



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

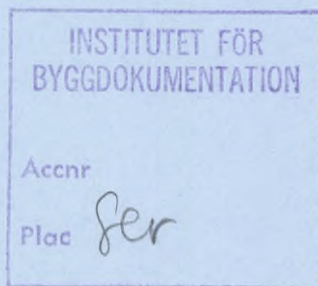
R3:1987

Energibesparing med mikrodatorbaserad utrustning

Jämförelse mellan dator- och tidstyrning av ett ventilations- och uppvärmningssystem

Owe Jönsson

R
ANT



Byggeforskningsrådet

R3:1987

ENERGIBESPARING MED MIKRODATORBASERAD UTRUSTNING

Jämförelse mellan dator- och tidstyrning
av ett ventilations- och uppvärmningssystem

Owe Jönsson

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 821542-6
från Statens råd för byggnadsforskning till ÅF-Energi-
konsult AB, Malmö.

REFERAT

På många industrier användes den största delen av inköpt energi till uppvärmning av lokaler. Det är därför naturligt att man på senare år har tagit fram ett flertal produkter som antas kunna minska detta värmebehov.

En av dessa produkter är den mikrodatorbaserade styrenheten för uppvärmningssystem. En sådan kan samla in data från olika givare i ett system, behandla dessa data och därefter optimera den nödvändiga värmemängden för varje enskilt driftfall.

En central funktion i ett dylikt styrsystem är en avancerad, programmerbar realtidsstyrning. Man ställer sig kanske då frågan: Hur mycket av en energibesparing är tidstyrningens förtjänst och hur mycket är datorns förtjänst?

För att få svar på denna fråga har tidstyrning jämförts med datorstyrning i en byggnad som valts ut för att ge ett representativt jämförelsematerial.

Denna undersökning har visat att energianvändningen i ett befintligt uppvärmningssystem ej nödvändigtvis minskar om man ersätter tidstyrningen med en mikrodatorstyrning, utan lika väl kan öka om man vid installation och under drift ej hela tiden är medveten om reglersystemets inverkan på ventilations- och värmesystemets energianvändning.

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

R3:1987

ISBN 91-540-4676-9
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Svenskt Tryck Stockholm 1986

INNEHÅLL

1.	INLEDNING	1
2.	SYFTE	2
3.	VAL AV BYGGNAD	3
4.	MÄTOBJEKT	5
5.	MIKRODATORN	8
6.	TEORETISK JÄMFÖRELSE TIDURSTYRT - DATORSTYRT	10
7.	MÄTPROGRAM 1984	11
7.1	Mätperiod 1 1984, Datorstyrt	11
7.2	Tidurstyrt	11
7.3	"Optimalt tidstyrt"	12
7.4	Mätmetoder	12
7.4.1	Klimatmätningar	12
7.4.2	Värmemängdsmätning	12
7.4.3	Manuella mätningar	13
7.4.4	Funktionskontroll	13
7.5	Mätresultat	13
7.6	Praktiska erfarenheter	15
8.	MÄTPERIOD 1985	17
8.1	Datorstyrt 23/1 - 6/2	17
8.2	Tidurstyrt 6/2 - 27/2	18
8.3	Mätmetoder	18
8.4	Mätresultat	18
9.	SLUTSATSER	20
BILAGA 1	Ursprunglig projektplan	
BILAGA 2	Planritning	
BILAGA 3	Systemritning	
BILAGA 4	Varaktighetsdiagram	

- BILAGA 5 Drifttider 1984
- BILAGA 6 Nattbörvärden 1984
- BILAGA 7 Utetemperatur under mätperiod 1984
- BILAGA 8 Okompenserade mätresultat 1984
- BILAGA 9 Kompenserade mätresultat 1984
- BILAGA 10 Temperaturkurvor, Datorstyrt - Tidstyrt (1984)
- BILAGA 11 Börvärden, drifttider 1985
- BILAGA 12 Mätresultat 1985
- BILAGA 13 Utetemperatur 1985
- BILAGA 14 Temperaturkurvor, Datorstyrt - Tidstyrt (1985)

SAMMANFATTNING

På många industrier användes den största delen av inköpt energi till uppvärmning av lokaler. Det är därför naturligt att man på senare år har tagit fram ett flertal produkter som antas kunna minska detta värmebehov.

En av dessa produkter är den mikrodatorbaserade styrenheten för uppvärmningssystem. En sådan kan samla in data från olika givare i ett system, behandla dessa data och därefter optimera den nödvändiga värmemängden för varje enskilt driftfall.

En central funktion i ett dylikt styrsystem är en avancerad, programmerbar realtidsstyrning. Man ställer sig kanske då frågan: Hur mycket av en energibesparing är tidstyrningens förtjänst och hur mycket är datorns förtjänst?

För att få svar på denna fråga har tidstyrning jämförts med datorstyrning i en byggnad som valts ut för att ge ett representativt jämförelse-material.

Resultatet har varit minst sagt förvånande. I en byggnad, där man enligt uppgift lyckats sänka sin energiförbrukning med mer än 50%, har det visat sig att man kan sänka energiförbrukningen ytterligare ca 18% genom att istället tidstyra ventilationsanläggningen. Eftersom detta resultat till stor del berodde på felaktiga kopplingar och inställningar genomfördes ytterligare en mätperiod när datorinstallatör och ventilationservicefirma fått gå igenom anläggningen och rätta till framkomna oegentligheter.

Resultatet från denna mätperiod visade att de båda styrsystemen nu hade närmat sig varandra avseende energianvändningen; skillnaden var nu endast 11 %, dock fortfarande till tidstyrningens fördel. Orsaken är att ett antal tilluftaggregat utan möjlighet till återluftföring har startat tidigare än i tidstyrningsfallet p g a den djupare nattned-sänkningen i datorfallet.

För att nå en mindre energianvändning med befintligt datorsystem måste nattned-sänkningen slopas så att ventilationssystemets drifttid kan fastläggas och minimeras. Datorns funktion är härvid reducerad till samma som en enkel tidstyrning.

Denna undersökning har visat att energianvändningen i ett befintligt uppvärmningssystem ej nödvändigtvis minskar om man ersätter tidstyrningen med en mikrodatorstyrning, utan lika väl kan öka om man vid installation och under drift ej hela tiden är medveten om reglersystemets inverkan på ventilations- och värmesystemets energianvändning.

1. INLEDNING

En byggnads värmeförluster kan delas upp i två kategorier.

- Transmissionsförluster
- Ventilationsförluster

Den första kategorin, som i en normal industrilokal omfattar ca 1/3 av uppvärmningsbehovet, kan påverkas genom t ex tilläggsisolering, treglasfönster och andra byggnadstekniska åtgärder samt genom förändringar av innetemperaturen.

Ventilationsförlusterna, som alltså ofta utgör den stora värmeförluskällan, kan påverkas genom ändringar i ventilationsflöden, drifttider samt inblåsningstemperaturen. Det finns dessutom möjlighet att återvinna energi ur frånluften genom direkt eller indirekt värmeväxling.

För att optimera styrningen av värme- och ventilationssystem har det på senare tid tagits fram ett antal mikrodatorbaserade styrenheter som kan kontrollera drifttider, återluftandelar, inblåsningstemperaturer, nattnedsänkning etc. Ett sådant system har dels en klockfunktion för till- och frånslag av fläktar, cirkulationspumpar och spjäll samt även optimeringsfunktioner för minimering av uppvärmningstiden efter natt- och helgnedsänkning. Ett sådant systems fördelar kan sammanfattas som

- * Klimatanläggningens drifttider och inblåsningstemperaturer optimeras ur energi- och komfortsynpunkt.
- * Ventilationsanläggningen körs alltid på återluft när byggnaden är obemannad. (helger, nätter)
- * Uppvärmningsperioden efter nattnedsänkning kan minimeras genom att datorn kan starta uppvärmningen vid olika tidpunkter beroende på temperaturnedsänkningens utsträckning i tiden och utetemperaturen. Huvuddelen av uppvärmningen sker i sådan fall m h a återluftföring.
- * Systemet ger möjligheter att förprogrammera s k klämdagar och långhelger för att på så sätt undvika att ventilationssystemet arbetar för folktomma lokaler.
- * Alla styr- och övervakningsfunktioner för värmesystemet samlas på ett ställe.

Flera av dessa funktioner är rena tidstyrningsfunktioner som lika väl skulle kunna åstadkommas m h a ett modernt, programmerbart tidur. Endast de optimerande funktionerna och larm- och övervakningsfunktionerna är unika för ett system av denna typ.

För att kunna göra en ekonomisk analys av vinsterna med en mikrodatorinstallation är det önskvärt att kunna bedöma hur stor energibesparing en dylik kan medföra. Teoretiska förutsägelser kan naturligtvis göras, baserade på vissa antaganden men några resultat från mätningar i befintliga, datorstyrda anläggningar har tidigare ej redovisats.

2. SYFTE

Syftet med detta projekt har varit att undersöka hur mycket av en befintlig komfortanläggnings energianvändning som kan sparas med ett datorstyrt regelsystem samt att jämföra denna besparing med den, som kan nås genom att istället enbart tidstyra ventilationsanläggning och värmesystem.

De besparingar som ett mikrodatorbaserat styrsystem kan åstadkomma uppges ofta vara mellan 25 och 50% vid installation i ett befintligt uppvärmningssystem. Detta medför återbetalningstider på mellan 1 och 3 år, beroende på anläggningsstorlek. Som sagts i inledningen, är grundfunktionerna i ett mikrodatorsystem en avancerad tidstyrning av uppvärmningssystemet samt ett självoptimerande styrprogram för nattned-sänkning etc.

Ett effektivt tidstyrningssystem kan minska drifttiderna för en ventilationsanläggning med ca 75% vid en industri där verksamhet endast förekommer under dagtid och tidstyrning tidigare helt saknas. Detta skulle kunna innebära att redan en tidstyrning skulle kunna åstadkomma en energibesparing på mer än 50% i en lokal med kraftig ventilation.

Priset för de båda styrsystemen är dock väldigt olika, så ett huvudmål med projektet är, att ta reda på om ett avancerat, mikrodatorbaserat styrsystem verkligen kan åstadkomma en besparing som motiverar dess högre pris samt att dessutom ta reda på vilka faktorer som kan påverka ett sådant systems möjligheter att sänka energianvändningen i en befintlig komfortanläggning.

Eftersom köparna av mikrodatorsystem för uppvärmningsstyrning ofta själva uppger besparingar på upp till 50% av tidigare energianvändning, bör undersökningen försöka utröna, om det finns ytterligare faktorer, av icke-mätbar karaktär, som installationen av ett mikrodatorsystem påverkar.

Resultatet presenteras som en utvärdering av jämförande energimätning i en industribyggnad med växelvis mikrodatorstyrning och tidstyrning. Dessutom har inverkan av icke mätbara faktorer uppskattats. Resultatet av mätningarna kompenseras för skillnaden i klimatet mellan de olika mätperioderna samt för andra skillnader i anläggningens drift.

3. VAL AV BYGGNAD

Enligt den ursprungliga projektplanen (bilaga 1) skulle undersökningen genomföras genom mätningar i två, i stort sett identiska, byggnader. Eftersom dylika "tvillingbyggnader" tyvärr är väldigt sällsynta, har mätningarna istället fått göras i en byggnad där uppvärmningen styrs växelviss av mikrodator och tidur.

Hur skall då en byggnad se ut så att ett representativt mätunderlag kan erhållas?

- * Byggnaden bör ha ett litet mått av spillvärme från processen direkt till sin omgivning dvs uppvärmningen bör ske till största delen m h a styrbar uppvärmning.
- * Byggnaden bör ha en relativt lätt konstruktion så att önskad nattned-sänkning verkligt kan uppnås.
- * Byggnadens uppvärmningssystem bör vara i gott skick så att slumpvisa variationer ej uppträder vid olika mätperioder.
- * Byggnadens uppvärmningssystem bör omfatta både radiatorer, tilluft-aggregat och återluftaggregat.
- * Byggnaden bör ha en väl definierad användningstid.
- * Möjlighet till forcerad uppvärmning med återluft bör finnas. Möjlighet till nattkylning med kall sommarluft bör finnas.
- * Byggnadens ventilationssystem kan med fördel sakna återvinning ef-tersom ventilationens energianvändning då får ett starkare driftbe-tingat beroende.

Dessutom bör naturligtvis byggnaden vara lämplig för mätning dvs uppvärmningsdator monterad och använd sedan en tid och mätutrustning (värmemängdsmätare, drifttidsmätare etc) finnas tillgänglig eller vara enkel att installera.

Med dessa förutsättningar valdes fem olika byggnader ut, med installerad mikrodator, och besiktigades.

- Verdexa lastvagnsverkstad, Malmö

Byggnaden innefattar servicehallar, kontor, matsal, omklädningsrum och lager. Uppvärmning sker med 7 st tilluftaggregat utan återluftföring samt 2 st återluftaggregat. Radiatorer finns dessutom i kontor, matsal, omklädningsrum och lager. Energitillförseln sker via fjärrvärmenätet och statistik över företagets energianvändning finns att tillgå.

Byggnaden befanns olämplig pga

- * Möjligheter till forcerad uppvärmning via återluftföring ringa
- * Nattkylning med sval sommarnattluft tillämpas ej

Dessutom förekommer ofta störningar i uppvärmningen genom öppna portar för inkörning av fordon.

