



# LUND UNIVERSITY

## Undersökning av ventil med värmemotor

Jensen, Lars; Lundh, Urban

1975

*Document Version:*  
Förlagets slutgiltiga version

[Link to publication](#)

*Citation for published version (APA):*  
Jensen, L., & Lundh, U. (1975). *Undersökning av ventil med värmemotor*. (Research Reports TFRT-3095). Department of Automatic Control, Lund Institute of Technology (LTH).

*Total number of authors:*  
2

### General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

### Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117  
221 00 Lund  
+46 46-222 00 00



## UNDERSÖKNING AV VENTIL MED VÄRMEMOTOR

Lars Jensen

Urban Lundh

---

Denna rapport avser anslag D 698 från Statens råd för byggnadsforskning till institutionerna för Byggnadskonstruktionslära och Reglerteknik vid Lunds Tekniska Högskola.

## Innehållsförteckning

- 1 Inledning
- 2 Beskrivning av ventil med värmemotor
- 3 Experiment
  - 3.1 Försöksuppställning
  - 3.2 Bestämning av dynamiska egenskaper
  - 3.3 Bestämning av statiska egenskaper
  - 3.4 Värmeprov
  - 3.5 Egenskaper vid pulslängdsmodulerad effekt
  - 3.6 Reglering av lyfthöjd
- 4 Slutsatser
- 5 Referenser

## 1 Inledning

Avsikten med arbetet är att undersöka om en ventil med värmemotor, som egentligen är avsedd för tillfrånreglering kan användas för att reglera kontinuerligt. Detta kan ske genom att pulslängdsmodulera effekten så snabbt att värmemotorn ej hinner röra sig nämnvärt från sitt jämviktsläge, som beror på medeleffekten hos den pulslängdsmodulerade effekten.

Med pulslängdsmodulering avses att en kontinuerlig signal  $u(t)$  ersätts med en signal  $u_p(t)$  som har samma medelvärde under en viss given periodtid  $t_p$ . Denna signal  $u_p(t)$  kan endast anta två värden  $u_{\max}$  och  $u_{\min}$  under periodtiden  $t_p$ .

$$u_p(t) = \begin{cases} u_{\max} & 0 < t < t_s \\ u_{\min} & t_s < t < t_p \end{cases}$$

$$\text{där } t_s = (u(t) - u_{\min}) / (u_{\max} - u_{\min})$$

I de flesta klimatprocesser ingår det någon typ av ventiler. För att reglera ett vattenflöde kontinuerligt används i regel ventiler med elektromekaniska ställdon, men även magnetventiler kan användas för detta ändamål genom pulslängdsmodulera flödet så att det motsvarar vattenflödet under en viss tidsperiod. Detta har demonstrerats för två olika klimatprocesser, en värmare med blandningsreglering och en eftervärmare med flödesreglering. Detaljer återfinnes i Ekström m.fl.(1974) och Jensen och Hänsel (1974). Fördelen med att använda magnetventiler är att kostnaden kan minskas och att det inte finns något läckage till omgivningen. Nackdelarna är flera, ingen backup vid bortfall av regulator, ljudproblem, tryckstötter och temperaturstötter i försörjningsnätet.

Ett alternativ till magnetventilen vid små flöden är en ventil med elektrisk ställmotor avsedd för tvålägesreglering. Ställmotorn är försedd med en fjäder för återgång till önskat läge vid spänningsbortfall. Gångtiden är omkring 12 sekunder, vilket eliminerar ljudproblemet och tryckstötarna. Utan fjäderåtergång och med möjlighet att köra motorn

fram och baklänges, skulle den kunna bli ett billigt alternativ jämfört med konventionella ventiler med elektromekaniska ställmotorer. I tvålägesutförandet kvarstår dock problemet med temperaturstötarna.

Ett intressant alternativ är en ventil med värmemotor som skall undersökas här. Den enda nackdelen är att vid bortfall av regulatorn saknas backup, då ventilen stänger helt. För att kunna bedöma om ventilen med värmemotor kan användas måste följande frågor besvaras.

1. Hur ser sambandet ut mellan  $k_v$  värde eller lyfthöjd som funktion av tillförd effekt?
2. Hur ser öppnings- och stängningsförloppet ut ( $k_v$  värde eller lyfthöjd som funktion av tiden)?
3. Vid vilken omgivningstemperatur börjar ventilen att öppna?
4. Hur lång kan periodlängden väljas vid en pulslängdsmodulerad effekt till värmemotorn för att lyfthöjden ej skall förändras i tiden?
5. Hur ser sambandet ut mellan  $k_v$  värde eller lyfthöjd som funktion av en pulslängdsmodulerad effekt till värmemotorn?

