

TFRT-5070

EN STUDIE AV  
NÅGRA SVENSKA  
PROCESSDATOR INSTALLATIONER

TILLHÖR REFERENSBIBLIOTEKET  
UTLÄNAS EJ

RAPPORT RE -70

TEKNISKA HÖGSKOLAN I LUND  
REGLERINGSTEKNIK  
EXAMENSARBETE 1969  
AV  
THOMAS BRUNKSTEDT  
ULF SILVÉN

EN STUDIE AV NÅGRA SVENSKA PROCESSDATORINSTALLATIONER

Thomas Brunkstedt

Ulf Silvén

Tekniska Högskolan i Lund  
Institutionen för Reglerteknik  
Examensarbete 1969

Ansvarig handledare: Gustaf Olsson

## ABSTRACT

This MS thesis work is based on contacts, which have been established between the Division of Automatic Control at Lund Institute of Technology and six process industries, cement and paper plants, in Sweden during 1969.

The purpose of this work has been to gain some detailed information about process computer installations. We have especially been interested in problems concerning system complexity, process dynamics, software and control strategies.

We have also tried to get information of the goal of the installation of the industry's point of view.

The presentation is a collection of the answers of about 200 questions given to the process engineers at the installation.

A fair comparison of the different installations is impossible to do, because of the very different complexities and control purposes.

## REFERAT

Detta examensarbete bygger på kontakter med sex svenska industrier under sommaren och hösten 1969.

Avsikten har varit att mer i detalj studera företagens processdatorinstallationer. Av speciellt intresse har varit frågor rörande processdynamiken och att få en uppfattning om systemets komplexitet och syftet med styrningen.

Cement- och pappersindustrier har studerats.

Cementföretagen var AB Cementa och AB Gullhögens Bruk.

Pappersföretagen var Holmens Bruk AB, Billeruds AB, Korsnäs-Marma AB och AB Iggesund Bruk.

De tre förstnämnda av de sex företagen besöktes. Kontakterna med de övriga hölls per brev och telefon.

Till grund för undersökningen har legat en lista omfattande omkring 200 frågor.

Företagens filosofier, beträffande installation av processdator, skiljer sig åt.

En korrekt jämförelse mellan installationerna är svår att göra på grund av olika komplexiteter och syften med styrningen.



JU STÖRRE SKILLNADEN ÄR MELLAN  
NORMALSTUDIETID OCH REALSTUDIETID  
DESTO ROLIGARE HAR MAN HAFT.

# I N N E H Å L L

1.1	INLEDNING	
1.1.1	Inledning	8
1.1.2	Det allmänna intrycket	10
1.2	CEMENT- OCH PAPPERSTILLVERKNING	
1.2.1	Cementtillverkning	12
1.2.2	Papperstillverkning	16
	<u>BESÖKTA FÖRETAG</u>	
2.1	AB CEMENTA	
2.1.1	Inledning	19
2.1.2	Styrproblemet	21
2.1.3	Maskinvaran	23
2.1.4	Programvaran	23
2.1.5	Mätsignalerna	27
2.1.6	Styrsignalerna	29
2.1.7	Tillförlitlighet	30
2.1.8	Avslutning	31
2.2	AB GULLHÖGENS BRUK	
2.2.1	Inledning	33
2.2.2	Styrproblemet	35
2.2.3	Maskinvaran	37
2.2.4	Programvaran	37
2.2.5	Mätsignalerna	39
2.2.6	Styrsignalerna	40
2.2.7	Tillförlitlighet	40
2.2.8	Avslutning	41

2.3	HOLMENS BRUK AB	
2.3.1	Inledning	43
2.3.2	Styrproblemet	44
2.3.3	Maskinvaran	46
2.3.4	Programvaran	46
2.3.5	Mätsignalerna	48
2.3.6	Styrsignalerna	49
2.3.7	Tillförlitlighet	50
2.3.8	Avslutning	51

ICKE BESÖKTA FÖRETAG

3.1	BILLERUDS AB	
3.1.1	Inledning	54
3.1.2	Styrproblemet	55
3.1.3	Maskinvaran	55
3.1.4	Programvaran	56
3.1.5	Mätsignalerna	58
3.1.6	Styrsignalerna	58
3.1.7	Tillförlitlighet	59
3.2	KORSNÄS-MARMA AB	
3.2.1	Inledning	61
3.2.2	Styrproblemet	62
3.2.3	Maskinvaran	63
3.2.4	Programvaran	63
3.2.5	Mät- och styrsignalerna	64
3.2.6	Avslutning	64
3.3	AB IGGESUNDS BRUK	
3.3.1	Inledning	66
3.3.2	Styrproblemet	66
3.3.3	Maskinvaran	68
3.3.4	Programvaran	68
3.3.5	Mät- och styrsignalerna	69
3.3.6	Avslutning	69

## REFERENSER

71

## APPENDIX

A	Definitioner och förkortningar	74
B.1	Tabell 1 - Väsentliga systemdata	80
B.2	Tabell 2 - Väsentliga maskindata	81
C.1	Installerade processdatorer levererade av ASEA	82
C.2	Installerade processdatorer levererade av IBM	83
C.3	Installerade processdatorer levererade av DEC	84
D.1	CONRAD III - en kort presentation	85
D.2	CONRAD III - en beskrivning av programvaran	87
E	Beskrivning av ett system för reglering av ytvikt och fukthalt (LM Ericsson)	93
F	Systemexempel - maskininställningar och kvalitetskontroll (Korsnäs-Marma AB)	103



## EN STUDIE AV NÅGRA SVENSKA PROCESSDATORINSTALLATIONER

### 1.1 Inledning

#### 1.1.1

Föreliggande arbete bygger på kontakter med ett antal svenska industrier under sommaren och hösten 1969.

Avsikten har varit att mer i detalj studera företagens processdatorinstallationer. Av speciellt intresse har varit frågor rörande processdynamiken och att få en uppfattning om systemets komplexitet och syftet med styrningen.

Vi har av ekonomiska skäl inskränkt vår undersökning till södra Sverige.

Vidare har vi koncentrerat oss på cement- och pappersindustrin, då dessa brancher anses ha kommit längst beträffande styrning med processdator.

I första hand valde vi att studera AB Cementa och AB Gullhögens Bruk respektive Holmens Bruk AB. Dessa tre företag besöktes.

I andra hand har vi undersökt Billeruds AB, Korsnäs-Marma AB och AB Iggesunds Bruk. Dessa har vi tyvärr ej kunnat besöka.

Framställningen är indelad i fyra huvudavdelningar.

I det inledande avsnittet lämnar vi vårt allmänna intryck av undersökningen. En kort beskrivning av cement- och papperstillverkning, två brancher vilka gärna utnyttjar processdatorstyrning och vilka berör vår undersökning, avslutar denna avdelning.

Avdelning två behandlar tre företag, vilka vi hade förmodat att få besöka. De tre industrierna är

- AB Cementa
- AB Gullhögens Bruk
- Holmens Bruk AB

I den tredje avdelningen redogör vi för de resterande företagen. Kontakterna med dessa hölls huvudsakligen via brev och telefon. Företagen var

- Billeruds AB
- Korsnäs-Marma AB
- AB Iggesunds Bruk

Alla är papperstillverkare.

Avdelning fyra innehåller bilagor. Här finns referenser, definitioner och förkortningar, som är aktuella i vårt arbete. En förteckning över i Sverige installerade processdatorer levererade av ASEA, DEC och IBM samt några tabeller ingår också. Avslutningsvis följer några särtryck.

Vi vill även framföra vårt varma tack för den välvilja och det intresse samtliga berörda personer visat oss. Detta har stimulerat oss i vårt arbete. Speciellt är vi stort tack skyldiga

S-I Hansson	AB Cementa
U Åberg	AB Gullhögens Bruk
O Svensson	Holmens Bruk AB
O Alsholm	Billeruds AB
S Schröder	Korsnäs-Marma AB
L Österberg	AB Iggesunds Bruk
S Young	GEC-AEI
W D Calver	GEC-AEI
B Jender	LM Ericsson
O Jansson	LM Ericsson

samt inte minst vår handledare Gustaf Olsson.

Lund i november 1969

Thomas Brunkstedt

Ulf Silvén

### 1.1.2 Det allmänna intrycket

I slutet av 1950-talet installerades världens första processdator i USA. Intresset för processtyrning med dator har sedan dess ökat kraftigt. För närvarande är tendensen att antalet processdatorer i USA mer än fördubblas vart annat år. Utvecklingen går också mot en ökad användning av mindre och billigare datorer.

I Sverige fanns 1967 mindre än 10 installerade processdatorer. 1969 är denna siffra 70 och för USA 2000.

Beträffande installerade processdatorer i Sverige, se Teknisk Tidskrift nr 4, 1969 och Elektronik nr 5, 1969.

Den alltmer ökande storleken på processanläggningar och den därmed följande ökningen i komplexitet har ställt krav på ökad informationsbehandling och snabbt beslutsfattande.

I sin enklaste anslutningsform, operatörstyrning, kan processdatorstyrning ge vinst genom att regulatorerna kan inställas exaktare. Datorn kommer emellertid bäst till sin rätt vid regleringar, som kräver komplicerade numeriska beräkningar, vid snabba förlopp, då fler regulatorer samtidigt skall påverkas och då exempelvis styralgoritmer med tidsfördröjningar förekommer. Med en processdator har man vidare möjlighet att ändra fler börvärden samtidigt.

En processdators användbarhet begränsas många gånger på grund av bristen på lämpliga givare.

Vid planering av en processdatorinstallation är det väsentligt att man tar hänsyn till att samtliga givare och terminalutrustning installeras vid ett så tidigt stadium som möjligt.

Orsaken till detta är att man ofta önskar samla in information om processen. Informationen ligger sedan till grund för test av funktionsprogrammen. Testkörning sker lämpligen då i en offline dator.

Hos en del av de undersökta installationerna var egen detaljkännedom om programvara och maskinvara av sekundärt intresse. Maskintid för loggning av processen och simulering av delprocesser finns det gott om. Oftast känner man inte till hur mycket maskinen är belastad med själva styrningen av processen.

Överhuvudtaget användes datorn endast för styrning av processen. Möjligheten att utnyttja datorn för off-line uppgifter såsom simulering och utveckling av bättre rutiner är sällan utnyttjad.

Det allmänna intrycket av de studerade installationerna är något blandat. En processdator är givetvis till stor hjälp vid styrning av processer. I många fall kan man uppnå stora vinster, förbättrad kvalitet m m.

Vår uppfattning är att bästa resultat erhålles om företagens egna i data- och processteknik utbildade tekniker i intimt samarbete med datorleverantören planerar och utvecklar systemen.

Programmeringen bör vara klar innan datorn kopplas till processen. Givarna bör då ha varit monterade och i funktion innan man skriver tillämpningsprogrammen. Man måste ju ha kännedom om processen innan programmen skrivs. I detta sammanhang tycks en längre tids loggning av processen vara relevant.

En viss uppfattning om komplexiteten hos de undersökta styrsystemen får man av appendix B, tabell 1.

En sammanfattning av maskinvarans väsentligaste data för de olika installationerna finns i appendix B, tabell 2.

### 1.2.1 Cementtillverkning

Cement kallas olika ämnen, vilka har egenskapen att ge upphov till mer eller mindre hård massa.

Inom byggnadsbranchen är det mest använda och användbara materialet portlandcement ofta enbart kallat cement. Detta tillverkas i ett antal olika typer, exvis

- standard
- snabbt hårdnande
- långsamt hårdnande
- vitt portland

Gemensamt för alla dessa cementsorter är att deras väsentligaste beståndsdel är kalciumsilikat.

En cementfabrik kan uppdelas i tre delar med hänsyn till reglerproblemet

- råkvarnsdelen
- ugnsdelen
- cementkvarnsdelen

I råkvarnsdelen sker malning och blandning av stenmaterialet.

I ugnen bränns slammet eller råmjölet till klinker .

I cementkvarnen mals klinkern tillsammans med gips, varvid cement erhålles.

Lämpligt råmaterial förekommer relativt sparsamt i naturen, eftersom det ställs stora krav på fyndigheterna, ur såväl kemisk som ekonomisk synpunkt.

Cementens kemiska sammansättning får variera endast inom tämligen snäva gränser. Vissa beståndsdelar kan t o m verka kvalitetsförsämrande.

Ur ekonomisk synpunkt fordras att fyndigheterna är välbelägna och tillräckligt stora. Detta är väsentligt med tanke på att cementframställning är en typisk masstillverkning.

Oftast användes två råmaterial, det ena består av kalciumkarbonat och det andra av järn- och aluminiumsilikat. Dessa förekommer i naturen mer eller mindre färdigblandade. En korrigerig av sammansättningen måste emellertid göras. För detta ändamål användes exvis kalksten, sandsten, bauxit, kisbränder och lera.

För att den önskade blandningen, råmjölet, skall bli tillräckligt homogen, finmaler man råmaterialen tillsammans. Malningen utföres antingen i vått eller torrt tillstånd. Tillverkningsmetoden benämnes då våtprocessen resp torrprocessen. I det förra fallet underlättas homogeniseringen och transporten. Man föredrar ofta att mala vått på grund av att råmaterialen i naturen är fuktiga.

Torrprocessen erbjuder emellertid stora fördelar jämfört med våtprocessen, i vilken exvis 30 % av tillfört värme åtgår för förångning av vattnet i slammet. En ugn för torrprocessen kan byggas ett tiotal meter kortare med minskade investeringskostnader som följd.

Cementtillverkare övergår alltmer till torrprocessen på grund av processens fördelar.

Efter malningen analyseras slammet. Ytterligare korrigering genom tillsatsmaterial göres sedan för att det färdigblandade slammets kemiska sammansättning skall bli korrekt.

Efter korrigeringen homogeniseras slammet noga med hjälp av komprimerad luft och förs till ugnen.

Under passagen genom ugnen förlorar slammet snabbt det mekaniskt inblandade vattnet. Ur leran drivs det bundna vattnet och ur kalkstenen kolsyran. Det senare sker vid en temperatur av c:a 1000°C. Denna process i ugnen kallas kalcinering.

Efter kalcineringen börjar en serie kemiska reaktioner mellan de basiska och sura komponenterna. Reaktionerna avslutas i den hetaste delen av ugnen, sintringszonen, där temperaturen är c:a 1400°C.

I ugnen undergår slammet i princip fyra processer:

- torkning
- värmning
- kalcinering
- sintring

Efter sintringen lämnar materialet ugnen i form av små glödande stensbollar, klinker.

Sista steget i cementtillverkningen är då klinkern tillsammans med en mindre mängd gips males till pulver av mycket hög finhetsgrad.

Den färdiga portlandcementens väsentligaste kemiska beståndsdelar är oxider av

kalций Ca

kisel Si

järn Fe

aluminium Al

En ungefärlig sammansättning framgår av följande tabell:

Ämne	Snabbt	Standard	Långsamt
	hårdnande		hårdnande
	%	%	%
CaO	67	64	65
SiO <sub>2</sub>	21	20	24
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5	6	4
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2	3	3
MgO	2	3	2
K <sub>2</sub> O	0,1	1	0,1
Na <sub>2</sub> O	0,2	0,5	0,2
SO <sub>3</sub>	2	2	2

Se även fig 1.1 med blockschema över cementtillverkning enligt våtmetoden.

CEMENTTILLVERKNING  
ENLIGT VÅTMETODEN  
(CEMENTA)

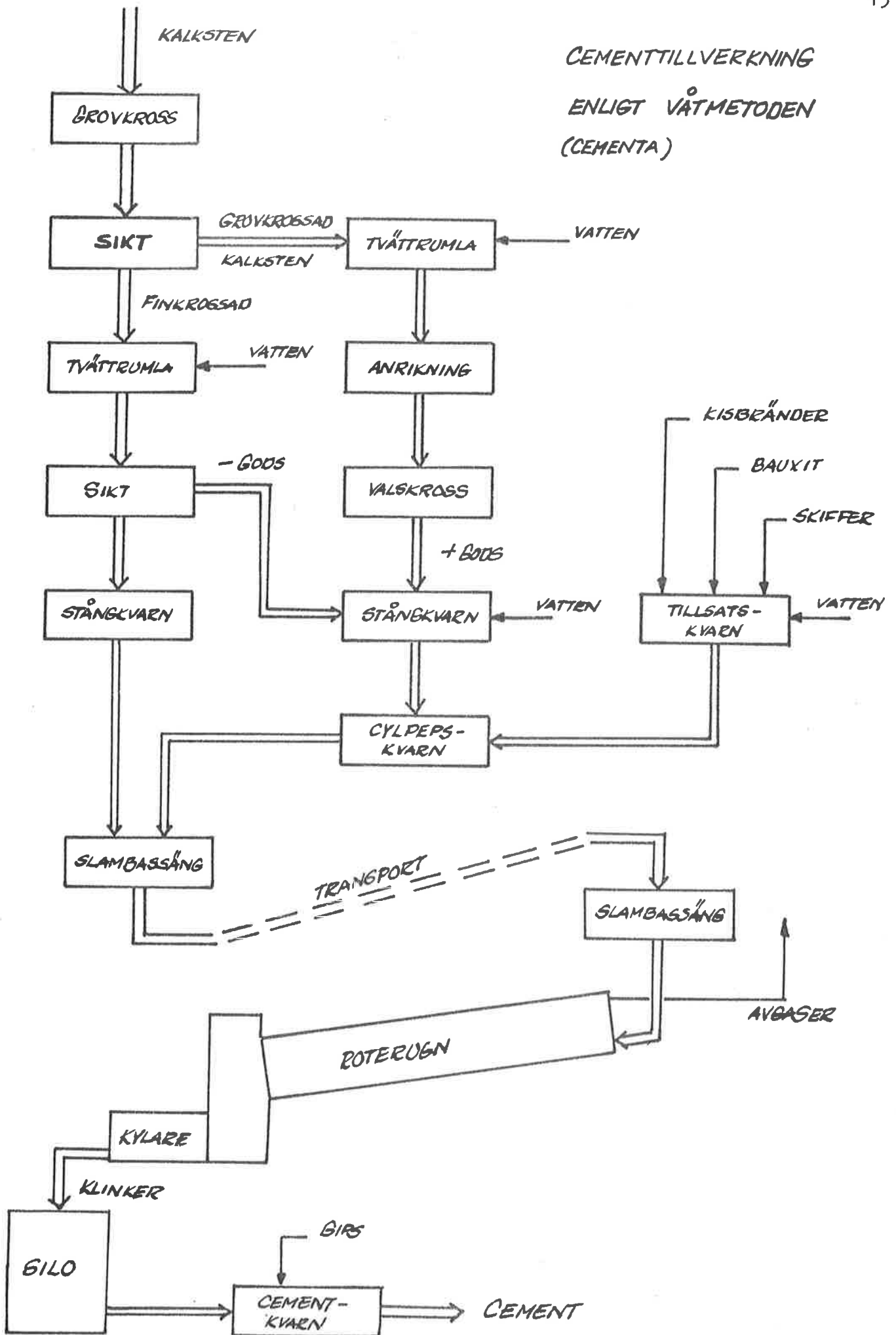


Fig 1.1



### 1.2.2 Papperstillverkning

Papper består huvudsakligen av fibrer, som finns exvis i ved. Ved är det råmaterial som svensk pappersindustri mest använder.

