



LUND UNIVERSITY

Energibesparing vid entalpistyrning

Jensen, Lars

1977

Document Version:
Förlagets slutgiltiga version

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):
Jensen, L. (1977). *Energibesparing vid entalpistyrning*. (Technical Reports TFRT-7125). Department of Automatic Control, Lund Institute of Technology (LTH).

Total number of authors:
1

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

ENERGIBESPARING VID ENTALPISTYRNING

Lars Jensen

Denna rapport avser anslag 740622-5 från Statens råd för Byggnadsforskning till institutionerna för Byggnadskonstruktionslära och Reglerteknik vid Lunds Tekniska Högskola, Lund.

Dokumentutgivare
Lund Institute of Technology
Handläggare Dept of Automatic Control
Författare
Lars Jensen

Dokumentnamn
REPORT
Utgivningsdatum
Nov 1977

Dokumentbeteckning
LUTFD2/(TFRT-7125)/1-12/(1977)
Ärendebeteckning
BFR-740622

10T4

Dokumenttitel och undertitel

18T0
Energibesparing vid entalpistyrning
(Energy Reduction with Enthalpy Control)

Referat (sammandrag)

26T0
Energy reduction with enthalpy control has been investigated as a function of return air enthalpy and outdoor air enthalpy from approximate weather data. Measurement errors have also been investigated. Large errors can reduce the saving to zero and even turn it into a loss.

Referat skrivet av

Autor

Förslag till ytterligare nyckelord

44T0

Klassifikationssystem och -klass(er)

50T0

Indextermer (ange källa)

52T0

Omfång

12 pages

Övriga bibliografiska uppgifter

56T2

Språk

Swedish

Sekretessuppgifter

60T0

ISSN

60T4

ISBN

60T6

Dokumentet kan erhållas från

Department of Automatic Control
Lund Institute of Technology
Box 725, S-220 07 LUND 7, Sweden

Mottagarens uppgifter

62T4

Pris

66T0

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	sid
1. Inledning problemställning	1
2. Metod approximation	2
3. Temperaturstyrning	3
4. Entalpistyrning	7
5. Slutsatser	11
Bilagor	

1. Inledning - problemställning

Energi kan sparas sommartid i klimatanläggningar med returluft genom att utnyttja luften med den lägsta entalpin eller lägsta temperaturen. Avsikten med denna dokumentation är att undersöka hur stor besparing som kan uppnås. Eftersom metodiken att beräkna besparing i entalpitimmar eller gradtimmar är den samma så undersöks båda dessa fallen.

Förutom det ideala fallet så undersöks även hur stor besparingen blir, när omslaget avviker från det önskade. Detta innebär att omslaget sker för tidigt eller för sent med en påföljande förlust.

Metodiken för analysen återges i avsnitt 2 och tillämpningen sker i avsnitt 3 och 4 för temperaturfallet resp entalpifallet.

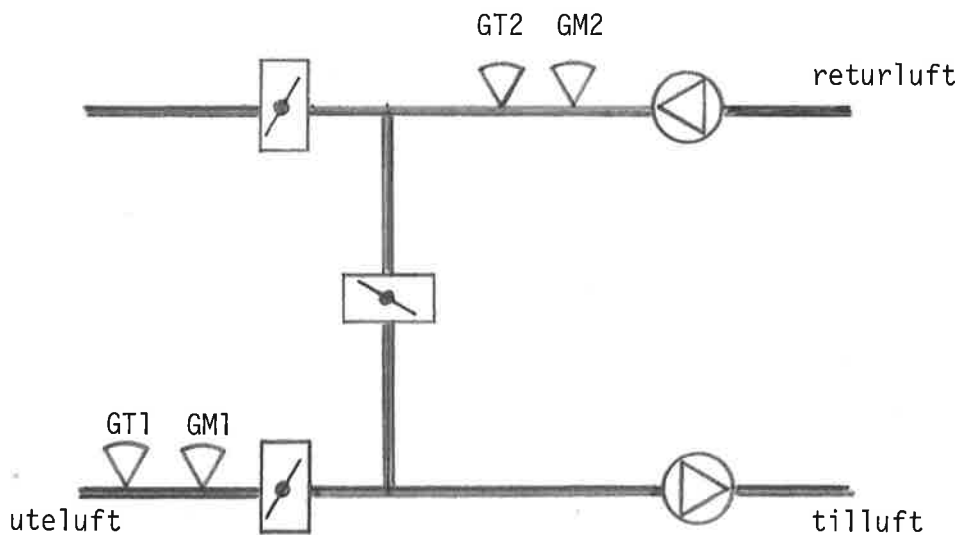


FIG FIG.1.1 Principskiss för spjällreglering med returluft.