Dessa frågor kommer att besvaras genom experimenten, som återges i avsnitt 3. I avsnitt 2 återges fabrikantens beskrivning av ventilen med värmemotorn. Sist i avsnitt 4 dras en del slutsatser av experimenten.

## 2 Beskrivning av ventil med värmemotor

Zonventilen STC är en komplett motorventil bestående av en 2- eller 3-vägs sätesventil av armaturmässing med invändig gänga för röranslutning. Sätessventilens kägla styrs av en motor, vars ställkraft erhålls från ett ångtryckssystem som expanderar då dess värmelindning påföres styrspänningen 220 V. Principen innebär tyst funktion, vilket gör zonventilen lämplig i lokaler med krav på låg ljudnivå.

Ventilen kan ställas stängd, halv- eller helöppen med en handspak - en funktion som utnyttjas bl.a. under installationsskedet.

Styrspänningen är 220 V, impedansen resistiv och effektförbrukningen 9 W, vilket betyder att zonventilen har en låg energi- och störningsnivå.

Vid spänningsbortfall stänger ventilen för att undvika temperaturstegringar. Samma egenskap kan utnyttjas för central stängning genom att bryta matningsspänningen med en för zonventilerna gemensam brytare.

Zonventil med 3-vägs sätesventil kan erhållas med en motor som har två värmelindningar - en för 40% och en för 100% öppning. Denna 3-vägsventil erfordrar två separata termostater eller en termostat med två kontakter som arbetar i följd. Andra kopplingsalternativ är möjliga: exempelvis kan 40%-lindningen utnyttjas för grundvärmeinkoppling.

### Beteckningar

STC      Zonventil för 220 V

#### Motor

- |   |   |
|---|---|
| 1 | Med en värmelindning för 2-lägesverkan                                |
| 2 | Med två värmelindningar för 3-lägesverkan (endast med ventil X7 3/4") |

#### Ventil

- |         |                               |
|---------|-------------------------------|
| V7 1/2" | 2-vägsventil, anslutning 1/2" |
| V7 3/4" | 2-vägsventil, anslutning 3/4" |
| X7 3/4" | 3-vägsventil, anslutning 3/4" |

### Motordata

Matningsspänning	220 V	
Effektförbrukning	9 W	
Funktion	Spänningslöst stängd	
Gångtid	STC 1	STC 2
Öppning 0-40%	-	ca 3 min
Öppning 0-100%	ca 3 min	ca 5 min
Stängning 0-40%	-	ca 3 min
Stängning 0-100%	ca 2.5 min	ca 6 min
Handstyrning	3 lägen: 0, 50 och 100% öppning	
Tillåten omgivningstemperatur	Max 55 °C	

### Ventildata

Material	Armaturmässing
Statiskt tryck	Max 10 at.ö
Flödesriktning	$\begin{array}{cc} \text{V7...} & \text{X7...} \\ \text{II} \text{---} \text{I} & \text{II} \text{---} \text{I} \\ & \text{III} \end{array}$
Anslutning	Invändig rörgänga
Karakteristik	Linjär
Läckage	Max 3 l/h vid $\Delta p = 5 \text{ m vp}$
Medium	Varmt eller kallt vatten
Medietemperatur	Max 110 °C
Tryckdifferens $\Delta P$	
STC1V7 1/2"	Max. 15 m vp
STC1V7 3/4"	Max. 10 m vp
STC1X7 3/4"	Max. 10 m vp
STC2X7 3/4"	Max. 5 m vp
$k_v$ värde	
V7 1/2"	3.
V7 3/4"	6.
X7 3/4"	6.



### 3 Experiment

#### 3.1 Försöksuppställning

Den ventil som har använts i alla experimenten var STC2X7 3/4" dvs värmemotor med två värmelindningar för trelägesverkan och själva ventilen var av trevägsventil anslutning 3/4". I alla experimenten har ventilens lyfthöjd uppmätts med hjälp av en mätlocka med en avläsningsnoggrannhet på 0.01 mm. Ventilen var därför ej ansluten till något rörnät. Maximala lyfthöjden är omkring 5 mm. Endast värmelindningen för tillfrånsreglering användes. Experimenten har skett i normal rumslufttemperatur omkring 21 °C.

#### 3.2 Bestämning av statiska egenskaper

För att ventilen skall kunna användas vid kontinuerlig reglering, måste sambandet mellan lyfthöjd och tillförd effekt ej vara alltför olinjärt. Det är givet att friktionen kommer att ge upphov till en viss hysteres eller ett visst glapp. Detta innebär att en viss lyfthöjd kan erhållas vid större effekt om lyfthöjden tidigare varit lägre och tvärtom.