- Liber grafiska, Fösie

Byggnaden innefattar lager, kontor och utställningslokal. Uppvärmningen sker via 9 st tilluftaggregat varav 7 har återluftförling, 19 st aerotemperar samt 3 st radiatorsystem.

Energiltillförsel sker via fjärrvärmenätet och statistik finns härvid att tillgå.

Byggnaden kunde användas som mätobjekt men saknar möjlighet till alternativ kylning med nattluft under sommaren.

- Dalslundskolan, Åkarp

Byggnaden innefattar lärosalar, kontor, matsal, bibliotek, idrottshall och paviljonger. Uppvärmningen sker via 8 st tilluftaggregat, varav 2 st har återluftförling, samt radiatorer i lärosalar, kontor och bibliotek. Dessutom finns elradiatorer i paviljongerna.

Byggnaden befanns olämplig pga

- * Små möjligheter till forcerad uppvärmning.
- * Nattkylning med kall sommarnattluft tillämpas ej.
- * Styr dator ej inkopplad.

- Lithorex tryckeri, Landskrona

Byggnaden innefattar tryckeri, lager, reproavdelning, personalutrymmen samt kontor. Uppvärmningen sker med 6 st tilluftaggregat, varav 2 st har återluftförling, 3 st aerotemperar samt 3 separata radiatorsystem.

Byggnaden befanns olämplig pga

- * Långa arbetstider (> kort nattnedsänkning)
- * Stor andel processvärme till omgivningen

- SLMA, Staffanstorps

Byggnaden innefattar verkstad, lager, kontor, försäljning samt personalutrymmen. Uppvärmningen sker via 8 st tilluftaggregat, varav 4 har möjlighet till återluftförling, 3 st aerotemperar samt 3 separata radiatorsystem i kontor, försäljning och verkstadskontor.

Byggnaden uppfyller alla de krav som undersökningen ställer på ett mätobjekt, varför denna byggnad valdes för den följande mätningen.

4. MÄTOBJEKT

SLMA's maskinförsäljning i Staffanstorp byggdes 1973 och består av två separata byggnader; en utställningslokal och en kombinerad verkstads- och lagerlokal. I den sistnämnda byggnaden (mätobjektet) har man i början av 1982 installerat ett mikrodatorsystem för att styra klimatanläggningen. Denna hade tidigare styrts enbart m h a tidur.

Byggnaden är uppdelad i (se bilaga 2)

- Reservdelslager	2 200 m ²
- Maskinverkstad	1 800 m ²
- Verkstadskontor	210 m ²
- Kontor (administration och försäljning)	360 m ²
- Omklädningsrum	135 m ²
- Butik	180 m ²
- Matsal + kök	190 m ²
- Filmsal	110 m ²
- Fläktrum, pannrum	165 m ²
	<hr/>
	5 350 m ²

Byggnaden är uppförd i lättbetongelement (verkstad, lager) och tegel (kontorsdel).

Arbetet bedrivs endast dagtid mellan 7⁰⁰ - 16⁰⁰ i verkstadsdelen och något senare i kontorsdelen.

Innan den mikrodatorstyrda reglerutrustningen installerades hade man, enligt uppgift, en oljeförbrukning på ca 200 m³/år. Denna sjönk efter installationen till ca 97 m³/år dvs en besparing på 52%. Eftersom man parallellt med installationen av mikrodatorn även genomfört andra energibesparande åtgärder, t ex avstängning av en värmepanna under sommaren, är det svårt att avgöra hur mycket, som är resultatet av mikrodatorn. Sådana saker som variationer i klimatet under olika uppvärmningssäsonger kan även ha ett tydligt inflytande på den årliga energiförbrukningen.

Klimatanläggningen består av

	<u>Kapacitet</u>		<u>Kommentarer</u>
TA1	18 000	m ³ /h	Intermittent drift till sprutmålningsverkstad. Förreglad med FF1.
TA2	18 000	m ³ /h	Verkstaden. Återluft möjlig.
TA3	1 950	m ³ /h	Verkstadskontor. Kylmaskin finns.
TA4, -4A, -4B	3x5 000	m ³ /h	Lager. Återluft möjlig.
TA5	8000/4000	m ³ /h	Filmsal+matsal. Två hastigheter.
TA6	6 800	m ³ /h	Försäljning+kontor. Kylmaskin finns.
TAC-4, -4A, -4B	3x5 000	m ³ /h	Aerotemperar lager. Manuellt till- och frånslag.
Radiator-krets 1			Golvvärme försäljning.
Radiator-krets 2			Kontor, omklädningsrum, matsal, filmsal och försäljning.
Radiator-krets 3			Verkstadskontor. Oshuttad.

Ytterligare information finns i systemritning (bilaga 3).

Temperaturen i byggnaden styrs under natten av datorn och dess nattbörvärde finns redovisade i bilaga. Under dagen styrs temperaturen av befintliga termostater inställda enligt nedanstående tabell.

Kontor	25°C	konstant inblåsningstemperatur
Filmsal	26°C	
Matsal	23°C	
Lager	ca 21°C	olika termostater på olika aerotemperar
Verkstad	18°C	

Beräknat uppvärmningsbehov

Transmissionsförluster: ca 250 MWh/år.

Denna värmemängd motsvarar, med en antagen verkningsgrad på 75%, en oljekonsumtion på 33 m³/år.

Ventilationsförluster

Antaganden: 30% gångtid för TA1 under arbetstid, 6 000 m³/h i genomsnitt för TA5.

55 000 m³/h under ca 10 h/dygn, ej helger.

Detta motsvarar ca 535 MWh/år eller, med samma antagande som tidigare, ca 72 m³ olja/år.

Byggnadens teoretiska oljeförbrukning ligger alltså på ca 105 m³/år, vilket är nästan exakt den verkliga förbrukningen för 1982.

Energianvändningen fördelar sig på 31% transmissionsförluster och 69% ventilationsförluster.

Den verkliga förbrukningen för 1982 innehåller även uppskattningsvis ca 5 m³ olja för uppvärmning av tappvarmvatten, vilket innebär att ventilationsförluster och (eller) transmissionsförluster ligger på en något lägre nivå än vad som antagits i beräkningarna.

Den dimensionerande effekten för täckande av transmissionsförluster är

$$\frac{2636 \times 34}{1000} = 90 \text{ kW}$$

Dimensionerande effekt för täckande av ventilationsförluster blir

$$\frac{60000 \times 1.2 \times 1.005 \times 34}{3600} = 683 \text{ kW}$$

Totalt: 773 kW

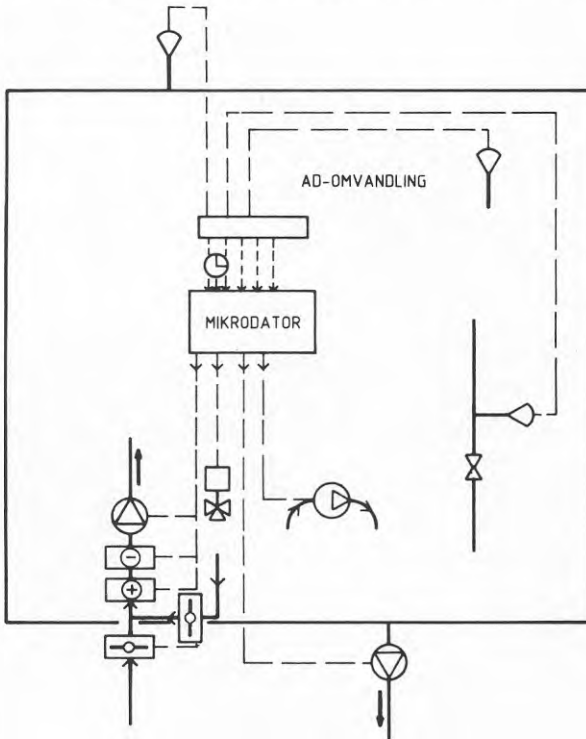
På ett värmesystem med ca 10°C temperatursänkning innebär det ett pannflöde på ca 1110 l/min.

Ett varaktighetsdiagram för byggnaden visas i bilaga 4.

5. MIKRODATORN

Mikrodatorn i det testade systemet består av ett datorkort med en mikroprocessor med programminne, batteriuppbakat minne, realtidsklocka, A/D-omvandlare med analogmultiplexor, 4 digitala + 2 analoga ingångar och 4 relädrivutgångar samt upp till sexton kanalkort för styrning av upp till 4 driftsoptimerade + 4 temperaturoptimerade funktioner per kort.

Datorns styrfunktioner åskådliggörs i nedanstående figur.



Datorn programmeras i följande ordningsföljd:

1. Dagbörvärde och nattbörvärde ställs in för varje kanal genom att potentiometrar på datorkortet ställs in för hand. På nyare modeller finns det möjligheter att göra detta direkt från tangentbordet.
2. Drifttiden för varje kanal ställs in genom att först lägga upp ett årsprogram där den normala arbetstiden matas in. Om inget annat sägs antar datorn ingen arbetstid under helger, men även detta kan annars läggas in i årsprogrammet.
3. Specialfall för vissa veckor eller dagar programmeras. Dessa instruktioner raderas ur datorns minne, sedan de åtläys, varvid datorn automatiskt återgår till årsprogrammet.

Möjligheter finns även att programmera in två separata drifttider per dygn för att stoppa ventilationen under t ex lunchuppehåll eller andra uppehåll i driften.

De driftsoptimerade kanalerna används för att styra t ex uteluftspjäll, fläktmotorer och de temperaturoptimerade kanalerna styr reglercentraler, shuntventiler, blandningspjäll etc.

Särskilda kanaler kan användas för att reglera nattvädring under vår - sommar - höst. Nattvädring innebär att man i en klimatanläggning utnyttjar den kalla uteluften för att under natten kyla ner byggnaden och på så sätt spara energi i klimatanläggningen.

Med hjälp av en display och ett enkelt tangentbord kan börvärden och drifttider för alla kanaler programmeras in för upp till 4 veckor i förväg.

I datorn finns också lagrat den s k självlärningsfunktionen, vilket innebär att datorn vid ett uppvärmnings- eller avkylningsförlopp automatiskt beräknar och korrigerar värdet på byggnadens uppvärmningskonstant. I denna funktion finns även korrektionsfaktorer för utetemperatur och nattnedsänkningstid lagrade. Datorn styr även pumpar i cirkulerande värmesystem samt shuntar i desamma. Pumpar körs automatiskt en kvart varje dag vid längre stopp, t ex under sommaren. Datorn tar även hand om en del övervakningsfunktioner t ex frysvakter, rökdetektorer samt interna övervakningsfunktioner som t ex fel på realtidsklocka, program eller A/D-omvandlare. Fel i dessa funktioner visas som speciella koder på datorns display. Övervakning och kontroll av värmesystemet sker alltså på en central plats vilket kan vara en stor fördel.

För att komma in och göra ändringar i programmet, måste datorn först låsas upp med nyckel, vilket innebär att endast behörig personal kan gå in och ändra drifttider, vilket är en stor fördel gentemot ett normalt reglersystem där obehöriga lätt kan komma åt och ändra inställningsvärden.

I systemritningen i bilaga 3 finns markerat exakt vilka funktioner som datorn styr och övervakar.

6. TEORETISK JÄMFÖRELSE TIDURSTYRT - DATORSTYRT

Vid mätobjektet fördelar sig energianvändningen på ca 30% för täckande av transmissionsförluster och 70% för täckande av ventilationsförluster.

De vinster som teoretiskt sett kan göras är

- * Datorn kan, enligt uppgift, uppnå en ca 3°C större nattnedsänkning. Nattnedsänkning sker nätter och helger. Besparingen gentemot en normal nattnedsänkning är ca 13% av transmissionsförlusterna dvs ca 4% av totala energianvändningen om nedsänkningseffekten kan utnyttas 16 h/dygn under vardagar och 24 h/dygn under helger.
- * Datorn låter uppvärmningen efter nätter och helger ske med återluft istället för med ventilationsluft. Ca två timmars ventilationsförluster kan sparas genom datorn. Detta innebär en total besparing av ca 14% av energianvändningen.
(Denna besparing skulle även kunna uppnås om uteluftspjällen tidstyrs i en normal anläggning och uppnås ej i en anläggning där uppvärmningen sker med radiatorer eller tilluftaggregat utan återluftföring).
- * Eftersom uppvärmningsförloppet kan forceras kommer detta att innebära att transmissionsförlusterna under uppvärmningsfasen minimeras. Denna besparing är av mindre betydelse och har räknats in i övriga minskningar av transmissionsförluster.
- * Datorn kan på ett annat sätt än tiduret ta hänsyn till ändringar i arbetstider t ex vid extra helgdagar etc. Ca 2% av energianvändningen för ett år kan sparas på detta sätt.

Situationen är naturligtvis helt annorlunda om datorn installeras vid en anläggning där inte ens tidstyrning av ventilationen är installerad. På en normal industri med 40 timmars arbetsvecka nyttjas ju byggnaden bara 24% av veckans timmar. Går ventilationsanläggningen kontinuerligt kan besparingen bli ca 65% vid installation av tidstyrning eller dator och har man kontinuerlig drift av ventilationsanläggningen, men stoppar den manuellt under helger, kan ca 25% sparas genom datorinstallation eller veckour. I dessa fall innebär installationen av en mikrodator en relativt liten fördel gentemot en ren tidstyrning.