Ur ved framställes pappersmassa.

Pappersmassan fås ur veden på två sätt, mekaniskt eller kemiskt. Mekanisk pappersmassa s k slipmassa erhålles genom att mekaniskt sönderdela veden, exvis genom slipning mot en slipsten.

Slipmassan innehåller relativt oskadade fibrer med små knippen och bitar av fibrer

Kemisk massa utvinnes genom att koka vedflis med kemiska ämnen, som löser ut bindemedlet lignin, vilket håller samman fibrerna i veden. Denna kemiska process är skonsammare mot fibrerna och lämnar dessa hela och oskadade.

Beroende på vilka kemikalier som ingår vid kokningen, talar man om sulfatmassa och sulfitmassa.

I förra fallet använder man en bas, natriumhydroxid och natriumsulfid, kallad vitlut, som erhålles ur natriumsulfat.

I det senare fallet utnyttjas en syra, kalciumbisulfit.

Sulfatmassa framställs oftast ur tallved, ibland även lövved (björk).

Sulfitmassa erhålles vanligen ur granved, men även ur lövved och tallved.

Pappersmassan fraktas till själva pappersbruket i form av ballar eller rullar. För att fibrerna skall bli fria från varandra, slås massan i vatten. Förfarandet kallas uppslagning.

Nästa steg i pappersprocessen är malning, vilken fordrar att fibrerna är fria.

Pappersmassan males för att det färdiga papperet skall bli starkt. Efter malning kallas pappersmassan mäld.

Många egenskaper hos det färdiga papperet påverkas i malningen. Genom att styra malningen kan man ur en och samma pappersmassa erhålla papper med olika egenskaper.

Den plats på vilken pappersmassan mals kallas holländeriet.

Vissa kemiska ämnen tillsättes massan vid malningen, för att ge papperet önskade egenskaper.

Efter malning renas pappersmassan. En pappersmaskin är mycket känslig för föroreningar.

Efter rening går papperet vidare till pappersmaskinen. Denna består oftast av fem delar

- viraparti
- pressparti
- torkparti
- glätt
- rullstol

Den ändlösa, rörliga duken av metall, viran, bildar ett plant bord, i vars ena ände mällden påföres från inloppslådan och från vars andra ände papperet avtages.

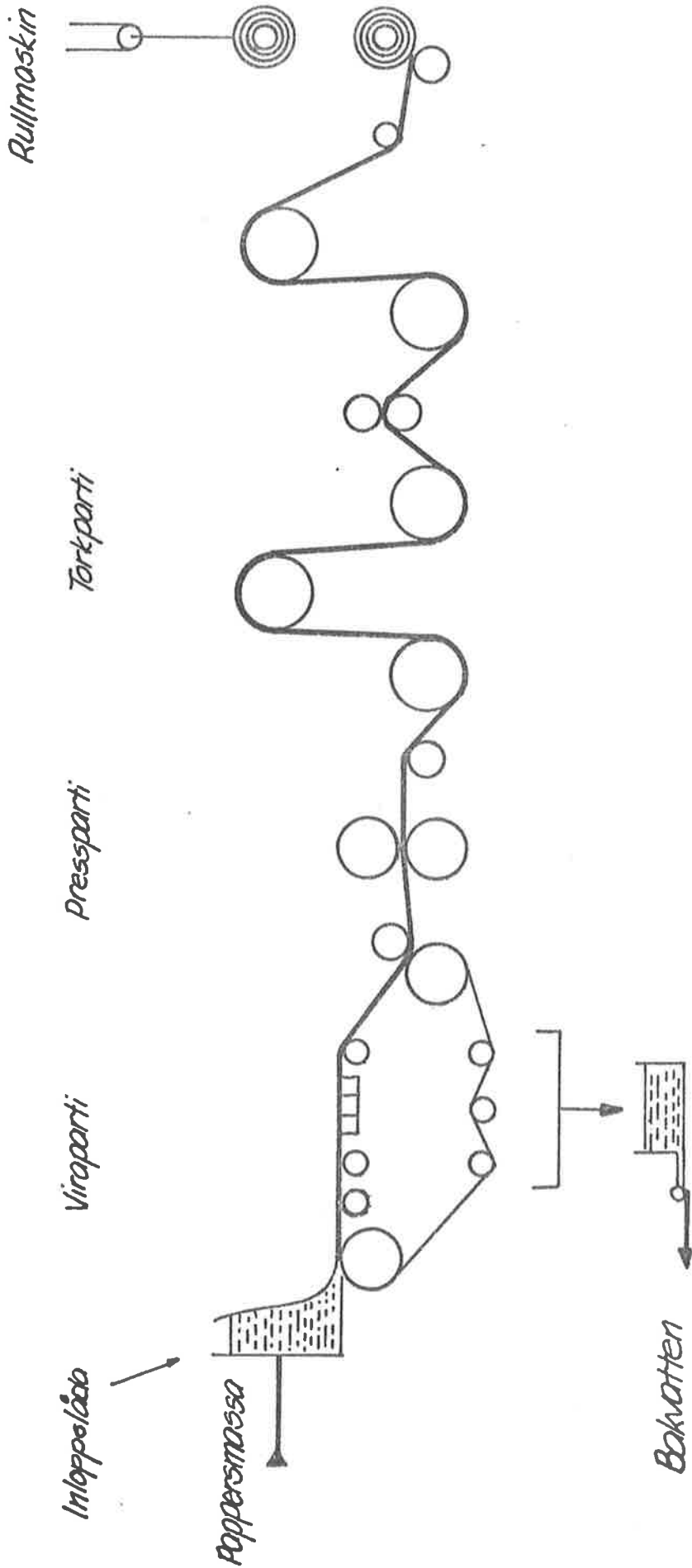
Inloppslådan skall

- hålla mällden i rörelse så att den ej flockas
- fördela mällden över virans hela bredd med minsta möjliga störningar i utflödet till viran

Vattnets ytspänning håller samman fibrerna på viran. Efter virapartiet följer presspartiet, där vattnet pressas ur pappersbanan. Kvarvarande vatten avdunstas med ånga i det följande torkpartiet. Torkpartiet följs av en glätt, som glättar papperet. Detta rullas slutligen upp i en rullstol.

En schematisk bild över en pappersmaskin från inloppslåda till rullstol finns i figur 1.2.

**I appendix E ges som exempel ett reglersystem för styrning av ytvikt och fukthalt. Detta system är utarbetat av LM Ericsson.**



FÖRENKLAD FIGUR ÖVER EN PAPPERMASKIN.

Fig 1.2

## 2.1

AB CEMENTA2.1.1 Inledning

Cementa tillverkar i Limhamn cement enligt våtmetoden. Intresse för processdatorstyrning erhöll man från USA, där man i sammanhanget talade om

- höjd produktion
- förbättrad kvalitet
- sänkt produktionskostnad

Detta verkade lovande, varför man på Cementa önskade "know-how". En processdator skulle göra styrningen av processen centraliserad och man skulle få en bättre uppsikt över kvalitén. Dessutom borde arbetsmiljön kunna göras människovänligare med minskad personalomsättning som följd. Andra fördelar man hoppades erhålla med processdatorstyrning var

- jämnare styrning av processen
- en bättre driftsekonomi
- stabilare temperatur i ugnen
- mindre oljeflöde till ugnen

Tidigare hade man svåra reglerproblemen, speciellt gällde detta blandningen av råmjölet. Hela cementprocessen anses för övrigt besvärlig att reglera med analoga regulatorer. En processdator borde alltså löna sig, ansåg man hos Cementa.

Det slutliga valet av processdator stod mellan GEC 90-25 (ISC-GEC-AEI-ELLIOTT), en europeisk tillverkad SDS 925 och CON/PAC system 4000 (GE-AEI-ASEA). Man bestämde sig sommaren 1965 för GEC 90-25. Skälet till detta val var att GEC hade erfarenhet av cementprocesser och då speciellt våtprocessen. I offerten utlovade GEC mindre bränsleförbrukning, ökad produktion, färre driftsavbrott på grund av foderskador ( ugnen är inuti murad med tegel, vilket kallas foder).

Varken GEC eller Cementa gjorde någon grundlig analys av cementprocessen i Limhamn.

Processdatorn installerades utan att något program var färdigskrivet. När installationen var klar i slutet av 1967, började GEC att bestämma konstanterna i algoritmerna genom stegsvarsanalys och genom att bedöma den slutna loopens uppförande. Strukturen av algoritmerna hade GEC bestämt på förhand genom tidigare erfarenheter.

För att enkelt kunna anpassa algoritmerna till processen har GEC utvecklat ett speciellt högnivåspråk för processtyrning. Detta kallas CONRAD och finns detaljerat beskrivet i appendix D, sid 85.

Cementas strävan är att i största möjliga utsträckning automatisera styrningen av hela cementprocessen, dvs såväl slamframställning som klinkerproduktion. Automatiken skall styra följande moment:

- slammets och klinkerns kemiska och fysikaliska sammansättning
- maskineriets funktion
- tillverkningsprocessen

Denna omfattning var planerad från början. Ett av skälen till detta var att vid ombyggnaden alla manövertavlor och en stor del av elutrustningen måste förnyas. Det var därför billigare att med en gång göra allt färdigt. Enligt Cementa måste stora ombyggnader trots allt ske även vid så kallade "datorförberedda" anläggningar.

Ett annat skäl var att kapital lättare kan erhållas för hela anläggningen samtidigt än att senare komma med tilläggsäskanden.

GEC hade föreslagit ytterligare uppgifter för datorn, exvis off-line styrning av brytningen i kalkbrottet och styrning av cementmalningen. Dessa förslag förkastades av Cementa.

Cementa anser det svårt att avgöra om en förbättring erhållits, eftersom den föregående analoga styrningen utfördes på ett ej med datorstyrning jämförbart sätt.

Enligt representanter för GEC finns just för Limhamnsfabriken speciella problem. Man nämner bl a den ovanligt stora dammängden från rosten, där den färdiga klinkern kyls av kraftiga luftströmmar.

### 2.1.2 Styrproblemet

De önskade egenskaperna hos den färdiga cementen bestäms genom att i ugnen styra

- oljeflödet till brännaren (1)
- vingställningen hos rökgasfläkten (2)
- transportbandets hastighet i rosten (3)
- ugnens rotationshastighet (4)
- avdammningsfläktens vingställning (5)
- flödes hastigheten hos slammet (6)

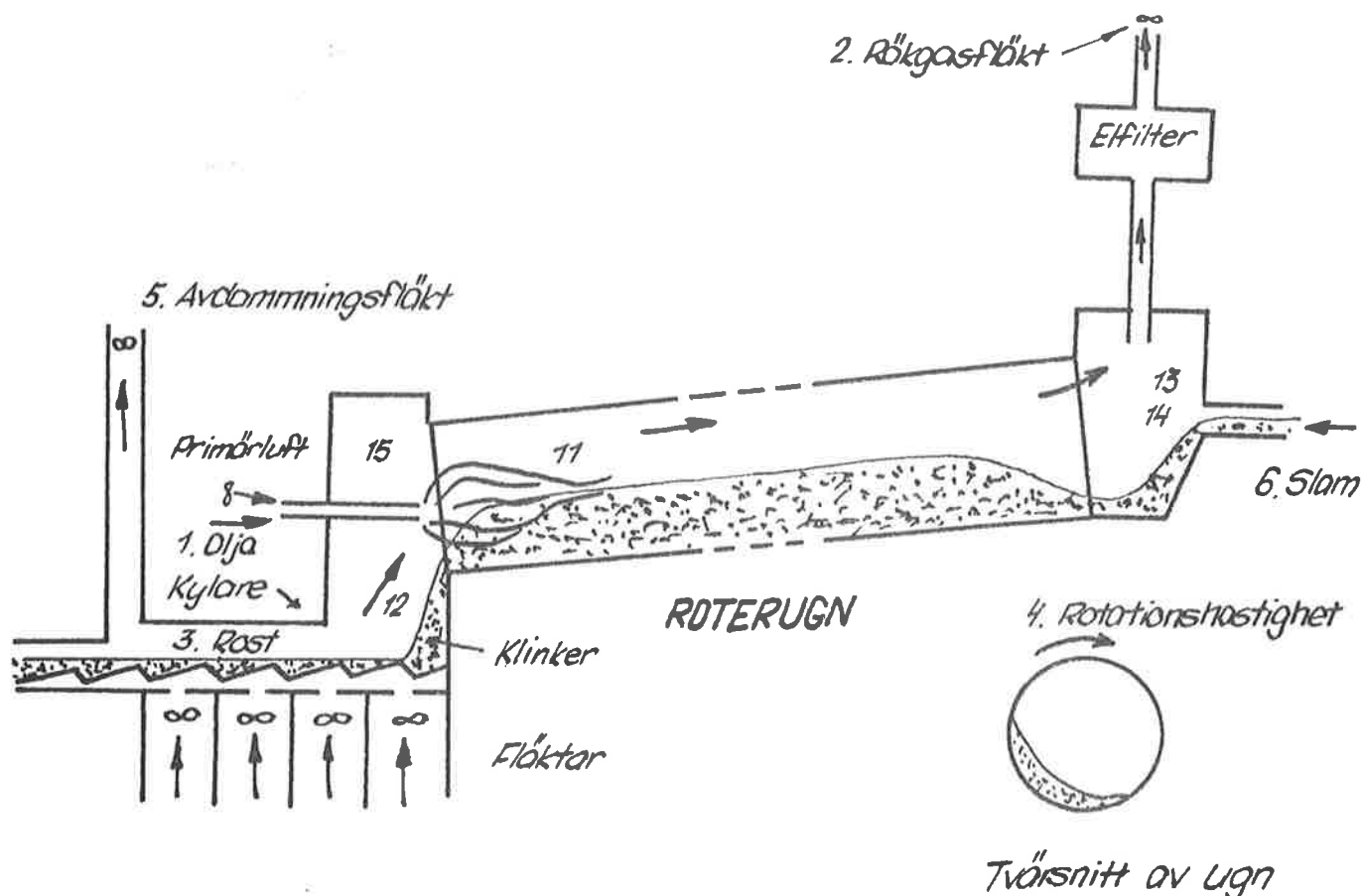
Dessa är de viktigaste styrstorheterna.

Följande processtorheter hålls då konstanta

- brännzontemperaturen (11)
- sekundärlufttemperaturen (12)
- rökgastemperaturen (13)
- oxygenkoncentrationen hos rökgaserna (14)
- lufttrycket i ugnshuvudet (15)

(3) och (4) är starkt kopplade.

Siffrorna hänför sig till beteckningar i nedanstående fig.



Figur 2.1. Väsentliga styr- och mätpunkter i roterugn.

Den viktigaste processtorheten är sammansättningen av slamm<sup>et</sup>, som består av vatten och råmjöl. I råmjölet ingår

- kalksten  $\text{CaCO}_3 + \text{SiO}_2$
- kisbränder  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$
- bauxit  $\text{Al}_2\text{O}_3$
- skiffer  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$

Med våtprocessen skall slamm<sup>et</sup> innehålla  $33 \pm 1$  % vatten.

Denna vattenhalt är en väsentlig processtorhet.

De viktigaste komponenterna i cementklinker är de fyra komplexa föreningarna

- $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$
- $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$
- $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$
- $4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$

Vid ändring av de inbördes förhållandena mellan dessa komponenter erhålles olika cementkvaliteter. Förhållandena måste regleras inom snäva toleranser, och de påverkas dels av råslammets sammansättning, dels av bränningsprocessen i ugnen (framför allt brännzonstemperaturen). Exempelvis måste man i råslamm<sup>et</sup> ha tillräckligt med  $6\text{CaCO}_3$  för att få rätt andel  $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ . Om man å andra sidan har för stort överskott av  $\text{CaCO}_3$  bildas i klinkern fri  $\text{CaO}$ , som ej är bundet till de övriga föreningarna. Fri  $\text{CaO}$  kan också orsakas av för låg brännzonstemperatur. Betong gjord av sådan cement sväller vid gjutningen. Man strävar därför efter att nått och jämnt uppnå mättning med  $\text{CaO}$ , dvs klinkern skall innehålla en ofarlig mängd fri  $\text{CaO}$ .