2. Metod approximation

För att kunna beräkna den besparing, som kan göras i de två fallen, så krävs varaktighetskurvan för uteluftens temperatur och entalpi. Varaktighetskurvan för uteluften används ofta i olika sammanhang. I detta fall är endast själva toppen av kurvan av intresse (höga utetemperaturen). När det gäller entalpin, så finns det knappast några data, som direkt kan ge en varaktighetskurva. I båda fallen har varaktighetskurvor erhållits från datablad från Munters ecovent AB (se bilaga 1 och 2).

För att kunna beräkna besparingen i de två fallen från varaktighetskurvan, är det en fördel om denna utgörs av någon enkel approximation. Det visar sig, att toppen på de aktuella varaktighetskurvorna kan approximeras med en parabel. Detta medför att sannolikhetsfunktionen blir en linär funktion i det aktuella området.

Om sannolikhetsfunktion i intervallet (a,b) antas vara $f(x)$, så kan besparingen beräknas som en funktion av returlufttillståndet c och omslagspunkten d . Besparingen kan beräknas som följande integral över funktion $f(x)$ med vikten $(x-c)$ och i området (d,b) .

$$B(c,d) = \int_d^b f(x)(x-c)dx$$

De två sannolikhetsfunktionerna för Malmö, har erhållits från de 750 sista timmarna av varaktighetskurvorna. Temperaturintervallet blev 18°C till 25°C och $f(x)$ blir då

$$f(x) = \frac{1500}{(25-18)^2} (25-x) = 75-30x$$

och i entalpifallet blev intervallet 40 kJ/kg till 50 kJ/kg och $f(x)$ blir

$$f(x) = \frac{1500}{(50-40)^2} (50-x) = 750-15x$$

Observera att integralen $B(c,d)$ har sorten gradtimmar och kWh/kg för temperaturfallet resp entalpifallet.

När besparingen blir lika med noll kan lätt beräknas vid ett för tidigt och vid ett för sent omslag. Detta inträffar när $c-d=(b-c)/2$ respektive när $d=b$.

3. Temperaturstyrning

Med den approximerade frekvensfunktionen för utetemperaturen, så kan man enkelt beräkna besparingen för olika returlufttemperaturer. Eftersom det krävs en givare i uteluften och en i returluften, så beräknas även besparingen vid olika fel mellan dessa. Returlufttemperaturen har varierats mellan 20-24^o och omslagstemperaturen har varit -1^oC, 0^oC och 1^oC omkring densamma. I TAB 3.1 och FIG 3.1 återges resultatet.

TAB 3.1

Besparing i gradtimmar som funktion av returlufttemperatur c och omslagstemperatur d.

	d-c		
c	-1	0	1
20	551	637	571
21	255	326	275
22	81	137	102
23	0	40	20
24	-20	5	0

Den maximala besparingen har uppritats i FIG.3.2 som funktion av returlufttemperaturen. Kurvan visar att besparingen avtar kraftigt med ökande returlufttemperatur.

Vad ett för tidigt eller ett för sent omslag innebär, framgår av kurvorna i FIG.3.3. Ett för tidigt omslag minskar besparingen mer än ett för sent omslag. Ett stort tidigt omslag kan leda till ren förlust.

