



# LUND UNIVERSITY

## Praktikfall i Reglerteknik: ICOPAL AB

Eborn, Jonas; Karlsson, Per; Panagopoulos, Hélène

1998

*Document Version:*  
Förlagets slutgiltiga version

[Link to publication](#)

*Citation for published version (APA):*

Eborn, J., Karlsson, P., & Panagopoulos, H. (1998). *Praktikfall i Reglerteknik: ICOPAL AB*. (Technical Reports TFRT-7578). Department of Automatic Control, Lund Institute of Technology (LTH).

*Total number of authors:*

3

### 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

ISSN 0280-5316  
ISRN LUTFD2/TFRT--7578--SE

# Praktikfall i Reglerteknik: ICOPAL AB

Jonas Eborn, Per Karlsson,  
Hélène Panagopoulos

Institutionen för Reglerteknik  
Lunds Tekniska Högskola  
September 1998

|  |  |                          |
|--|--|--------------------------|
| <b>Department of Automatic Control</b><br><b>Lund Institute of Technology</b><br><b>Box 118</b><br><b>S-221 00 Lund Sweden</b>   | <i>Document name</i><br>TECHNICAL REPORT             |                          |
|  | <i>Date of issue</i><br>September 1998               |                          |
|  | <i>Document Number</i><br>ISRN LUTFD2/TFRT--7578--SE |                          |
| <i>Author(s)</i><br>Jonas Eborn, Per Karlsson and Hélène Panagopoulos  | <i>Supervisor</i>                                    |                          |
|  | <i>Sponsoring organisation</i>                       |                          |
| <i>Title and subtitle</i><br>Praktikfall i Reglerteknik: ICOPAL AB   |  |                          |
| <i>Abstract</i><br><p>This is a report from one of the groups in the course <i>Praktikfall i Reglerteknik</i> (Case-studies in Control) which was held in the spring term 1998. The goal of the course was to get practical experience of industrial control systems. On a number of visits to a company a chosen process section was studied. Tore Hägglund was supervisor and responsible for the course. This report deals with a heat exchanger process for heating asphalt at ICOPAL AB in Malmö.</p> |  |                          |
| <i>Key words</i>   |  |                          |
| <i>Classification system and/or index terms (if any)</i>   |  |                          |
| <i>Supplementary bibliographical information</i>   |  |                          |
| <i>ISSN and key title</i><br>0280-5316   |  | <i>ISBN</i>              |
| <i>Language</i><br>Swedish   | <i>Number of pages</i><br>13                         | <i>Recipient's notes</i> |
| <i>Security classification</i>   |  |                          |

The report may be ordered from the Department of Automatic Control or borrowed through:  
 University Library 2, Box 3, S-221 00 Lund, Sweden  
 Fax +46 46 222 44 22 E-mail ub2@ub2.lu.se

## Innehåll

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. Inledning</b> . . . . .  | <b>3</b>  |
| Företaget Icopal AB . . . . .  | 3         |
| Målsättning . . . . .  | 3         |
| <b>2. Uppgift</b> . . . . .  | <b>3</b>  |
| Från asfalt till takpapp - En kort beskrivning av processen. . . . . | 3         |
| Reglerproblemet 1 - mellanbehållarna . . . . .                       | 4         |
| Reglerproblemet 2 - värmeväxlaren . . . . .                          | 4         |
| <b>3. Förfarande</b> . . . . .                                       | <b>5</b>  |
| Inkoppling . . . . .   | 5         |
| Analys . . . . .   | 5         |
| <b>4. Erfarenheter</b> . . . . .                                     | <b>6</b>  |
| Förberedelser: . . . . .   | 6         |
| På plats: . . . . .  | 7         |
| Lärdom: . . . . .  | 7         |
| <b>A. Process-schema över asfalt-värmeväxlare</b> . . . . .          | <b>8</b>  |
| <b>B. Reglerscheman över två delprocesser</b> . . . . .              | <b>9</b>  |
| Temperaturreglering av mellanbehållare . . . . .                     | 9         |
| Temperaturreglering av asfalt till SBS-kvarn . . . . .               | 9         |
| <b>C. Översiktsplot, tidsintervall 1-3</b> . . . . .                 | <b>10</b> |
| <b>D. Översiktsplot, tidsintervall 4</b> . . . . .                   | <b>11</b> |
| <b>E. Detaljplot autotuning, tidsintervall 3</b> . . . . .           | <b>12</b> |

## 1. Inledning

Det här är en rapport från en av grupperna i kursen *Praktikfall i Reglerteknik* som genomfördes under våren 1998. Kursen gick ut på att skaffa sig praktisk erfarenhet av industriella reglersystem genom att vid ett antal besök studera ett utvalt processavsnitt på ett företag. Tore Hägglund var handledare och höll i kursen. Kontaktperson på ICOPAL AB, som studerades av gruppen bakom denna rapport, var Lars-Erik Wallin.

