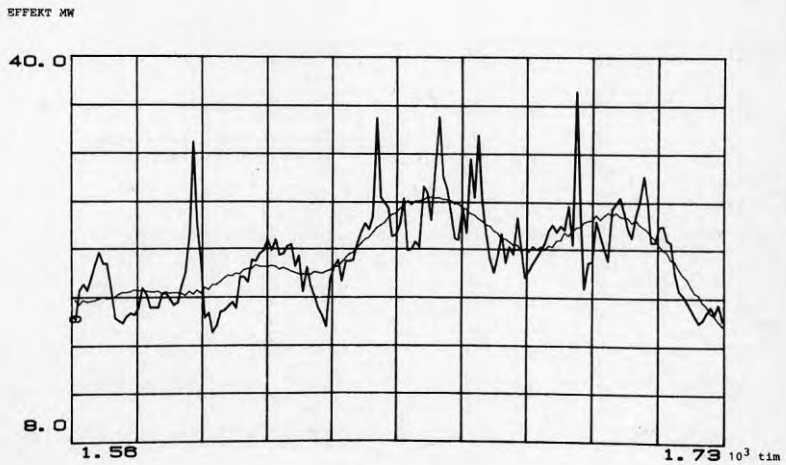
Filter med gränsfrekvenserna 3, 15, 35, 45, 78 och 90 Hz har studerats, och effektbehovskurvan och kurvan för erforderlig producerad panneffekt med ackumulator redovisas för respektive gränsfrekvens i figurerna 4.6-4.11.



Figur 4.6 Effekt som funktion av tiden (Tidsperiod 4/1-11/1 1986) Ursprunglig effektkurva och filtrerad effektkurva med gränsfrekvens 3 Hz redovisas

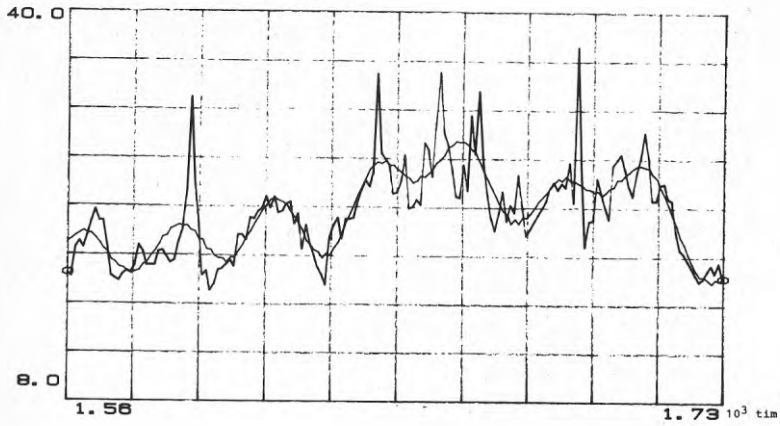


Figur 4.7 Effekt som funktion av tiden. Filtreerad effektkurva med gränsfrekvens 15 Hz



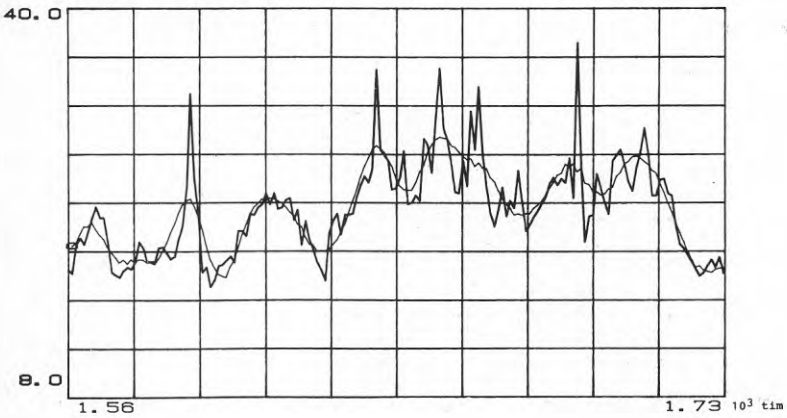
Figur 4.8 Effekt som funktion av tiden. Filtreerad effektkurva med gränsfrekvens 35 Hz

EFFEKT MW

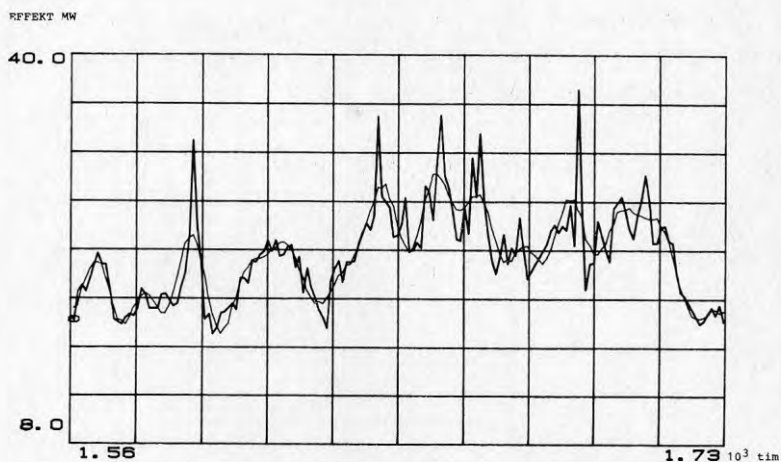


Figur 4.9 Effekt som funktion av tiden. Filtrerad effektkurva med gränsfrekvens 45 Hz

EFFEKT MW



Figur 4.10 Effekt som funktion av tiden. Filtrerad effektkurva med gränsfrekvens 78 Hz



Figur 4.11 Effekt som funktion av tiden. Filtreerad effektkurva med gränsfrekvens 90 Hz

4.3 Regressionsanalys

Relationsplottningen ger en fingervisning om eventuell linjäritet hos det studerade materialet. För att med större noggrannhet avgöra om linjäritet föreligger göres en test med hjälp av minsta kvadratmetoden.