Effekten har varierats från 0 W till 10 W i steg om 1 W och därefter tillbaka till 0 W i steg om -1 W. Effekten hölls på varje nivå i minst 10 minuter före varje avläsning av lyfthöjden. I FIG.3.1 har lyfthöjden uppritats som funktion av effekten. Experimentet visar att ventilen öppnas först vid en effekt av 2 - 3 W. Detta för att säkerställa att ventilen stänger vid normal omgivningstemperatur. Den befarade hystere-sen återfinns också.

#### 3.3 Bestämning av dynamiska egenskaper

I FIG.3.2 och 3.3 återges några olika uppmätningar av lyfthöjden som funktion av tiden. Öppningsförloppet beror på om värmemotorn är kall eller varm, vilket framgår av figurerna 3.2 och 3.3. Att uppskatta tidskonstanten för värmemotorn direkt ur figurerna 3.2 och 3.3 ger ett nå-

got missvisande resultat, då effekten är 0 W eller 10 W, vilket ligger utanför det normala arbetsområdet på 2 W till 8 W. Direkt uppskattning ger en tidskonstant på 2 minuter för både öppning och stängning för en varm värmemotor.

### 3.4 Värmeprov

Försöksuppställningen med ventil och mätklocka placerades i ett värme-skåp. Under två timmar vid en temperatur av 60 °C var ventilen fortfarande helt stängd. Värmemotorn tillfördes ej någon elektrisk energi. Efter två timmar tillfördes så mycket elektrisk energi att ventilen öppnade 1 mm. Omedelbart efter det att spänningen slagits från stängde ventilen helt efter tre minuter.

### 3.5 Egenskaper vid pulslängdsmodulerad effekt

Att reglera värmemotorn genom att variera spänningen kontinuerligt är en dyrbar lösning. En betydligt enklare lösning är att pulslängdsmodulera spänningen. Periodtiden måste då vara så kort att lyfthöjden ej varierar i takt med den pulslängdsmodulerade spänningen, ty annars kommer ventilen att slitas upp snabbt. Detta har undersökts genom att variera periodlängden. Tillfrånförhållandet har varit 0.5. I TAB.3.1 återges största och minsta lyfthöjd för olika periodtider. Mätresultatet visar att även vid en mycket kort periodlängd på 4 sekunder så hinner lyfthöjden att förändras.

De statistiska egenskaperna har undersökts på samma sätt som i avsnitt 3.2. Periodtiden för den pulslängdsmodulerade spänningen har varit 10 sekunder av försökstekniska skäl. Medelvärde för lyfthöjden har ritats upp som funktion av effekten i FIG.3.4. Resultatet är detsamma som för den kontinuerliga effekten (se FIG.3.1)

### 3.6 Reglering av lyfthöjd

Detta har gjorts med en digital PI-regulator implementerad på en kalkylator (HP 55). Effekten till värmemotorn hölls konstant under samlingsintervallet på en minut. I slutet av varje minut lästes lyfthöjden av och matades in i kalkylatorn, därefter ställdes den nya effekten  $P(t)$  in.

Regulatorn beräknade  $\Delta p(t)$  ändringen i effekten och var följande:

$$\Delta P(t) = K_p(l(t) - l_{bör}(t) - l(t-1) + l_{bör}(t-1)) + K_I(l(t) - l_{bör}(t))$$