### Företaget Icopal AB

Icopal AB är ett företag i en internationell koncern som har omkring 3000 medarbetare och omsätter cirka 5 miljarder kronor. Koncernen har moderbolag i Danmark och dotterbolag i Sverige, Norge, Finland, Tyskland, Frankrike, England och USA. Tätskikt och andra produkter för tak och takentreprenad är den gemensamma nämnaren för hela koncernen. Andra viktiga affärsområden i den internationella verksamheten är anläggning av vägar och produktion av plaströr och folier.

Icopal startade verksamheten i Sverige 1915. Företaget har idag c:a 230 anställda i landet och en omsättning på c:a 350 miljoner kronor. Kärnan i verksamheten för Icopal AB är tätskikt för yttertak samt takentreprenad.

### Målsättning

Projektet består i att undersöka ett företags reglersystem och att studera en del av detta med hjälp av mätningar och eventuellt förbättra regleringen. Undersökningen utfördes hos företaget Icopal som tillverkar bl.a. takpapp. Icopal är i en övergång från att ha använt ett reglersystem från Alfa Laval Automation till ett Siemens-system. Regulatorerna i företagets processer är samtliga av PID-typ.

## 2. Uppgift

### Från asfalt till takpapp - En kort beskrivning av processen.

Asfalten kommer i flytande form, uppvärmd till c:a 150 °C, i tankbilar för att sedan lagras i uppvärmda tankar. Från dessa tankar leds asfalten till en hetolje-värmeväxlare så att asfalten värms upp till önskade 190 °C, varefter asfalten blandas med gummimassa i en SBS-kvarn, se bilaga A. En mixer används för att blanda i 40-45 % kalk. Kapaciteten hos denna mixer är c:a 6-8 ton/h. Kalken är förvärd till c:a 70-80 °C, det vill säga en betydligt lägre temperatur än asfaltens. Asfaltblandningen lagras därefter i mellanbehållare som är temperaturreglerade med hjälp av hetolja. Från mellanbehållarna går asfaltblandningen vidare till impregnering och beläggning i coater. Två olika coaters används, en med sandbaksida och en som smälter på taket. Efter denna beläggning kyls den och beläggs med sand och papp.

Flera mellanbehållare används, varav endast en är utrustad med kylning. Asfalttemperaturen i denna mellanbehållare toleransbandsregleras, med hjälp av en PI-regulator, se bilaga B. Dessutom regleras asfaltnivån i mellanbehållaren med hjälp av tryckgivare på ett av dess tre stödben, vilket kräver att man känner till temperaturen och densiteten hos asfaltblandningen.

## Reglerproblemet 1 - mellanbehållarna

Företagets anser sig inte ha några större reglerproblem. En process som dock kunde vara värd att studera är temperaturreglering av asfaltblandningen i mellanbehållarna. Temperaturen i senare process-steg, det vill säga impregnerings- och coatingstegen, bestäms av mellanbehållarnas temperatur. Asfalten värms med hjälp av hetolja. Ventilerna som styr hetoljeflödet ligger i allmänhet på öppningsgrader i området 0-15 %. Alltså är ventilerna överdimensionerade, vilket försvårar temperaturregleringen. En ytterligare komplikation är att ställdonen till dessa ventiler är stegmotorer med en noggrannhet på 1% och avsevärt glapp. Som synes i bilaga B finns två mätsignaler att tillgå, en i hetoljeflödet och en i behållaren. Av praktiska skäl används endast oljetempgivaren, trots att det egentligen är den andra temperaturen man vill reglera på, eftersom givare 2 är opålitlig vid låga asfaltnivåer. Detta är ett typexempel på den typ av praktiska kompromisser som görs.

Det första reglerproblemet vi avsåg att undersöka var alltså temperaturregleringen av asfaltblandningen i mellanbehållaren. Detta är ett ganska svårstuderat reglerproblem. För det första så vägs massan hos mellanbehållaren med hjälp av en lastcell på ett av tre ben vilket leder till stor osäkerhet i mätningen. För det andra är regleringen långsam, den maximala tiden för att öka temperaturen från 150 till 180 °C i denna mellanbehållare är två timmar. Slutligen, det egentliga reglerproblemet visar sig relativt sällan, nämligen endast efter längre driftstopp, till exempel efter en helg.