En minsta kvadratanpassning kan även göras för en andragradskurva för en jämförelse med den räta linjen. Regressionskoefficienten betecknar graden av anpassning till vald kurva.

Med en regressionskoefficient på 1 är således överensstämmelsen total mellan den valda kurvan och det studerade materialet. I det studerade exemplet är regressionskoefficienten för utetemperatur och effekt ungefär 0,75 i förhållande till den räta linjen.

4.4 Volym- och effektberäkning

Beräkning av lagerstorlek m m göres med varierande gränsfrekvens mellan 0,5 och 120 Hz. Intervallet är 0,5 Hz mellan varje beräkning.

För varje skärfrekvens redovisas följande:

Maxlast

- P_m , topplast under perioden
- P_d , effektbesparing under topplasttimmen med lager
- T_f , framledningstemperatur under topplasttimmen
- T_r , returledningstemperatur under topplasttimmen

Lagereffekt

- P_m , effekt producerad av lagret
- P_d , effektåtgång då differensen är maximal mellan normal effektåtgång och effektåtgång med lager
- T_f , framledningstemperatur vid maximal differens
- T_r , returledningstemperatur vid maximal differens

Lagervolymer

- Q , energivolym i lagret
- $T_{fr,max}$, maximal framledningstemperatur

- $T_{fr\ min}$, minsta framledningstemperatur
- $T_{re\ max}$, maximal returledningstemperatur
- m^3_{max} , vattenvolym med energivolym som ovan och skillnaden mellan maximal och minimal framledningstemp
- m^3_{min} , vattenvolym med energivolym som ovan och skillnaden mellan maximal fram- och returledningstemperatur

I tabellerna 4.1-4.6 redovisas dessa beräkningar av lagerstorlek m^3 för gränshfrekvenserna 3, 15, 35, 45, 78 och 90 Hz. I denna beräkning av lagringsvolym för respektive gränshfrekvens har ej någon hänsyn tagits till ekonomiska parametrar. Som framgår av figurerna 4.6-4.11 erhålles en maximal utnyttning av lagringsvolymen och en så jämn fördelning som möjligt av erforderlig produktionskapacitet under perioden.

En sammanställning av beräknad energivolym som funktion av gränshfrekvensen erhålles i diagramform, se figurerna 4.12-4.16. Enheten frekvens/dygn i dessa diagram anger antalet laddnings-/urladdningscykler för energilagret under ett dygn. Avtagande frekvens innebär att lagret klarar att ackumulera under längre perioder. Ur diagrammet framgår att energivolymen varierar i trappstegsplatåer med frekvensen. Vid frekvensen 1 ggr/dygn kan en skiljelinje skönjas mellan två platåhöjder.

Tabell 4.1 Beräkning av värmelager, gränsfrekvens
3 Hz

26 Nov 1986 17:18:37
.5 - 120 HZ

EFFEKT DATA FIL : TSEFFEKT VIA039
FRAMLEDNINGSTEMPERATUR FIL : TSFTMP VIA039
RETURLEDNINGSTEMPERATUR FIL : TSRTMP VIA039
FREKVENNS FÖR FILTER 3 dB-GRANS = 3.00
STEGNING AV RECORDS = 5.00
ANTAL DATAPUNKTER = 3430.00

DC-JUST.

	Maxlast				Lagereffekt				Lagervolymer				m3	m3	m3
	Pm	Pd	Tf	Tr	Pm	Pd	Tf	Tr	Q	Tfr	Tfr	Tre			
	kW	kW	°C	°C	kW	kW	°C	°C	kWh	°C	°C	°C	°C	°C	°C
31 Oct 1985	29	9	98	67	29	10	99	62	273	107	77	72	8	7	46
25 Dec 1985	37	14	116	72	37	14	112	67	358	119	80	74	8	7	58
21 Jan 1986	37	8	104	65	37	10	112	70	200	118	80	72	5	4	42
17 Feb 1986	38	10	105	67	37	11	120	71	151	121	79	80	3	3	30
15 Mar 1986	24	3	90	57	19	11	86	56	248	94	80	62	15	7	55
	38	10	105	67	37	14	112	67	428	121	77	80	15	7	67

Tabell 4.2 Beräkning av värmelager, gränsfrekvens
15 Hz

26 Nov 1986 19:27:22
.5 - 120 HZ

EFFEKT DATA FIL : TSEFFEKT VIA039
FRAMLEDNINGSTEMPERATUR FIL : TSFTMP VIA039
RETURLEDNINGSTEMPERATUR FIL : TSRTMP VIA039
FREKVENNS FÖR FILTER 3 dB-GRANS = 15.00
STEGNING AV RECORDS = 5.00
ANTAL DATAPUNKTER = 3430.00

DC-JUST.