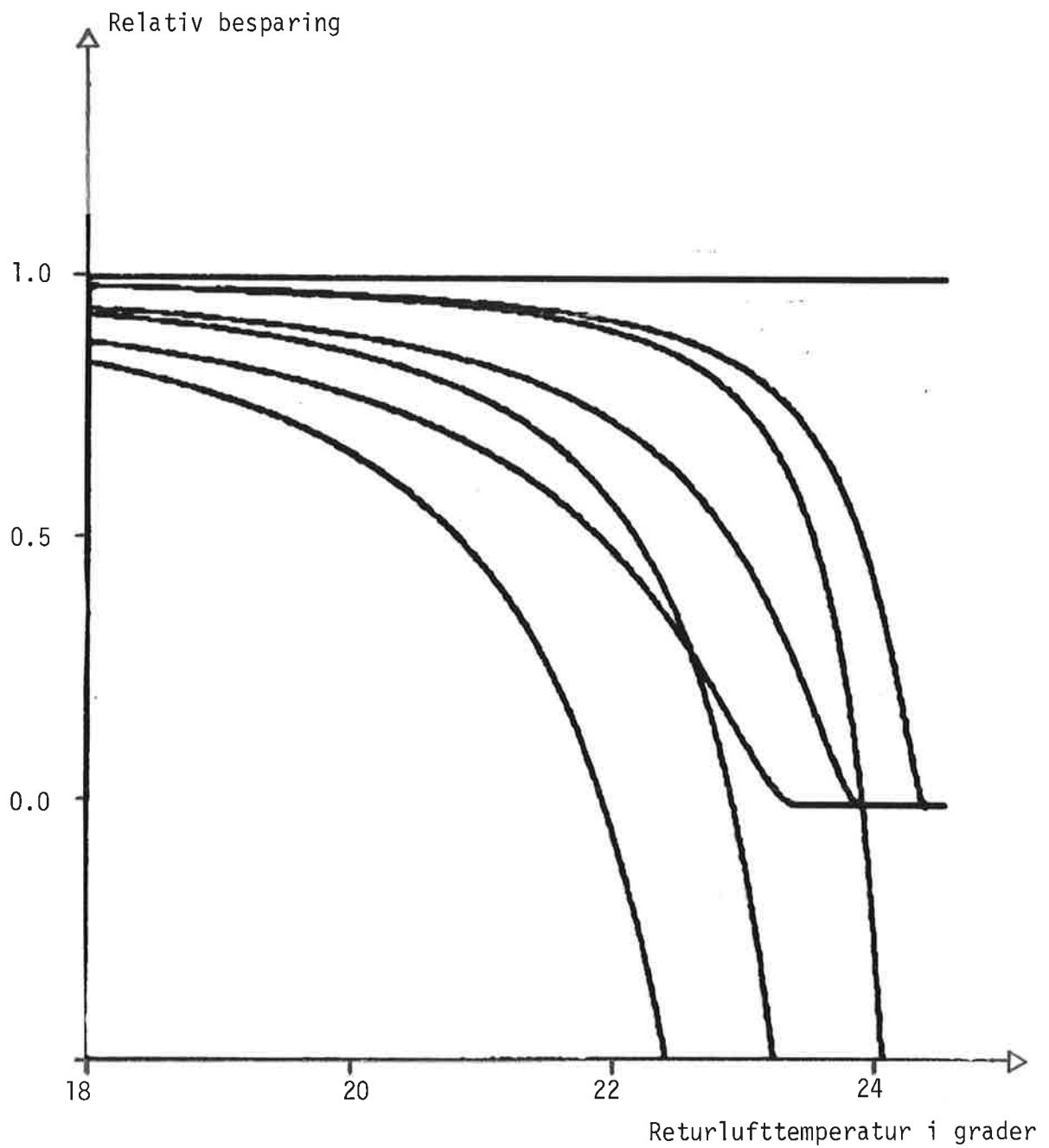


FIG.3.3 Besparing relativt maximal besparing som en funktion av returlufttemperaturen för omslag -1.5, -1.0, -0.5, 0.0, 0.5, 1.0 och 1.5 kring returlufttemperaturen.

4. Entalpistoering

På samma sätt som i avsnitt 3, så kan besparing beräknas för olika fel mellan utelufts- och returluftsgivare. Om man antar att två temperaturgivare och två relativa luftfuktighetsgivare används för att beräkna entalpin för uteluft och returluft, så blir felet i entalpi omkring 2kJ/kg resp 3kJ/kg vid ett temperaturfel på 1 °C resp ett fel på 5% i luftfuktighet. I sämsta fallet, så kan felet totalt bli 5kJ/kg. Dessa uppskattningar är gjorda i området 25°C och 40 %. Entalpin för detta lufttillstånd är omkring 45 kJ/kg.