## Reglerproblemet 2 - värmeväxlaren

Istället för ovanstående långsamma problem, bestämdes att vi skulle undersöka temperaturregleringen av asfalten som kommer direkt från tankarna, det vill säga innan gummi och filler(kalk) blandas i asfalten. Asfalten värms upp då den passerar en värmeväxlare, genom att man reglerar mängden hetolja in till värmeväxlaren, se bilaga B. Hetoljan från panncentralen håller en temperatur på ca 255 °C och den önskade asfalttemperaturen är 190 °C. Flödet av hetolja genom värmeväxlaren bestäms av en pump och är i princip konstant, 30 m<sup>3</sup>/h. För att få en lagom temperatur i värmeväxlaren måste hetoljan då återcirkuleras, vilket kallas bypass-reglering. Mängden färsk hetolja som kommer med i flödet bestäms av en trevägsventil som styrs med trepunktsreglering.

Processen kaskadregleras i en ECA 400, där yttre loopen reglerar på asfalttemperaturen ut ur värmeväxlaren och inre loopen reglerar på hetoljetemperaturen in till värmeväxlaren. Det finns möjlighet att framkoppla asfalttemperaturen in, men den funktionen används inte. Dessutom finns möjlighet att flytta temperaturgivaren på inkommande hetolja till utgående. Ett problem med dokumentationen var att processschemat vi fick, visade att hetoljans uttemperatur användes för reglering, vilket teoretiskt borde vara bättre. I själva verket användes hetoljans intemperatur, anledningen till detta sades vara att det gett bättre resultat praktiskt.

Temperaturgivarna i reglersystemet är samtliga av typ PT-100, dvs resistiva, men med mätomvandlare som ger 4-20 mA, vilket i vårt fall motsvarar mätområde 0-300 °C. Förutom temperaturgivarna finns en resistiv ventillägesgivare för trevägsventilen. Styrsignalen kunde inte tas från ECA-regulatorn eftersom denna vid trepunktsreglering endast skickar ut inkrementella signaler.

Asfalten blandas med gummimassan i batcher, och för att säkerställa att temperaturen inte ökar i värmeväxlaren mellan batcherna så används en för-

regling. Denna ligger utanför ECA-regulatorn och ser alltså till att hetolje-ventilen stängs helt då asfaltpumpen står stilla. Detta ställde till flera problem under våra mätningar som skulle visa sig. Dels måste mätningarna ske medan batchen körs dvs på mindre än en timme efter själva uppstarten registrerats, dessutom fungerade inte förreglingen som den skulle.

### 3. Förfarande

#### Inkoppling

För att undersöka processen anslöts mätsignalerna till en AAC-logger. Ett problem med strömsignaler är att dessa inte kan mätas direkt utan att bryta strömslingan. I vårt fall löstes problemet relativt enkelt då Tore visste att överingångarna på regulatorn är kopplat en resistans på 250  $\Omega$ , vilket ger mätsignaler i området 1-5 V. Vidare kopplades framkopplingen in för att kunna mäta asfalttemperatur in, men inga regulatorparametrar bestämdes för den. Överhuvudtaget gick inkoppling och uppstart av logger och dator väldigt snabbt och smidigt. De loggade mätsignalerna var; temperatur på asfalt in och ut, temperatur på hetolja in, samt ventilläget hos trevägsventilen i procent.

#### Analys

För analys av processen har fyra intressanta tidsintervall valts ut.

Det första tidsintervallet, [12.02, 13.05], inleds precis efter en avslutad batch, se bilaga C. Eftersom asfaltflödet är lågt, mäter givaren på asfalten in istället temperaturen inuti värmeväxlaren. Som syns i figuren så stiger denna temperatur kraftigt efter batchens slut, vilket är precis det som förreglingen av ventilläget skulle hindra. I samma figur syns att ventilläget är 0 %, vilket alltså motsvarar att hetoljan från panncentralen leds direkt in i värmeväxlaren. Trots att detta var precis tvärtemot önskat beteende insåg vi inte detta, utan nöjda med att inkopplingen gått så smidigt tog vi lunch. Värmeväxlaren värms under tiden upp till 240 °C.

Det andra tidsintervallet, [13.05, 14.00], startar när nästa batch kommer igång, se bilaga C. Eftersom asfaltflödet nu är större än noll, så motsvarar temperatursignalen på asfalt in inte längre värmeväxlartemperaturen. Därför sjunker denna mätsignal kraftigt till den temperaturnivå som asfalten i tankarna håller. Hetoljan och hela värmeväxlaren har hög temperatur från början vilket ger en mycket stor översläng i asfalttemperatur ut. Den svängiga regleringen av hetoljetemperaturen direkt efter överslängen gör att vi misstänker att regulatorparametrarna i inre reglerloopen är felaktiga.