	Maxlast				Lagereffekt				Lagervolymer				m3	m3	m3
	Pm	Pd	Tf	Tr	Pm	Pd	Tf	Tr	Q	Tfr	Tfr	Tre			
	kW	kW	°C	°C	kW	kW	°C	°C	kWh	°C	°C	°C	°C	°C	°C
31 Oct 1985	29	7	103	72	26	9	89	56	68	107	77	72	2	2	45
25 Dec 1985	37	11	112	69	33	13	115	65	49	119	80	74	1	1	30
21 Jan 1986	37	7	113	66	32	9	108	67	50	118	80	72	1	1	18
17 Feb 1986	38	9	100	65	37	10	119	71	69	121	79	80	1	1	34
15 Mar 1986	24	3	90	57	20	11	86	56	63	94	80	62	4	2	31
	38	9	100	65	33	13	115	65	81	121	77	80	4	2	59

Tabell 4.3 Beräkning av värmelager, gränshfrekvens
35 Hz

26 Nov 1986 21:42:59
.5 - 120 HZ

EFFEKT DATA FIL : TSEFFEKT VIA039
FRAMLEDNINGSTEMPERATUR FIL : TSFTMP VIA039
RETURIEDNINGSTEMPERATUR FIL : TSRTEMP VIA039
FREKVENNS FÖR FILTER 3 dB-GRANS = 35.00
STEGNING AV RECORDS = 5.00
ANTAL DATAPUNKTER = 3430.00

DC-JUST.

	Maxlast				Lagereffekt				Lagervolymer						
	Pm kW	Pd kW	Tf 'C	Tr 'C	Pm kW	Pd kW	Tf 'C	Tr 'C	Q kWh	Tfr 'C	Tfr 'C	Tre 'C	m3 max	m3 min	m3 mom
31 Oct 1985	29	6	107	66	26	8	89	58	36	107	77	72	1	1	43
25 Dec 1985	37	9	117	70	33	13	115	63	34	119	80	74	1	1	23
21 Jan 1986	37	7	113	66	36	9	112	70	38	118	80	72	1	1	24
17 Feb 1986	38	9	118	72	38	10	120	70	44	121	79	80	1	1	31
15 Mar 1986	24	2	92	59	20	11	86	56	37	94	80	62	2	1	30
	38	9	118	72	33	13	115	63	57	121	77	80	2	1	55

Tabell 4.4 Beräkning av värmelager, gränshfrekvens
45 Hz

26 Nov 1986 22:51:49
.5 - 120 HZ

EFFEKT DATA FIL : TSEFFEKT VIA039
FRAMLEDNINGSTEMPERATUR FIL : TSFTMP VIA039
RETURIEDNINGSTEMPERATUR FIL : TSRTEMP VIA039
FREKVENNS FÖR FILTER 3 dB-GRANS = 45.00
STEGNING AV RECORDS = 5.00
ANTAL DATAPUNKTER = 3430.00

DC-JUST.

	Maxlast				Lagereffekt				Lagervolymer						
	Pm kW	Pd kW	Tf 'C	Tr 'C	Pm kW	Pd kW	Tf 'C	Tr 'C	Q kWh	Tfr 'C	Tfr 'C	Tre 'C	m3 max	m3 min	m3 mom
31 Oct 1985	29	3	107	65	29	7	99	62	23	107	77	72	1	1	15
25 Dec 1985	37	8	113	70	37	11	112	67	23	119	80	74	1	0	17
21 Jan 1986	37	6	113	66	36	8	112	70	23	118	80	72	1	0	21
17 Feb 1986	38	6	119	71	38	8	120	70	28	121	79	80	1	1	17
15 Mar 1986	24	2	90	57	20	11	86	56	29	94	80	62	2	1	17
	38	6	119	71	20	11	86	56	42	121	77	80	2	1	31

Tabell 4.5 Beräkning av värmelager, gränshfrekvens
78 Hz

27 Nov 1986 18:32:31
EFFEKT

EFFEKT DATA FIL : TSEFFEKT VIA039
FRÅMLEDNINGSTEMPERATUR FIL : TSFTMP VIA039
RETURLEDNINGSTEMPERATUR FIL : TSRTMP VIA039
FREKVENNS FOR FILTER 3 dB-GRANS = 78.00
STEGNING AV RECORDS = 5.00
ANTAL DATAPUNKTER = 3430.00

DC-JUST.

	Maxlast				Lagereffekt				Lagervolymer						
	Pm	Pd	Tf	Tr	Pm	Pd	Tf	Tr	Q	Tfr			Tre		
										max	min	max	m3	m3	m3
	kW	kW	°C	°C	kW	kW	°C	°C	kWh	°C	°C	°C	max	min	mon
31 Oct 1985	29	2	107	65	21	6	84	55	18	107	77	72	1	0	14
25 Dec 1985	37	8	117	70	37	10	112	67	17	119	80	74	0	0	17
21 Jan 1986	37	4	113	66	35	7	112	70	21	118	80	72	0	0	11
17 Feb 1986	38	5	118	71	35	8	119	71	21	121	79	80	0	0	18
15 Mar 1986	24	1	90	57	20	11	86	56	23	94	80	62	1	1	19
	38	5	118	71	20	11	86	56	31	121	77	80	1	1	35