I TAB 4.1 och FIG 4.1, så redovisas besparingen i kJ/kg för mätfelen -2 kJ/kg, -1 kJ/kg, 0 kJ/kg, 1 kJ/kg och 2 kJ/kg.

TAB 4.1

Besparingen i kWtim/kg som funktion av returluftentalpi c omslagsentalpi d.

	d-c				
c	-2	-1	0	1	2
42	1000	1215	1280	1225	1080
44	320	490	540	500	400
46	0	125	160	134	79
48	-79	0	19	9	0

Helt analogt med avsnitt 3 så har den maximala besparingen och den relativa besparingen uppritats i FIG.4.2 respektive 4.3. Resultaten är givetvis helt analoga.

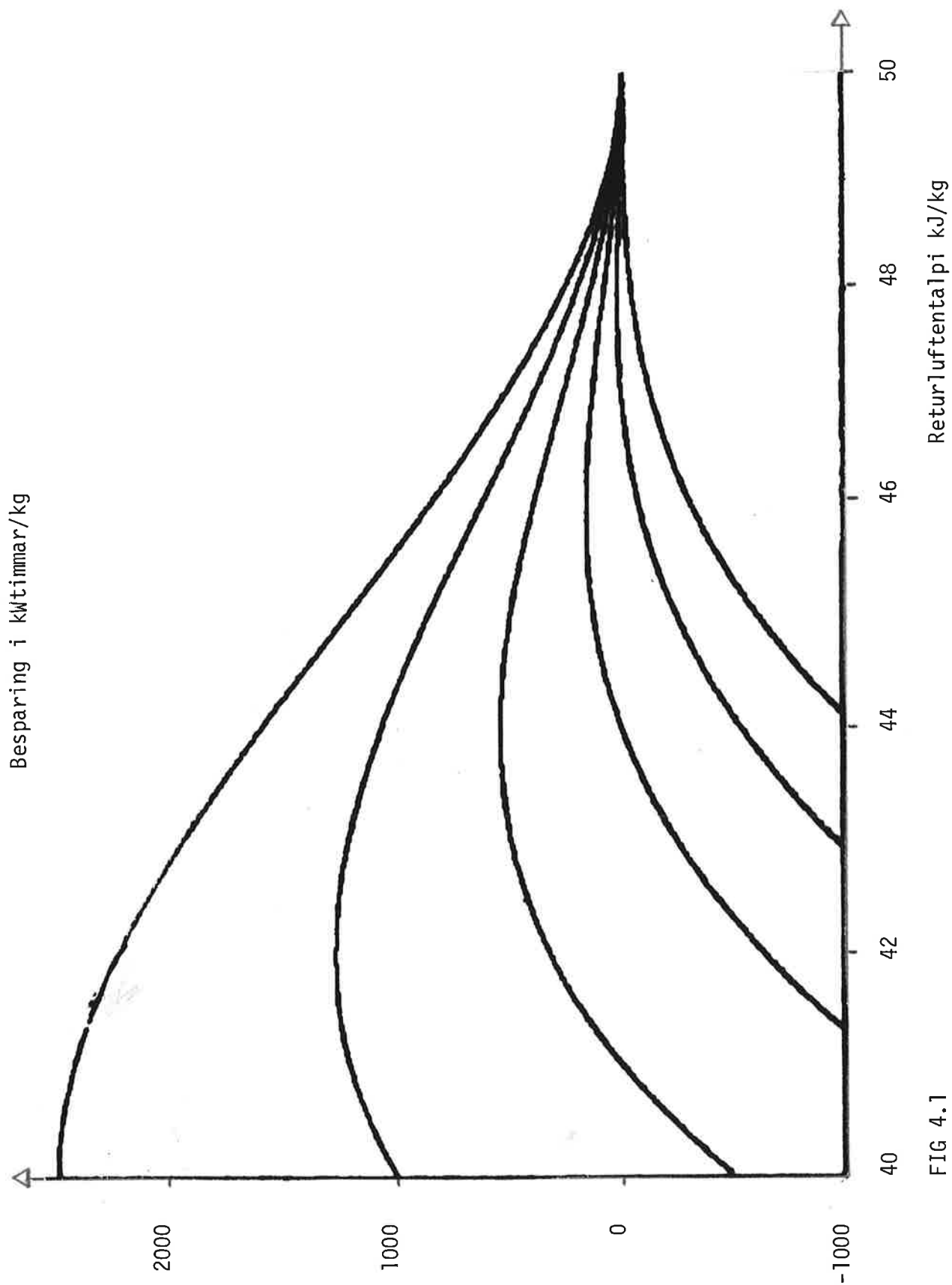


FIG 4.1

Besparing i kWh/kg som funktion av returluftens entalpi för olika omslagentalpier på 40,42,44,46,48 och 50 kJ/kg motsvarande kurvorna uppi från räknat.