Halten  $\text{CaCO}_3$  styres genom tillsats av två typer kalksten s k plusmaterial (innehåller mer Ca) och minusmaterial (innehåller mindre Ca). Tillsatsen av dessa sker genom doservågar, vilka styres av datorn.

Programmen för regleringen av vågarna har just körts in och resultatet är lovande. Programmen för reglering av vattentillsatsen är klara och har körts. Man erhö<sup>ll</sup> därvid en förbättring relativt manuell styrning. Den automatiska provtagningen är i funktion och spektralintensiteterna överföres automatiskt till datorn.

Alla storheter kommer att styras av datorn med DDC. När systemet är färdigt kommer totala antalet loopar att vara ca 60, varav ca 10 ingår i styrningen av råverket. Se tabell i appendix B:1. I looparna ingår ofta långa dötider, upp till ett par timmar, varför styrning av en ugn kan bli besvärlig. Koppling mellan looparna förekommer. Av 27 loopar i den nya ugnen är endast 3 helt "fria". Förvärdena för temperaturen i ugnen och den kemiska sammansättningen hos slammet är s k nyckel-förvärden, vilka man alltså strävar att hålla konstanta. Däremot är förvärdena för oljeflöden och gasflöden i ugnarna beroende av produktionsnivån, dvs slamflödet.

Av det färdiga cementet gjuter man provkroppar, vars hållfasthet provas efter 3, 7 och 28 dygn. Provresultatet kommer emellertid försent för att man skall hinna med återkoppling till ugnsdriften. Man får alltså närmast se proven som en form av leveranskontroll.

### 2.1.3 Maskinvaran

För styrningen utnyttjar Cementa en processdator GEC 90 modell 25. Denna har en kärnminneskapacitet på 16K ord om 24 bitars längd. Därtill finns ett yttre skivminne med kapaciteten 128K ord och 24 bitars ordlängd. Varje skiva består av 128 spår med ett fast läs- och skrivhuvud per spår. Skivans maximala rotationshastighet är 60 varv/sek. Minnets maximala accesstid är 17 ms. Tabellen i appendix B:2 ger en översikt av övrig hårdvara.

Förutom operatörens konventionella utrustning finns fem TV-monitorer. Dessa visar lågans tillstånd i respektive ugn. Operatören har även tillgång till en speciell panel, som erfordras för programspråket CONRAD.

### 2.1.4 Programvaran

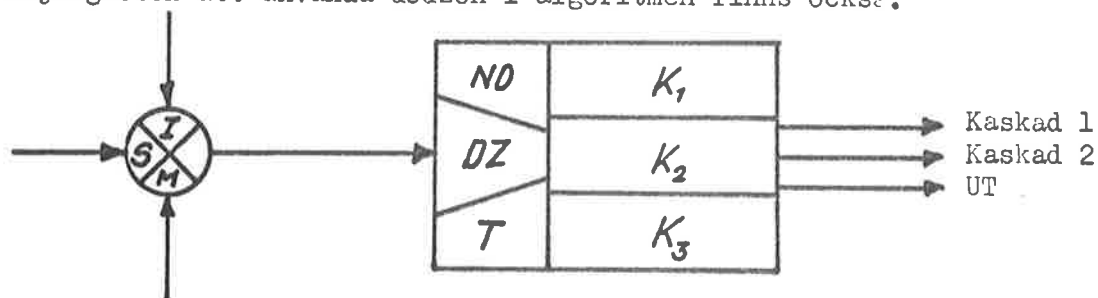
Som tidigare nämnts har GEC utvecklat ett speciellt program-system för processtyrning, kallat CONRAD.



På detta hade man uppställt följande önskemål:

1. En reglertekniker, i stället för en programmerare, borde kunna med processdatorns hjälp snabbt och enkelt sätta upp, kontrollera, implementera och modifiera komplexa DDC styrstrategier. Detta bör även kunna ske med datorn kopplad on-line till processen och utan kunskaper i programmering.
2. Systemspråket bör vara kompakt och i för både reglertekniker och processoperatör välbekanta termer.
3. Systemet skall vara skyddat då det användes av processoperatörer utan kunskap i programmering eller processreglerteori.
4. Faciliteter som erbjuds av systempaketet skall vara mångsidiga, dvs möjligheter skall finnas att ställa upp styralgoritmer, utföra loggningar, och införa begynnelsestillstånd för att få en jämn övergång mellan olika sektioner av processen vid växling från automatisk till manuell styrning och vice versa. Systempaketet bör även tillåta koppling med andra program, exvis optimeringsrutiner.

Det fundamentala med CONRAD är alltså att en reglertekniker lätt kan bygga upp och anpassa sina styrlagar till processen. I CONRAD finns programmerade ett antal "boxar", vars utseende framgår av nedanstående figur. Boxarna består i princip av PID-algoritmer. Möjligheten att använda dödzon i algoritmen finns också.



NO: blocknummer

I: inkrement

DZ: dödzon

S: börvarde

T: scanperiod

M: ärvarde

$K_1$ - $K_3$ : styrparametrar

Figur 2.2

CONRAD-"box"

Från varje box kan man kaskadkoppla två andra. Alla parametervärden är till att börja med ospecificerade. En uppskattning av dessa värden göres förste empiriskt eller på annat sätt, t ex genom loggning. En anpassning till rätta värden göres därefter on-line, genom manuell insättning via OCP, operator's control panel.

Av styralgoritmerna är 60% rena PID-algoritmer och i resten har man utnyttjat CONRAD-boxens faciliteter. Alla program är skrivna i assembler.

Kärnminnet är i stort organiserat enligt följande figur:

0	fasta program	11 777	5K
12 000	övriga program	31 777	8K
32 000	feldiagnos program (väsentligen)	35 777	2K
36 000	arbetsutrymme för monitor	37 777	1K
			16K

Skivminnet är indelat i 64 sektorer om 2K ord. Varje block om 512 st ord kan skyddas mot ofrivillig inskrivning. Dataarean på skivminnet är indelat i 64 logiska sektioner, vilka kallas FILES. Dessa är av två typer:

Sequential Access Files, sektionerna 0 - 23, som innehåller data för kommunikation med yttre enheter.

Random Access Files, sektionerna 24 - 63, som innehåller data för DDC-styrning, skalfaktorer för de analoga signalerna mm.

Varje sektor är organiserad enligt följande:

skyddad	0 fasta program 'utilities' 777	0,5 K
skyddad	1000 övriga system- program 1777	0,5 K
ej skyddad	2000 utrymme reserverat för icke fasta program 2377	0,28K
ej skyddad	2400 data area 3777	0,72K

De fasta programmen indelas i fyra grupper:

1. Supervisor, som innehåller 1300 ord
  - a) igångsättningsprogram
  - b) klockprogram
  - c) verkställighetsprogram för programstyrda avbrott
  
2. Monitor, som innehåller 550 ord
  - a) avbrottsmonitor
  - b) programladdare, för överföring av rutiner från skivminnet till kärnminnet
  - c) avbrottsbehandlare
  
3. Ingång/Utgång, som innehåller 1000 ord
  - a) skrivarutgång
  - b) digital utgång (via coupler)
  - c) analog ingång
  - d) ingång/utgång via buffer
  
4. Subrutiner, vilka är
 

a) omvandlingsrutiner	}	1100 ord
b) aritmetiska rutiner		
c) skivminnets ingång/utgång		

Alla rutiner lagras normalt på skivminnet, utom rutiner för flytande räkning och omvandling, vilka är fast lagrade i kärnminnet.

Av de tidigare nämnda krav som ställdes på CONRAD vid dess tillkomst inses att programsystemet är mycket flexibelt. Möjligheter finns alltså att on-line ändra styralgoritmer, parametervärden, alarmgränser och andra data.

Datorn utnyttjas tidsmässigt till ca 70%, varav 25% används för direkt styrning.

Följande storheter utskrives för varje ugn en gång per timme:

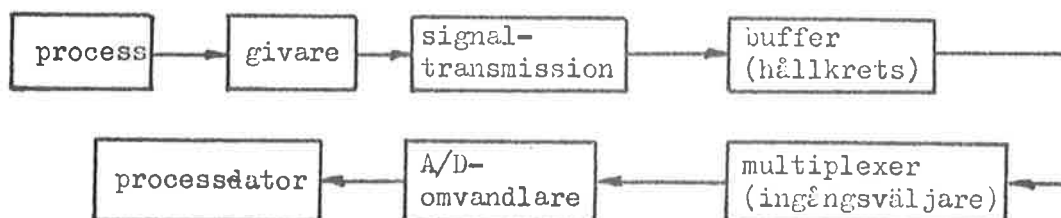
- klinkermängd
- tryck
- flöden
- ugnens rotationshastighet
- temperaturer

De viktigast utskrifterna är de som erhålles vid slutet på varje skift, dvs var 8:e timme. De är:

- |                |                                  |
|----------------|----------------------------------|
| - slammängd    | - oljemängd                      |
| - klinkermängd | - värmeförbrukning               |
| - råmjölsmängd | - drifttid                       |
| - CaO-mängd    | - den tid centralenheten används |

### 2.1.5 Nätsignalerna

För att kunna styra processen med önskad verkan, fordras om processen viss information. Denna kan erhållas fortlöpande med hjälp av givare, vilka levererar sina signaler till processdatorn via ett antal ingångsenheter exempelvis enligt följande figur:



Figur 2.3

Informationsflöde från process till dator.

Alla från processen kommande signaler används ej för styrning, många utnyttjas endast för logning.

De viktigaste utsignalerna från en ugn är de som ger information om

- oljeflöde
- rökgasfläktens vingställning
- rosthastigheten ( i kylaren )
- ugnens rotationshastighet
- avdammningsfläktens vingställning
- slamflöde

Mätpunkternas ungefärliga placering framgår av figur 2.1. sid 21.

Väsentlig information från kalkbrottet och råverket är

- total mängd plusmaterial från plusmaterialsilo
- total mängd minusmaterial från minusmaterialsilo
- total mängd tillsatsmaterial från resp. tillsatsmaterialsilo
- total mängd vatten
- slamtäthet

Informationen erhålles från olika givare. Följande typer av givare kan urskiljas:

storhet:	fabrikat:	signalområde:
tryck	KENT	0 - 0,5 mA
temperatur	ICI ( termoelement )	0 - 30 mV
hastighet	KENT	0 - 10 mA
flöde	KENT Variflux Magnetic flowmeter med förstärkare	0 - 10 mA
gas	mätflänsar för diff. tryckmätning mätomvandlare KENT QH	0 - 10 mA
olja	Bopp & Reuther ovalhjulsmätare med induktiv avkännare och frekvens/analogomvandlare	0 - 20 mA

För bestämning av temperaturen i brännzonen användes en strålpyrometer av fabrikatet LAND. Signalområdet är 0 - 10 mA. Nackdelen med termoelement är att de fungerar osäkert i den i detta sammanhang höga omgivningstemperaturen.

Endast analoga givare användes. Signalerna från dessa transmitteras utan förstärkning till kontrollrummet, där datorn är installerad. Detta är anmärkningsvärt med tanke på kalkbrottets och råverkets placering ca 2 km ifrån datorn. GEC har dock genom noggranna förstudier löst problemet. Man har inga problem med brum och brus.

Signalöverföringen mellan brottet och processdatorn sker med frekvensskift vid en hastighet av 200 baud. Filtrering av mätsignalerna sker både analogt och digitalt. Högsta brusfrekvens avgör typ av filtrering. Är högsta brusfrekvens större än samplingsfrekvensen inkopplas analoga filter.

Samplingsintervallet är 10 sek. eller 60 sekunder. Vid enkla algoritmer med snabba förlopp används det kortare intervallet. De flesta av de analoga mätvärdena avläses varje minut. 20 - 30 % av dem avläses dock var 10:e sekund. De är huvudsakligen servomotorernas lägespotentiometrar.

Beräkning av börvärdet för servomotorns ställvinkel sker i allmänhet varje minut ur börvärdet för till exempel ett luftflöde och ställvinkelns aktuella värde. Vissa börvärden för långsamt varierande storheter beräknas endast var 5:e minut, till exempel för brännzonstemperaturen, torkzonstemperaturen och trycket i kylaren. Man avser dessutom att införa en ännu långsammare loop för brännzonstemperaturen, en 20 minuters loop.

När registerintervallet är långsammare än samplingsintervallet för motsvarande mätvärde, användes i regleralgoritmen ett viktat medelvärde av de senaste avläsningarna.

Röntgenanalysatorn ger en avbrottssignal till datorn så snart ett prov är färdiganalyserat. Om provet härrör från en av delströmmarna  $\pm$  ex plusmaterial, sker en framkopplingsberäkning av doservågens inställning. Om provet är av färdigt slam, sker genast återkopplingsberäkningarna.

### 2.1.6 Styrsignalerna

Analoga styr signaler finns ej och följaktligen ej heller D/A-omvandlare.

Ställdon styres av digitala pulser i form av öka-minska signaler, med en tidslängd proportionell mot den önskade ändringen av ställdonets läge. Öka-minska signalerna är 104 st. Se blockschema över DDC-styrning av ställdon, figur 2.4. I detta framgår även de digitala pulsernas amplitud. Där finns också angivet en "coupler", som är gemensam för alla reläenheter.

Couplern är en multiplexer som väljer ut rätt reläenhet, då ett ställdon skallförställas. Dessa är i regel av typ stegmotorer.

De gamla servomotorerna är av fabrikat ASEA eller FLS, och man har i några fall varit tvungen att komplettera dem med kondensatorer eller magnetbroms för att nedbringa stopptiden.

Start och stopp sker med en fast logik helt skild från processdatorsystemet.

Vidare använder man elektro-pneumatiska omvandlare med tryckområdet 3 - 15 psi (pounds per squareinch).

### 2.1.7 Tillförlitlighet

Under den hitintillsvarande drifttiden av ca 2 år har de flesta fel uppstått utanför själva datorn. De komponenter som tycks **vara svaga** är givarna, speciellt temperaturgivarna vilka får utstå höga omgivningstemperaturer.

På två år har två fel uppkommit i kärnminnet och två fel i skivminnet.

De vanligaste felen uppstår i

- strålpyrometern
- densitetsgivaren för mätning av sländensitet i råverket
- multiplexern
- elskrivmaskinen

Om fel uppstår så att processdatorsystemet slutar fungera, finns det möjlighet för manuell styrning av cementprocessen.

Datorn arbetar med udda paritet.

För att ytterligare gardera sig mot driftavbrott är några komponenter dubblerade. Dessa är

- en analog regulator för varje fläkt (fyra) i kylaren. Denna dubblering gäller endast den nya ugnen.
- en analog regulator i loopen för styrning av trycket i den varma delen av ugnen. Börvärdet är fixt.
- en analog regulator för styrning av oljeflödet.

Alla ovan nämnda regulatorer är av typ PI.

Vid spänningsbortfall bevaras automatiskt informationen i minne och register.

### 2.1.8 Avslutning

Förhoppningarna vid installationen av datorn gällde en ökad produktion, lägra bränslekostnader, lägre ugnsfoderförslitning och en högre kvalitet.

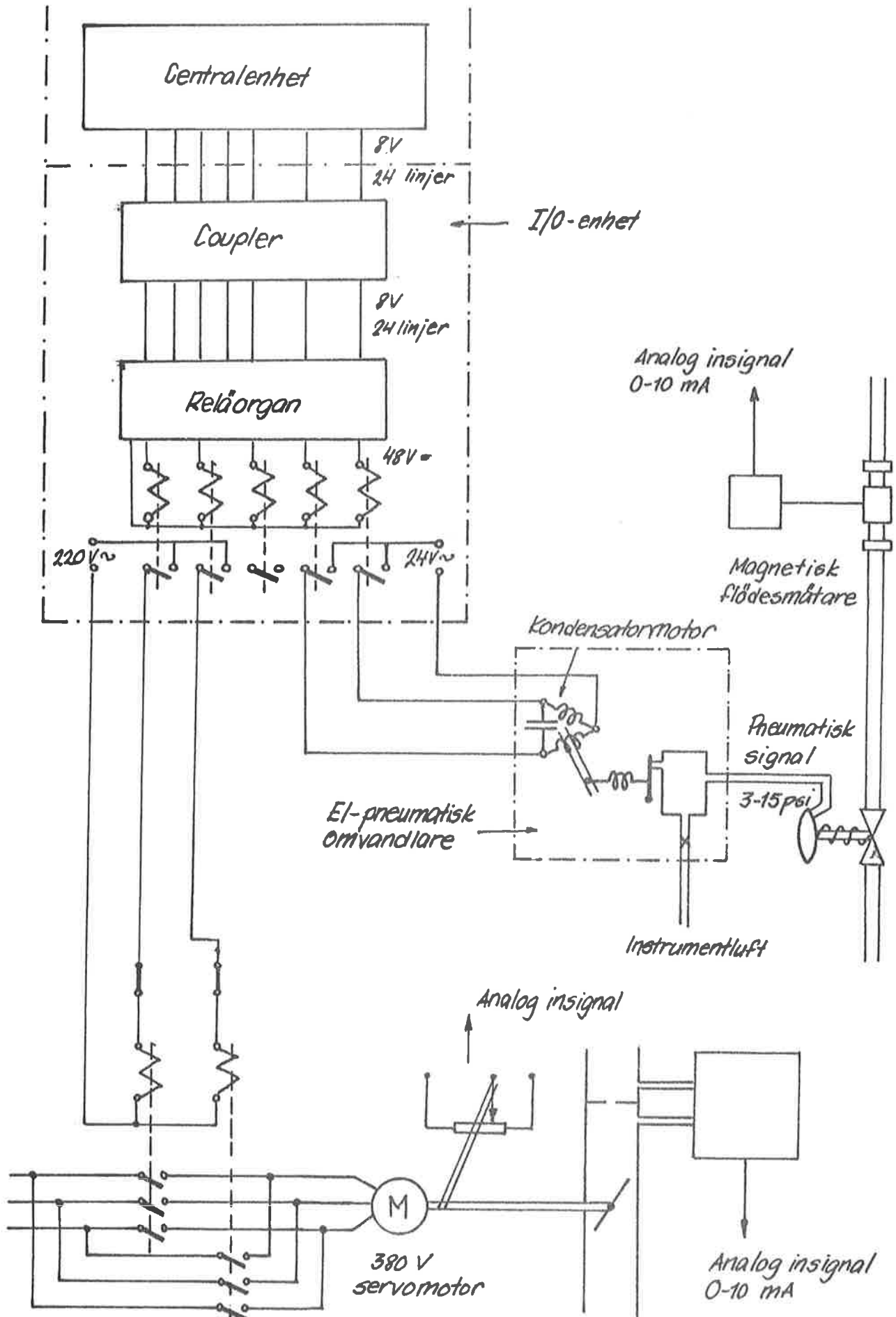
Om dessa förhoppningar kan infrias låter sig enligt Cementa ej ännu bedömas. Det är överhuvudtaget svårt att signifikant påvisa en förbättring, då vid manuell drift förhållandena ändras från månad till månad och från år till år. Man behöver således en lång tids erfarenhet för att kunna bedöma om eventuella förändringar härrör från datorstyrningen eller orsakas av andra faktorer.