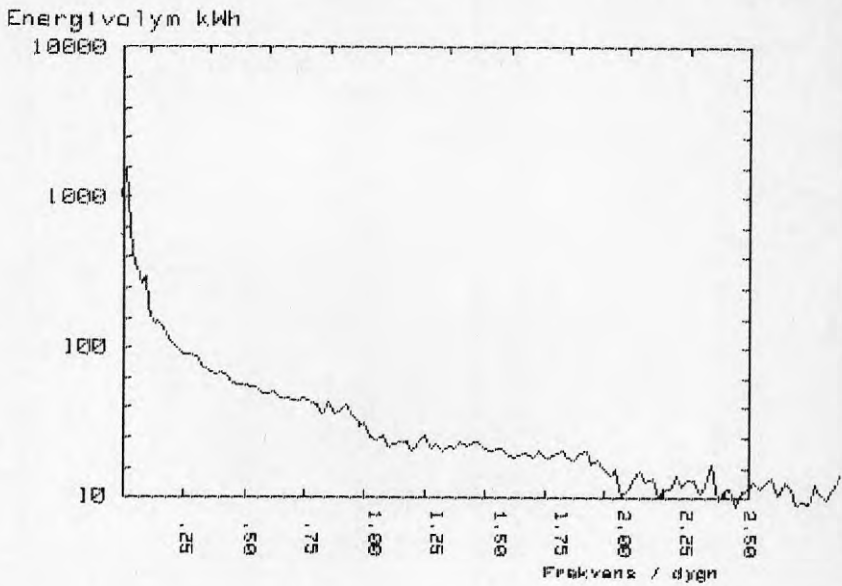
Tabell 4.6 Beräkning av värmelager, gränshfrekvens
90 Hz

27 Nov 1986 19:53:20
EFFEKT

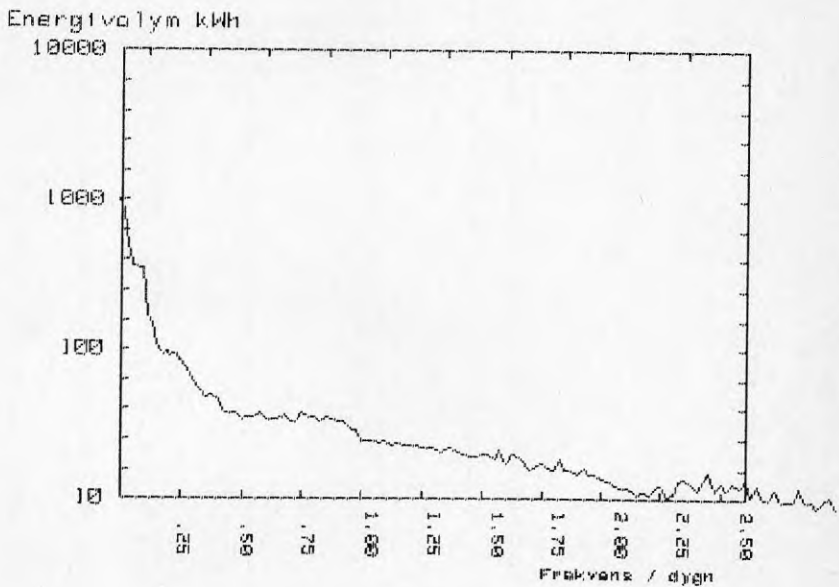
EFFEKT DATA FIL : TSEFFEKT VIA039
FRÅMLEDNINGSTEMPERATUR FIL : TSFTMP VIA039
RETURLEDNINGSTEMPERATUR FIL : TSRTMP VIA039
FREKVENNS FOR FILTER 3 dB-GRANS = 90.00
STEGNING AV RECORDS = 5.00
ANTAL DATAPUNKTER = 3430.00

DC-JUST.

	Maxlast				Lagereffekt				Lagervolymer						
	Pm	Pd	Tf	Tr	Pm	Pd	Tf	Tr	Q	Tfr			Tre		
										max	min	max	m3	m3	m3
	kW	kW	°C	°C	kW	kW	°C	°C	kWh	°C	°C	°C	max	min	mon
31 Oct 1985	29	2	107	65	26	6	89	58	15	107	77	72	0	0	25
25 Dec 1985	37	7	117	71	37	10	112	67	12	119	80	74	0	0	10
21 Jan 1986	37	3	116	69	35	6	112	70	11	118	80	72	0	0	14
17 Feb 1986	38	3	119	71	27	5	86	55	13	121	79	80	0	0	9
15 Mar 1986	24	1	92	59	20	9	86	56	16	94	80	62	1	0	11
	38	3	119	71	37	10	112	67	21	121	77	80	1	0	28