Teoretiskt sett kan max ca 20% av en byggnads energianvändning sparas genom installation av mikrodatoroptimerat styrsystem. Dessa antagande gäller för en byggnad av liknande typ som mätobjektet dvs en relativt lätt konstruktion med litet mått av spillvärme från processen och en komfortanläggning av liknande typ, tidigare försedd med någon form av tidstyrning.

7. MÄTPROGRAM 1984

Jämförelse mellan tidstyrning av uppvärmningssystemet och datorstyrning har gjorts genom att veckovis mäta energianvändningen för de olika driftfallen

- * Datorstyrt
- * Tidstyrt
- * Optimalt tidstyrt

Jämförelsen har korrigerats för skillnaden i drift och utetemperatur under de olika mätveckorna samt även för andra meteorologiska faktorer. Mätperioderna måste av naturliga skäl förläggas till den kalla årstiden. Första mätperioden inleddes i början av januari -84.

Inne i anläggningen mättes kontinuerligt, förutom totala värmeanvändningen, även drifttiden för TA1 (intermittent drift till sprutmålningsrum) samt temperatur och luftfuktighet i kontor och verkstad m h a termohygrografer för att kunna utvärdera om styrmetoden påverkar komforten. TA1's drifttid mättes, eftersom det är ett aggregat med hög energianvändning under drift (ca 120 kW värme) och skillnaden i dess drift annars skulle innebära störningar i mätresultatet då det har manuellt från- och tillslag.

Skifte mellan tidstyrning och datorstyrning kan göras på ett enkelt sätt så att endast en strömbrytare behöver slås om för att ändra från datordrift till tidursdrift.

Härvid har datorns klocka använts som tidur och möjligheten att ha olika drifttider för komfortanläggningen har utnyttjats. Två olika tidzoner har använts; en för kontoret och en för lager och verkstad.

7.1 Mätperiod 1 1984, Datorstyrt (18/1 - 1/2, 15/2 - 29/2, 14/3 - 28/3)

För att få ett referensfall för inneklimatemätningarna har första mätperioden (2 veckor) körts med den datorstyrda ventilationen. De klimatvärden som erhöles vid denna mätning togs som riktmärken när uppvärmningssystemet skulle styras m h a tidur. Speciellt måste man tillse att lokaluppvärmningen går igång tillräckligt tidigt varje morgon för att i tid nå en acceptabel arbetsmiljö, samma som datorn kan åstadkomma. Under mätperioden har man kontrollerat när uppvärmningen börjar på morgonen och när ventilationen stängs på kvällen. Detta kan göras genom att avläsa datorns programmering och termohygrografernas kurvor. Ur dessa kan även byggnadens uppvärmningskonstant utläsas, dvs hur lång tid det tar för byggnaden att nå sin dagtemperatur efter nattned-sänkningen.

Datorfallet upprepades ett flertal gånger vid olika klimatsituationer med mellanliggande tidursperioder för att kunna avgöra vid vilket klimat datorn har sin största fördel. Det troliga är ju att datorns effekt är som störst vid kalla förhållanden.

Drifttider och börvärden redovisas i bilaga 5 och 6.

7.2 Tidurstyrt (1/2 - 15/2)

I det andra mätfallet har uppvärmning och ventilation skett med ett helt tidurstyrt system. Som styrur har datorns ur använts. Detta har härvid ställts in så att de komfortkrav, som ställts upp i datorfallet ej åsidosatts. Komforten bör ju i så stor omfattning som möjligt överensstämma med datorfallet. Övergången från nattdrift till dagdrift av

klimatanläggningen har ställts in erfarenhetsmässigt och därefter korri-
gerats under påföljande mätperiod. Förslag till lämpliga drifttider har
även kunnat avläsas på det befintliga styrur som ej längre är i funktion
men som ändå finns kvar.

Mätperioderna har, liksom i datorfallet, lagts från onsdag till onsdag för
att skillnaden i helgdrift skall kunna utläsas ostört. Drifttider och
börvärden för nattnedsänkning redovisas i bilaga 5 och 6.

7.3 "Optimalt tidstyrt" (29/2 - 14/3)

Detta mätfall har innefattat samma mätmoment som tidigare fall men
anläggningen har nu med experthjälp optimerats med hänsyn till driftti-
der och nattnedsänkning. Härvid har speciell uppmärksamhet ägnats
verkstadslokalen eftersom temperaturen i denna gärna sjunker så lågt
under helgen, att den är svår att värma till en acceptabel nivå på
måndag morgon.

Naturligtvis har komforten hållits på samma nivå som i de två andra
mätfallen.

Man har i detta mätfall valt att ha en liten nattnedsänkning i verkstad
och lager och på så sätt kunnat starta uppvärmningen på morgonen
senare än vad som varit fallet om en större nattnedsänkning hade valts.
Eftersom uppvärmningen i detta styrfall sker med huvudsakligen uteluft,
är det viktigt att hålla uppvärmningsperioden så kort som möjligt.

Drifttider och nattbörvärde för mätfallet redovisas i tabell 5 och 6.

7.4 Mätmetoder

7.4.1 Klimatmätningar

Data för varje enskild mätperiod angående utetemperatur, vindhastighet
och relativ fuktighet har erhållits från SMHI. Dessa klimatdata har
använts för att kunna kompensera bort mätresultatens klimatberoende.
Inneklimatet har mätts med två utplacerade termohygrografer som
kontinuerligt har registrerat lokaltemperatur och relativ fuktighet. Ter-
mohygrograferna var placerade, en i ett cellkontor och den andra
centralt i verkstadshallen.

Variationerna i utetemperatur redovisas i bilaga 7 och mätresultat från
inneklimatmätning redovisas i bilaga 10.

7.4.2 Värmemängdsmätning

Genom en överslagsberäkning av cirkulationspumpens kapacitet kunde en
värmemängdsmätare dimensioneras och installerades i den befintliga
pannkretsen under juluppehållet 1983. Det egentliga mätarbetet påbörja-
des sedan 18/1.

Värmemängdsmätaren består av en hetvattenmätare med impulsgivare,
två temperaturgivare i fram- respektive returledning och ett integre-
ringsverk som kan beräkna integralen

$$\int_{t_1}^{t_2} mc_p \Delta T dt$$

m = massflödet i värmesystemet (kg/h)

C_p = vattens värmekapacitet (kJ/kg °C)

ΔT = framledningstemperatur - returledningstemperatur (°C)

t = drifttid (h)

Denna integral är detsamma som systemets energianvändning från tidpunkten t_1 till t_2 .

Mätperioderna sträckte sig över en vecka (onsdag - onsdag) och värmemängdsmätaren avlästes i början och slutet av varje mätperiod. Samtidigt avlästes även drifttidmätaren till TA1 för att kunna kompensera skillnaden i mätresultat för olika drifttider för TA1. Vid avläsningstillfället kontrolleras även att anläggningen är i samma skick som under föregående mätperiod, dvs att inställda börvärden ej ändrats, mätare visar rimliga värden etc.

För att kontrollera att värmemängdsmätaren visar rätt har energianvändningen jämförts med den uppgivna oljeförbrukningen och bästa tänkbara överensstämmelse har påvisats. En ytterligare garanti för att värmemängdsmätaren visar rätt värde är, att den har dimensionerats för i det närmaste exakt det flöde, som har uppmätts efter installationen. Enligt tillverkaren ligger det maximala mätfelet under dessa förhållanden på $\pm 1\%$.

7.4.3 Manuella mätningar

De manuella mätningar, som har utförts, har främst omfattat kontrollmätning av rumstemperaturen, för att kunna kalibrera termohygrograferna.

7.4.4 Funktionskontroll

Innan mätperioderna och i samband med byte av mätperiod har en funktionskontroll genomförts för att se till att mätningarna genomfördes i en anläggning som fungerar på samma sätt under alla mätveckorna.

7.5 Mätresultat

Energianvändningen för anläggningen har mätts under tiden 18/1 -84 till 28/3 -84 och dessa mätresultat redovisas i bilaga 8. För att ge ett representativt jämförelsematerial har sedan kompensation för skillnader i utetemperatur och användning av sprutboxen (TA1) gjorts och dessa jämförbara mätvärden visas i bilaga 9. Anmärkningsvärt är att energianvändningen är i genomsnitt 18% lägre under de mätperioder då komfortanläggningen styrs enbart med tidur trots att komforten (Se bilaga 10) varit fullt jämförbar, både i kontors- och verkstadsdel. Förklaringen till detta får man av temperaturkurvorna i bilaga 10.

I kontorsdelen har ventilationsanläggningen startat vid samma tidpunkt oberoende av styrsystemtyp.

Dagbörvärdet i denna del av byggnaden är ca 20°C medan inblåsningstemperaturen för TA6 är 23-24°C, vilket innebär att lokalerna aldrig kommer ner till sitt dagbörvärde ens under natten. Något behov av forcerad uppvärmning existerar därför ej. Eftersom återluftföring ej är möjlig i TA6 skulle en sådan forcerad uppvärmning ske via radiatorer. Eftersom dessa är försedda med termostatventiler och temperaturen på kontoret aldrig understiger dagbörvärdet kommer datorns funktion för forcerad uppvärmning ej att kunna utnyttjas i denna byggnadsdel om inte styrsystemet justeras.

Ventilationens höga inblåsningstemperatur i denna del av byggnaden beror på att man haft samma låga framledningstemperatur till radiatorkretsen i kontoret som till golvvärmen i försäljningslokalen. Detta har medfört att en tillfredsställande temperatur ej hade uppnåtts i kontoret om en normal inblåsningstemperatur bibehållits. Istället för att höja framledningstemperaturen på kontorets radiatorkrets, så att en tillfredsställande lokaltemperatur nåddes, har man höjt ventilationens inblåsningstemperatur till 23-24°C.

I verkstadsdelen sjunker temperaturen däremot ner till, och ibland under, det nattbörvärde som ställts in på datorn. Speciellt under helgerna kan det förekomma att lokaltemperaturen sjunker 2-3°C under sitt nattbörvärde, vilket är anmärkningsvärt.

Som nämnts, observeras en ökning av byggnadens värmebehov under de veckor då datorn får överta optimeringen av komfortanläggningens driftparametrar. Detta får delvis sin förklaring om man studerar verkstadens dygnstemperaturprofil i de båda styrfallen. Det visar sig nämligen att datorn påbörjar sitt uppvärmningsförlopp betydligt tidigare på natten, än vad som ställs in i det rent tidsstyrda mätfallet, utan att för den skull nå en nämnvärt högre lokaltemperatur vid arbetstidens början. Detta faktum plus den ökade energianvändningen under datordrift var en klar indikation på att den forcerade uppvärmningen i verkstaden ej skedde med återluft utan med uteluft. Denna funktion kontrollerades därför och det visade sig vara som befarat; uteluftspjäll och frånluftspjäll var öppna och frånluftfläktar var igång under den forcerade uppvärmningen, vilket helt förklarar den ökade energianvändningen. Enligt termohydrografkurvorna startar ventilationen i genomsnitt 6-8 timmar för tidigt i verkstaden. Detta motsvarar ca 5 MWh/vecka, vilket är ungefär den merförbrukning som observerats när datorn skött styrfunktionen.

Den ökade energianvändningen kan naturligtvis ej helt skyllas på datorn eftersom den ej hade förekommit om datorn varit korrekt intrimmad. Man kan dock ej helt bortse från det faktum att energianvändningen i detta fall ökar, istället för minskar, jämfört med ett rent tidstyrt system.

Resultaten av värmemängdsmätningen uppvisar tyvärr relativt stora variationer mellan de olika mätperioderna med samma styrsystem.

Medelvärde och standardavvikelse redovisas för de olika mätfallen i nedanstående tabell

	Medelvärde MWh/vecka	Standardavvikelse MWh/vecka
Datorstyrd	28.6	1.79
Tidstyrd	25.9	1.84
Optimalt tidstyrt	22.9	0.16

Trots noggranna kontroller av klimatanläggningens funktion och inställning vid varje avläsningstillfälle går det ej att undvika att variationer i energianvändningen förekommer för olika perioder med samma typ av styrsystem. Detta beror på faktorer varöver man ej kan ha någon kontroll dvs den mänskliga faktorn.

Personalen vid mätobjektet har stora möjligheter att påverka energianvändningen genom att manuellt stänga av och sätta på aerotemperaturer och fläktar utrustade med åtkomliga brytare. Eftersom denna typ av energianvändare finns på ett flertal ställen i anläggningen, kommer det alltså att uppträda vissa skillnader i energianvändningen trots så likartade driftbetingelser som möjligt.

En annan faktor som naturligtvis har en viss påverkan på energianvändningen är hur länge och ofta inkörsportarna för traktorer och motorredskap står öppna under veckan.

Eftersom personalen på platsen ej varit underrättad om vilken typ av styrsystem som varit i drift kan ett systematiskt fel till fördel för det ena eller andra systemet helt uteslutas.