Styrningen av två ugnar har hittills misslyckats på grund av svårigheter att tillförlitligt mäta brännzonstemperaturen ( beror på damm m m ). Den nya ugnen har på grund av maskintekniska problem ej i sin helhet kunnat ställas till förfogande för processdatorstyrning. Kylarstyrningen av den fungerar dock tillfredsställande liksom styrningen av de två övriga ugnarna.

Man är dessutom hos Cementa besviken över att bestämningen av regleralgoritmerna tar så lång tid samt att "marknadslivslängden" hos en datorutrustning är så kort i förhållande till den ekonomiska livslängden hos den maskinutrustning som skall betjänas.

Cementa's tillvägagångssätt vid installationen verkar något optimistiskt med tanke på att ingen ingående analys av processen tidigare var gjord. Förvånande är också att man ej angripit en del av processen och på så sätt skaffat sig "know-how" om processdatorstyrning.





Figur 2.4. Princip för DDC-styrning av ställdon (Cementa).

## 2.2

AB GULLHÖGENS BRUK2.2.1 Inledning

Gullhögens Bruk tillverkar cement enligt både torr- och våtmetoden. Företagets senaste roterugn är en torrugn.

Denna torrugn ger en större mängd färdig klinker, har en kortare genomströmningstid och medför därför enklare reglering än en mycket trög våtugn.

Detta var en av orsakerna till att Gullhögens Bruk inköpte en processdator. Huvudorsaken var dock att söka få en förbättrad kvalitet, genom att hålla ingående material i ugnen så konstanta som möjligt med avseende på kemiska och fysikaliska parametrar. Dessutom minskar troligen torrugnens underhållskostnader liksom homogeniseringsvolym. Personalbesparingar och andra ekonomiska faktorer var ytterligare skäl för en dator.

Analysvärdena från den tidigare anskaffade röntgenspektrometern fordrade dessutom en snabb och säker behandling, som bara en dator kan utföra. Denna inköptes tidigare än den nya ugnen. Därvid erhålls en klar förbättring på den äldre anläggningen.

Gullhögen analyserade cementprocessen noggrant. Man ville få kännedom om hur stor del av processen man borde styra, hur man skulle gå tillväga vid installationen och vilka krav datorn skulle uppfylla.

Man gjorde studieresor till USA, där några moderna cementfabriker med processdatorstyrning studerades.

Anbud infordrades från bl a ASEA, IBM och Siemens. ASEA hade redan tidigare analyserat ugnprocessen hos Gullhögen med en stor stab tekniker. Resultatet gav underlag för simulering av cementprocessen hos ASEA. En modell uppställdes, som enligt Gullhögen i praktiken ej var användbar.

Siemens var villiga att helt förutsättningslöst arbeta fram ett "skräddarsytt" system för processen. Detta skedde också i intimt samarbete med Gullhögen.

Gullhögen anställde en nyutexaminerad civilingenjör, vilken efter viss utbildning hos Siemens ansvarade för processdatorinstallationen.

Monitorprogrammet konstruerades av Siemens. Gullhögen deltog vid utformningen av dess funktion. Resten av programsystemet programmerade Gullhögen själva. Programmeringen tog ca 6 mån.

Installationen gjordes på ungefär en månad, och utfördes i tre etapper. Röntgenspektrometern kopplades till datorn och bearbetade analysvärden från alla i cementtillverkningen använda material. Automatiskt utfördes vissa komplicerade beräkningar för reglering av den kemiska sammansättningen hos råmaterialet men

1. vågarna i våtprocessen inställdes manuellt
2. vågarna i våtprocessen inställdes med dator
3. vågarna i torrprocessen inställdes och givarna i ugnarna anslöts till datorn för loggning

Processdatorsystemet har varit i drift sedan november 1967.

Gullhögen önskar hålla cementhållfastheten konstant. Denna är beroende av

- kemiska sammansättningen hos cementet och styres av datorn med hjälp av spektrometer
  - specifika ytan ( kornstorleken )
  - siktkurvan ( kornfördelningskurvan )
  - tillsatsmaterial
- } delvis beroende

Gullhögen har följande målsättning:

#### Råkvarnarna

- finna en optimal provtagningsfrekvens
- fortsatt undersökning av styrstrategin

#### Ugnarna

- optimering av varje värmeöverförande del
- kombination av delarna till en total optimering

#### Cementkvarnarna

- loggning och maskinövervakning
- styrning av blandning av tillsatsämnen
- styrning av kvarnen

### 2.2.2 Styrproblemet

Ugnen betraktas ur reglersynpunkt än så länge som en "black box" med inflöden och utflöden.

Inflöden är råmjöl (slam), olja och luft. Utflöde är färdig klinker.

Fidigare beräkningar visade att om alla inflöden hölls konstanta, borde man kunna erhålla en bra klinker. Tillverkningskostnader och underhållskostnader beräknades sjunka.

Flöden av olja och vatten ansåg man borde gå att hålla tillräckligt konstanta med hjälp av analoga regulatorer. Fördelarna skulle erhållas genom att styra råmjölsblandningen respektive slamberedningen med dator.

Reglerproblemet är att styra mängderna av tre stensorter - högsten, lågsten och sandsten - vilka blandas i råkvarnarna. Man strävar att hålla det utgående materialet ur råkvarnarna på en så jämn kvalitetsnivå som möjligt. Därmed menas att kalkmättningsgraden ( KMG ) och silikatmodulen ( SM ) skall hålla konstanta värden.

Man definierar

$$KMG = 100 \frac{[CaO]}{2,8 [SiO_2] + 1,1 [Al_2O_3] + 0,7 [Fe_2O_3]}$$

$$SM = \frac{[SiO_2]}{[Al_2O_3] + [Fe_2O_3]}$$

Klammer betecknar halten av respektive oxid.

Kraven är uppställda ur bränningsteknisk synpunkt.

Med hjälp av slamanalys vill man ändra proportionen högsten och lågsten så att kvadratiska medelfelet av avvikelserna från börvärdet blir minimum. Börvärdena är ca 99 för KMG och ca 2,5 för SM.

Överföringsfunktionen för kvarnen i våtprocessen är  $\frac{1}{2}(z^{-2} + z^{-3})$ , vilket för övrigt framgår av figur 2.7, sid 42.

I kvarnen i torrprocessen har man en återföring av material som är svärmalt, cirkulationsmalning, varför överföringsfunktionen för denna kvarn blir  $\frac{1}{z} z^{-p} + z^{-p-1}$ .  $p$  antar något värde i intervallet 1 - 4. Mätningar har ännu inte utförts på denna kvarn.

Det är viktigt att oxidhalten är känd i stennaterialen. Man tar därför stickprov ur råmjöl och slam. För att provet skall vara homogent, tages det ca 10 minuter efter det att sandsten tillsats. Råmjölsprovet tages däremot genast efter malningen av stennaterialen. Proven tages manuellt ute i processen och sändes med rörpost till kontrollrummet. Operatören pressar provet till en brikett, varefter briketten analyseras i en röntgenspektrometer (Braggreflexion). Datorn har genast efter analysen tillgång på värdena på KMG och SM.

För råmjölsblandningen utnyttjar man tre doserande vågar, vilka styres med börvärdesstyrning.

För slamberedningen styres motsvarande vågar med DDC.

Man har alltså sex loopar helt skilda från varandra. Antalet analoga regulatorer är större än 20. Av dessa är tre (tyristorregulatorer) kopplade till datorn. De ingår i ovannämnda börvärdesloopar. Oljeviskositeten och trycket i ugnarna styres fortfarande analogt.

Enligt senaste information från Gullhögen kommer styrning av cementkvarnsdelen att tagas i bruk vid årsskiftet 1969/70. Man har i denna del av processen 4 loopar för styrning av 4 vågar, vilka reglerar gipstillsatsen. Vågarna kommer att styras likartat med vågarna i råkvarnsdelen.

Efter realisering av råkvarnsregleringen fanns endast ca 500 ord lediga i kärnminnet. Vid programmeringen av cementkvarnsdelen behövde man inte utvidga minneskapaciteten. Programmen för de nya vågarna upptar endast 300 ord, ty man kan utnyttja redan befintliga underprogram. Av totalt 16K ord i kärnminnet finns nu endast ca 200 ord lediga.

Man bör i detta sammanhang observera att Siemens 302 ej är utbyggbar till mer än 16K ord i kärnminnet.

Responsetiden för råmjölsblandningen är 1 minut och för slamberedningen 2 minuter. För ugnarna är motsvarande tid 20-30 minuter.

### 2.2.3 Maskinvaran

Gullhögens processdator är en Siemens 302 med en kärnminneskapacitet av 16K ord om 24 bitars längd.

Parity saknas.

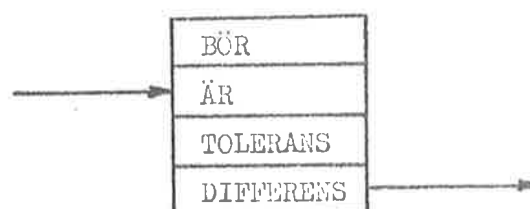
Man har inget yttre minne, men man hyser starka planer på att införskaffa ett trumminne på 128K ord.

Operatörens utrustning består av remsläsare och bladskrivare. Kommunikering med datorn sker via dessa organ.

### 2.2.4 Programvaran

Programmen till Siemens 302 är skrivna i assembleringsspråket PROSA, PROgrammierungssystem mit Symbolischen Adressen. Detta är relativt lättprogrammerat, men det är svårt att få snygga utskrifter. Gullhögen hade möjlighet att välja antingen ALGOL eller FORTRAN. Programmeringen anses dock bli mer optimal i PROSA.

Vid Gullhögen styr man alltså endast vågarna i råkvarnarna. Algoritmerna är enkla, vilket framgår av följande figur



Figur 2.5. Principiell uppbyggnad av styralgoritm hos Gullhögens Bruk

Om  $|BÖR - ÄR| > TOLERANS$  erhålles på differensutgången en ökaminska signal.

Tidskonstanterna för dessa algoritmer vill man ej lämna ut. De anses dock ganska ointressanta på grund av algoritmernas enkelhet. De rutiner som behandlar algoritmerna kallas VERSTELL. 12 VERSTELL finns, men endast 8 används för tillfället. VERSTELL kräver i minnesutrymme 120 ord + 10 ord för varje loop.

Monitorn lagras delad i kärnminnet, och upptar ca 5K ord. Av dessa ligger ca 2K i början av minnet och resten i slutet. Uppdelningen är gjord av rent kopplingstekniska skäl. Monitorns uppbyggnad utlämnas inte.

Kärnminnets organisation framgår av följande figur:

0	Monitor	2
2	Allmänt datablock (innehåller alla konstanter som finns i olika rutiner)	4
4	Våginställningsprogram "VERSTELL"	8
8	Betjäningsanvisningsprogram	9
9	Speciella beräknade program	10
10	Lilla mätvärdesbearbetningsprogrammet "KLV"	15
15	Monitor Startadressregister	16

Kärnminnet är väl utnyttjat. Endast ca 200 ord är lediga för off-line uppgifter.

Supervisor innehåller följande rutiner

- betjäningsprogram
- programstyrd start
- "väckarklocka" för cykliska starter
- felanalys

Processdatorsystemet har tilldelats tre alarmsignaler, vilka genereras av röntgenspektrometern. Dessa signaler lagras i ett register, vilket avses en gång varje millisekund. Om en alarmsignal finns lagrad, genereras avbrottssignal och samtliga pågående program avbryts.

Alla loopar ligger på samma prioritetsnivå under nivån för alarmsignalerna. Totala antalet prioritetsnivåer är 24, varav 17 användes.

Datorn utnyttjas till att i första hand beräkna den statiska värmebalansen i olika delar av processen. Av denna anledning utför man en hel del loggning.

Totalt utnyttjas datorn tidsmässigt till 5%, varav halva tiden åtgår för loggning.

Vid loggningen intresserar man sig för råkvarnarna och ugnarna.

Följande storheter loggas:

Råkvarn

- förbrukad mängd sten
- procentuell fördelning hög- och lågsten
- medelvärde och max avvikelse av styrda storheter

Dessa värden utskrives varje dygn.

Ugn

- väsentliga mätvärden ( brännzontemperatur, oxygenhalt )
- ugnskapacitet
- drifttid

Dessa värden utskrives vid varje skift.

### 2.2.5 Mätsignalerna

Gullhögen styr sex vågar. Väsentlig information för styrning av dessa är mängd hög- och lågsten samt mängd sandsten.

Totalt för styrning av vågarna finns alltså sex analoga signaler, tre för våtprocessen respektive tre för torrprocessen.

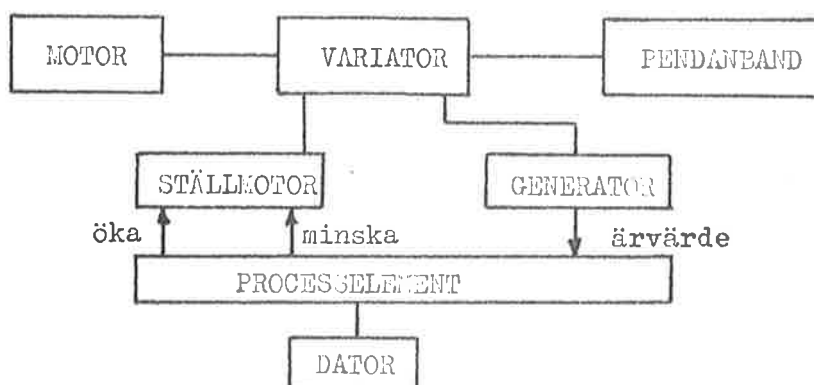
Signalerna genereras av tachometergivare och har mätområdet 0 - 200 ton/h och signalområdet 0 -10 V. Från röntgenspektrometern kommer 120 digitala signaler.



### 2.2.6 Styrsignalerna

För de sex vågarna som styres blir antalet styrsignaler 12, en öka-minska signal för varje våg.

Följande blockschema visar principen för styrningen av vågarna, dvs pendanbanden:



Figur 2.6. Principiell styrning av pendanband hos Gullhögen.

Generatoren är en tachometergivare. Variatorerna har ett relativt litet reglerområde, varför man har två variatorer för varje område. Växling mellan variatorerna styres av en logisk krets.

På pendanbandet finns i varje ögonblick en konstant mängd sten. Genom att variera bandets hastighet, regleras enkelt tillskottet av respektive stensort till kvarnen.

Motorerna i figuren är thyristorstyrda Siemens motorer.

### 2.2.7 Tillförlitlighet

Vid styrning av sammansättning av råmjöl och slam önskar man fortlöpande information om dessa.

En väsentlig länk i analyskedjan är naturligtvis spektrometern. Gullhögen har ett reglerprogram som förutsätter att spektrometern är hel, men datorn ur funktion. Med detta program kan ca 80% av analysverksamheten upprätthållas. Om däremot även spektrometern är ur funktion sjunker analysverksamheten till ca 30% av full drift.

Man har ej dubblerat några komponenter eller delsystem. Vid spänningsbortfall har man i reserv en kraftkälla, som förhindrar att informationen i kärnminnet förloras. Övrigt minnesskydd är programmässigt inlagt i monitorn.

De vanligaste felen, dock sällsynta, har uppstått i halvledare och fjärrskrivaren. Man använder som elskrivmaskin en Siemens fjärrskrivare. Denna är avsedd för informationshastigheten 50 baud men den köres på 75 baud, vilket kan förklara felintensiteten.

### 2.2.8 Avslutning

En bättre sammansättning av råmaterial, varvid ugnarna har gått bättre och jämnare med mindre slitage som följd, är en av vinsterna man fått med processdator.