Under det tredje tidsintervallet, [14.00, 14.22], utförs auto-tuning av den inre reglerloopen. Båda looparna ställs i manuellt läge vid tiden 14.00, se bilaga E. ECA 400 regulatorn stödjer autotuning med Ziegler-Nichols relämetod för slutna system. De tidigare inställda parametrarna är framtagna med samma metod. Reläsvängningarna syns i figuren mellan 14.05 och 14.10. Försöket leder till att förstärkningen,  $K$ , sätts till 12 mot tidigare värde på 1.28.  $T_i$  och  $T_d$  får likaså andra värden men avvikelserna mot de tidigare är inte alls så stora. Något misstänks ha gått fel, gränssvängningarna fortsätter, så  $K$  sätts åter till 1 vid tiden 14.18. Problemen med tuningen kan ha att göra med att trepunktsreglering, dvs en inkrementell algoritm, användes i den inre loopen. Detta har vi dock inte kunnat avgöra.

Efter tuningen är batchen klar. Den här gången går det riktigt galet, värmewäxlaren kokar nämligen över då temperaturen och därmed trycket blir alltför högt. Orsaken till detta är att förreglingen inte fungerar. När vi inser att värmewäxlaren läcker pga överhettning stänger vi ventilen manuellt via ECA-regulatorn. Något senare stänger processoperatören också av hetoljepumpen. Anledningen till att värmewäxlaren började läcka nu och inte vid det första tillfället kan vara att något olika kvaliteter på asfalt användes. Enligt operatören var asfalten nu tunnare, mer som vägasfalt. Under uppehållet mellan batcherna försökte vi avgöra vad felet var, regulatorns svar på förreglings-signalen från PLC-systemet som styrde asfaltpumpen testades etc. Vi kunde dock inte lösa problemet, en av anledningarna till detta är naturligtvis att driftspersonalen inte är insatta i hur systemet är konstruerat då detta är gjort av externa konsulter.

Det fjärde tidsintervall, [16.20, 17.02], inleds med en ny batch, se bilaga D. Hetoljetemperaturen har i detta fallet ett lägre begynnelsevärde än i föregående fall, vilket ger ett betydligt lugnare insvägningsförlopp. Dessutom är hetoljepumpen avstängd i början så att asfalten får kyla värmewäxlaren. Vid inkoppling av pumpen 16.36 fås ett snyggt stegsvar i hetoljetemperatur och regleringen betar sig lugnare. Detta tyder på att den ändrade integraltiden,  $T_i$  ökades vid tuningen från 45 till 100s, gav en bättre inställd sekundärregulator. Under denna batch verkar uppvärmingskapaciteten inte räcka till riktigt, asfalttemperaturen ligger under börvärdet 190 °C från 16.40 trots en hög hetoljetemperatur. Vi provade då att minska asfaltflödet från 7 till 6 ton/h. Detta resulterade i temperaturökningen mellan 16.56 och 17.00.

Observera att i slutet på denna batch fungerar inte förreglingen heller, vilket leder till att pumpen återigen stängs av och att ventilen måste manövreras manuellt. För att undersöka om vår mätning på något sätt orsakat att förreglingen inte fungerar så tar vi bort loggerns mätsignaler och framkopplingen av asfaltens intemperatur. Det visar sig att efter dessa åtgärder fungerar förreglingen återigen. Än idag vet vi inte vad som orsakade funktionsbortfallet under mätningen. Om vi haft ytterligare tid till förfogande hade vi kunnat undersöka exakt vilken inkoppling som gav upphov till problemet. Den enda förändring av systemet som gjordes vid inkopplingen var ju att framkopplings-signalen lades på regulatorn, eftersom förstärkningen från denna var ställd på 0 borde detta inte ge något problem. Att mätningarna skulle kunna ge några problem är också svårt att förstå.

## 4. Erfarenheter

Följande erfarenheter gjordes av gruppen under deras två besök på Icopal:

### Förberedelser:

- Läs igenom anteckningar från tidigare besök, erhållna flödesscheman.
- Vilken miljö skall jag arbeta i? Behövs smutstätliga kläder?
- Vilken utrustning behöver jag? Bra att ha är penna, anteckningsblock och miniräknare. Vid mätningar behövs PC, logger, multimeter, kablar, skruvmejslar och tejp. Gärna frigolit eller dylikt att montera kablar på.
- Försök planera försök som ska genomföras, var beredd på att planerna kan behöva ändras på plats.