Man har vid företaget uppgivit en sänkning av oljekonsumtionen från 200 m³/år (1981) till 97 m³/år (1982). Som tidigare visats i den teoretiska beräkningen motsvaras den senare av ett effektivt tidstyrt ventilations-system. Denna förbrukning har verifierats av de värmemängdsmätningar som nu utförts. Den tidigare förbrukningsciffran (innan datorn installerades), som enligt uppgift var ca 200 m³/år förefaller helt orimlig om tidstyrning även praktiserats tidigare än 1982. Antar man däremot att ventilationen har varit i drift dygnet runt, TA1 varit stängt nätter och helger och TA5 gått på halvfart nätter och helger, hamnar man med en beräkning av byggnadens uppvärmningsbehov på en teoretisk oljeförbrukning kring 245 m³/år, vilket stämmer relativt väl överens med den tidigare oljeförbrukningen. Den enda logiska förklaringen till den 51%-iga sänkningen av oljeförbrukningen är därför att det tidstyrningssystem som föregick datorn ej fungerat tillfredsställande utan tillåtit ventilationsanläggningen vara i drift i stort sett kontinuerligt. Som visats i kap 7 kan den uppnådda besparingen då teoretiskt sett hänföras till en reduktion av ventilationsanläggningens drifttider.

Någon mätning av byggnadens uppvärmningsbehov vid kontinuerlig drift av ventilationsanläggningen har ej genomförts eftersom detta skulle medföra ekonomiska förluster för det företag som så välvilligt ställt upp som mätobjekt, men eftersom den nuvarande energianvändningen (uppmätt) stämmer väldigt väl överens med den teoretiska (beräknad) finns det ingen som helst anledning att betvivla att den energianvändning, som beräknats för kontinuerlig ventilation, överensstämmer med ett uppmätt värde för detta driftfall.

7.6 Praktiska erfarenheter

Under mätperioden har naturligtvis datorstyrsystemets för- och nackdelar diskuterats med personalen vid mätobjektet och en del åsikter och erfarenheter av icke mätbar karaktär redovisats:

- * Man hade på kontoret under 1983 framfört klagomål till verkmästaren att temperaturen var för låg när datorns övergång till dagdrift var kl 06⁰⁰. Övergången till dagdrift programmerades därför om till 05⁰⁰ för kontoret, vilket är ca 3 timmar innan detta befolkas. En av fördelarna med datorstyrningen skall vara att rätt arbetstemperatur nås vid den tidpunkt som programmeras in. Det är därför anmärkningsvärt att denna tidpunkt fått tidigareläggas tre timmar för att tillfredsställa personalens önskemål.
- * Efter datorns installation säger man sig ha helt kunnat undvika att obehörig personal justerar ventilationsanläggningens styrfunktioner och har därigenom minskat det energislöseri som sådant okontrollerat "rattande" kan medföra.
- * Företagsledning och driftpersonal har visat sig vara väldigt nöjda med styrdatorn. Detta grundas till stor del på att man, efter installationen lyckats reducera sin energianvändning med ca 50%. De personer som ansvarar för datorns skötsel och programmering har visat sig vara nöjda med dess funktion och anser att den är enkel och överskådlig att använda.

Över huvudtaget har man från företagets sida visat stor tilltro till mikrodatoren som styrcentral, främst på grund av den stora besparing som man onekligen har uppnått. Som visats var det dock möjligt att spara ytterligare energi om man inte hade förlitat sig fullt så mycket på datorns egenskaper utan istället följt upp den uppnådda besparingen med regelbundna funktionskontroller och energimätningar.

8. MÄTPERIOD 1985

De resultat som framkommit under 1984 var på intet sätt fördelaktiga för datorn som styrsystem, varför BFR beviljade en fortsättning på projektet så att de oegentligheter i styrsystem och ventilationsanläggning som hittats och påpekats under 1984 skulle kunna rättas till. Energianvändningen var 1984 högre när datorn var i drift som styrcentral än när uppvärmningssystemet styrdes med tidur. Detta berodde på följande:

- * Eftersom daggivaren i verkstaden var ställd på 18°C (av misstag) men datorn siktar på en dagtemperatur på 20°C kommer den aldrig att "bli nöjd". Detta innebär att den hela tiden kommer att tidigare lägga sin start av ventilationssystemet i verkstaden tills programmet går ur och uppvärmningskonstanten sätts till 2 h/°C. För att höja temperaturen från 14°C till 20°C startar alltså datorn uppvärmningen 12 timmar innan inställt värde.
- * Datorn har varit felaktigt inkopplad till frånluftfläktarna. Dessa har startat samtidigt som värmningen. Uteluftspjället har samtidigt öppnat.
- * Uteluftspjället har ej tätat under nattdrift.
- * Reglercentralen för radiatorkretsen i kontoret har haft ungefär samma reglerkurva som golvvärmekretsen.

Ett serviceföretag kopplades in för att uppdatera ventilations- och styrsystem.

Vid funktionskontroll efter uppdateringen kunde följande konstateras

- Uteluftspjäll till TA2 öppnar endast obetydligt under dagdrift, stänger ej helt under nattdrift.
- Återluftspjäll till TA2 helt öppet under dagdrift.
- Endast 2 frånluftfläktar av 5 i drift i verkstaden.
- Ingen tilluft till lagret.

Dessa faktorer innebär tillsammans att energianvändningen för ventilation minskar med 5-8 MWh/vecka vid utetemperaturen 0°C.

För övrigt fungerade anläggningen tillfredsställande och de påpekade som gjorts efter 1984 års mätperiod var, enligt servicefirman, som även installerat mikrodatorn, korrigerade och man gav klartecken för en ny, och mera rättvis, mätperiod.

De punkter som påpekades, enligt ovan, är lika i båda mätfallen (datorstyrning och tidursstyrning) varför man ej lade någon vikt vid att åtgärda dem.

Mätprogrammet utformades på ett likadant sätt som under 1984, dvs energianvändningen mättes veckovis under olika styrfall, antingen datorstyrning eller tidurstyrning.

8.1 Datorstyrt 23/1 - 6/2

För att få ett referensfall avseende inneklimat och energianvändning vid aktuella driftbetingelser genomfördes mätningar (enligt kapitel 7) under

perioden 23/1 - 6/2. Mätningarna visade att den kompenserade nettoförbrukningen för datorfallet hade sjunkit.

Förklaringen till detta är dels att ventilationsflödena minskats i lager och verkstad, dels att verkstadens uppvärmning efter nattnedläggningsperioden ej längre sker med uteluft utan med återluft.

Börvärden och drifttider för ventilationsanläggningen redovisas i bilaga 11.

8.2 Tidurstyrt 6/2 - 27/2

Tiduret inkopplades p s s som tidigare dvs datorns tidur användes, dock utan optimeringsfunktionen inkopplad.

Dagbörvärden behålls på samma nivå som datorfallet men nattbörvärdena höjdes för att kunna minimera uppvärmningstiden efter natt- och helgnedsänkning av innetemperaturen.

Börvärden och drifttider för anläggningen under detta fall redovisas i bilaga 11.

8.3 Mätmetoder

Se kapitel 7.4.

8.4 Mätresultat

Energianvändningen har mätts under tiden 23/1 - 27/2 och mätresultaten redovisas i bilaga 12. De okompenserade resultaten uppvisar enstaka variationer medan resultaten sedan de kompenserats för skillnaden i

* utetemperatur (bilaga 13)

* inomhustemperatur (bilaga 14)

* skillnaden i drift av TA1

entydigt visar att energianvändningen är lägre när uppvärmning och ventilation styrs av tidur än när datorn används som styrcentral. Skillnaden är dock under denna mätperiod endast 11% (jfr mätperiod 1984: 18%).

Utetemperaturen har under mätperioden varierat starkt mellan -1.01°C 30/6 - 6/2 till -11.4°C 13/2 - 20/2. De två första mätveckorna i tidursfallet var onormalt kalla vilket medförde att temperaturen i verkstaden ibland sjönk med upptill 5°C under inställt värde. Detta kan ej skyllas på reglersystemet utan orsakas av att man under dessa kalla perioder ej ökat värmesystemets framledningstemperatur genom att ställa upp panntermostaterna. Det ökade totala tryckfall i värmesystemet som monterat av värmemängdsmätaren inneburit är också en orsak till att tillräcklig värmemängd ej har kunnat tillföras radiatorer och värmebatterier.

För att få ett rättvisande resultat från dessa mätperioder måste kompensation göras för den låga innetemperaturen under perioden.

Den kompenserade nettoförbrukningen var i datorfallet 23,4 MWh/vecka och i "ur"-fallet 20,8 MWh/vecka.

Den okompenserade nettoförbrukningen uppvisar under 13/2 - 20/2 ett onormalt högt värde vilket inte beror på den kalla väderleken utan på att det handstyrda tilluftaggregatet TA1 till sprutboxen denna vecka varit i drift ca 42 h, vilket tyder på att någon glömt stänga av fläkten efter fullbordat arbete.

Resultaten från denna mätperiod har erhållits efter samarbete och samråd med datorinstallatör och ventilationserviceföretag, de bägge firmor som känner anläggningen bäst av alla. Trots detta har en högre energianvändning erhållits med datorstyrning än med tidursstyrning. Varför?

Svaret står att finna i det enkla faktum att datorn saknar en enkel utgång för ren tidstyrning!

En av fördelarna med datorn som styrenhet är ju att den skall stoppa värmesystemet efter arbetstidens slut och sänka lokaltemperaturen till en lägre nivå än som anses vara möjlig med ren tidstyrning. I detta fall innebär det att temperaturen sänks 5°C i kontoret under datorfallet jämfört med 2°C i tidstyrningsfallet. Uppvärmningen kommer alltså att teoretiskt sett ta ca 2 ggr så lång tid i datorfallet. Under denna tid kommer de tilluftaggregat som saknar återluftförling att, med befintlig inkoppling till datorn, gå med full uteluft. Denna extra ventilation kommer att motsvara ca 1-2 MWh/vecka kompenserad nettoförbrukning vilket stämmer väl överens med den medelmerförbrukning som uppmätts i datorfallet.

Med nuvarande system kan merförbrukningen endast undvikas genom att slopa nattnedsänkningen varvid tilluftaggregatens starttid sammanfaller med den tid som ställs in på datorn. Detta innebär dock att datorn förlorar en av sina fördelar.

En enklare möjlighet är att förregla tilluftaggregaten med lokaltemperaturen så att de aldrig startar förrän tillfredsställande dagtemperatur uppnåtts. Den driftoptimerade kanalen används härvid endast för att styra radiatorernas framledningstemperatur.

9. SLUTSATSER

För att ett mikrodatorbaserat optimersystem för lokaluppvärmning överhuvudtaget skall vara ett tänkbart styralternativ måste vissa krav på byggnad och komfortanläggning vara uppfyllda.

- Lokalen måste ha möjlighet till forcerad uppvärmning via återluftinblåsning eller radiatorer, helst utan termostatventiler.
- Nattned-sänkning måste tillämpas. Detta innebär att lokaler med kontinuerlig verksamhet, typ industrier med treskift, vänthallar etc, ej kan utnyttja datorns fördelar.
- Nattned-sänkningen måste uppnås. Detta innebär att relativt lätta byggnader är mera lämpliga eftersom sådana konstruktioner lättare kyls ner och värms upp. Andelen avgiven processvärme bör också vara relativt liten eftersom annars värmets från avsvalnande maskiner kan hindra ett snabbt uppnående av önskad nattned-sänkning. I en massivt byggd lokal med tunga maskiner kan det hända att någon nattned-sänkning aldrig uppnås. Vid anläggningar med tvåskift kan det också uppstå problem att uppnå tillräcklig nattned-sänkning på den korta ned-sänkingsperioden.
- Det är önskvärt att tillgång på lokalkyla finns eftersom energianvändningen till denna kan sänkas genom datorns möjligheter att kyla byggnaden med kall uteluft under natten.

Vid val av lämpligt mätobjekt har det lagts stor vikt vid att välja just en sådan byggnad som uppfyller alla dessa krav på en lämplig byggnad för datorstyrt uppvärmningssystem.

Hade urvalet skett helt slumpmässigt hade troligtvis inte mätningarna varit lika utslagsgivande. Man måste dock vara väl medveten om att de utförda mätningarna är relevanta enbart för en byggnad med samma eller liknande konstruktion och verksamhet som den undersökta. Tyngre byggnadskonstruktioner har inte alls samma förutsättningar att kunna utnyttja de snabba reglerförlopp som är en av mikrodatorns fördelar. Det kan även finnas byggnader som på ett ännu bättre sätt kan utnyttja mikrodatorns fördelar.

Den använda byggnaden består av olika byggnadsmaterial; tegel och lättbetong. Det har visat sig att man i kontorsdelen (tegel) ej alltid når den nattned-sänkning som eftersträfvats. I verkstaddelen, som är byggd i lättbetong och har ett större volym/area -förhållande, uppnås nattned-sänkning i stort sett varje natt. Under helgerna händer det att lokaltemperaturen sjunker flera grader under inställt börvärde, vilket är en indikation antingen på att regleringen ej fungerar tillfredsställande eller att rumsgivaren har en felaktig placering.

Lager och verkstad har en lämplig konstruktion och skulle därför kunna utnyttja styrdatorns egenskaper medan kontorsdelen med sin stora värmetröghet, ej drar någon större nytta av datorn som styrenhet.

I det testade befintliga systemet har det visat sig att värmeanvändningen under mätperiod 1984 var 18% högre när datorn fick ta över styrfunktionerna för klimatanläggningen, ett förvånande faktum, som både kan förklaras och bortförklaras men ej bortses ifrån.