Genom att endast styra råmaterialsammansättningen har man erhållit en bättre kvalitet på cementen.

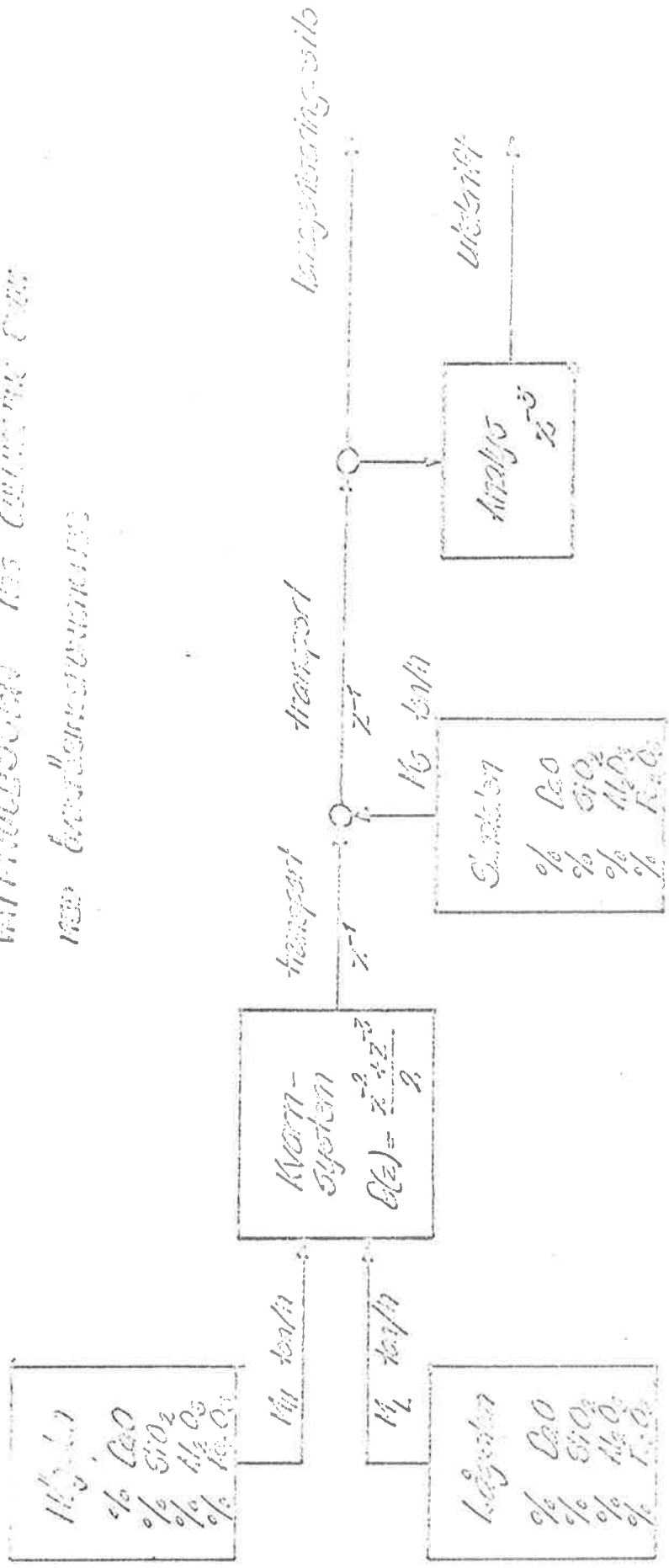
Installationen av datorn har gått lättare än man väntat sig.

**Ett problem vid installationen var att vågarna ej var lineära och att variatorernas reglerområde var begränsat, varför de måste dubblas.**

Pay-off tiden för processdatorn var 1,0 år.

En orsak till att man betraktade ugnen som en "black box" är att de kemiska förloppen inuti ugnen är relativt okända. Man har dock planer på att omkring 1970 styra ugnarna med dator. Denna del av cementprocessen är mest komplicerad. Av denna anledning loggar man ugnarna redan nu för att erhålla kännedom om deras beteende.

# VÄTTMOSSORNA hos Cementfabriken med beredningsanläggningen



Samplingintervall: 10 min

$$M_1 + M_2 + M_3 = M_{tot} = konst$$

$$M_4 = I_{in} / M_{tot}$$

$$M_5 = M_1 / M_{tot}$$

$$M_{in} = 100 \text{ ton/h} / \{ 2.05 \text{ ton/h} + 1.12 \text{ ton/h} + 0.83 \text{ ton/h} \}$$

$$M_{out} = 100 \text{ ton/h} / \{ 1.00 \text{ ton/h} + 1.00 \text{ ton/h} \}$$

Invariabler:

Utvärdering:

Fig. 2.12

## 2.3.

HOLMENS BRUK AB2.3.1 Inledning

Holmens Bruk AB i Norrköping tillverkar främst journalpapper. Kvaliteten på detta är starkt beroende av papperets ytvikt, vars varians bör minimeras för maximal ekonomisk vinst. Vid ytviktsövergångar, dvs vid byte av papperskvalitet, erhålles ett spill som tillverkaren också vill minimera.

Man är dessutom intresserad av att styra hastighetsskillnaden mellan viran och strålen ur inloppslådan, se fig 1.2, sid 18. Dessa regleringar skall arbeta korrekt såväl vid konstant hastighet som under hastighetsändringar. Enligt Holmens Bruk motiveras användningen av processdatorteknik av att reglerlooparna är flervariabelloopar.

Totalkostnaden för en processdator växer med antalet processvariabler man önskar behandla. Ett stort antal variabler medför en komplicerad utrustning och svårigheter vid programmeringen.

Holmens Bruk har därför valt att börja med ett fåtal variabler. Man har emellertid beaktat möjligheten att bygga ut processdatorsystemet. Det är planerat att kunna byggas ut med t ex fukthaltsreglering.

Vissa erfarenheter erhöles genom en studieresa till England och ökad kännedom om den egna processen erhöles bl a genom loggning. Processdynamiken analyserades av ASEA och Holmens Bruk.

Holmens Bruk valde en CON/PAC 4040, vilken levererades av ASEA-AEI. Skälet till detta val var att AEI erbjöd bästa programpaket med ett stort antal subrutiner. ASEA hade vidare möjligheten att i förväg testa programmen i en CON/PAC till vilken kopplats en analogmaskin, som simulerade processen.

Holmens Bruk önskade i största möjliga utsträckning köpa ett färdigt systempaket.

Datorn levererades av ASEA i februari 1968 något försenad och installationen var i huvudsak klar i november 1968.

Det matematiska modellbyggandet begränsades till en dynamisk modell för pappersmaskinens våtända. Applikationen avsåg i första hand reglering av ytvikt och hastighetsskillnad samt att erhålla bättre information om utseendet på ytviktsprofilen tvärs banan.

Pappersmaskinen, som ingår i processdatorsystemet, är byggd 1927. För några år sedan byggdes inloppssystemet, inloppslådan och pressarna om så, att de idag är fullt moderna. Pappersbanans bredd är 5,6 m och maskinhastighetsområdet är 5,8 - 9,2 m/s.

Ytvikten kan varieras mellan 55 och 65 g/m<sup>2</sup> med askhalter från 15 till 20%.

### 2.3.2 Styrproblemet.

De viktigaste processtorheterna är papperets ytvikt och fukthalt, vilka båda ej får variera mer än  $\pm 1\%$ . De är oberoende av maskinhastigheten.

Fukthalten påverkas primärt av ångtrycket i torkcylindrarna. Ett ökat tjockmassaflöde ger ökad fukthalt och ökad ytvikt vid i övrigt konstanta förhållanden. Differenshastigheten mellan mald och vira styres med hjälp av trycket i inloppslådan.

I processen regleras följande processvariabler

- ytvikt
- hastighetsdifferens (mellan mald och vira)
- maskinhastighet

Fukthalten styres inte av datorn, utan den regleras manuellt på konventionellt sätt genom justering av ångtrycket i torkpartiet. Ingreppen baseras därvid dels på den kontinuerliga fukthaltsmätningen och dels på datorns mätvärdesbehandling. Ytvikten regleras genom att variera tjockmassaflödet, som styres med DDC. Trycket i inloppslådan, som bestämmer hastighetsdifferensen, och maskinhastigheten, styres med börvärdesstyrning. Koppling finns mellan looparna.

Bestämningen av utseendet på algoritmerna och parametrarna gjordes av ASEA. Tillsammans med ASEA utfördes loggningar och stegsvarsanalys på våtpartiet. Med detta som underlag erhöles strukturen på algoritmerna.

Parametrarna bestämdes genom digital simulering hos ASEA. Programmen testkördes sedan på ASEA's dator, som var kopplad till en analogmaskin. Man bestämde parametrarna så att bästa reglering erhöles. Dessa parametervärden stämde bra vid körning hos Holmens Bruk, endast mindre justeringar behövde göras i processen.

Programsystemet kördes först open-loop med simulerade mätsignaler, samtidigt som mätsignalerna fram till terminalskåpen kontrollerades. Få fel uppstod därvid. I samband med att reglerlooparna slöts uppstod vissa fel på grund av

- felaktigt utförda jordningar
- störningar från reläer i terminalskåpen

Regulatorn för ytvikten ingår i en DDC-loop och är en typ av PID-prediktor. Värden från de senaste samplingarna utnyttjas av prediktorn.

Ytviktsmätaren rör sig tvärs över papperets bredd och bestämmer ytvikten i 42 punkter. Medelvärde av de 42 sista avläsningarna utgör ärvärde för regulatorn. Tiden mellan regleringreppen är 420 sek beroende på transporttider och medelvärdesbildning.

Ytviktsmätaren har ett begränsat område, där utsignalen är linjär. När mätsignalen närmar sig de yttre begränsningarna för linearitet, ställs referensvärdet om med hjälp av datorn. Datorn håller reda på referensvärde och avvikelse. Regulatorn för trycket i inloppslådan är också en PID-prediktor.

Man styr efter en osymmetrisk kostnadskurva. Ett ärvärde som understiger börvärdet ger en felkostnad högre än då ärvärdet överstiger börvärdet.

Ytviktsmätarens traversering är ej synkroniserad med regleringen.

Antalet analoga regulatorer överstiger 10.

Responsetiden för respektive storhet är

- ytvikt	240 - 300 sek
- trycket i inloppslådan	20 sek
- maskinhastigheten	några sek

### 2.3.3 Maskinvaran

Holmens Bruk använder en processdator CON/PAC 4040 med en kärnminneskapacitet av 8K ord om 24 bitars längd exklusive parity. Till datorn hör även ett trumminne AEI med kapaciteten 32K ord. Övriga data om maskinvaran finns i appendix B:2.

Operatörens utrustning består av två IBM elskrivmaskiner och en panel för kommunikation mellan operatör och dator.

### 2.3.4 Programvaran

Programmen till CON/PAC är skrivna i ett assembleringsspråk kallat PAL, Program Algorithmic Language. Detta språk är relativt tidskrävande, men täcker behoven bra vid Holmens Bruk. Utskrift är dock besvärligt att programmera.

Man har uppskattat vinsten i kärnminneskapacitet till ca 50% vid användning av assembler i stället för ett högnivåspråk som t ex FORTRAN.

I kärnminnet upptager monitor ca 4,5K ord av totalt 8K ord. Programdelar flyttas mellan inre och yttre minne med en hastighet av 15K ord/sek.

Kärnminnet är i stort organiserat enligt följande:

0	Rutiner	3712
3712	Gemensam area	5857
5857	Arbetsarea	8191

Systemet har tilldelats fyra avbrottssignaler. Dessa genereras av följande storheter

- ytvikt
- längd
- setvikt = vikten av två pappersrullar
- operatörpanelen

Maskinhastigheten ingår ej i avbrottssystemet. Storheterna är angivna i prioritetsordning. Setvikt och operatörpanelen ligger dock på samma nivå.

Då en pappersrulle skiftas, ändras en spänningsnivå, vilken genererar en signal för " läs längd " och "nollställ längdmätare".

Totalt kan systemet tilldelas 16 prioritetsnivåer.

Alla analoga insignaler, totalt 11 st, kontrolleras om de håller sig inom givna gränser. Ligger signalens värde utanför det önskade intervallet, erhålles felutskrift.

Om en givare avger ett värde, som ej ligger i intervallet, använder datorn ett föregående ärvärde. Skulle mätvärdet vid nästa sampling fortfarande vara fel, kopplas loopen bort.

Holmens Bruk anser att processdatorns främsta uppgift är att fungera som regulator. Någon loggning utföres normalt inte. Ett antal loggprogram finns i beredskap och kan utnyttjas för speciella studier. Vissa reglertekniska storheter, exempelvis ytvikt, fukthalt och askhalt, utskrives dock för varje set samt medelvärden en gång per dygn.

Man planerar att i framtiden inkludera andra delar av pappersprocessen i datorsystemet.



Som tidigare nämnts, tillverkar man papper av olika kvaliteter. Övergången mellan dessa sker helt automatiskt. Man utnyttjar samma algoritmer för de olika kvaliteterna.

Omställningen tar c:a 7 min.

Några olika typer av utskrifter från datorn finns i figurerna 2.8, 2.9, sid 52 och fig 2.10, sid 53.

Datorsystemet erbjuder en viss flexibilitet. Man kan on-line mata in kontrollkonstanter, alarmgränser och ändra styrlag samt andra data.

Datorn måste köras off-line vid kompilering.

Alla program var skrivna före installationen. ASFA skrev 90 % av dem, Holmens Bruk de resterande. Tillsammans rättade och kompletterade man programmen.

### 2.3.5 Mätsignalerna

De processtorheter man är intresserad av att mäta är

- ytvikten
- trycket i inloppslådan
- tjockmassaflödet
- maskinhastigheten

Totala antalet mätsignaler är 17 st, 11 analoga och 6 digitala. Nio stycken av dessa ingår direkt i styrningen. Tabell 2.1, sid 51 upptar samtliga mätsignaler.

Följande typer av givare användes

Storhet	Typ	Signalområde	Mätområde
Ytvikt	Beta-mätare	0 - 5 mA	40 - 80 g/m <sup>2</sup>
Tryck	Potentiometer + omvandlare	0 - 20 mA	0 - 3 mvp
Hastighet	Tachometer	0 - 10 V	200 - 550 m/min
Flöde	Magnetisk flödesgivare	10 - 50 mA	0 - 5000 l/min
Läge	Differential trafo	-10 - +10 V	0 - 60 mm
Vikt	Pressduktor	0 - 10 V	2 - 8 ton
Längd	Digitala pulser, som går in i ett register (20 pos.)		

Man anser hos Holmens Bruk att den integrerande termen i styralgoritmen ger en tillräcklig filtrering. Analog filter finns dock framför A/D-omvandlaren. Filterrutiner finns inte.

Man har haft problem med att mäta ytvikten på en mekaniskt problem i betaströmmätaren, ävs ytviktsgivaren.

Då man startade pappersmaskinen efter det att avbrott förekommit i pappersbanan, gav ytviktsmätaren ett felaktigt värde. Dessa problem har man löst.

Informationen i givarna hämtas enligt avsökningsprincipen.

Ändras värdet i en givare, som mäter antingen ytvikt, längd eller setvikt, sänder denna en brytsignal.

Samplingsintervallet för de analoga signalerna är 20 sek. Motsvarande tid för de digitala signalerna är 0,5 sek. Dessa tider kan få vara längre, men eftersom man har gott om maskintid, låter man avläsningarna ske ofta.

### 2.3.6 Styrsignalerna

Följande storheter styres

- tjockmassaflöde
- inloppslådetryck
- maskinhastighet
- ytviktsmätarens mätområde
- längdmätarens nollställning

Maskinhastigheten styres vid första torkgruppen med två ställdon. Kortslutna elmotorer fungerar som ställdon för inloppslådetryck och maskinhastighet. Ställdonet för tjockmassaflödet är en elpneumatisk omvandlare av fabrikatet Electron-Hard. Dess styrområde är 3 - 15 psi. Elmotorerna styres med pulser, vars längd är ca 0,2 sek. Motorerna är tillverkade av ASEA. Antalet ställdon är fyra. D/A - omvandlare saknas.

### 2.3.7 Tillförlitlighet

Vid fel erhålles larm. Operatören kan då besluta om övergång till manuell styrning av processen.

Fel uppstår oftast i

- maskinvara
- givare (särskilt ytviktsgivaren)
- programvara

Back-up, reservmöjligheter, är ordnad för ytviktsmätarens kalibrering. Inga delsystem eller komponenter är dubblerade, men den konventionella, analoga reglerutrustningen finnes kvar.

För datorn har man en garanterad MTBF större än 1000 tim och en uppskattad MTBF större än 2000 tim. Datorn arbetar med udda parity.

Ett nätspänningsbortfall, som varar mindre än 10 min, påverkar ej datorns funktion.

### 2.3.8 Avslutning

Holmens Bruk anser att styrningen av pappersmaskinen går säkrare efter det att datorn installerats. Man har konstaterat att ytvikten blivit jämnare.

Vidare har man lärt sig mer om sin process, bl a har man erhållit fakta som ej tidigare var mätbara.

De största problemen i samband med installationen har varit givarna samt bristen på kvantitativa uppgifter om pappersprocessen.