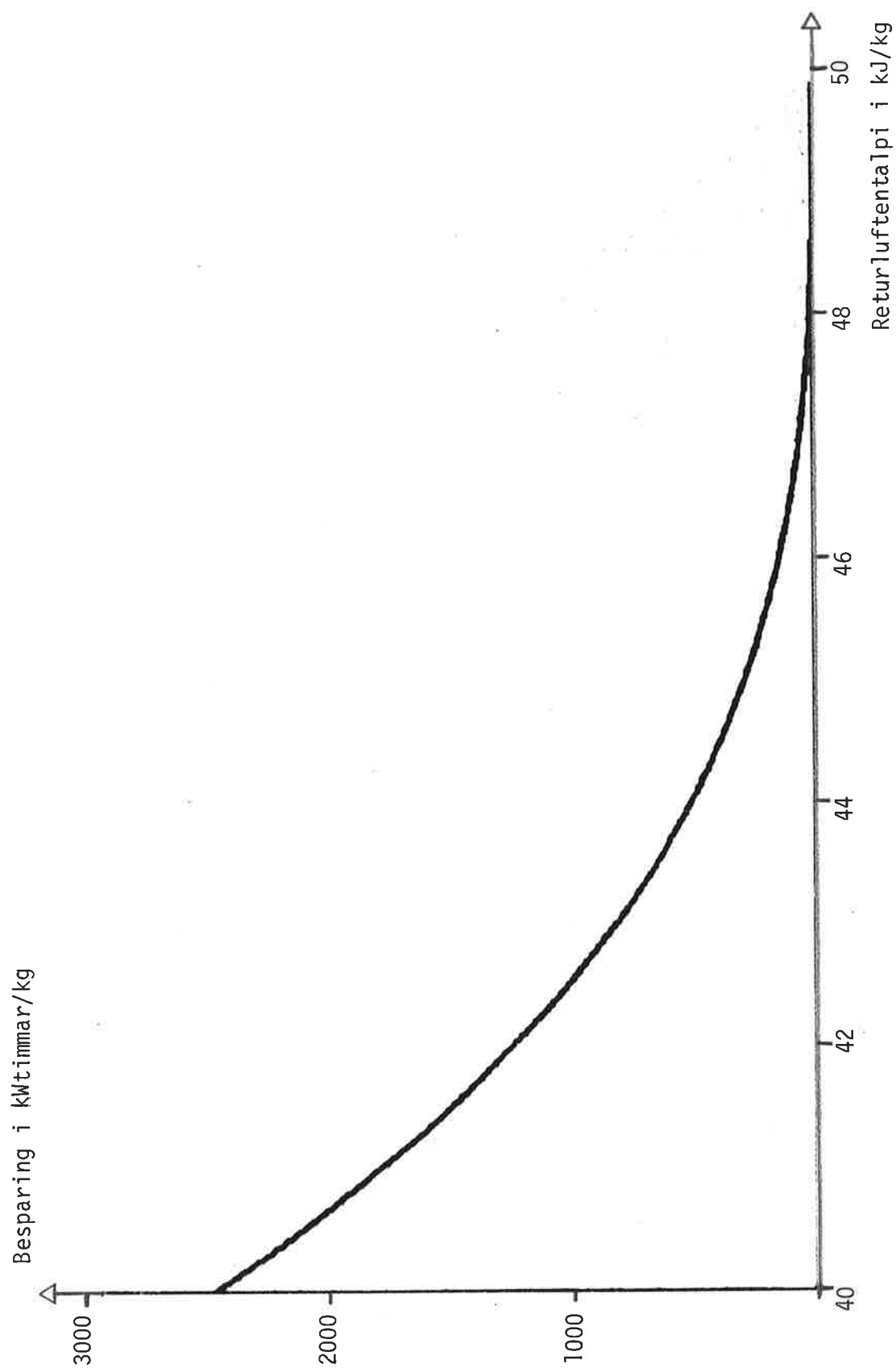


FIG.4.2 Besparing i kWtimmar vid rätt omslag som en funktion av returluftentalpi.