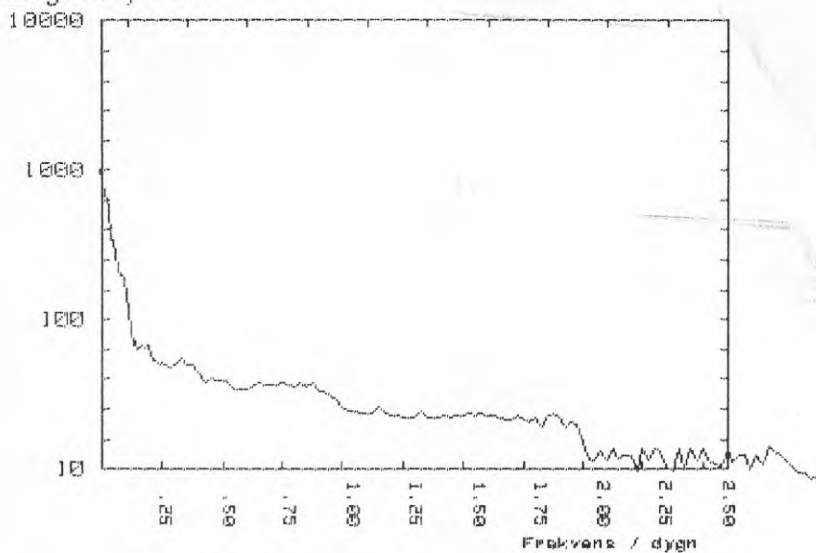


Figur 4.12 Lagervolyt som funktion av skärfrekvens för lagret, period 1, 31 okt 1985



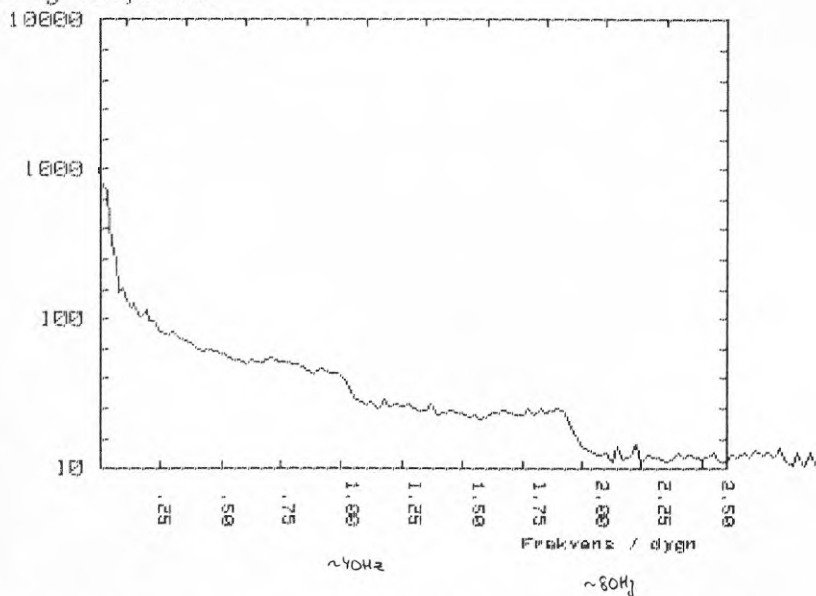
Figur 4.13 Lagervolyt som funktion av skärfrekvens för lagret, period 2, 25 dec 1985

Energivolyt kWh

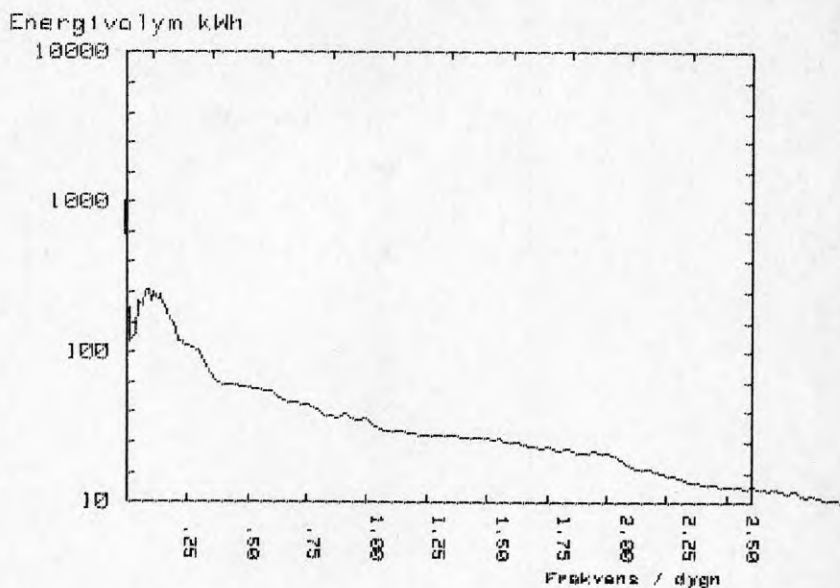


Figur 4.14 Lagervolyt som funktion av skärfrekvens för lagret, period 3, 21 jan 1986

Energivolyt kWh



Figur 4.15 Lagervolyt som funktion av skärfrekvens för lagret, period 4, 17 feb 1986



Figur 4.16 Lagervolym som funktion av skärfrekvens för lagret, period 5, 15 mars 1986

Erforderlig lagringsvolym är tämligen konstant då frekvensen pendlar mellan 1-2 ggr/dygn.