Tabell 2.1

Mätsignaler vid Holmens Bruk

Storhet	Signaltyp	Användes för styrning av
tjockflöde	analog	ytvikt
läge vid ytviktsventil	"	"
tunnflöde	"	
inloppslådetryck	"	" , diff.hastighet
virahastighet	"	"
torkpartihastighet	"	"
ytviktsavvikelse	"	"
nominell ytvikt	"	"
fukthalt	"	"
pressduktorvåg	"	"
svar från maskinhast.regulator, börvärde	"	
läs setlängd	digital	
längdmätning	"	
avbrottssignal	"	
läge beta-mätare	"	"
ändläge "	"	
läs vikt	"	

(längdmätaren kräver 20 informationspositioner i registret)

SETNR	FARDIG KL	KVALITET	BEORDRAD YTVIKT	BERAKNAD YTVIKT	VIKT	LANGD
371	0540	LX601	60.0 g/m <sup>2</sup>	60.8 g/m <sup>2</sup>	6.02 ton	17601 m

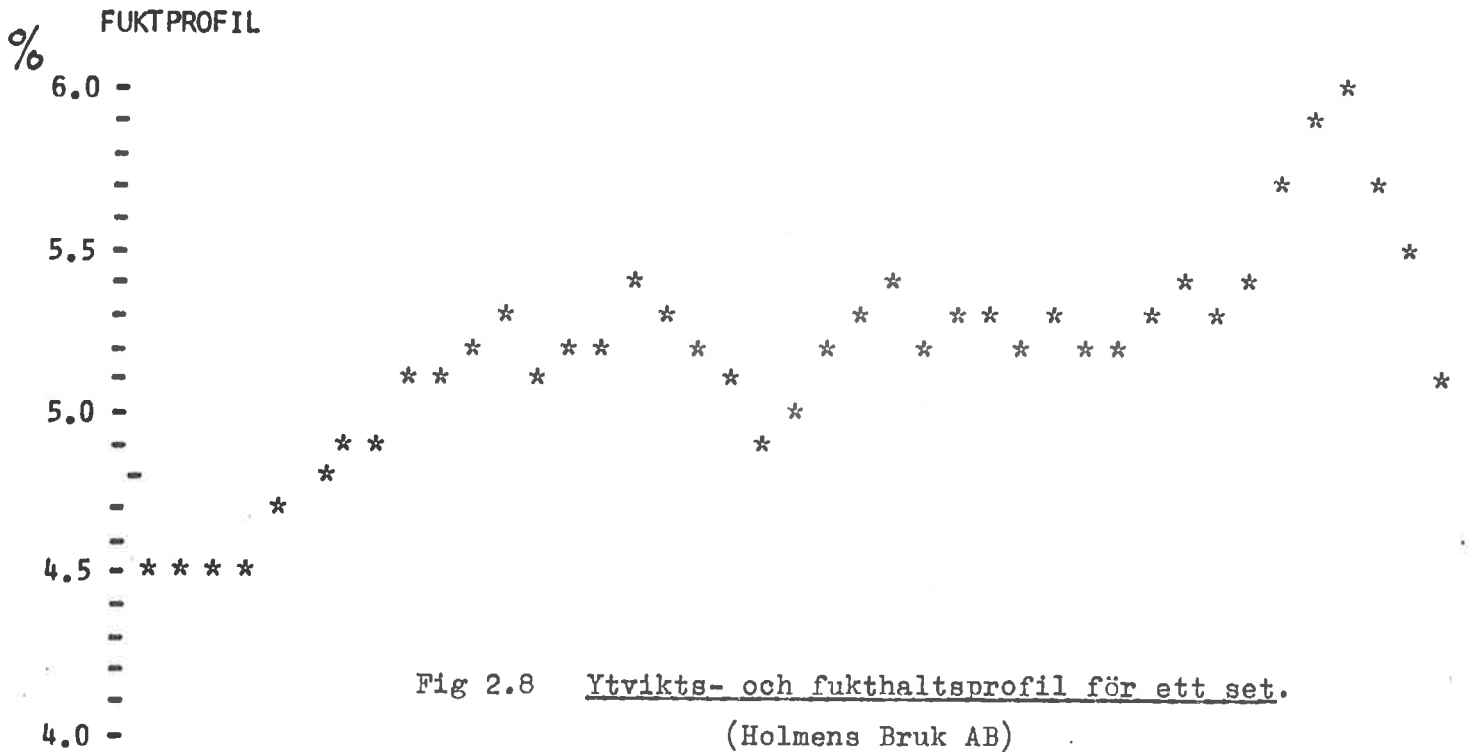
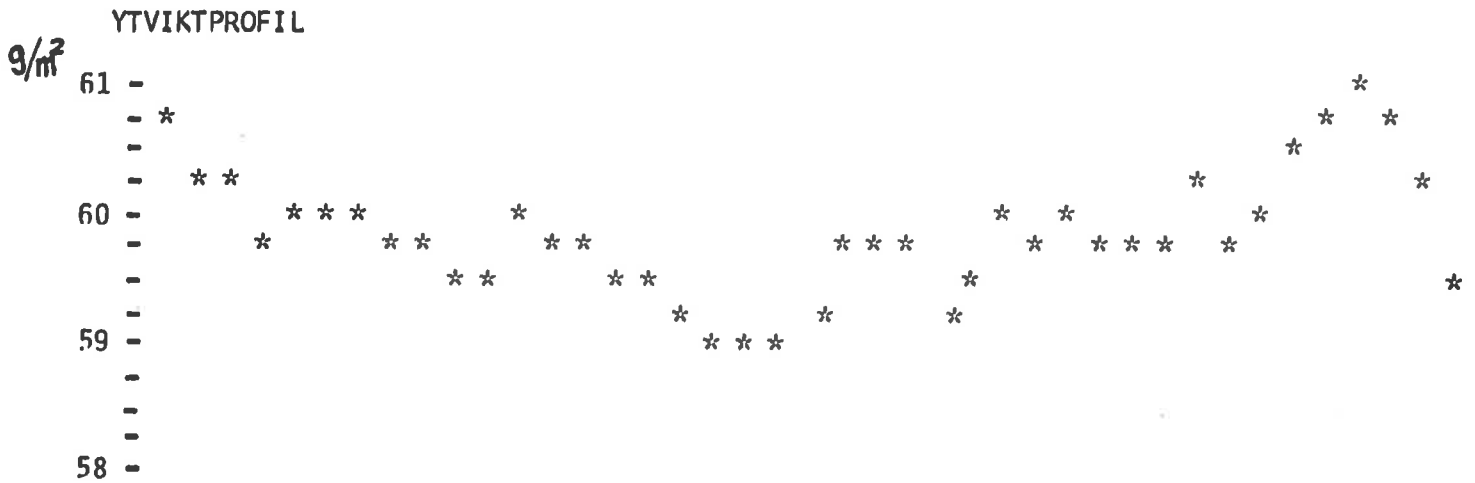


Fig 2.8 Ytvikts- och fukthaltsprofil för ett set.  
(Holmens Bruk AB)

Alarm →	1255	ÖVERGÅNG H-A YTVIKTSREGLERING BEGÄRD				
	1255	ÖVERGÅNG H-A YTVIKTSREGLERING				
	1304	LOGGKOMB	1	0.98	56.81	56.59
	1314	LOGGKOMB	1	0.98	56.81	56.94
	1314	SET NR 191	FUKTHALT FÖR FÄRDIGT PAPPER		6.2 PROC	
Klocka →	1314	SET NR 191	FUKTHALT FÖR FÄRDIGT PAPPER		6.2 PROC	
	1315	SET NR 194	ASKHALT 20.0 PROC			
	1324	LOGGKOMB	1	0.98	56.81	57.06
	1335	FELKOSTNAD/TON		16.84		
	1338	LOGGKOMB	1	0.98	56.81	56.78
	1348	LOGGKOMB	1	0.98	56.81	56.70
	1358	LOGGKOMB	1	0.98	56.81	56.95
	1408	LOGGKOMB	1	0.98	56.81	56.70

Kalibreringsfaktor  
 Fukthalt i %  
 Torr ytvikt g/m<sup>2</sup>  
 Börvärde  
 Ärvärde

Fig 2.9 Exempel på den kontinuerliga utskriften från datorn. (Holmens Bruk AB)

PRODUKTIONSRAPPORT 15 61969 KL 0601

	HX591					HELA DYGNET	
TOTAL TID. MIN	1426	0	0	0	0	0	1426
ACK. STOPPTID MIN	0	0	0	0	0	0	0
ANTAL STOPP	0	0	0	0	0	0	0
ACK. AVBROTTSTID MIN	46	0	0	0	0	0	46
ANTAL AVBROTT	4	0	0	0	0	0	4
EFF. PRODUKTIONSTID MIN	1380	0	0	0	0	0	1380
POPE PRODUKTION TON	224.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	224.7
LENGD M	671612	0	0	0	0	0	671612
BEORDRAD YTVIKT	59.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
BERÄKNAD YTVIKT	59.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
SPRIDNING YTVIKTSPROFIL	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
SPRIDNING MÄTPUNKT 23	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
MASKINHASTIGHET	482	0	0	0	0	0	
FUKTHALT BETÄM.	4.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
FUKTHALT VÄG	7.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
FUKTHALT FÄRDIGT PAPPER	6.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
AKTIV KONC. GR/LIT	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
TOTALRETENTION	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
UTLOPPSDIFF. M/MIN	-7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
TOTAL STRÄCKNING PROC.	3.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
FÖRSTA SETNR							810
SISTA SETNR							846
TORKAD BREDD							5601

#### KALIBRER IN GSAKTORER

1.03	1.03	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.01	1.01	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00
0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.01	1.01	1.01	1.01
1.01	1.00	1.00	1.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00															

MEDELVARDE KALIBR.FAKT. 1.01 0.00 0.00 0.00 0.00

Fig 2.10 Produktionsrapport. (Holmens Bruk AB)

## 3.1

BILLERUDS AB3.1.1 Inledning

Vid årsskiftet 1964-65 installerade Billeruds AB vid Gruvöns Bruk en första processdator IBM 1710. Maskinen är ansluten till en pappersmaskin (PM 4) för tillverkning av säckpapper. Processdatorns huvuduppgifter är

- processtyrning
- produktionsplanering
- produktionsövervakning
- kvalitetskontroll
- resultatrapportering

Erfarenheterna från IBM 1710 visar att det är möjligt att er-hålla nödvändig information om processen genom mätningar samt utforma reglerstrategier, som styr processen med direkta signa-ler (DDC) från processdatorn.

Resultatet av IBM 1710-installationen uppmuntrade Billerud att vid uppbyggnaden av en ny produktionslinje på Gruvön för till-verkning av flutingpapper inkludera en andra processdator, IBM 1800. (Fluting är en papperskvalité - det korrugerade mel-lanskiktet i wellpapp består av fluting).

Med processdatorn IBM 1800 vill Billerud, dels styra processen på vanligt sätt, dels pröva nya optimeringsmetoder och rappor-teringssystem.

Målet är att åstadkomma en integrerad databehandling av hela företaget - datorn skall utnyttjas från beställning av pappret till den slutliga faktureringen.

Billerud valde mellan en CON/PAC 4020/4060 och IBM 1800. Man bestämde sig för den senare, bl a eftersom IBM erbjöd fort-satt tekniskt vetenskapligt utvecklingsarbete. IBM kunde också lösa serviceproblemet lättare.

IBM har tillsammans med Billerud använt denna installation som utvecklingsprojekt för processtyrning.

IBM 1800-installationen var färdig i april 1968. Flutingbruket startades i slutet av maj samma år.

Vi kommer i denna framställning att endast behandla IBM 1800 - systemet med pappersmaskin 6.

### 3.1.2 Styrproblemet

Processdatorn IBM 1800 har fem huvuduppgifter:

- processtyrning (DDC) av halvkemiskt kokeri och PM 6
- processtyrning (operatörledning) av kemikalieåtervinningsavdelningarna
- driftsrapportering (Halvkem. kokeri, PM 6, kem. återv. avd.)
- produktionsstyrning (hela Gruvön)
- produktionsplanering (PM 6)

Genom processdatorn säkerställs

- att inverkan av processtörningar elimineras
- att risken för manuella felingrepp minskas
- en enhetligare produktion och jämnare kvalitet
- en högre produktion
- lägre tillverkningskostnader

Datorn styr pappersprocessen fr o m mälderiet t o m rullstolen.

Viktiga regleruppgifter är fukthalts- och ytviktsreglering.

Man strävar efter att styra med DDC, där detta ger fördelar.

De viktigaste looparna är de för fukthalt och ytvikt.

Fig 3.1, sid 60 visar processdatorsystemet IBM 1800.

### 3.1.3 Maskinvaran

Billeruds IBM 1800 har en kärnminneskapacitet av 32 k ord om 18 bitars längd, varav 1 bit för udda paritet och 1 bit för minnesskydd. 16 bitar kvarstår alltså för instruktioner eller data.



Till maskinen hör tre skivminnen IBM 1810 med kapaciteten 512 k ord om 18 bitars längd.

I datorrummets I/O-utrustning ingår en elskrivmaskin IBM 1053, en kortstans/läsare IBM 1442 och en radskrivare IBM 1443.

Vid pappersmaskinen inkl mälderiet och vid neutralsulfitkokeriet finns en s k POC (process operator console) som även innehåller en elskrivmaskin IBM 1053.

#### 3.1.4 Programvaran

Programmen till IBM 1800 är skrivna i både FORTRAN och assembler.

Om man så önskar, har man möjlighet att skriva alla program i FORTRAN beroende på att datorn är utrustad med reelltidsmonitorn TSX ( Time-Sharing Executive System ) som är FORTRAN-orienterad.

En del rutiner är emellertid skrivna i assembler, ty dessa har väsentlig betydelse för den totala användningen av processdatorn - man spar både maskintid och minnesutrymme. Vissa rutiner skrivna i FORTRAN upptar endast 60 % så stort minnesutrymme om de i stället skrivs i assembler.

Generellt gäller att önskar man flexibel programmering användes FORTRAN. Fast lagrade rutiner, såsom styrprogram på "regulatornivå", skrivs i assembler.

Algoritmerna är huvudsakligen av PID-typ inkl dödtid. Tidskonstanterna, där digital styrning användes, ligger omkring storleksordningen minuten.

Man använder för närvarande inga optimeringsalgoritmer on-line.

En väsentlig del av den residenta delen av kärnminnet utgörs av den s k Main-Table. Denna del är mycket central i programsystemet.

I Main-Table finns informationen om alla signaler. Main-Table upptar c:a  $5\frac{1}{2}$  K ord av kärnminnets totala 32 K ord.

Den grundläggande filosofin med MT är att man på ett ställe i kärnminnet har samlat all behövlig information om de skilda signaler processdatorn har anledning att avläsa. Tanken är att användaren av MT inte skall behöva vara insatt i programsystemet, han skall i stort fylla i en blankett och denna ger i sin tur processdatorn all den information om den inkommande signalens karaktär som erfordras. Informationen kan exvis vara

- scanfrekvens
- typ av givare (analog, digital; lineär, olin.)
- omvandlingsstorheter (skal faktorer) hos givare

All denna information kan läsas in via ett standardiserat system så att informationen finns lagrad för var och en av de upp till 430 insignaler, vilka ingår i processdatorsystemet.

Som ett delprogram finns Main-Table Scan. Detta är ett slags inläsningsprogram, som kommunicerar med Main-Table.

Med hjälp av MTScan gör man en del standardkontroller, exvis

- gränsvärdesundersökning av insignaler
- digital filtrering av insignaler
- bildning av olika medelvärden

I Main-Table kan man även lagra gammal information, som är av betydelse för en flexibel programmering.

Genom filosofin med MT har man möjlighet att använda alla variabler, både för processtyrning av den enskilda processen och för produktionsstyrning.

Regleralgoritmer, som upptar litet minnesutrymme, mindre än 50 ord, och som ofta används, är fast lagrade i kärnminnet. Konstanterna i regleralgoritmerna är specificerade i Main-Table. Önskar man ändra proportionella förstärkningen eller integrationstiden, gör man detta i Main-Table.

Loggprogrammen ser till att de värden man vill logga kommer in i datorn och lagras i befintlig area. Två typer av loggprogram finns: Fast Logg och Main Logg.

Fast Logg kan logga högst 10 variabler med samplingsintervall större än 2 sek.

En mer omfattande loggning utnyttjar Main Logg, som kan mot-  
taga en större mängd variabler än Fast Logg. Samplingsinter-  
vallet ökar då till 30 sek eller mer. Efter varje loggning  
utförd av Main Logg, överförs variablernas värden till skiv-  
minnet. Detta belastar datorn hårt. Main Logg undviks därför  
om möjligt vid snabb datainsamling.

Antalet avbrottssignaler är tio. De tre viktigaste i priori-  
tetsordning är:

- banbrott inträffat
- traversering pågår
- pappersbanan breddad

Den ordinarie programordningen kan ändras av olika skäl.

Alarm kan komma från processen och genererar då ett externt  
avbrott som bryter programordningen.

Datorn kan generera en avbrottssignal då ett scanprogram eller  
ett loggprogram kallas. Detta sker med varierande frekvens,  
beroende på tidskonstanter i processen.

Man har två ansvariga programmerare. Tillsammans med IBM har  
Billerud bedrivit ett fortlöpande utvecklingsarbete, dels kring  
styrprogram, dels kring rapporteringssystem.

För närvarande arbetar Billerud på att bygga ut sitt processda-  
torsystem. Man har inskaffat ytterligare kärnminne och kommer  
att ersätta TSX-systemet med ett MPX-system. Fler rutiner skall  
läggas in i systemet, varför TSX blir otillräckligt.

### 3.1.5 Mätsignalerna

Totala antalet mätsignaler är 160 st, varav 96 st är analoga  
och 64 st digitala. Av de analoga används 24 st enbart för  
loggning. De digitala mätsignalerna detekterar läget hos vissa  
kontakter.