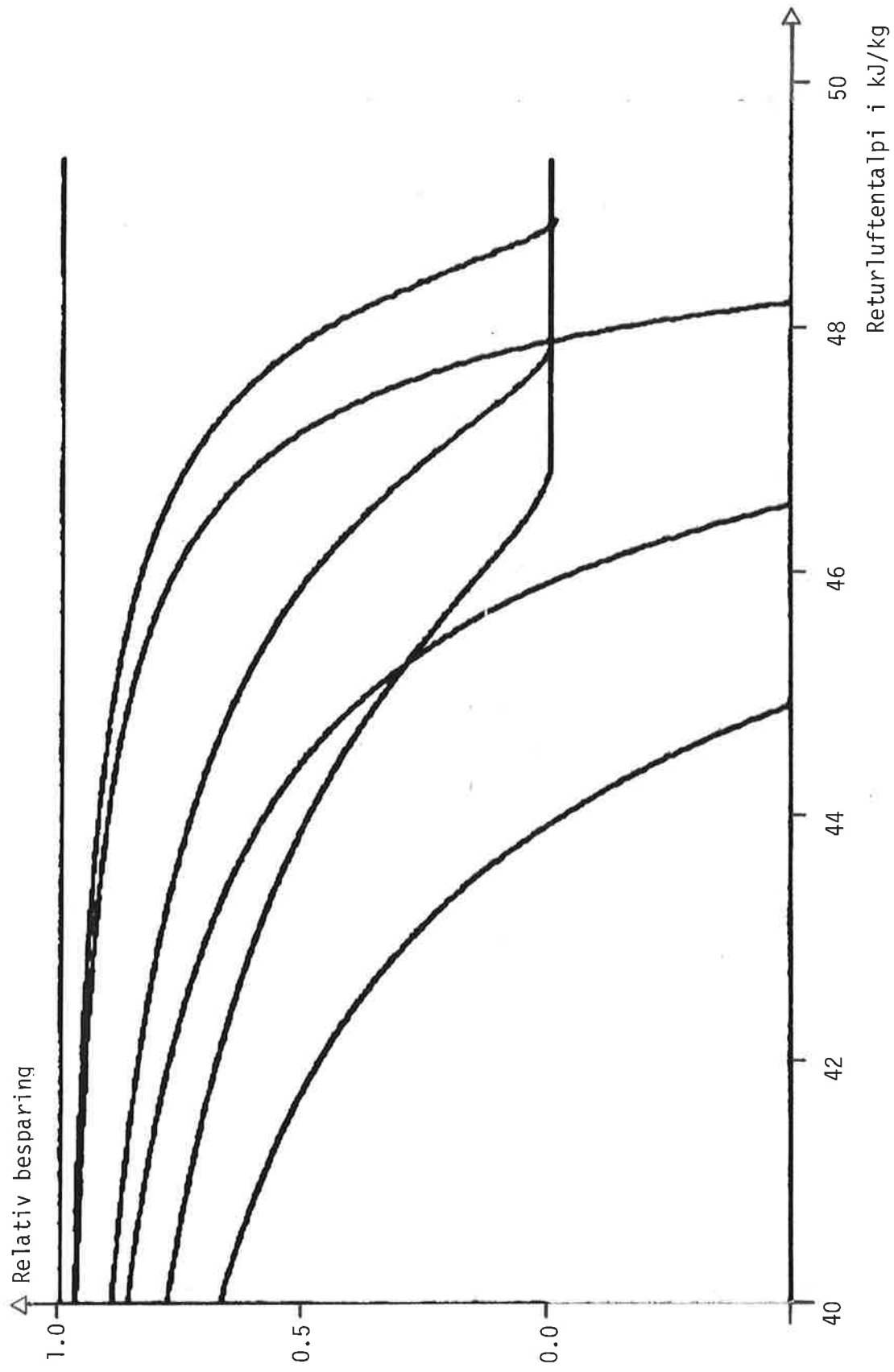


FIG.4.3 Besparing relativt maximal besparing vid rätt omslag som en funktion av returluftentalpin vid omslag -3, -2, -1, 0, 1, 2 och 3 kJ/kg kring returluftentalpin.

5. Slutsatser

Driftsbesparingen för ett givet aggregat, kan beräknas genom att multiplicera med luftflöde och kostnad per luftflödesenhet. Detta ger den maximala besparingen. Kravet på minuteluftmängd medför, att besparingen reduceras. Samma sak gäller också för klimatanläggningar, som ej är i drift under hela veckan. För kontorsanläggningar, så faller icke arbetsdagar bort. Där- emot så inträffar varaktighetskurvans topp, huvudsakligen under dagtid dvs normal kontorstid. En ytterligare minskning av besparingen fås om anläggningen stängs ner helt under industrisemestern. Man kan anta att besparingen äger rum under högst 20 veckor. Besparingen reduceras då med 20 %. I sämsta fallet så reduceras besparingen till 43 % av den möjliga besparingen.

Vad som inte framgår av analysen, är att toppbelastningar elimineras, vilket medför att kylutrustningen kan göras mindre. Den fasta kostnaden blir alltså mindre.

Ett grovt överslag på besparingens storlek i kronor per år kan erhållas. Kylkostnaden antas vara 0,05 kr/kWh. Med ett luftflöde på 36000 m³/h, så blir besparingen 600 gradtimmar vid en returlufttemperatur på 20°C.

$$0,05 \cdot 600 \cdot 12 = 360 \text{ kr/år}$$

Observera att returlufttemperaturen är låg och att besparingen blir ännu mindre vid högre returlufttemperatur.