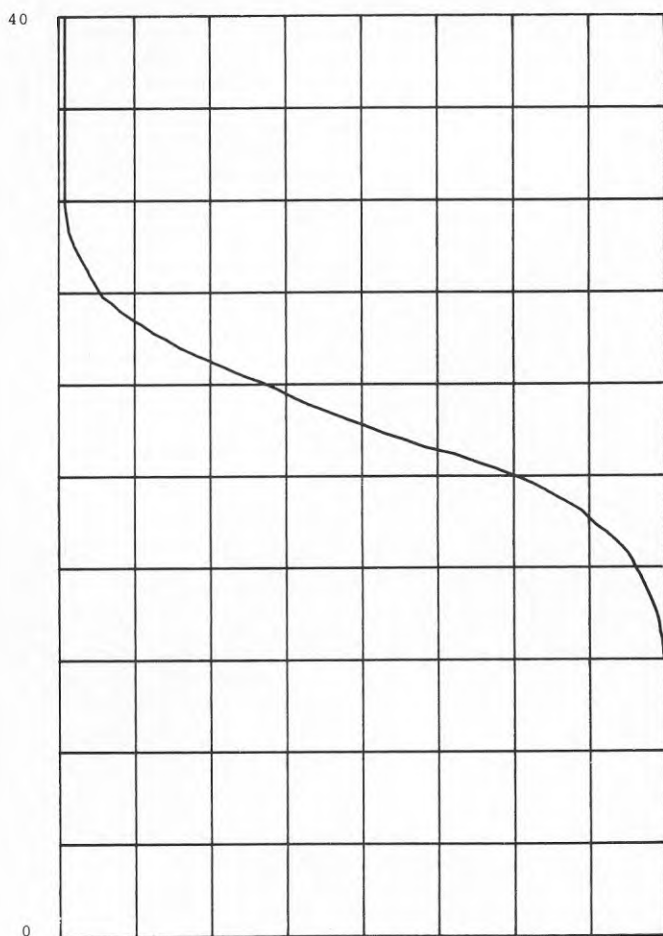
Vidare kan utläsas att energivolympen ökar markant vid energilagring under längre perioder.

Vid säsongslagring fordras således energilager med en mycket lägre investeringskostnad per volymsenhet än korttidslager för att kunna ge ekonomisk lönsamhet.

4.5 Varaktighetsdiagram

De registrerade värdena på levererad värmeeffekt varje timme rangordnas efter effekt och överföres till ett effekt-tid-diagram över perioden 31 oktober 1985-22 mars 1986, se figur 4.17.

EFFEKT MW



Figur 4.17 Varaktighetsdiagram över perioden
31 oktober 1985-22 mars 1986

Med en registreringsperiod på ett år erhålles ett varaktighetsdiagram som kan jämföras med teoretiskt beräknade diagram med avseende på max effekt, energimängd och dylikt. Detta bör vara av stort intresse för verifiering av gjorda antaganden vid teoretiska beräkningar.

4.6 Kostnader

Analyserna har hittills behandlat effektbesparing och lagringsvolymer. Det kanske viktigaste incitamentet för investeringar i värmelagring är dock kostnadsbesparingar. Vad avser korttidslagring kan kostnadsbesparingar göras främst genom att effektivt utnyttja de produktionsenheter med lägsta rörliga kostnaden så långt det är möjligt och vid eventuell elpannedrift anpassa effektuttag från dessa efter de tidsdifferentierade eltaxornas periodindelning.

Vi kan således tala om effektberoende och tidsberoende kostnad.

För att ekonomiskt utnyttja energilagrets resurser skall energilagret laddas när energin är billig att producera och urladdning skall ske när energiproduktionskostnaden är hög. Befintligt beräkningsprogram med frekvensanalys tar ej hänsyn till energiprisvariationer.

5. UTVÄRDERING

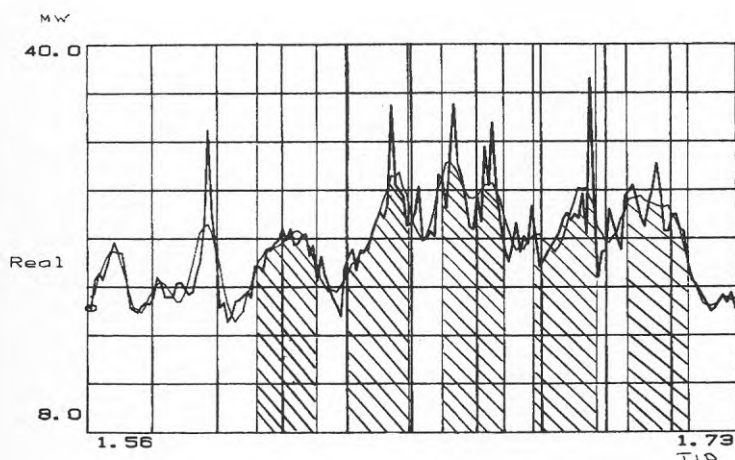
En studie av befintligt beräkningsprogram följer nedan, vid antagandet att levererad värmeenergi produceras med tidsdifferentierad taxa, t ex

Hög taxa 6-22 vardagar

Låg taxa övrig tid

I figur 5.1 är de olika taxeperioderna inmarkerade och den filtrerade effektkurvan vid brytfrekvensen 90 Hz markerad. Den streckade ytan anger period med hög energitaxa.

Som framgår av figur 5.1 påverkas ej den filtrerade effektkurvan av energitaxan utan jämnar enbart ut effektbehovskurvan enligt vald brytfrekvens. Vid en jämförelse av energikostnaden för energiproduktion enligt effektbehovskurvan med den filtrerade effektkurvan uppnås av ovan nämnda skäl inga ekonomiska vinster vid energilagring enligt denna beräkningsmetod.