Informationen i givarna hämtas med hjälp av Main-Table Scan.  
Detta program körs varannan sek. Samplingsintervallet är en  
multipel av 2 sek. Val av multipel beror på tidskonstanten i  
processen.

### 3.1.6 Styrsignalerna

Väsentliga styr signaler för ytvikten är

- tjockmassaflöde
- inloppslådetryck
- maskinhastighet
- läppöppning
- varvtal hos blandningspump

Fukthalten styrs genom att variera ångtrycket i torkpartiets cylindrar.

Med DDC styrs bl a läppöppningen.

Malspalter i kvarnar, massaflöden och utspädningsflöden styrs med börvärdesstyrning.

Följande ställdon användes

Processtorhet	Fabrikat	Signalområde
Nivå	Kolvställdon och mem-	0 - 50 mA
Koncentration	branställdon, Fischer	0 - 50 mA
Flöde	"	0 - 50 mA
Effekt	Synkronmotorstyrda poten-	0 - 100 ohm
Hastighet	tiometrar för tyristoragg- regat eller el/hydr servon Asea, Siemens, Valmet	0 - 2 kohm

### 3.1.7 Tillförlitlighet

Man har möjlighet att koppla över styrningen till analoga regulatorer. Man kan även styra manuellt, ty processen är relativt långsam.

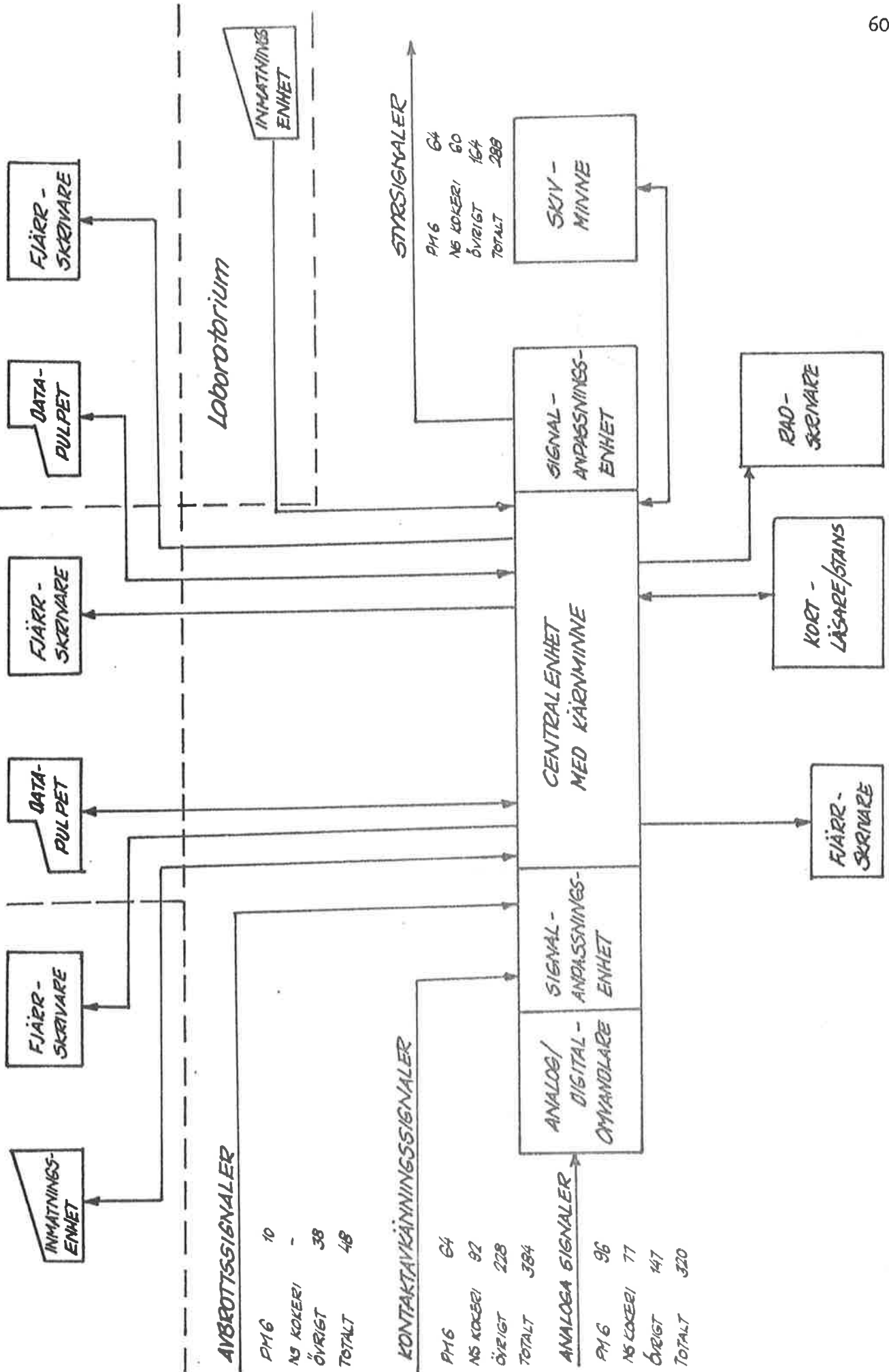
De tre vanligaste felen i ett mycket tillförlitligt datorsystem har varit

- orena skivpackar
- fel i elskrivmaskiner
- fel i kortläsare

Mälteri och PM6

NS - kokeri

Kemiska ledarvinnning



FIGUR 3.1. ÖVERSIKT ÖVER IBM-1800 SYSTEMET

## 3.2

KORSNÄS-MARMA AB3.2.1 Inledning

Korsnäs-verken tillverkar säckpapper av olika kvaliteter med ytvikter från 40 till 250 g/m<sup>2</sup>. 80% av pappersproduktionen har ytvikter mellan 70 och 90 g/m<sup>2</sup>.

Civ ing Staffan Schröder, Korsnäs-Marma AB har skrivit en uppsats om företagets processsystem. Med benäget tillstånd av författaren bifogas uppsatsen i appendix F, sid 103.

En mindre processdator PSP 77 ( 4 K ord, 16 bitars ordlängd ) installerades 1965. Med denna provade man ut de modeller och styrdata, vilka behövdes för styrning av en pappersmaskin. Med styrdata menas här de värden, som presenteras av datorn, då man har operatörstyrning enligt definition i appendix A, sid 79.

Man kartlade därvid systemet och satte upp vissa enkla modeller för några tillämpningar. Exempelvis gjordes en modell för inställning av ytvikten, där det gäller att ställa in mängd, massaflöde, koncentration av massan i förhållande till maskinens hastigheten och med vissa korrektioner för tvärskrumpning mm. Modellerna erhöles på grundval av avlästa driftdata under ett antal månader. Dessa hålls fortlöpande aktuella genom att man kontrollerar dem ungefär varannan månad.

Modellerna visade sig fungera bra, varför en större processdator UAC 1601, tillverkad av LM Ericsson, installerades 1968 i samband med att fabriken utbyggdes för fördubblad pappersproduktion.

Datorn ger styrdata till tre pappersmaskiner, samt är kopplad till papperslaboratoriet. Man har en automatiserad pappersprovning, vilket kanske är det mest intressanta hos installationen. Denna pappersprovning finns närmare beskriven i appendix F, sid 103.

Vid installationen av den nya datorn parallellkördes denna med den gamla. Övergången till styrning med den nya datorn skedde successivt med överföring av program efter program. Detta tog ungefär ett halvår.

Korsnäs-Marma skrev mer än hälften av programmen själva.

### 3.2.2 Styrproblemet

Målsättningen vid installationen av datorn var att denna skulle ge styrdata åt de tre stora pappersmaskinerna samt behandla mätvärdena från det automatiska rutinprovning-laboratoriet. Kapacitet skulle även finnas för styrdata på massasidan, speciellt för den nya kontinuerliga sulfatkokaren.

De delar av pappersprocessen som omfattas av datorstyrning är

- utskottsregleringen
- utloppskvotsregleringen
- fukthaltsregleringen
- ytviktsregleringen
- dragregleringen
- omställningar
- rullvägningskontroll

Vid utskottsregleringen styres utskottsflödet och nivåer. För de övriga presenteras styrdata på skrivare och indikatorer av olika slag.

Man använder till största delen operatörstyrning, för vilken det finns ca 30 loopar. Bl a ingår styrning av ytvikt, fukthalt, drag och rullvikt.

Det finns 4 loopar med börvärdesstyrning och 2 med DDC.

De loopar man anser vara väsentligast är ytvikts- och utloppskvotsstyrningen.

Alla styralgoritmer man använder är proportionella och är ca 10 st. I ett par fall är de av deriverande eller integrerande natur.

### 3.2.3 Maskinvaran

Man använder sig av en processdator UAC 1601 tillverkad av LM Ericsson. Denna var den första UAC 1601 LME levererade. Kärnminneskapaciteten är 32K ord och ordlängden är 18 bitar med udda paritet i 17:e positionen. Position 18 användes ej, varför det alltså finns 16 informationsbärande positioner. Minnets cykeltid är 6 mikrosek. Man har inget yttre minne, men man använder sig av ett relokeringsystem via remsläsare.

### 3.2.4 Programvaran

Vid varje användning av UAC 1601 finns i kärnminnet ett tillämpningsprogram (AP) och ett systemprogram (ERIC, efter LM Ericsson).

AP består i regel av ett antal funktionsprogram, vilka är starkt processbundna. Dessa har ofta gemensam dataarea och ligger på olika prioritetsnivåer. Anropen av funktionsprogrammen sker med brytsignaler eller av andra funktionsprogram.

Systemprogrammets utformning varierar starkt från tillämpning till tillämpning.

Generellt innehåller ERIC program för

- övervakning
- realtidsarbetet
- in/ut kommunikation
- operatör kommunikation
- subrutinbibliotek
- hjälpprogram
- test- och felsökningsprogram

Alla program skrives i assembler. Någon kompilator för högnivåspråk finns ej.

Man har goda erfarenheter av assembleringspråket. Man kan on-line sätta in nya program, ändra styrlagar samt ställa in värden mm.

De flesta rutinerna lagras i kärnminnet och en växande andel på remsa, som alternativt relokeras till kärnminnet.



De viktigaste avbrottssignalerna är de som härrör från banbrott och start och stopp av pappersmaskin. Totalt har man möjlighet att utnyttja 16x16 prioritetnivåer. Mer än hälften användes.

Beläggningen på datorn är tidsmässigt ca 10%.

Programmen för den automatiska pappersprovningen upptar ca 5K ord i kärnminnet.

Dagligen utväxlas data på hålkort och remsa via biltransport (4km) mellan processdatorn och Korsnäs-Marmas EDB-central.

### 3.2.5 Mät- och styrsignalerna

Antalet analoga mätsignaler är ca 50. Dessa filtreras både vid givarna och datorn i analoga respektive digitala filter. Samplingsfrekvenserna varierar mellan 1 Hz och 0,01 Hz. Dessa är betingade av programmeringen, loopen och processens snabbhet.

De analoga utsignalerna är 20 st.

### 3.2.6 Avslutning

De erfarenheter man erhållit vid installationen av datorn är

1. Man har ett begränsat, väldefinierat system, vilket har installerats på mindre än ett år utan tidsfördröjning.
2. Att kostnader exakt kan förutses och hållas avsevärt lägre än vad olika leverantörerna uppger.
3. Att även ett helt nytt datorsystem kan fungera helt tillförlitligt redan från driftstagande.

Vad man vunnit vid installationen är bl a att spillet minskat kraftigt vid kvalitetsomställningar. Detta på grund av de noggranna inställningar man kan göra med datorns hjälp. Kvalitetsomställningar har man ofta, 3 - 4 ggr per dygn och pappersmaskin.

Man har dessutom fått en kontroll av papperskvaliteten med den automatiska pappersprovningen.

Kassationer och nedklassningar p g a felaktig ytvikt har minskat.

De personalbesparingar som erhållits tack vare datorn är av stort värde.

Den filosofi man haft när det gäller styrmetod är intressant. Man anser hos Korsnäs-Marma att börvärdesstyrning och även operatörstyrning är av större värde än DDC. Enligt Korsnäs-Marma får man med DDC i och för sig ej en bättre styrning. Vad man gör är, att man ersätter befintliga regulatorer med digitala sådana, som i dagens läge ej kan ge tillräcklig driftssäkerhet åt processen.

I stället anser Korsnäs-Marma att datortekniken är ett utmärkt hjälpmedel för att åstadkomma överordnade styrfunktioner.

Datastyrning är inget behov, vad som behövs är bättre styrdata.

### 3.3

#### AB IGGESUNDS BRUK

##### 3.3.1 Inledning

AB Iggesunds Bruk tillverkar kartong s k "food-board" med ytvikter mellan 100 och 450 g/m<sup>2</sup>.

Man hyr en processdator UAC 1601 av LM Ericsson. Installationsarbetet av denna påbörjades våren 1969. Totala installationstiden uppskattas till ett och ett halvt år.

Datorsystemet håller på att utvecklas under intimt samarbete mellan Iggesunds Bruk och LM Ericsson. När det är fullt utbyggt kommer det att ha fyllt det tillgängliga minnesutrymmet på 32K ord. En väsentlig nackdel hos UAC 1601, anser man, är att det ej går att ansluta ett yttre minne.

Till hösten 1970 kommer man även att datorstyra den nya kartongmaskinen (nr 2), som är under konstruktion. Man avser då att byta UAC 1601 mot en UAC 1610 eller en CD 1700 (ASEA).

Den nya datorn skall ha 32Kords kärnminneskapacitet och minst ett yttre minne. Ett krav är även att en FORTRAN-kompilator skall kunna användas.

##### 3.3.2 Styrproblemet

Målsättningen vid installationen är att med hjälp av datorn man skall kunna

- hålla en jämn kvalitet vid minsta råvaruåtgång
- öka mängden säljbar kartong genom att nedbringa omställningstiden och antalet banbrott
- att hålla en hög kvalitet på produkten trots stora personalomflyttningar inom företaget.

De delar av processen som omfattas av datorstyrning är  
( i högra ledet anges vilka processvariabler som styres):

- |                         |  |
|-------------------------|--|
| - kemikalierregleringen | harts- och alunflöden                              |
| - fukthaltsregleringen  | ångtryck (fukthalt och temperatur)                 |
| - ytviktsregleringen    | mälflöde (ytvikt), maskinhastighet och utloppskvot |
| - dragregleringen       | maskinsektionernas relativhastigheter              |
| - malningsregleringen   | malgrad  |
| - maskinomställningar   | automatiska ytvikts- och produktionsomställningar  |

Datorn användes även för papperskontroll.

De styrmetoder som användes är börvärdesstyrning och DDC.

Variabler som styres med respektive metod framgår nedan:

börvärdesstyrning	ångtryck (fukthalt), hastighet, drag, koncentration och flöden Totalt ca 35 loopar.
-------------------	--

DDC	kemikalieflöden, ångtryck (temperatur), utloppskvot (läppläge, tryck och flöde), malgrad och ytvikt Totalt ca 35 loopar.
-----	---

Man anser att regleringen av ytvikt, fukthalt och drag är väsentligast. Man använder både PI- och PID-algoritmer.

Även blekeriet kommer att processdatorstyras (nyligen påbörjat).

Man kommer då att styra de 3 - 4 första blekstegen:

- klor
- alkali
- hypoklorit

### 3.3.3 Maskinvaran

Man använder sig av en processdator UAC 1601 tillverkad av LM Ericsson. Kärnminneskapaciteten är 32K ord och ordlängden 18 hitar med udda paritet i 17:e positionen. Position 18 användes inte, varför det alltså finns 16 informationsbärande positioner. Minnets cykeltid är 6 mikrosek. Man har ej något yttre minne.

### 3.3.4 Programvaran

Vid varje användning av UAC 1601 finns i kärnminnet ett tillämpningsprogram (AP) och ett systemprogram (ERIC, efter LM Ericsson).

AP består i regel av ett antal funktionsprogram, vilka är starkt processbundna. Dessa har ofta gemensam dataarea och ligger på olika prioritetsnivåer. Anropen av funktionsprogrammen sker med brytsignaler eller av andra funktionsprogram.

Systemprogrammets utformning varierar starkt från tillämpning till tillämpning.

Generellt innehåller ERIC program för

- övervakning
- realtidsarbetet
- in/ut kommunikation
- operatör kommunikation
- subrutinbibliotek
- hjälpprogram
- test- och felsökningsprogram

Alla program skrives i assembler. Någon kompilator för högnivåspråk finns ej.

Man har goda erfarenheter av assembleringspråket. Man kan on-line sätta in nya program, ändra styrlagar samt ställa in värden mm.

De viktigaste avbrottssignalerna är de som härrör från banbrott och start och stopp av kartongmaskinen. Totalt har man möjlighet att utnyttja 16x16 prioritetsnivåer. Beläggningen på datorn är tidsmässigt ca 40%, varav åtgår för

styrning av processen	ca 30%
non-process uppgifter	ca 10%

### 3.3.5 Mät- och styrsignaler

Man har ca 100 analoga mätsignaler, vilka filtreras i analoga och digitala filter vid givare respektive dator. Samplingsfrekvenserna varierar mellan 1 Hz och 0,1 Hz. Dessa är betingade av processens snabbhet och loop.

Antalet analoga utsignaler är ca 60.