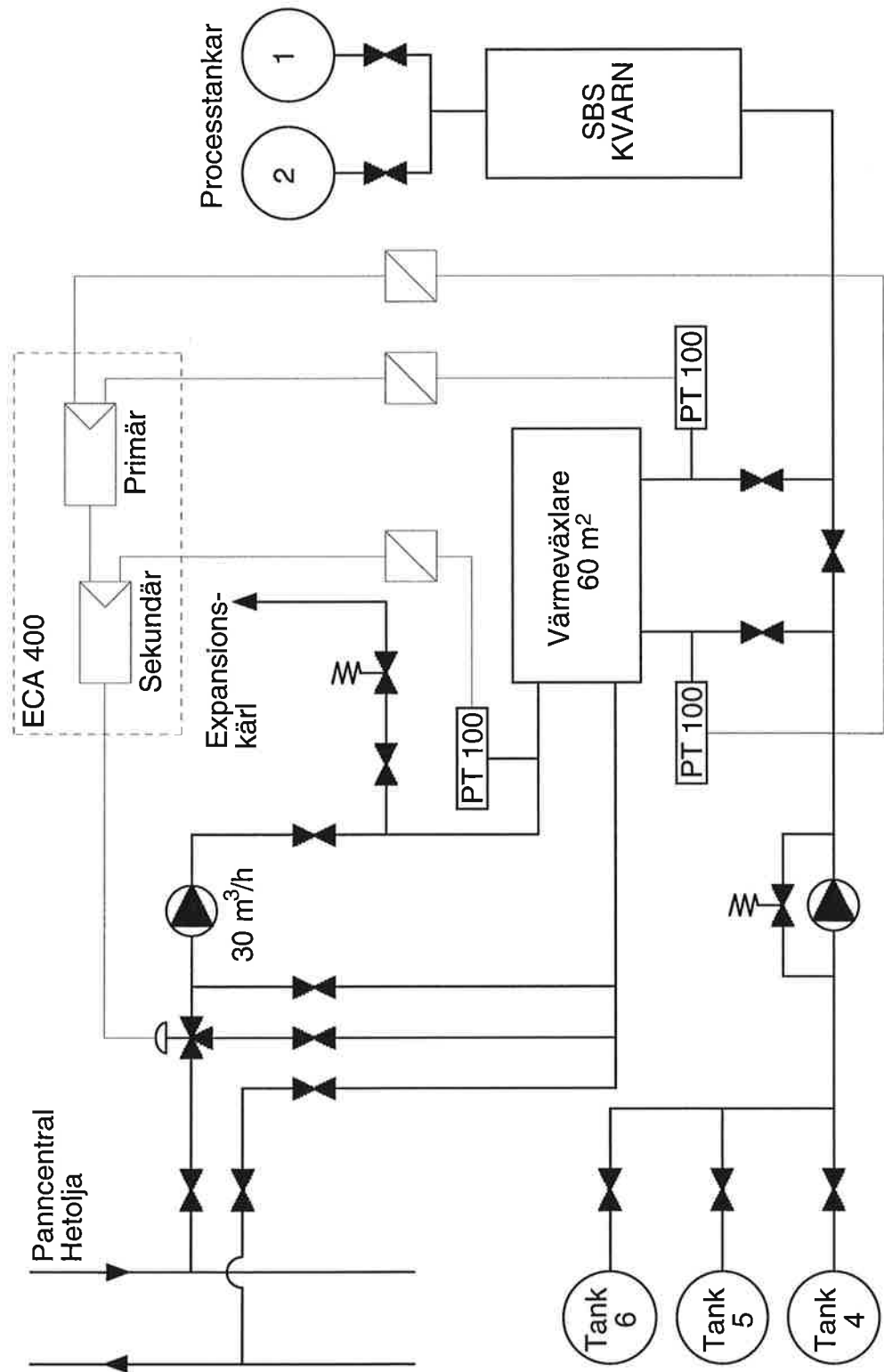
**På plats:**

- Begär senaste dokumentation om processen och regulatorerna samt fråga ut operatörerna så mycket som möjligt. Ta reda på vem som kan hjälpa dig om något oväntat inträffar.
- Vid mätning, var noga att kalibreringen av signalerna blir korrekt.
- För anteckningar hela tiden på viktiga och oviktiga händelser. Notera avvikande beteende. Försök att hitta förklaringen innan du går vidare.
- När det oväntade inträffar kontakta personalen omedelbart, så att ej större skada än nödvändigt sker.