Figur 5.1 Filturerad effektkurva 90 Hz. Sträckad yta anger period med hög energitaxa

Om värmeproduktion förutsättes med tidsdifferentierade taxor erfordras för att uppnå lönsamhet vid energilagring att värmeproduktionen kan styras mot ett maximalt utnyttjande av befintliga värmeproduktionsresurser då energipriset är lågt.

Tidsförloppet kan indelas i ett valfritt antal perioder med angivande av erforderlig energimängd inom respektive period, se tabell 5.1. Under förutsättning att effektbehovkurvans maximala effekt ej överstiger produktionskapaciteten med differentierade taxor blir medeleffekten ett mått på hur effektkapaciteten utnyttjas under respektive period. Under lågtaxeperioder bör således produktionskapaciteten utnyttjas i all den grad värmelagrets kapacitet tillåter.

Begränsande faktorer för att åstadkomma maximala kostnadsbesparingar med tidsrelaterad energiproduktionskostnad är således:

- Värmeproduktionskapacitet under lågtaxeperiod.
- Värmelagrets kapacitet.
- Energijämvikt med avseende på laddning och urladdning av värmelager under en lagringscykel, dvs energiuttag ur värmelager måste kompenseras med energitillförsel av motsvarande energimängd, därav det cykliska förloppet. Med tidsdifferentierade taxor som motiv för värmelagring blir tiden för en lagringscykel i detta fall högst 1 dygn.

Under den studerade perioden i denna utredning existerar i den använda tidstariffen tidsblock C3 för Ängelholm inga dygnsvariationer i taxan.

Tabell 5.1 Levererad energimängd till fjärrvärmenätet

1 Feb 1986	06:00:00	21:00:00	379.99
1 Feb 1986	22:00:00	05:00:00	163.33
2 Feb 1986	06:00:00	21:00:00	377.79
2 Feb 1986	22:00:00	05:00:00	175.99
3 Feb 1986	06:00:00	21:00:00	398.49
3 Feb 1986	22:00:00	05:00:00	187.60
4 Feb 1986	06:00:00	21:00:00	404.52
4 Feb 1986	22:00:00	05:00:00	197.29
5 Feb 1986	06:00:00	21:00:00	423.41
5 Feb 1986	22:00:00	05:00:00	210.50
6 Feb 1986	06:00:00	21:00:00	461.16
6 Feb 1986	22:00:00	05:00:00	240.30
7 Feb 1986	06:00:00	21:00:00	458.18
7 Feb 1986	22:00:00	05:00:00	216.08
8 Feb 1986	06:00:00	21:00:00	448.00
8 Feb 1986	22:00:00	05:00:00	208.17
9 Feb 1986	06:00:00	21:00:00	442.26
9 Feb 1986	22:00:00	05:00:00	221.61
10 Feb 1986	06:00:00	21:00:00	467.40
10 Feb 1986	22:00:00	05:00:00	224.02
11 Feb 1986	06:00:00	21:00:00	444.38
11 Feb 1986	22:00:00	05:00:00	225.30
12 Feb 1986	06:00:00	21:00:00	434.80
12 Feb 1986	22:00:00	05:00:00	191.68
13 Feb 1986	06:00:00	21:00:00	424.95
13 Feb 1986	22:00:00	05:00:00	172.20
14 Feb 1986	06:00:00	21:00:00	379.89
14 Feb 1986	22:00:00	05:00:00	171.45
15 Feb 1986	06:00:00	21:00:00	397.58
15 Feb 1986	22:00:00	05:00:00	167.79
16 Feb 1986	06:00:00	21:00:00	361.05
16 Feb 1986	22:00:00	05:00:00	192.85
17 Feb 1986	06:00:00	21:00:00	403.42
17 Feb 1986	22:00:00	05:00:00	170.92
18 Feb 1986	06:00:00	21:00:00	403.78
18 Feb 1986	22:00:00	05:00:00	223.00
19 Feb 1986	06:00:00	21:00:00	461.97
19 Feb 1986	22:00:00	05:00:00	216.50
20 Feb 1986	06:00:00	21:00:00	442.45
20 Feb 1986	22:00:00	05:00:00	204.78
21 Feb 1986	06:00:00	21:00:00	432.11
21 Feb 1986	22:00:00	05:00:00	223.37
22 Feb 1986	06:00:00	21:00:00	436.62
22 Feb 1986	22:00:00	05:00:00	225.19
23 Feb 1986	06:00:00	21:00:00	410.50
23 Feb 1986	22:00:00	05:00:00	190.91
24 Feb 1986	06:00:00	21:00:00	442.31
24 Feb 1986	22:00:00	05:00:00	236.70
25 Feb 1986	06:00:00	21:00:00	434.59
25 Feb 1986	22:00:00	05:00:00	236.39
26 Feb 1986	06:00:00	21:00:00	434.61
26 Feb 1986	22:00:00	05:00:00	176.11
27 Feb 1986	06:00:00	21:00:00	365.96
27 Feb 1986	22:00:00	05:00:00	203.89
28 Feb 1986	06:00:00	21:00:00	392.38
28 Feb 1986	22:00:00	05:00:00	218.79

Tidsdifferentieringen förekommer under tiden april-oktober. Vi kan således bara konstatera att den befintliga signalanalysprogramvaran ej har kapacitet att analysera detta problem och då det ej har funnits möjlighet att utnyttja tidsdifferentierade eltaxor under mätperioden har vi ej heller för hand kunnat göra några beräkningar om eventuella energikostnadsbesparingar.