Förklaringen är en felaktig inkoppling av datorn till ett till/återluftaggregat med ca 170 kW värmeeffekt som medfört att det startat upp dagdrift med 100% uteluft ca 6 h för tidigt varje natt utom lördag. Denna felfunktion har medfört den nämnda ökningen av energianvändningen under datorns mätperioder.

Ventilationsanläggningens tidiga start i verkstaden har berott på att dagbörvärdet har varit ställt på ett lägre värde än det som datorn "siktat" på under sin uppvärmningsfas. När datorn ej når sitt dagbörvärde kommer den att tidigarelägga sin start av uppvärmningsfasen och eftersom den aldrig kommer att kunna nå sitt dagbörvärde kommer den att tidigarelägga starten tills den kommer utanför sitt program. Detta sker när uppvärmningskonstanten överstiger 2 h/°C. Datorn kan då inte tidigarelägga sin start ytterligare utan håller fast vid uppvärmningskonstanten 2 h/°C.

Med en nattned-sänkning till 16°C innebär detta att ventilationsanläggningen startar 8 h innan dagtemperatur skall vara uppnådd i lokalen.

Detta hade naturligtvis kunnat undvikas om datorn varit helt riktigt intrimmad. Tyvärr har man ej upptäckt detta fel och varit helt nöjd med den 50%-iga besparing som man nått efter datorinstallationen. Även om man av en tillfällighet hade kommit på att funktionen ej var den riktiga (vilket är svårt att göra eftersom felet endast uppträder under några timmar under natten och är svårt att upptäcka för en icke-fackman) hade man ej haft tillräcklig kännedom om datorns funktion för att kunna verifiera felet genom att simulera felsituationen, eller för att kunna avhjälpa felet, vilket är en uppgift för en specialist på detta styrsystem. Andra anledningar till att felet ej har upptäckts tidigare är att någon mätning av energianvändningen (förutom oljenotan) ej har förekommit och man har därmed inte kunnat kontrollera vilken energibesparing som en ren tidstyrning skulle medföra i det befintliga värmesystemet.

När systemet optimerats av ventilationservicefirma och datorinstallatör sjönk merförbrukningen i datorfallet till ca 11%. Skälen till minskningen har angetts i kapitel 8.

Systemets merförbrukning under datordriftfallet kan ytterligare minskas genom att slopa nattned-sänkningen i zoner utan möjlighet till återluftförling. Styrsystemet kommer härvid mer och mer att närma sig en ren tidstyrning vilket förmodligen ej är meningen när man installerat ett system vars pris är mångdubbelt högre än ett tidstyrningssystem.

Liksom vid allt annat energihushållningsarbete bör man noga överväga varje ändring man gör i en byggnads uppvärmningssystem och kontrollera att det är den mest lönsamma åtgärden som genomförs först.

De åtgärder som först bör genomföras är att tillse att det befintliga systemet är rätt konstruerat, fungerar som det ska och är väl underhållet.

Först därefter skall olika möjligheter att reducera t ex drifttider, lokaltemperaturer och ventilationsflöden utredas och inordnas efter lönsamhet. De mest lönsamma åtgärderna väljs sedan ut och genomförs. Efter idrifttagande bör funktionen och den förutsedda besparingen kontrolleras med jämna mellanrum. Först därefter kan man kontrollera om det finns något sätt att täcka delar eller hela lokaluppvärmningsbehovet med någon form av återvunnen energi.

Dessa synpunkter gäller i hög grad för installation av mikrodatorbaserade klimatstyrningssystem.

Som visats i kapitel 6 har ett sådant system under vissa förutsättningar en teoretisk möjlighet att spara ca 20% av ett tidstyrt uppvärmningssystemens energianvändning. Detta förutsätter att det befintliga systemet är i gott skick, fungerar helt oklanderligt samt att datorns funktioner kontrollerats och optimerats. Sätter man in en styrdator i en befintlig

klimateanläggning utan att först se till att den är i bästa skick och sedan ej kontrollerar och följer upp anläggningens funktion och uppnådd besparing är risken stor att man t o m ökar sin energianvändning. Naturligtvis märker man om energianvändningen minskar eller ökar men man får inte vara nöjd med att den minskar; den skall minska med så många MWh/år som överhuvudtaget är möjligt med den insats som har gjorts.

I detta sammanhang finns det en risk att man från driftpersonalens sida sätter allt för stor tilltro till en dators kapacitet och ofelbarhet. En dator kan tyvärr ej, vilket har visat sig, rätta till fel i dess inkoppling, vilket kan innebära att energi slösas istället för sparas. Eftersom den personal som skall sköta handhavande av mikrodatorn endast får relativt kortfattade instruktioner undviker man i möjligaste mån att utföra mera avancerade kontroller av dess funktion utan förlitar sig på att den arbetar som utlovat.

En datorinstallation bör kompletteras med en kurs i användning, underhåll, driftkontroll och felsökning av det installerade systemet för att göra det möjligt för egen driftpersonal att ha kontinuerlig kontroll över systemets funktion och energibesparande effekt.

Mikrodatorn som styrsystem för komfortanläggningar förefaller vara något för komplicerat för att kunna skötas av personal som saknar ordentliga kunskaper om systemet. Datorinstallationer måste genomgå en noggrann och regelbunden driftkontroll för att kunna uppnå utlovad besparing. Skötes ej detta på ett tillfredsställande sätt är riskerna stora att energiförbrukning blir högre med detta styrsystem än med en ren tidstyrning.

ENERGIBESPARING MED MIKRODATORBASERAD UTRUSTNING FÖR STYRNING, REGLERING, OCH ÖVERVAKNING AV VÄRME, VENTILATION OCH KYLA I BYGGNADER

Projektbeskrivning

Målsättning

Ett idag allt vanligare förekommande förslag på energibesparing inom byggnader är driftstyrning av VVS-anläggningar med mikrodata-torer. Dessa datorer säljs till fastighetsägare för mycket höga priser, 100 000 - 200 000 kr, med en förväntad energibesparing på 20-40%.

Man kan dock på goda grunder misstänka att den största besparingen medges genom timerfunktionen i datorn och att de aktuella refererade anläggningarna helt har saknat vanliga tidur eller har haft felinställda sådana. AF-Energikonsult har just avslutat en utredning till en fastighetsägare som blivit erbjuden en mikrodataoranläggning för 188 000 kr och en förväntad energibesparing på 104 000 kr per år. Resultatet av utredningen blev istället en bedömd energibesparing på 153 000 kr mot endast 5 000 kr i investeringskostnad för några enkla tidur.

Man kan emellertid inte ignorera den enormt höga besparingen som de oftast långa referenslistorna från fabrikanterna anger. Detta projekts målsättning är att praktiskt prova, mäta och utvärdera energibesparingen för en sådan mikrodataor applicerad i en representativ anläggning och jämföra resultatet med en jämsides provad "tvillinganläggning" utrustad med enkla och billiga tidur, dock injusterade och optimerade.

Mikrodatorn

Styrsystemet är uppbyggt med en programmerbar mikrodataor som central komponent och syftar till att medge energioptimering i värme-, kyl- och ventilationsanläggningar.

För att minska värmeförbrukningen i t ex en industrianläggning under driftsuppehåll måste temperaturen sänkas, övervakas och sedan styras till rätt dagläge. Värmeförlusterna genom byggnadsskalet är proportionellt mot skillnaden mellan inne- och utetemperatur.

Denna temperatursänkning utföres av mikrodataorn, som dessutom kan sänka temperaturen mer än vad vanligt tidur kan, genom att återstarta anläggningen med forcering av uppvärmningen vid rätt tidpunkt. Datorn kan nämligen enligt tillverkarna "lära sig" byggnadens k-värde och tröghet.



Även längre driftstopp av fläktar med återluftskörning kan tillåtas, eller t ex anläggningar med komfortkyla där datorn kan nyttja den kalla nattluften optimalt genom att starta fläktarna vid rätt tidpunkt.

Mikrodatorn kan byggas på i ett modulsystem och kan betjäna flera byggnader med många olika zoner. Systemet lönar sig mest i anläggningar med oljeförbrukning mer än 100 m³/år och kostar för normalanläggningen ca 100 000-200 000 kr.

Tiduret

Det mest vanliga och effektivaste sättet att spara energi är att stoppa anläggningar under icke önskvärd drifttid med ett enkelt och billigt tidur.

Uret, som oftast är placerat undanskymt i ett fläktrum, glöms bort och är ofta felinställt. Genom att justera tiduret efter rätt arbetscykel och upplysa fastighetsägaren om dess uppgift kan en tidurstyrd anläggning optimeras med avseende på energiförbrukningen.

Handlingsprogram

Projektet beräknas för en tidsperiod av 1 år och bör innehålla följande punkter:

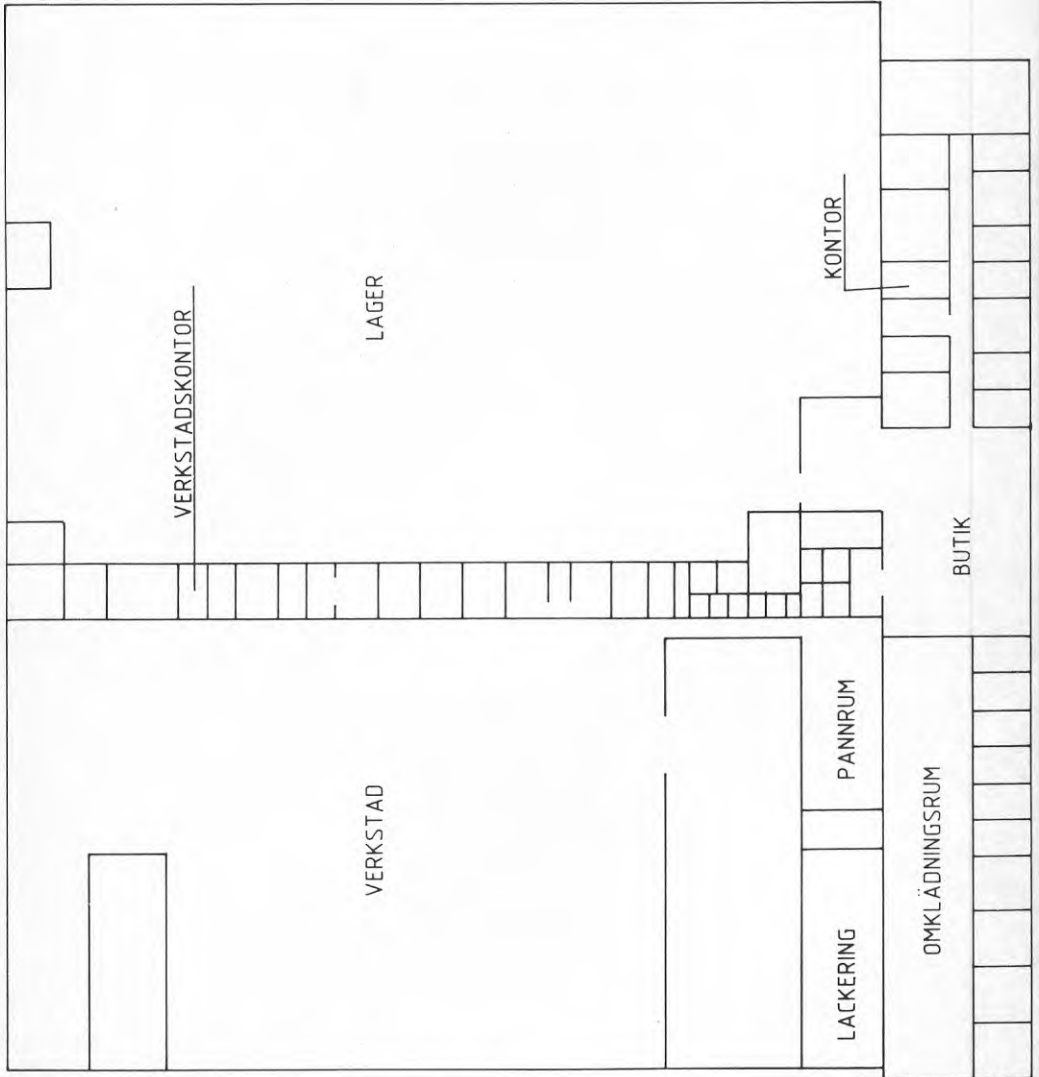
- o Välj ut två industri- eller kontorsfastigheter med likartad produktion, utrustning och oljeförbrukning samt ingen eller illa skött tidstyrning av anläggningen.
- o Utvärdera den årliga energianvändningen för de båda fastigheterna, dels via olje- och elräkningar och dels genom manuella mätningar. Om värmemängdsmätare saknas bör sådan installeras i värmesystemet. Följ upp värmeförbrukningen under en månad och jämför med manuella mätningar. Registrera dessutom utetillståndet.
- o Diskutera med en av fastighetsägarna om att installera en mikrodatoranläggning, eventuellt på egen bekostnad, med förbehåll om t ex viss rabatt eller garanti på besparingen.
- o Låt den andra fastighetsägaren installera erforderliga tidur eller åtgärda andra beprövade och enkla besparingsförslag.
- o Gör erforderliga mätningar, daglig registrering av värmemängdsmätare och utetillstånd samt manuella mätningar 3 - 4 gånger, under en uppvärmningssäsong och under ev kylbehovsperiod, alltså temperaturer, motorers gångtider, effektuttag etc.