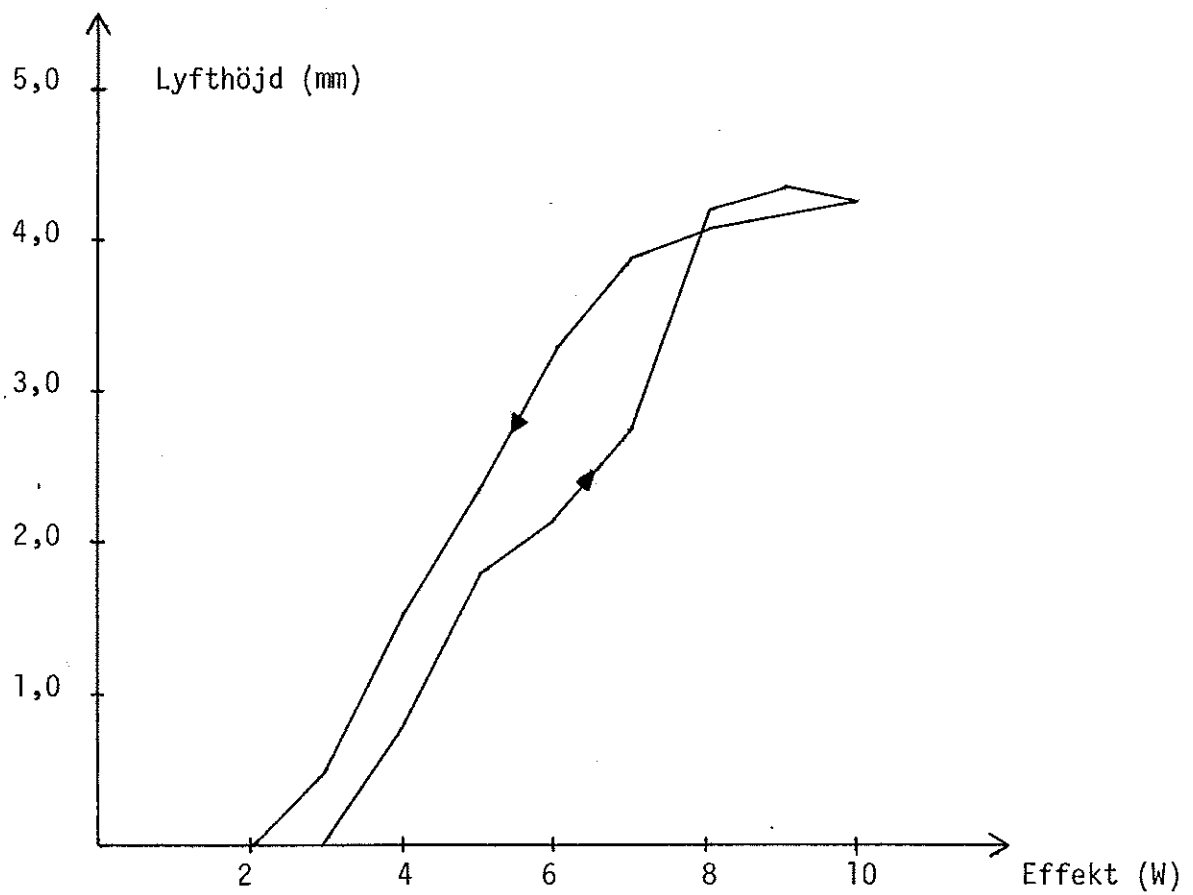
Det önskade läget är  $l_{bör}(t)$ . Regulatorparametrarna var följande:

$$K_p = -1 \text{ W/mm}$$

$$K_I = -0.25 \text{ W/mm}$$

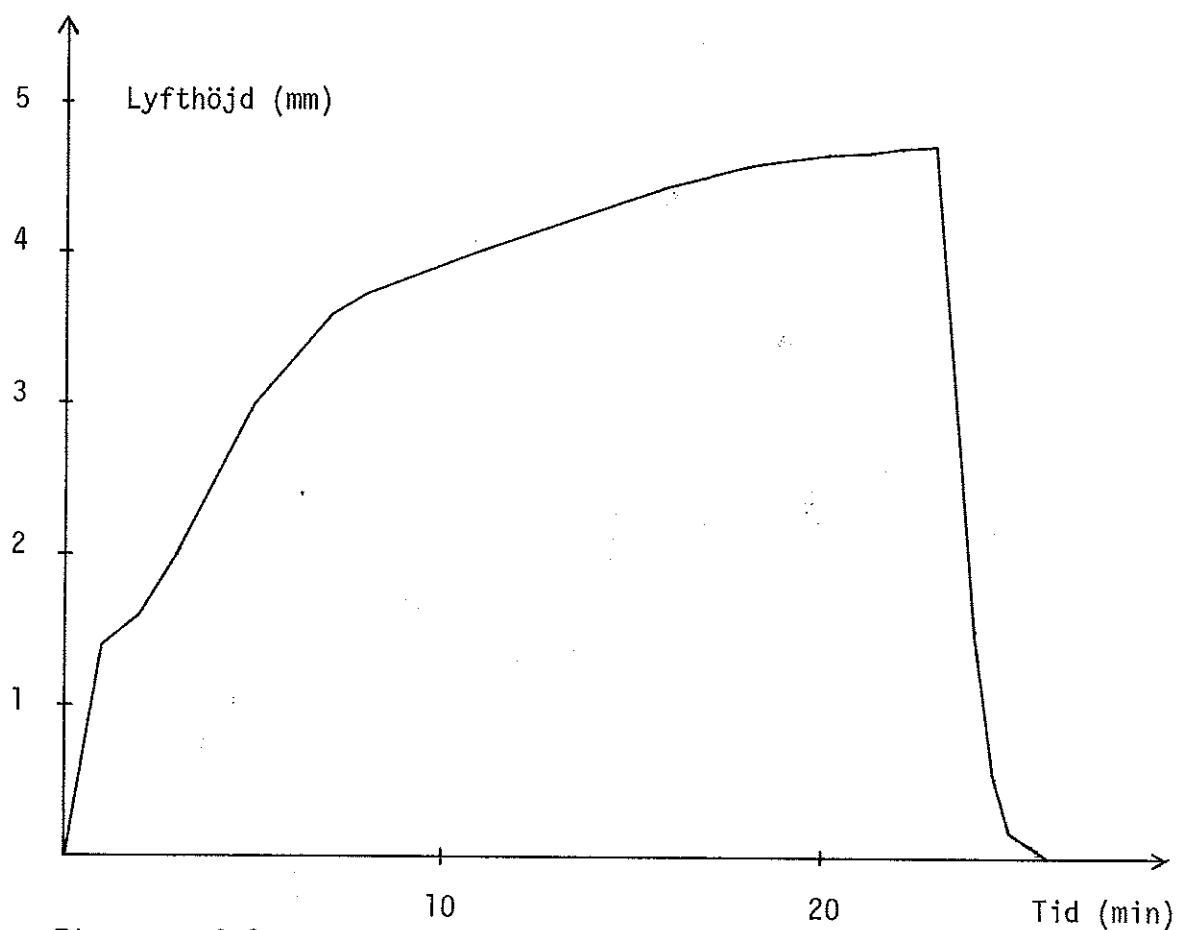
För att undersöka hur läget kan regleras, har börvärdet för lyfthöjden ändrats fyra gånger under en timme. I figur 3.5 har det önskade ventilläget, det uppmätta ventilläget och den använda effekten ritats in som funktion av tiden.