**Lärdom:**

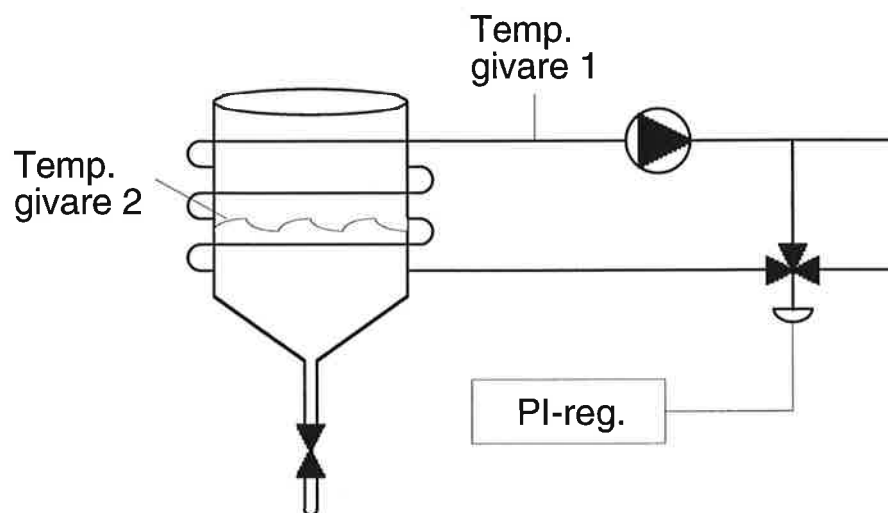
- Det går inte alltid som man har tänkt sig!