Samma överslag vid entalpistyrning blir vid ett returlufttillstånd på omkring 23°C och 40 % motsvarande ett värmeinnehåll på 40 kJ/kg. Besparingen är omkring 2500 kJh/kg och med ett luftflöde på 36000 m³/h, så fås en driftskostnadsbesparing på

$$2500 \cdot 0,05 \cdot 12 = 1500 \text{ kr/år}$$

Detta belopp är den maximala besparingen, som kan erhållas och om driften endast avser arbetsdagar och minuteluftmängden är 25 %, så reduceras besparingen till omkring 50 %. Observera att denna besparing avser det ideala fallet och vid ett fel på 2 kJ/kg reduceras besparingen med ytterligare 10 %.

Slutsatsen torde bli att temperaturstyrning ger en ytterst liten besparing, medan besparingen i entalpifallet är högst 150 kr/år och ett luftflöde på 3600 m³/h. I anläggningar med stora luftflöden så kan entalpistyrning tänkas vara lönsam. Denna driftsbesparing skall också jämföras med merkostnaden för två extra luftfuktighetsgivare, som skall vara av hög klass. De två temperaturgivarna, som också ingår i beräkningarna av värmeinnehållet, antas ingå i installationen i alla fall. Extrakostnaden torde bli omkring 1000-3000 kronor.

Något som också bör påpekas är att det finns knappast några mätdata på utetemperaturens entalpi. De data som kan erhållas från SMHI är utetemperatur och relativ luftfuktighet för var tredje timme för en del orter i Sverige. Malmö kommun utför noggranna mätningar på uteluften, förutom temperatur och relativ luftfuktighet så mäts även olika föroreningar och vindförhållande. Mätintervallet är 2 min och mätdata lagras som halvtimmes medelvärden. Dessa mätningar torde följas upp, eftersom de beräkningar som utförts bygger på ett ganska otillfredsställande material.

Bilaga nr 1