I avsnitt 3.3 uppskattades tidskonstanten till omkring 2 minuter. För reglerexperimentet kan tidskonstanten uppskattas till omkring 5 minuter. Skillnad kan förklaras med att i det första fallet ligger effekten utanför det normala linjära arbetsområdet (2 - 8 W) och i det senare fallet innanför.



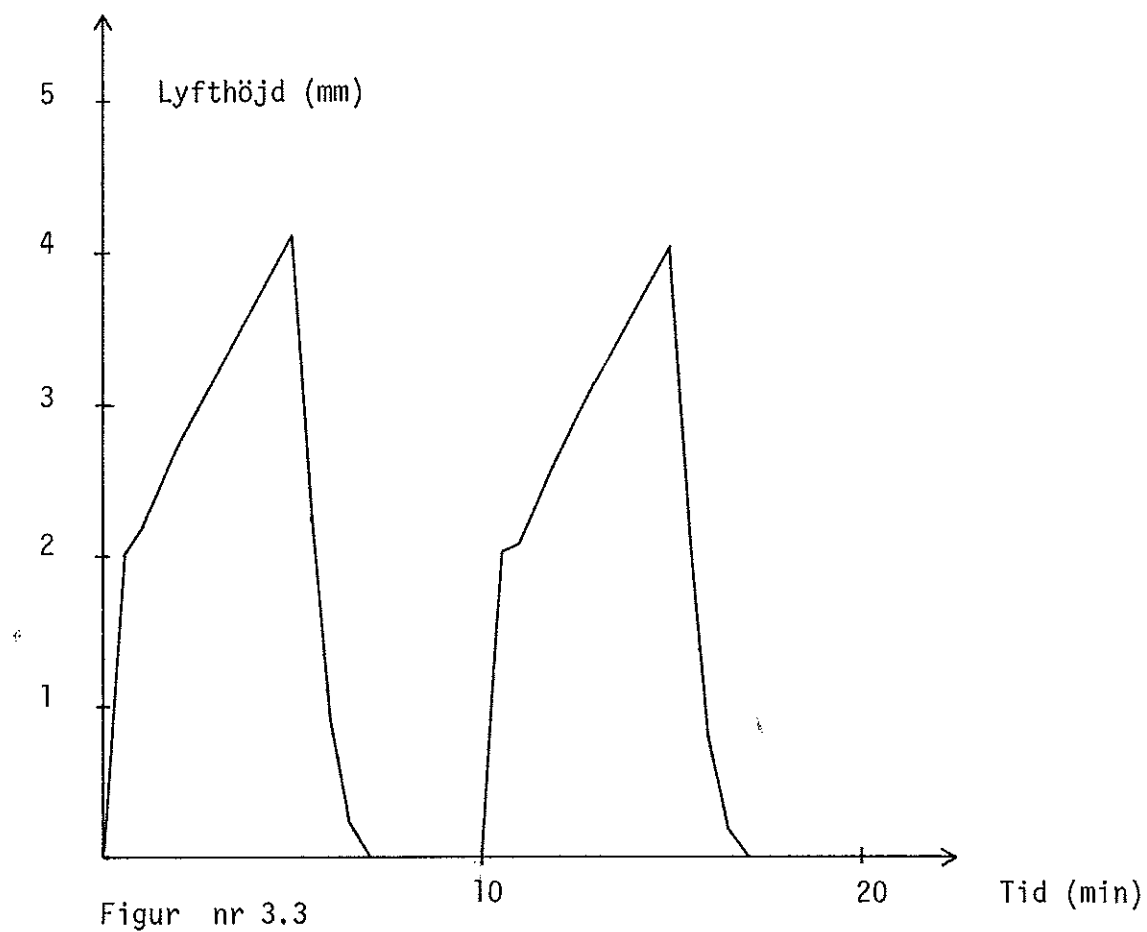
Figur nr 3.1

Lyfthöjd (mm) som funktion av tillförd effekt (W). Statiskt experiment. Kontinuerlig effekt.



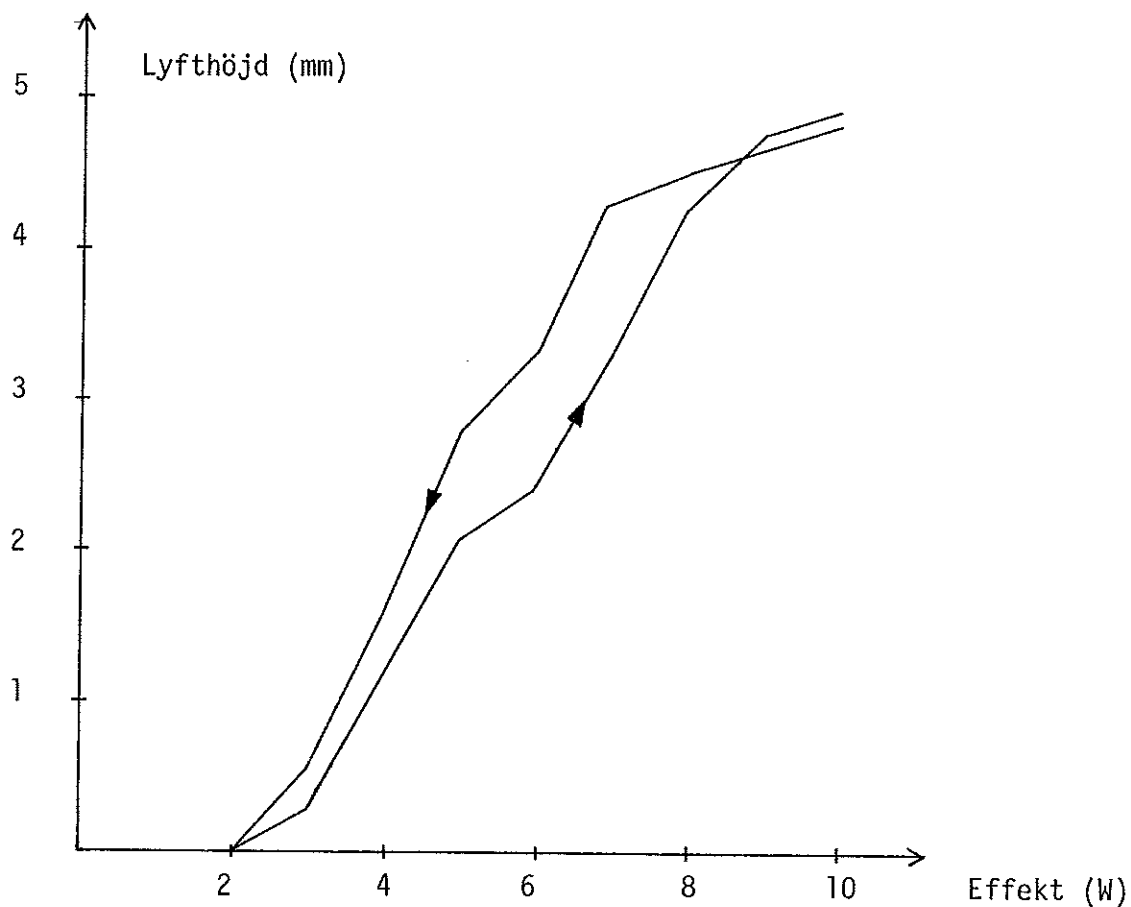
Figur nr 3.2

Lyfthöjd (mm) som funktion av tiden (min) vid ett tillslag och ett frånslag. Värmemotorn är kall i starten.