## A. Process-schema över asfalt-varmeväxlare

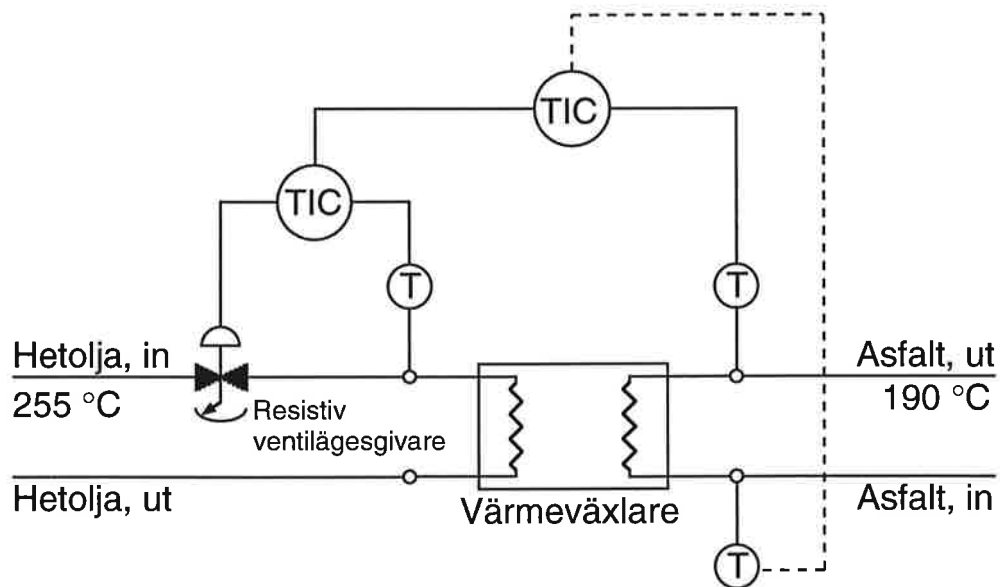


## B. Reglerscheman över två delprocesser

### Temperaturreglering av mellanbehållare

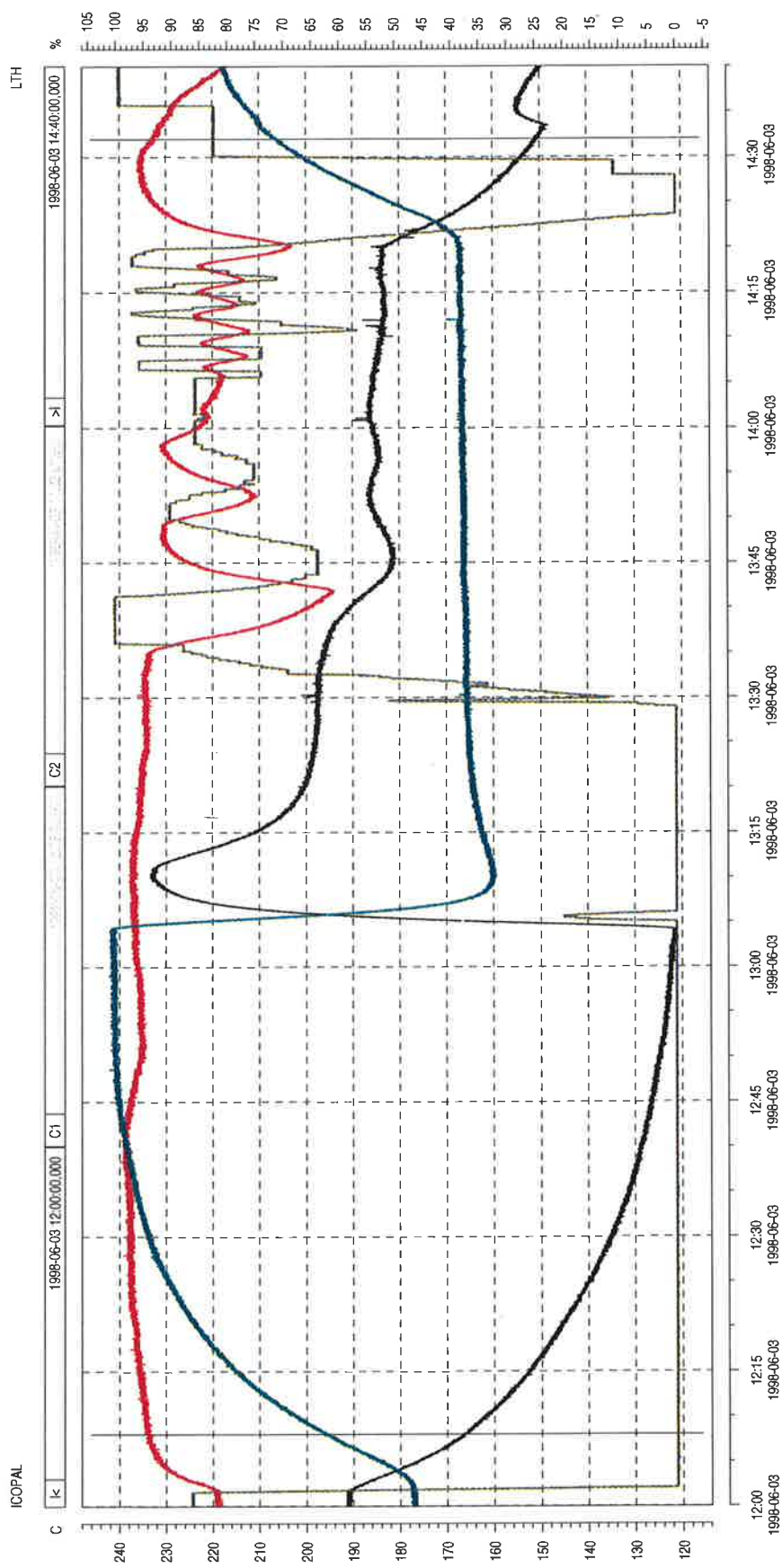


### Temperaturreglering av asfalt till SBS-kvarn



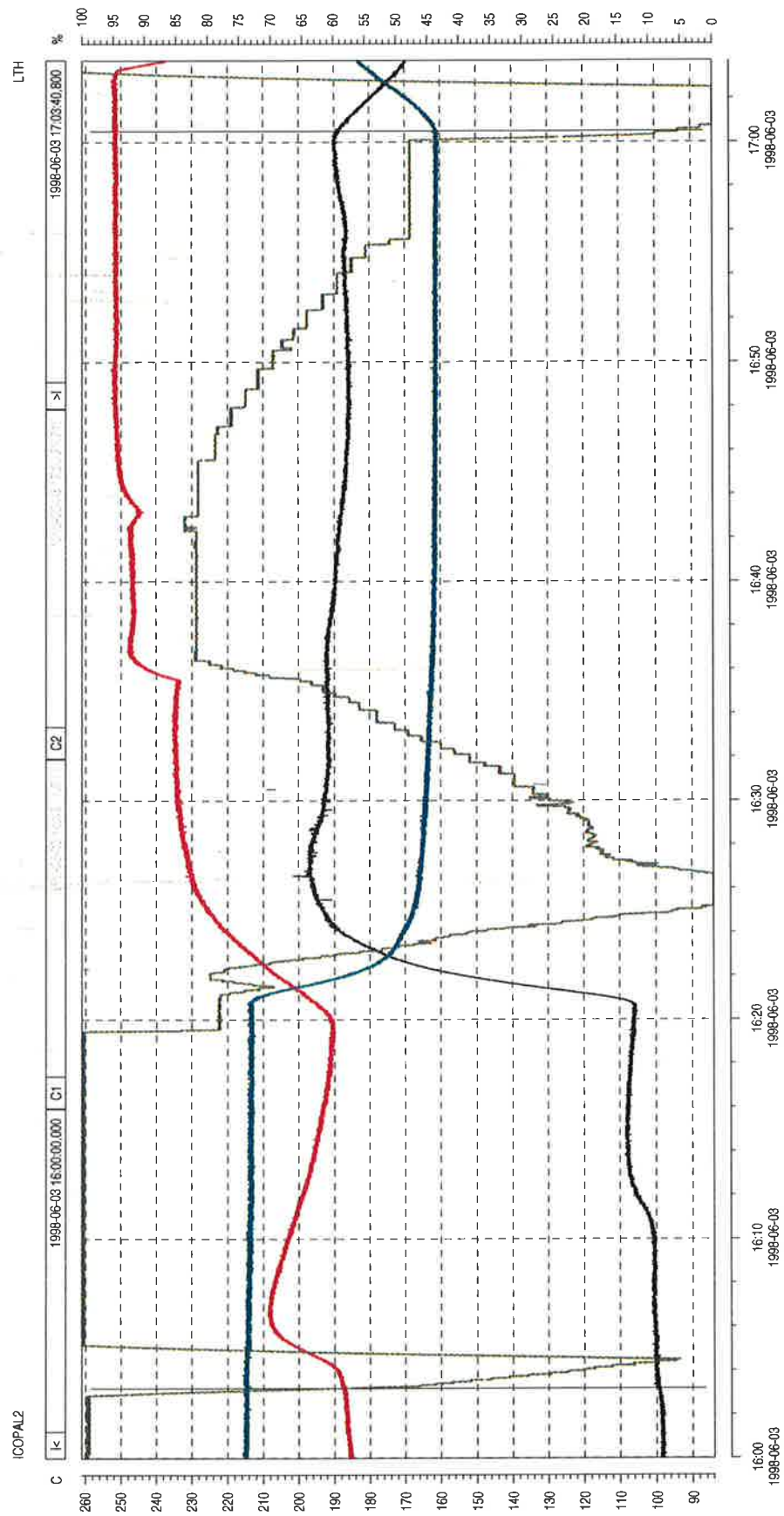
## C. Översiktsplot, tidsintervall 1-3

| Färg | Emnet | ID | Typ  | Benämning | Markör 1 | Markör 2 | Med    | Min    | Max    |
|------|-------|----|------|-----------|----------|----------|--------|--------|--------|
| 001  | C     | 01 | inom | Asfalt ut | 166,20   | 149,92   | 167,87 | 120,90 | 238,40 |
| 002  | C     | 02 | inom | Olja in   | 233,10   | 232,72   | 239,70 | 193,88 | 239,85 |
| 003  | C     | 03 | inom | Asfalt in | 195,75   | 205,57   | 194,06 | 159,52 | 242,10 |
| 005  | %     | 05 | inom | Ventil    | -0,00    | 82,53    | 33,19  | -0,27  | 100,38 |



## D. Översiktsplot, tidsintervall 4

| Färg | Enhet | ID | Typ | Benämning | Markör 1 | Markör 2 | Med    | Min    | Max    |
|------|-------|----|-----|-----------|----------|----------|--------|--------|--------|
| 001  | C     | 01 | mom | Asfalt ut | 99,38    | 186,47   | 159,26 | 97,50  | 201,67 |
| 002  | C     | 02 | mom | Olja in   | 187,05   | 251,55   | 226,75 | 184,42 | 292,67 |
| 003  | C     | 03 | mom | Asfalt in | 214,57   | 161,40   | 180,82 | 160,27 | 215,70 |



## E. Detaljplot autotuning, tidsintervall 3

| Färg | Enhet | ID | Typ  | Benämning | Märköt 1 | Märköt 2 | Med    | Min    | Max    |
|------|-------|----|------|-----------|----------|----------|--------|--------|--------|
| 001  | C     | 01 | inom | Asfalt ut | 197,55   | 183,90   | 186,57 | 179,02 | 200,92 |
| 002  | C     | 02 | inom | Olja in   | 234,60   | 219,15   | 219,81 | 193,88 | 236,10 |
| 003  | C     | 03 | inom | Asfalt in | 165,60   | 165,97   | 166,26 | 164,85 | 168,72 |
| 005  | %     | 05 | inom | Ventil    | 61,77    | 97,10    | 80,98  | 11,61  | 100,38 |