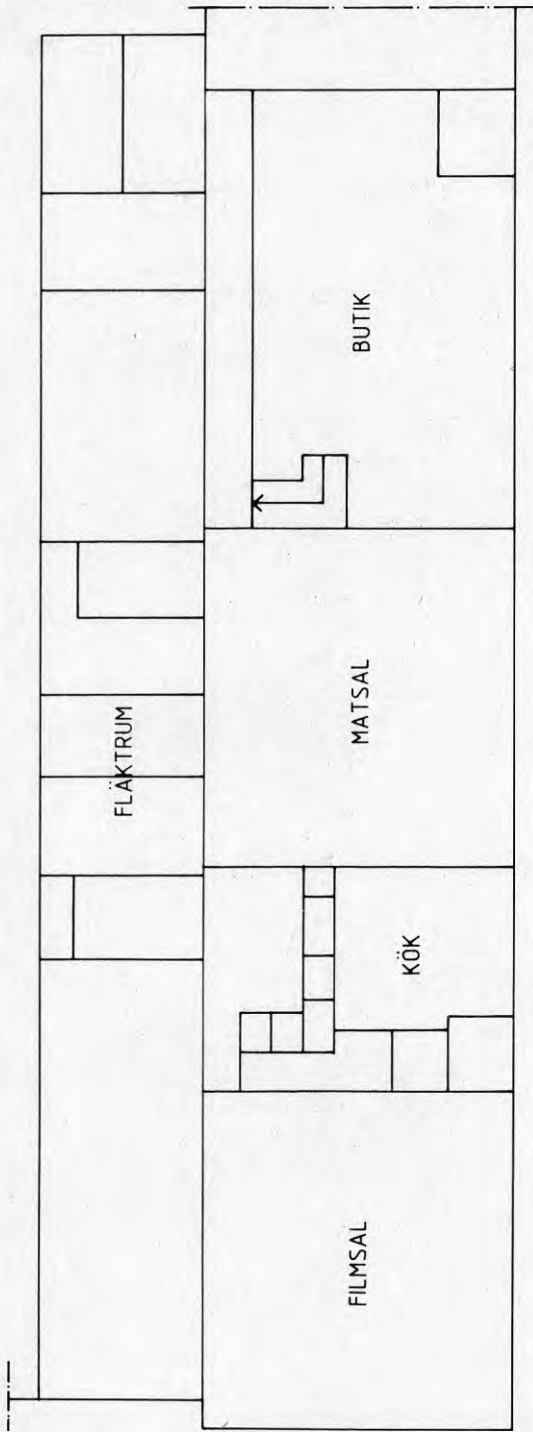
- o Kontrollera manuellt och eventuellt med registrerande mätning att fastigheterna skötes lika både med avseende på produktion och drift.
- o Utvärdera och jämför de båda fastigheternas energiförbrukning och energibesparing.

Kostnader

Projektet kan genomföras för ca 185 000 kr.

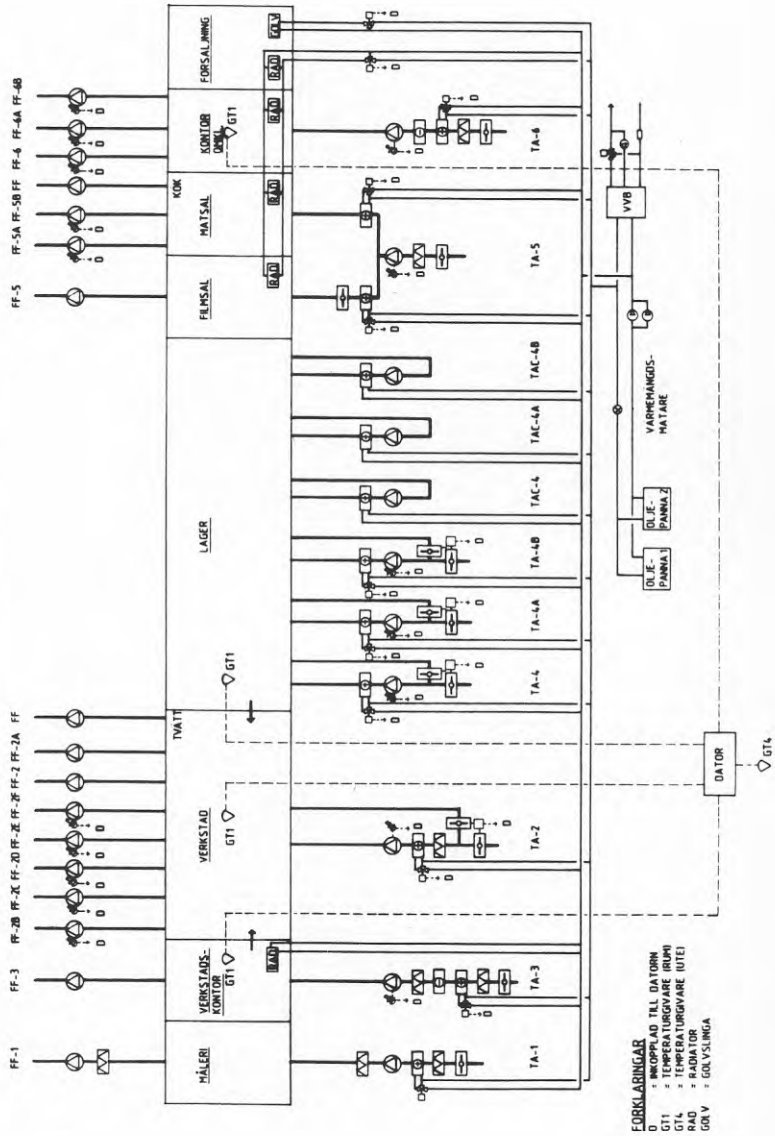
SLMA
PLAN 1



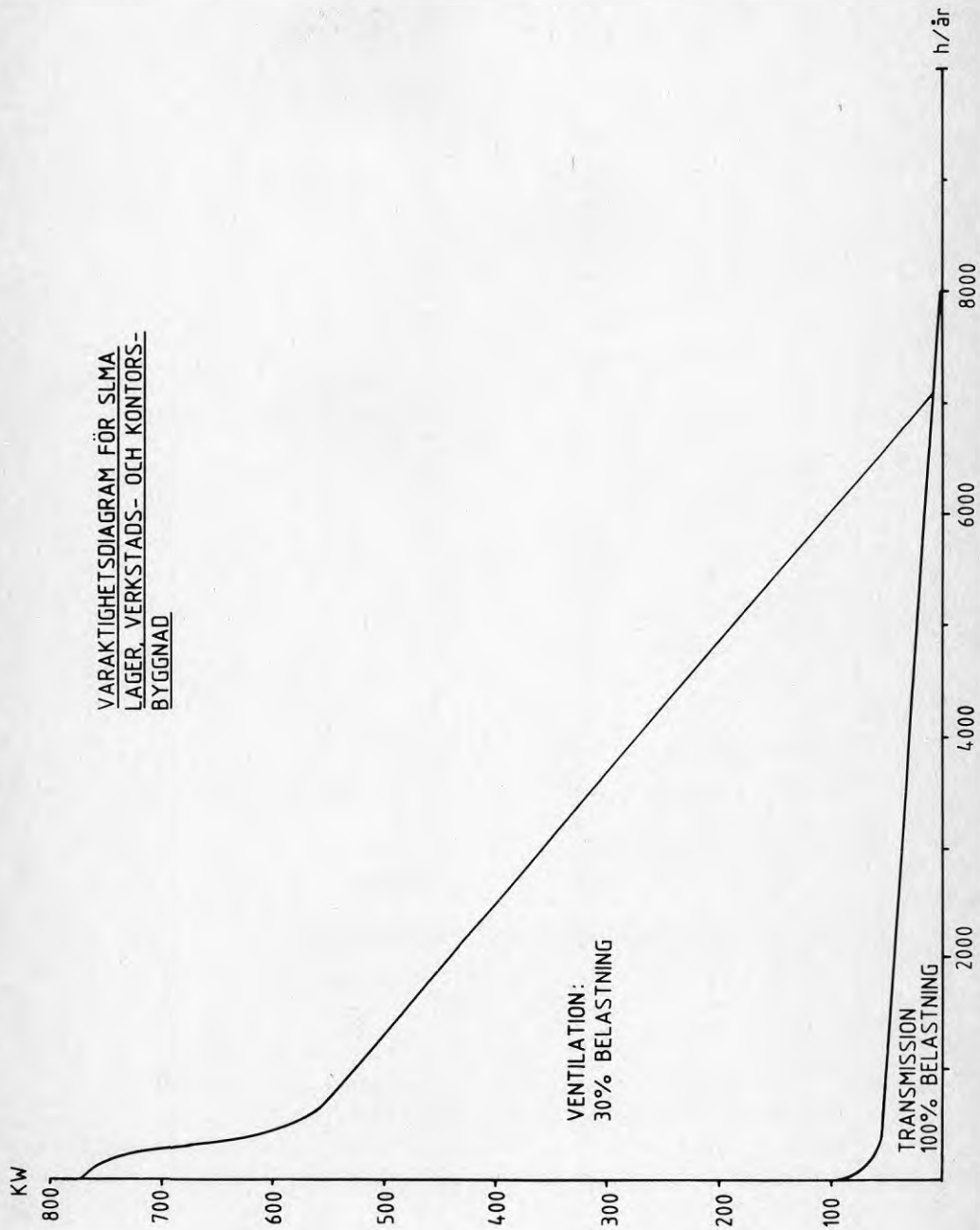


SLMA
PLAN 2

SYSTEMBILDNING



VARAKTIGHETSDIAGRAM FÖR SLMA
LAGER, VERKSTADS- OCH KONTORS-
BYGGNAD



Drifttider ventilationsanläggningen 1984

Period	Styrssystem	Zon 1	Zon 2	Zon 3	Zon 4
18/1 - 25/1	Dator	6 - 16	6 - 16	6 - 16	5 - 16
25/1 - 11/2	Dator	6 - 16	6 - 16	6 - 16	6 - 21
1/2 - 8/2	Tidur	4 - 16	4 - 16	4 - 16	3 - 17
8/2 - 15/2	Tidur	5 - 16	5 - 16	5 - 16	4 - 16
15/2 - 22/2	Dator	6 - 16	6 - 16	6 - 16	5 - 16
22/2 - 29/2	Dator	6 - 16	6 - 16	6 - 16	5 - 16
29/2 - 7/3	Tidur	6 - 16	6 - 16	6 - 16	5 - 16
7/3 - 14/3	Tidur	6 - 16	6 - 16	6 - 16	5 - 16
14/3 - 21/3	Dator	6 - 16	6 - 16	6 - 16	5 - 16
21/3 - 28/3	Dator	6 - 16	6 - 16	6 - 16	5 - 16