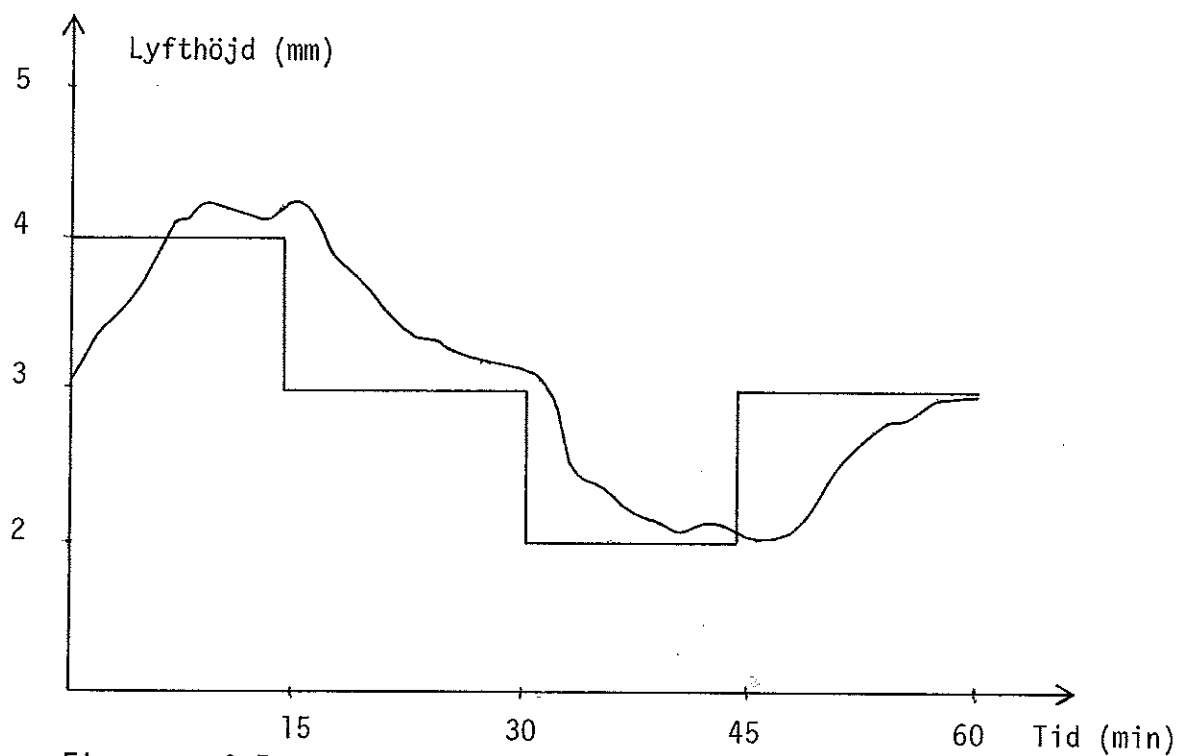
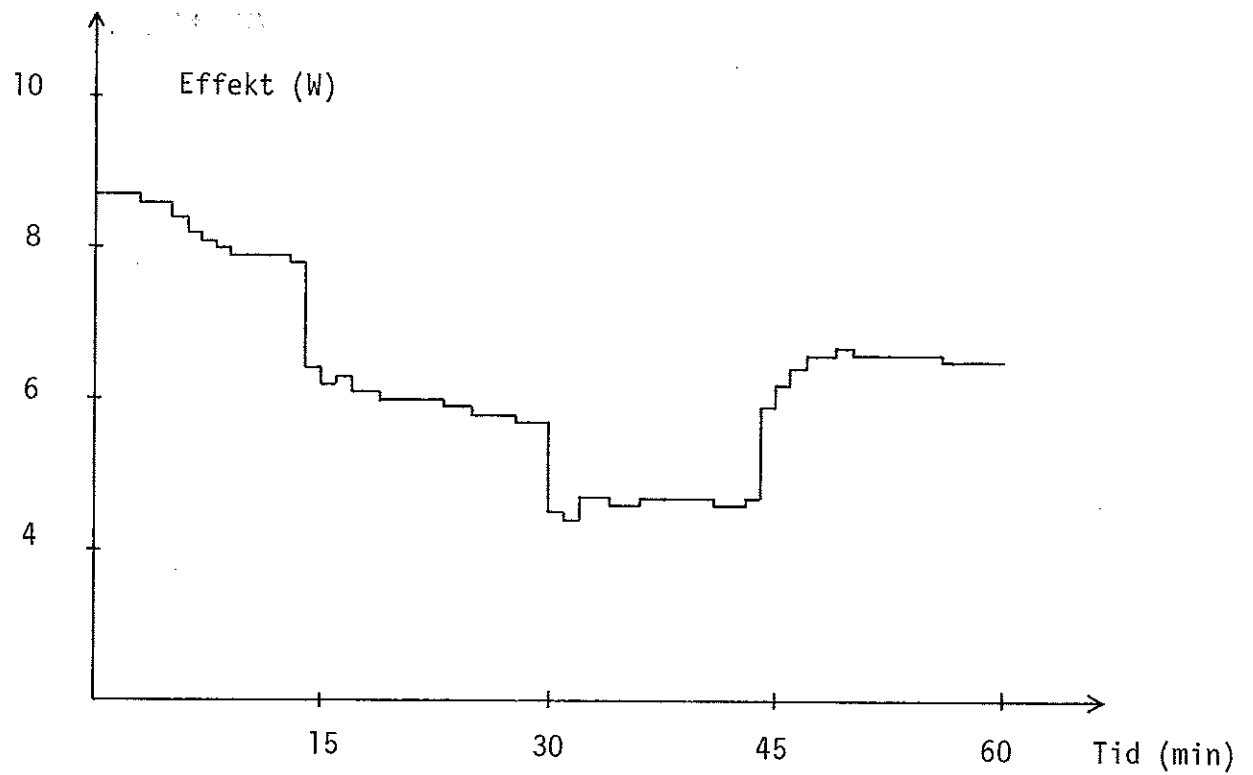
Figur nr 3.3