Då produktionsresurserna i Ängelholms fjärrvärmenät består av elpanna, oljepannor och fastbränslepannor samt en ackumulator, bör en ekonomisk optimering av värmeproduktionen göras så att rätt bränsle används vid rätt tidpunkt. Energikostnaden år 1985-86 för varje bränsleslag har beräknats utifrån följande förutsättningar.

Verkningsgrad:

Olja = 80 %

Torv = 75 %

Bränslepriser:

Olja EoSLS 1331 kr/m³

Torv 106 kr/MWh

El 18.3 öre/kWh

Med dessa förutsättningar blir energikostnaden följande:

Olja 15.4 öre/kWh

Torv 14.1 öre/kWh

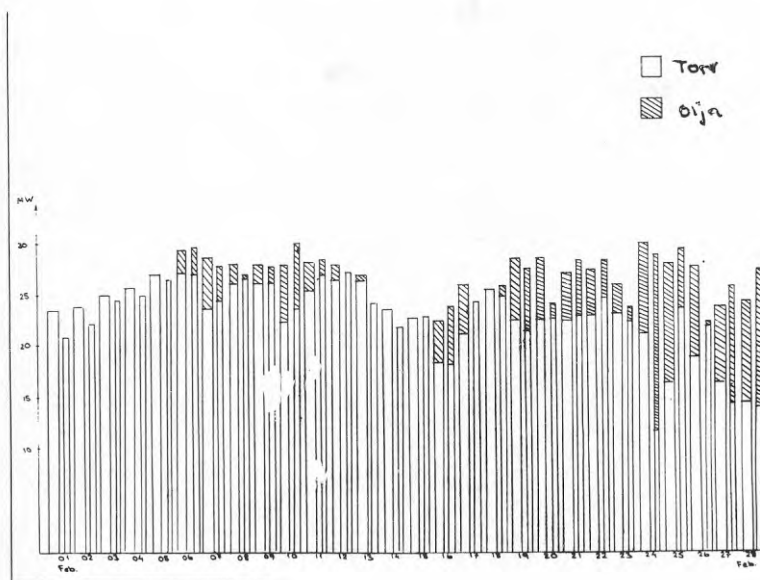
El 18.3 öre/kWh

En period har studerats närmare med avseende på bränsleval och energikostnad för täckande av värmebehov.

Under perioden 31/10 1985-21/11 1985 har värmeproduktion skett med oljepannor, elpanna och fastbränslepannor.

Under förutsättning att fastbränslepannorna med hjälp av befintlig ackumulator utnyttjats maximalt skulle dessa kunna ersätta 673 MWh producerat med elpanna och 197 MWh producerat med oljepannorna. Detta ger då under denna period en kostnadsbesparing på 30 kkr.

En motsvarande analys av perioden 1 februari 1986-28 februari 1986, se figur 5.2, ger till resultat att värmeproduktionen med oljepannorna skulle kunna reduceras och åstadkomma en kostnadsbesparing motsvarande 30 kkr även under denna period.



Figur 5.2 Värmeproduktion under perioden
1 februari-28 februari 1986

Dessa exempel belyser väl att ekonomiska incitament för värmelagring ofta föreligger i många värmesystem.

För att beräkna eventuell lönsamhet och storlek på värmelager i befintliga värmeproduktionsanläggningar kan befintligt beräkningsprogram i kombination med manuellt beräkningsarbete utnyttjas. Ett mål bör dock vara att göra signalanalysprogrammet till ett komplett beräkningsprogram för beräkning av värmelager i energisystem.

6. SLUTSATSER

Befintligt signalanalysprogram är en bra metod att studera utjämningsbehov av en parameter som funktion av tiden. Parametern kan t ex vara flödet i vattenledning och dagvattensystem. Lagringsvolym för stadsvatten i vattentorn och utjämningsbassänger för undvikande av översvämningar kan beräknas.

Av signalanalyspaketets olika delprogram kan man i ett större energisystem ha stor nytta av relationsplott och varaktighetsdiagram.

I relationsplotten kan t ex reglerfunktioner i systemet kontrolleras och nytta av ett korrekt varaktighetsdiagram kan inte övervärderas.

I energisystem där energikostnaden per producerad MWh är konstant kan beräkningsmodellen utnyttjas. Eventuell lönsamhet för värmelager genom minimering av dyr spetsproduktion av värme kan beräknas.

Dock är programvaran i nuvarande skick, utan manuella insatser, ej tillräckligt för dimensionering av värmelager i energisystem med flera bränsleslag och varierande energipriser.

7. LITTERATURFÖRTECKNING

1. Värmelagers roll i energisystem, Beräkningsmetoder, BFR-seminarium januari 1985, BFR-rapport R68:1985
2. Signalanalys för dimensionering av värmelager, BFR-rapport R90:1986
3. Reglerteori, Karl-Johan Åström AWE/GEBE28 1976



**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 860753-7
från Statens råd för byggnadsforskning till VIAK AB,
Malmö.**

R78: 1988

ISBN 91-540-4946-6

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6708078

**Abonnemangsgrupp:
Ingår ej i abonnemang**

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

Cirkapris: 33 kr exkl moms