Zon 1 = Verkstad

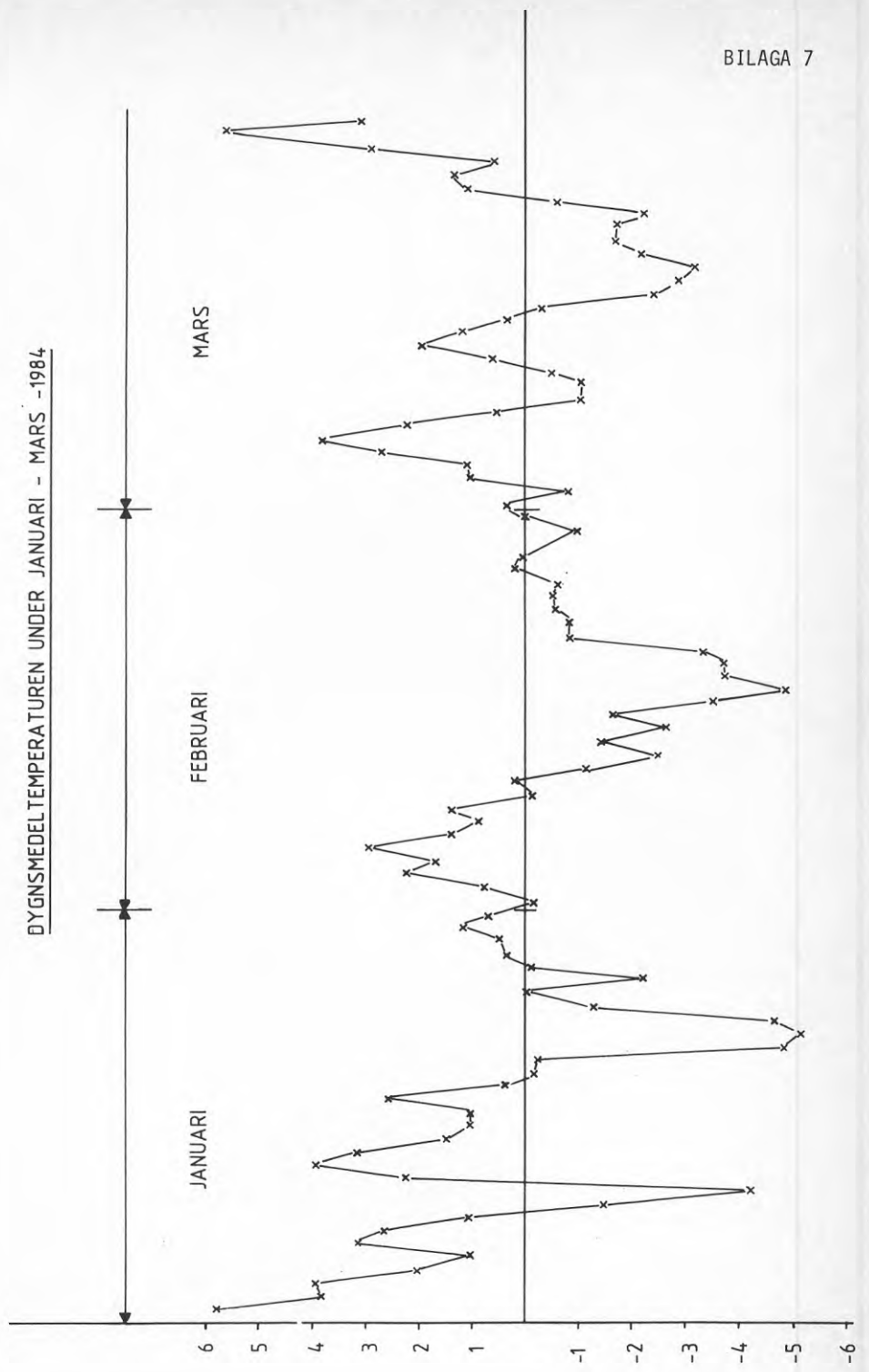
Zon 2 = Lager

Zon 3 = Verkstadskontor

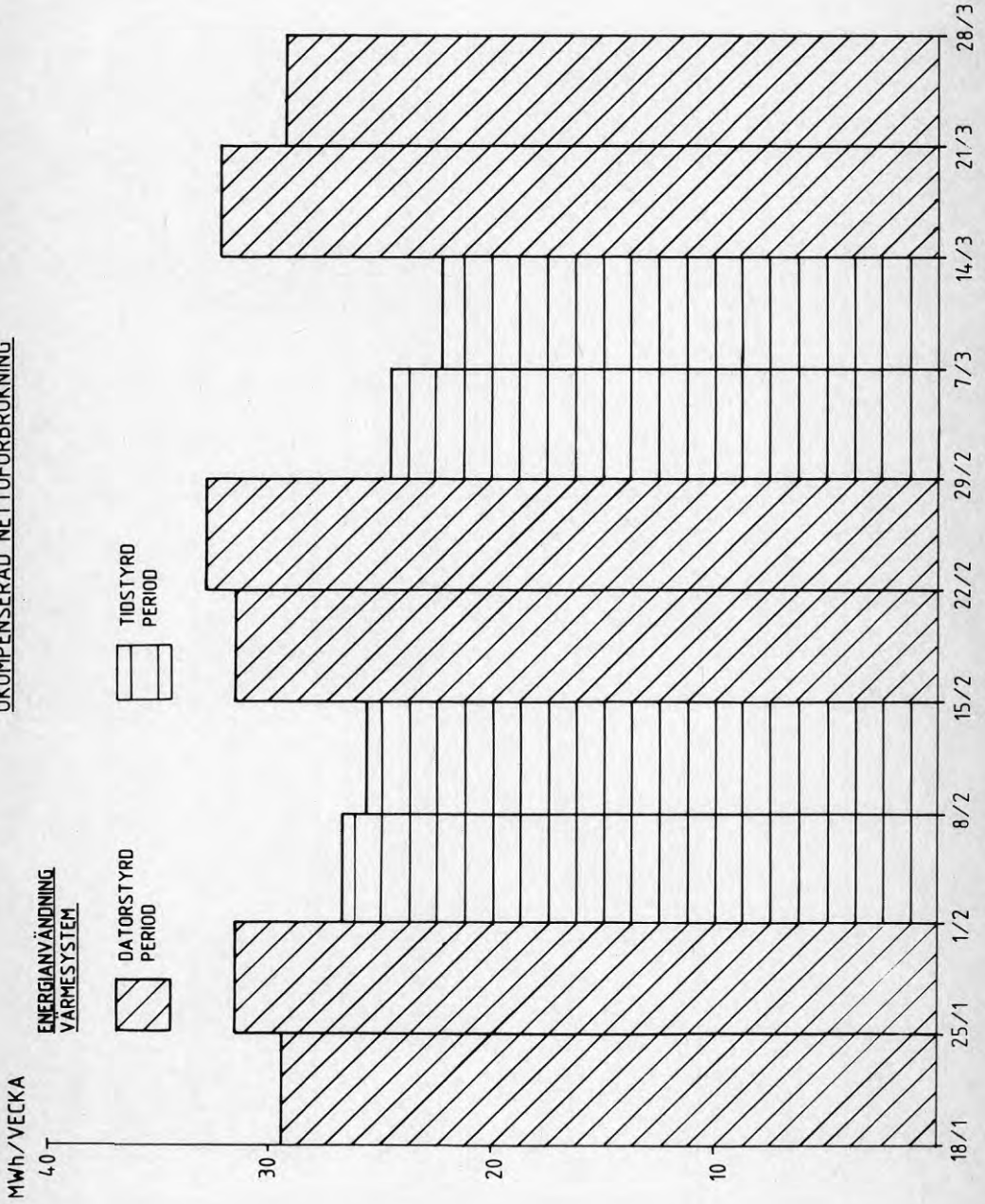
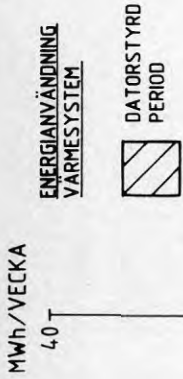
Zon 4 = Försäljningskontor

Period	Börvärden, natt 1984 (°C)			
	Zon 1	Zon 2	Zon 3	Zon 4
18/1 - 25/1	14	13	14	15
25/1 - 1/2	14	13	14	15
1/2 - 8/2	14	13	14	15
8/2 - 15/2	14	13	14	15
15/2 - 22/2	14	13	14	15
22/2 - 29/2	14	13	14	15
29/2 - 7/3	17	16	14	15
7/3 - 14/3	17	16	14	15
14/3 - 21/3	14	13	14	15
21/3 - 28/3	14	13	14	15

DYGNSTEMPELTEMPERATUREN UNDER JANUARI - MARS - 1984

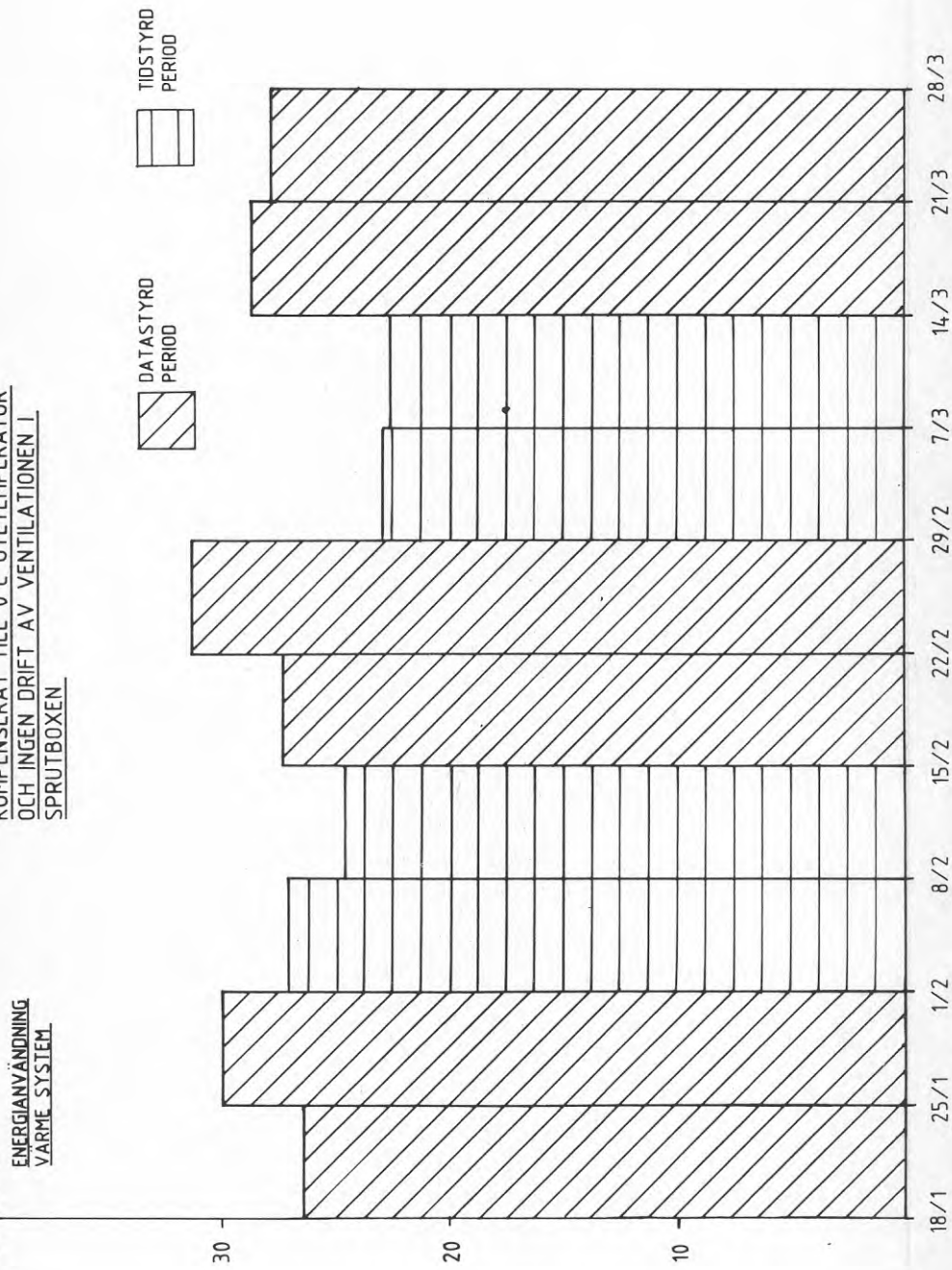


OKOMPENSERAD NETTOFÖRBRUKNING



MWh/VECKA

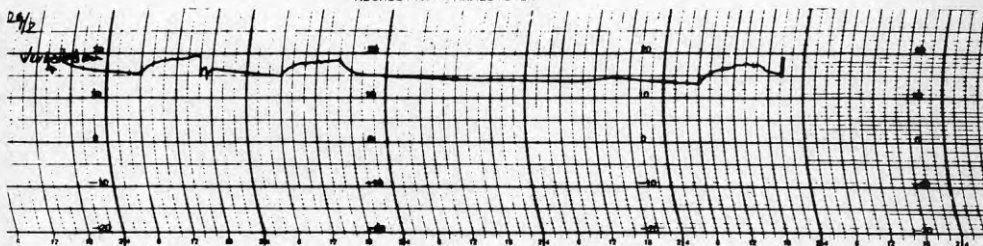
KOMPENSERAT TILL 0°C UJTETEMPERATUR
 OCH INGEN DRIFT AV VENTILATIONEN I
 SPRUTBOXEN