Lyfthöjd (mm) som funktion av tiden (min) vid upprepade till- och frånslag.



Figur nr 3.4

Lyfthöjd (mm) som funktion av tillförd effekt (W). Statiskt experiment. Pulslängdsmodulerad effekt. Periodtid 10 sekunder.



Figur nr 3.5

Experiment med reglering av lyfthöjd (mm). Överst tillförd effekt (W). Nederst önskad och erhållen lyfthöjd. Kontinuerlig effekt.



TAB.3.1 Största och minsta lyfthöjd som funktion av periodtid för en pulslängdsmodulerad spänning med tillfrånförhållandet 0.5

Periodtid	Lyfthöjd i mm	
	min	max
2 min	0.06	2.34
40 sek	0.69	2.14
20 sek	1.11	2.05
10 sek <sup>x)</sup>	1.93	2.12
4 sek	1.85	1.88
2 sek	1.92	1.92

x) mätdata från en annan experimentserie

#### 4 Slutsatser

De gjorda experimenten visar att ventilen med värmemotor är tillräckligt snabb för att användas vid ren tillfrånreglering. För en eftervärmarereglerkrets är en normal arbetscykel omkring 10 minuter.

Snabbheten blir däremot delvis till en nackdel vid pulslängdsmodulering av effekten. Periodlängden måste väljas så kort som 2 sekunder för att ventilen ej skall pulsera i takt med den pulslängdsmodulerade effekten. Att åstadkomma detta med elektronik möter inga hinder, men skall i stället en dator pulslängdsmodulera effekten till ett flertal ventiler, kan detta belägga datorn åtskilligt.

För en ventil exekveras omkring 10 instruktioner 100 gånger per period. Det förutsättes att perioderna är delade i 100 intervall, i vilka den pulslängdsmodulerade signalen diskretiseras (ett tillfrånförhållande på 0.813 blir då 81 intervall till och 19 intervall från). Om perioden är 2 sek. och medeltiden för instruktionerna är  $4\mu\text{sek}$ . Varje ventil kräver då 2 msek per sek. Detta medför att 100 ventiler skulle belägga datorn till 20%.

Experimentet med reglering av lyfthöjden visar att det går att genomföra. Regulatorns förstärkning har ej varit särskilt hög. Det främsta problemet med att reglera ventilen kontinuerligt är friktionen, som orsakar den delvis slumpmässiga ventilrörelsen.

Som en parentes kan det nämnas att vid experimenten inträffade det att spaken för handmanövrering gled in i läget för halvt öppen ventil och därefter kunde ventilen ej stänga. Ventilen var monterad horisontellt. Lämplig åtgärd är att fixera handspaken så att den ej kan fastna i ett oönskat läge.

## 5 Referenser

Billman katalogblad G 120/1E7, utgåva sept 1967. Ventil med elektrisk ställmotor för tillfrånreglering.

Billman katalogblad G 120/1B7, utgåva sept. 1974. Ventil med värmemotor för tillfrånreglering.

Ekström, L., Hänsel, R., Jensen, L.H., Ljung, L., Experiments with computer control of an air conditioning plant (Department of Building Science, Division of Automatic Control, Lund Institute of Technology) Report 1974:2.

Jensen, L.H. och Hänsel, R., Computer control of room air temperature by onoff control of a postheater (Department of Building Science and Division of Automatic Control, Lund Institute of Technology) Report 1974:11.