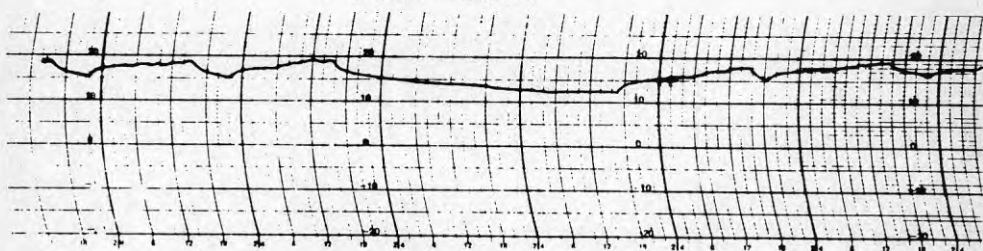
DATASTYRD PERIOD

TIDSTYRD PERIOD

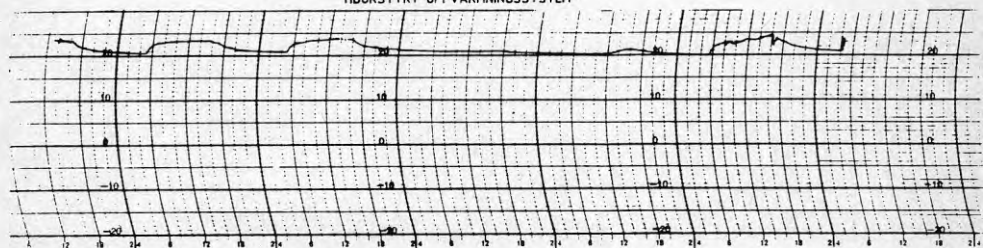
TEMPERATUR VERKSTADEN 29/2-7/3
TIDURSTYRT VÄRMESYSTEM



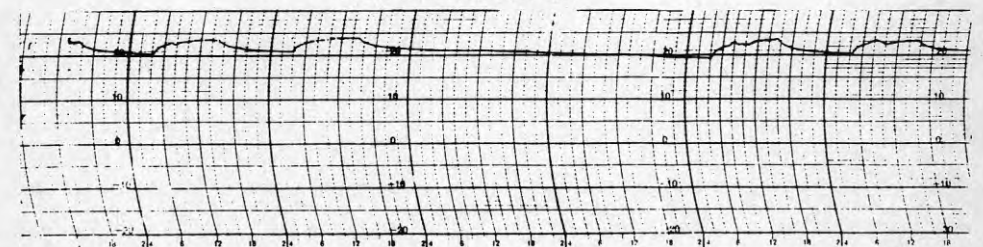
TEMPERATUR VERKSTADEN 22/2-29/2
DATORSTYRT VÄRMESYSTEM



TEMPERATUR KONTORET 29/2-7/3
TIDURSTYRT UPPVÄRMNINGSSYSTEM



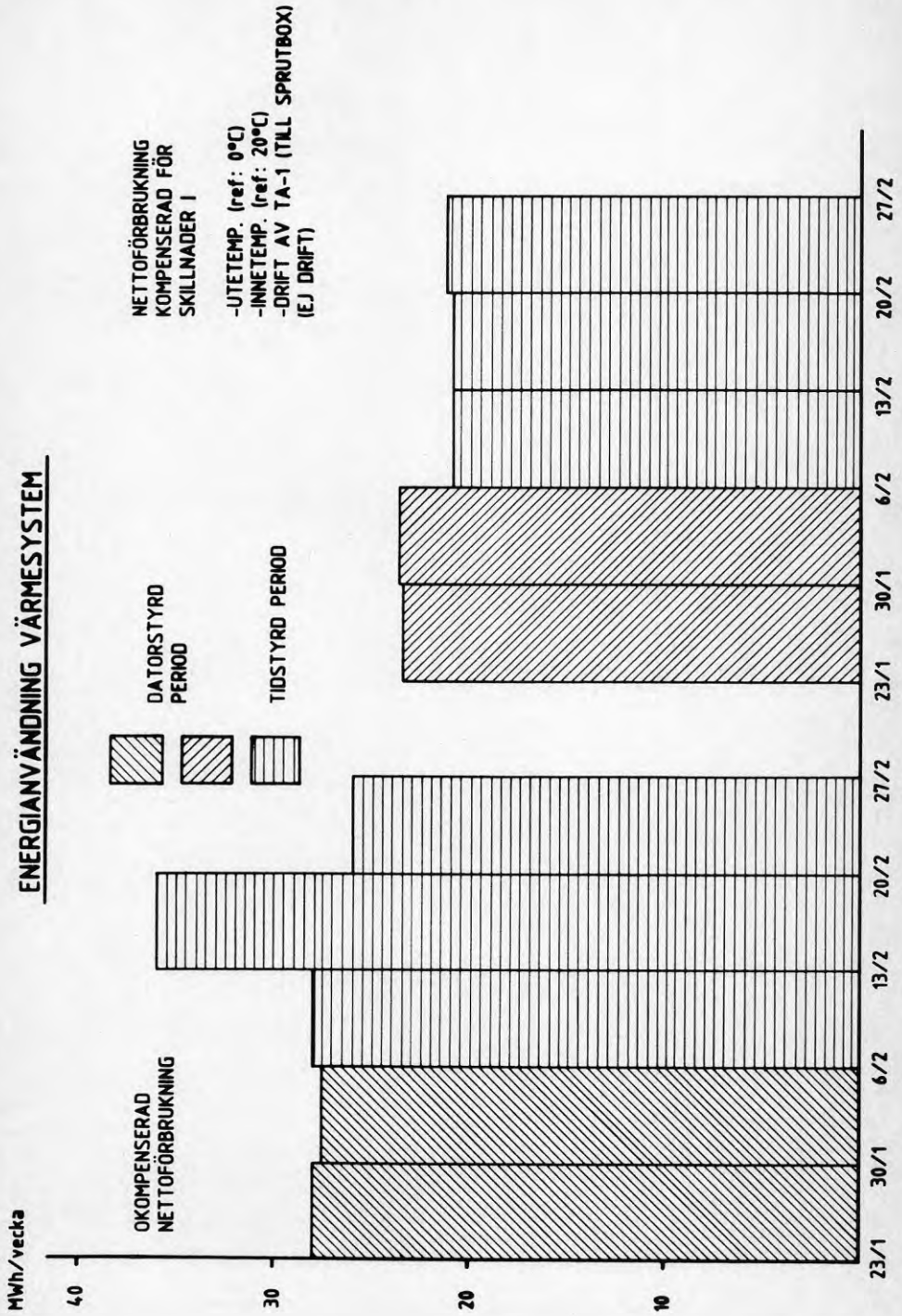
TEMPERATUR KONTORET 22/2-29/2
DATORSTYRT UPPVÄRMNINGSSYSTEM

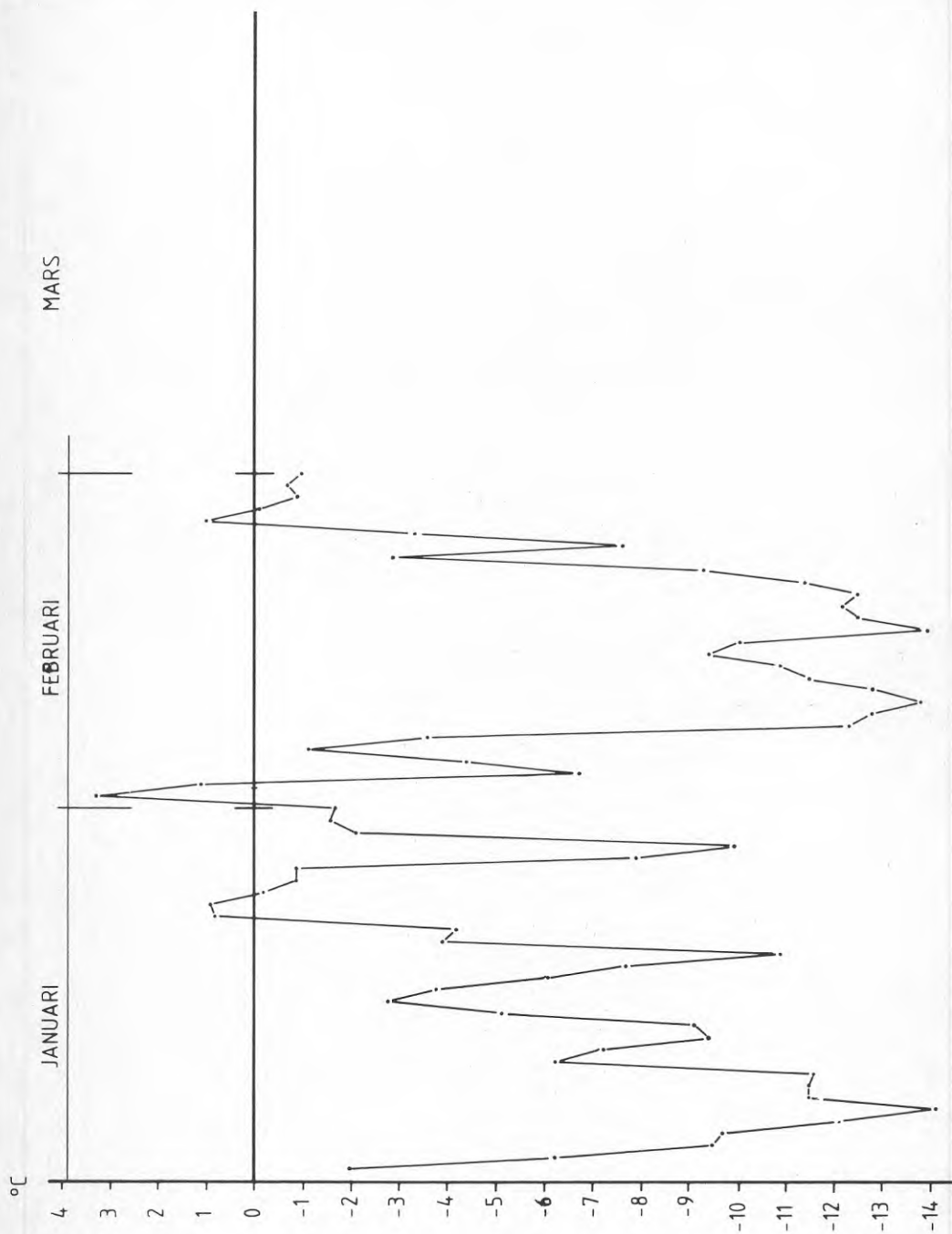


Börvärden och drifttider för klimatanläggningen under 23/1 - 27/2 1985

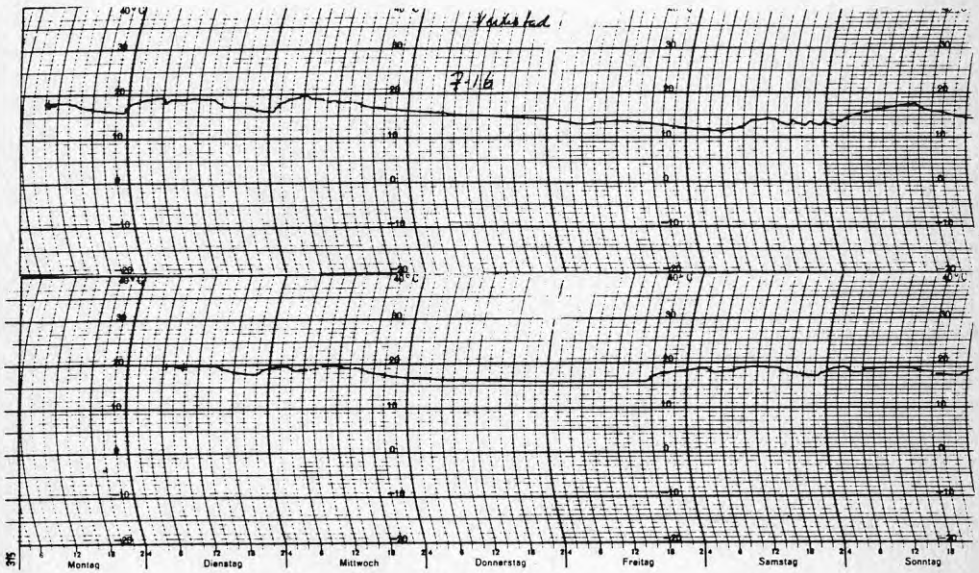
<u>Mätperiod</u>	<u>Dagbörvärde (Nattbörvärde)</u>				<u>Drifttider</u>
	kanal 1	kanal 2	kanal 3	kanal 4	
23/1 - 6/2	18(15)	18(15)	19(14)	20(15)	0700 - 1600
6/2 - 13/2	18(16)	18(16)	19(17)	20(18)	0600 - 1600
13/2 - 27/2	18(16)	18(16)	18(16)	21(18)	0600 - 1600

ENERGIANVÄNDNING VÄRMESYSTEM

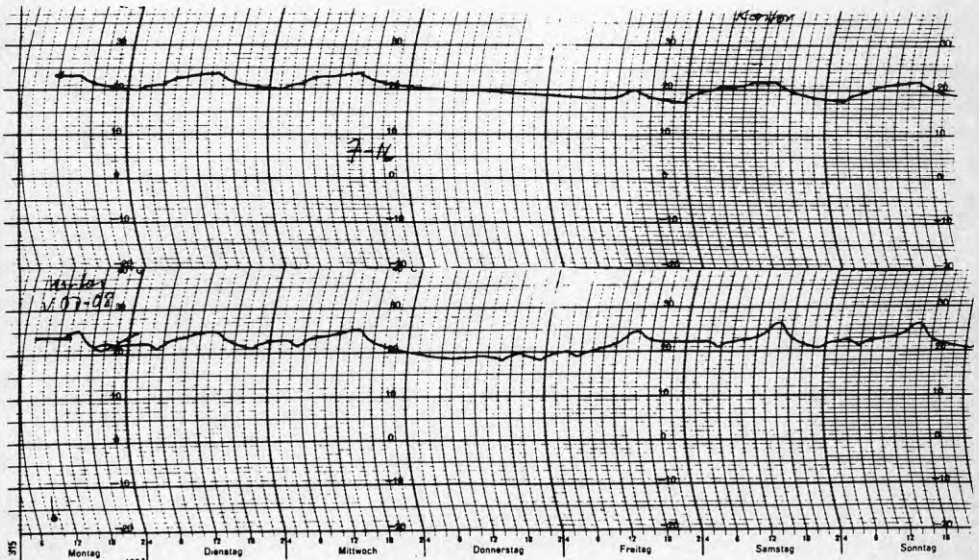




Inomhustemperatur i verkstaden
 Datorstyrd period (23/1-85 - 30/1-85) (överst)
 Tidursstyrd period (20/2-85 - 27/2-85) (underst)



Inomhustemperatur i kontoret
 Datorstyrd period 23/1-85 - 30/1-85 (överst)
 Tidursstyrd period 13/2-85 - 20/2-85 (underst)





Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 821542-6
från Statens råd för byggnadsforskning till ÅF-Energi-
konsult AB, Malmö

R3: 1987

ISBN 91-540-4676-9

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6707003

Abonnemangsgrupp:
W. Installationer

Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 7853
103 99 Stockholm

Cirkapris: 39 kr exkl moms

AV. 1/07 / Enkeltbyggnad med minimalt värmebehov