### 3.3.6 Avslutning

Erfarenheter man erhållit hittills under installationen är bl a

- att man bör ha ett yttre minne till en dator
- att man bör ha minnesskydd till datorn
- att viss jour är nödvändig vid inkörning av nya program
- vissa reglerproblem löses lämpligen genom simulering
- att kontroll av programmen innan driftstagande genom simulering eller på annat sätt är viktigt

Problem man haft vid installationen är

- givarproblem
- svårigheter att få införa processtörningar i samband med processtudier (leverantörens synpunkt)

Man använder sig av förhållandevis mycket DDC-styrning. Skälet till detta är en ren kostnadssak. De instrument som fanns före datorinstallationen gick till en stor del inte att använda för börvärdesstyrning, varför det blev mer ekonomiskt att använda datorn som regulator än att köpa nya instrument.

För övrigt anser man hos Iggesunds Bruk att operatörstyrning ej är bra. Den mänskliga faktorn kan där göra sig gällande.

Intressanta synpunkter, som kan diskuteras, är i övrigt

- DDC kontra börvärdestyrning
- back-up problem
- assembler kontra högnivåspråk
- givare
- simuleringar

REFERENSER

- ANDOFF T Jämförande analys av datamaskiner för  
processreglering  
Rapport RE-25 Jan 1968  
Examensarbete vid institutionen för Regler-  
teknik, Tekniska Högskolan i Lund.
- BARTEE T C Digital Computer Fundamentals  
McGraw-Hill 1966
- CARLÉN O Reglering av råmaterialflöden till cement-  
roterugn  
Examensarbete vid institutionen för Regler-  
teknik, Chalmers Tekniska Högskola 1968
- CEMENTA AB Limhamns cementfabrik utbyggd  
Cement och Betong Nr 3 1967
- DANIELSSON P-E Digitalteknik och datamaskiner  
TLTH/VBV 1968
- GRANHOLM Betong  
HELLSTRÖM Natur och Kultur 1958  
WÄSTLUND
- GROS G Uppläggning och förberedelse för datamäs-  
sig processtyrning  
Papper och Trä Nr 11 1967
- HIGHAM J D Computer Control of a Cement Kiln using  
CONRAD standard software  
GEC-AEI Journal Vol 35 No 2 1968
- LINDSTRÖM B Processdatamaskiner i Sverige - en över-  
sikt över anläggningar i drift vid 11  
svenska processindustrier  
Teknisk Tidskrift Häfte 4 1969
- RICHARDS R K Electronic Digital Systems  
John Wiley & Sons 1966
- SAVAS E S Computer Control of Industrial Processes  
McGraw-Hill 1965
- SVENSSON B Den nya datamarknaden är köparens marknad  
Industria oktober 1967



SVERIGES	Papperstillverkning	
PAPPERSFÖRBUND	Natur och Kultur	1958
WAGERMARK R E	Processdatorer i Sverige	
	Elektronik Nr 5	1969
YDREMARK A	Studium av en styralgoritm samt program- system för processdatamaskiner	
	Rapport RE-28	Maj 1968
	Examensarbete vid institutionen för Regler- teknik, Tekniska Högskolan i Lund.	
ÅSTRÖM K-J	Computer Control of a Paper Machine - an Application of Linear Stochastic Control	
	IBM Journal of Research and Development	
	Vol 11 No 4	1967

## MANUALER

IBM 1800  
 Siemens system 300  
 CON/PAC system 4000  
 GEC modell 90  
 UAC 1600

CONTROL ENGINEERING

Digital Computer in Industry

reprint no 931, 1966

CONTROL ENGINEERING (artiklar)

How Harware Responds to Software	september 1967
Critical Factor in Computer Usage	oktober 1967
A Matter of Logic, Memory and Timing	november 1967
Importance of Manufacturer Software	januari 1968
Assembler vs. Compiler Languages	februari 1968
FORTRAN for On-line Control	mars 1968
Planning Software for a Manufacturing Line	april 1968
Fill-In-The-Form Programming	maj 1968
A DDC Software Package	juli 1968
On-line Computer Scorecard Updated	juli 1968
On-line Programs from Control Logic Diagrams	september 1968
New Process Language Uses English Terms	oktober 1968
DDC Software for a Paper Machine	november 1968
Multiprocessor Computers for Better On-line Control	februari 1968
Random Access Mass Storage	mars 1968

CONTROL

Progress in digital computer control	maji 1967
DDC applied to soaking pits	juli 1967
DDC of chemical processes	september 1967
Alternative methods of computer control	november 1968

APPENDIX ADefinitioner och förkortningar

ACCESSTID	- åtkomsttid, den tid som åtgår för att hämta information från ett minne
AVBROTT	- se A:1
AVSÖKNINGSPRINCIPEN	- se A:2
BRYTSIGNALSPRINCIPEN	- se A:3
BÖRVÄRDESSTYRNING	- se figur A:1
CYKELTID	- den tid som åtgår för att läsa in och skriva ut information i ett kärnminne.
DDC	- se figur A:1
MONITOR	- se A:4
MTBF	- Mean Time Between Failures, definieras som medelvärdet av tiden från det att ett fel avhjälpes till det att nästa fel inträffar
OFF-LINE	- datorn är elektriskt skild från processen
ON-LINE	- datorn är elektriskt kopplad till processen
OPERATÖRSTYRNING	- se figur A:1
SUPERVISOR	- se A:4
TIME-SHARING	- se A:5

## A.1 AVBROTT

Avbrott innebär att vissa fenomen kan förorsaka avbrott i sekvensen av programmerade maskininstruktioner och överföra styrningen av programmen till en förutbestämd plats i maskinens minne.

Denna plats kan antingen bestämts av en föregående utförd instruktion eller bestäms av typen av avbrottssystem.

Ett avbrott är igenkänt då den avbrottsgenererande signalen är mottagen och styrningen av programmet har överförts till den angivna platsen i minnet.

**Avbrott kan genereras av händelser som härrör från processen, av tillstånd inom processdatorsystemet eller av datorsystemets tidsklocka. Dessa avbrott kallas**

- processavbrott
- systemavbrott
- klockavbrott

Processavbrott utnyttjas för att ange tillstånd hos processen som kräver behandling i **processdator**.

Processavbrott kan initieras manuellt eller automatiskt.

Systemavbrott tjänar

- att upphöja processdatamaskinsystemets interna effektivitet
- att förhindra vissa fel i datamaskinen att påverka styrningen av processen

Klockavbrott indikerar att diskreta tidsperioder passerat.

Klockavbrott kan utnyttjas till att starta tidtabellsenliga datamaskinsoperationer.

Processavbrott har i allmänhet högre prioritet än systemavbrott, utom för systemavbrott som anger maskinfel. Dessa får ofta högsta prioritet.

## A:2 AVSÖKNINGSPRINCIPEN

Genom periodiska avsökningar av givarna kan förändringar i deras tillstånd upptäckas. Periodtiden bestäms av

- kravet på att alla förändringar skall upptäckas
- toleranser hos tidmätta signaler
- kravet på reaktionstid
- kravet på att datorn skall belastas så litet som möjligt, detta medför långa tider.

Varje avsökning utföres av ett program, varför många program förekommer. För att förenkla administrationen av dessa görs samtliga tider till multiplar av den kortaste, vilken kan kallas primärintervall. Programmen sprids nominellt på olika primärintervall på så sätt att en utjämning av datorns belastning erhålles.

I varje intervall avverkas aktuella nivåer i fallande prioritetsordning. Programmen är alltså prioritetsgraderade.

## A:3 BRYTSIGNALSPRINCIPEN

Vid brytsignalsprincipen genererar givarna brytsignaler, då en förändring inträffar i deras tillstånd. Datorn har då att välja mellan att antingen avbryta pågående program och fortsätta med det program som är associerat med brytsignalen eller att fortsätta med det pågående programmet och lagra brytsignalen till ett senare tillfälle.

Genom prioritetsgradering av programmen styres valet på sådant sätt att endast brytsignaler med högre prioritet än det pågående programmet ger upphov till avbrott.

#### A:4 MONITOR OCH SUPERVISOR

Någon klar distinktion mellan monitor och supervisor går ej att finna. Arbetssätten är oftast desamma och i regel är det endast namnet som skiljer.

Man strävar efter att hålla processdatorn sysselsatt. Detta innebär att alla program i datorn bildar en oändlig sekvens. Programmen i denna sekvens behandlas ej alltid i tur och ordning beroende på exempelvis hopp och avbrott.

För att sköta styrningen av detta programsystem i datorn behövs en samordningsrutin, en övervakande rutin ( executive software, monitor eller operating system).

Monitors huvuduppgifter är

- att registrera
- att utföra de olika programmerade styranvisningarna
- att samordna avbrottsbetjäning
- att övervaka in- och utgångsaktiviteter
- att analysera
- att korrigera fel i datorn
- att övervaka överföringar av data mellan inre och yttre minne

#### A:5 TIME-SHARING

Time-sharing tillåter användning av maskintid, som ej behövs för on-line styrning, för syften som ej direkt berör maskinens styrfunktion.

Time-sharing är lämplig då man önskar uppnå maximal användning av datorn och då ingen annan dator är tillgänglig på vilken nya eller granskade program kan kompileras.

Time-sharing är nödvändig i de fall då off-line styrning är en underordnad tillämpning på ett dominerade on-line system.

Typiska time-shared uppgifter är

- kompilering
- assemblering
- analys av processdata

Komponenterna i en "time-shared" monitor består av

- ett samordningsprogram, som mottager
  - off-line insignaler
  - avbrottsbegäran för dator behandling
  - och hanterar nödvändig överföring av data från yttre minne för att utföra en begäran
- nödvändig **kompilator** och assembler
- kopplingsprogram, som återför programstyrning till "control monitor" i händelse av en avbrottssignal

Sammankopplingsprogrammet för avbrott (interrupt linkage program) måste vara i arbetsminnet varje gång **datorn arbetar** i " the interruptible mode".

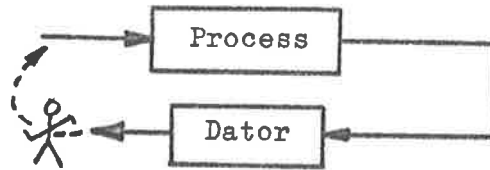
Time-sharing medför viss risk för on-line styrfunktionen, speciellt då icke testade program skall kompileras.

Den största risken är möjligheten att "the interrupt linkage program" förstörs och ej kan återvända till on-line "control monitor".

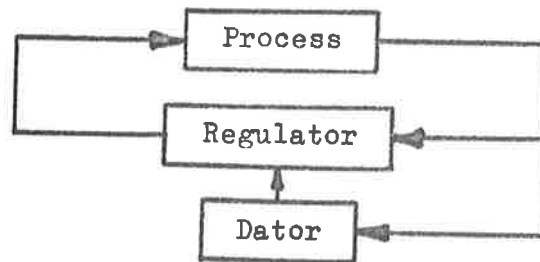
Felsökning av kompilerade program uppvisar en liknande svårighet. En välkonstruerad time-sharing monitor, som rationellt använder automatiskt minnesskydd, övervinner detta problem.

## STYRKONFIGURATIONER

## Operatörstyrning



## Börvärdestyrning



## Direkt digitalstyrning (DDC)

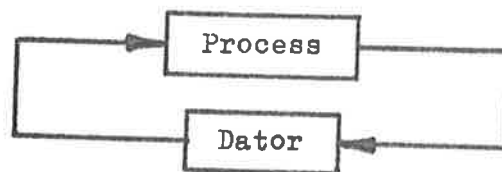


FIG A.1



# VÄSENTLIGA SYSTEMDATA.

	antal loopar	antal loopar med:		Använder sig av: FORTRAN- kompilator	ALGOL- kompilator
		op. st.	börv. st.		
AB CEMENTA	~60	-	-	ja	nej
AB GULLHÖGENS BRUK	8	2	3	ja	nej
HOLMENS BRUK AB	3	-	2	ja	nej
BILLERUDS AB (PMG)	60	?	?	ja	ja
KORSNÄS-MARHA AB	~36	~30	4	ja	nej
AB IGGESUNDS BRUK	~70	-	~35	ja	nej

APPENDIX B

TABELL 1

APPENDIX B

TABELL 1

# VÄSENTLIGA MASKINDATA.

	AB CEMENTA	AB GULLHÖGENS BRUK	HOLMENS BRUK AB	BILBERGSDS AB	KÖRSNÅS-MARHA AB AB REGESUNDIS BRUK
CENTRALENHETEN	SOS 90-25	Siemens 302	CON/PAC 4040	IBM 1800	VAC 1601
parallell/serie aritmetik	ja/nej	ja/nej	nej/ja	ja/nej	ja/nej
additionstid	3,5 $\mu$ s	3,0 $\mu$ s	16 $\mu$ s	4,5 $\mu$ s	30 $\mu$ s
multiplikationstid	54 $\mu$ s	0,1 ms	1,7 ms	15 $\mu$ s	85 $\mu$ s
MINNEN					
ordlängd (bitor)	24 + parity	24	24 + parity	18	16 + parity
komminne / cykeltid	16 K / 1,75 $\mu$ s	16 K / 1,2 $\mu$ s	8 K / 5 $\mu$ s	32 K / 2 $\mu$ s	32 K / 6 $\mu$ s
yttre minne / typ	128K / skiva	—	32 K / trumma	3x512 K / skiva	—
Access-tid (medel)	17 ms	—	17 ms	70 ms	—

APPENDIX C:1

## Installerade processdatorer levererade av ASEA

Customer	Delivery	Application	Computer System
ASEA Centrallaboratoriet Västerås	1966 (1969)	Systems development, Program testing, Automatic testing of electronic components	GE/PAC 4040
Oxelösunds Järnverks AB	1967	Control and optimization of a reversible rolling mill	GE/PAC 4060
Kungl. Marinförvaltningen	1967	Fire control system	EL - 920 B
Statens Vattenfallsverk, Marviken	1968	Supervision and control of a nuclear power station	CON/PAC 4060
Holmens Bruks och Fabriks Aktiebolag Härlsta Pappersbruk	1968	Integrated control of a paper mill	CON/PAC 4040
Holmens Bruks och Fabriks Aktiebolag Norrköping	1968	Control of paper machine	CON/PAC 4040
Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut Stockholm	1968	Weather data acquisition	PDP-3/S
ASEA Hälsö- och elektroniksektorn Västerås	1968	Automatic testing and calibration of PRESSDUCTOR <sup>®</sup> load cells	PDP-8/S
ASEA Avd. för datamaskinsystem och processstyrning Västerås	1968	Datalogger for process studies	PDP-8/S
Ångermanälvens Flottningsförening Sorsele	1968	Data processing for timber sorting	PDP-8/S
Nyby Bruks AB	1969	Control of a cold rolling mill	PDP-8/I
Stora Kopparbergs Bergslags AB Kraftförlagsverken Borlänge	1969	Electric power dispatch system	PDP-8/L
Gullfibrer AB Dittlesholm	1969	Control of glass fiber process	ASEA System 1700
ASEA Materialavdelningen Västerås	1969	Control of materials flow in a warehouse	ASEA System 1700
Kockens Mekaniska Verkstads AB Malmö	1969	Automatic control of a 210.000 ton oil tanker	ASEA System 1700
ASEA Avd. för datamaskinsystem och processstyrning Västerås	1969	Systems development Program testing	ASEA System 1700
Electricity Supply Board Dublin	1969	Disturbance recorder for an electric power system	PDP-8/L
Försvarets Materielverk Flygmaterieförvaltningen Karlsborg	1969	Tracking system for missile test area	PDP-8/I
Stora Kopparbergs Bergslags AB Domnarvets Jernverk	1970	Fault recorder for continuous cold rolling mill	PDP-8/L
Statens Vattenfallsverk Ringöls	1970	Supervision of nuclear power station	ASEA System 1700

APPENDIX C.2Installerade processdatorer levererade av IBM.

	Företag/Kontaktman	Användning	System
1.	Billeruds AB civ ing O Alsholm	Styrning av PM 6	IBM 1800 TSX/MPX
2.	Stockholms Universitet lab. Kierkegaard	Röntgenkristallografi	IBM 1800 TSX
3.	AB Volvo civ ing S Holmberg	Motorprovning	IBM 1800 TSX/MPX
4.	Göteborgs Universitet prof. S Abrahamsson	Kristallografi	IBM 1800 TSX
5.	Lunds Universitet prof G von Dardel	Gnistkammare	IBM 1800 TSX
6.	Umeå Lasarett dr Arvidsson	EKG	IBM 1800 TSX
7.	Karolinska Sjukhuset	Laboratorieautomation	IBM 1800 TSX
8.	IBM Nordiska Laboratorier	Programunderhåll	IBM 1800 TSX/MPX
9.	Kungl. Marinförvaltningen	Operativt system	IBM 1800 MPX
10.	Marinen 2	Operativt system	IBM 1800 MPX
11.	Uppsala Universitet prof I Olovsson	Kristallografi	IBM 1800 TSX
12.	Karolinska Sjukhuset doc Ryhage	Masspektrometri	IBM 1800 TSX
13.	SKF Hofors	Produktionsövervakning	IBM 1800 MPX
14.	Sydskraft civ ing H Pettersson	Mätövervakning	IBM 1800 MPX
15.	Billeruds AB civ ing O Alsholm	Styrning av PM 4	IBM 1710
16.	LKAB civ ing R Edlund	Styrning av malmtåg	IBM 1710

APPENDIX C:3Installerade processdatorer levererade av DEC.

Företag	Användning	System
Alfa-Laval	Processkontroll	PDP-8/S
Emmaboda Glasverk	Styrning av glasvanna	PDP-8/S
Nyby Bruks AB	Styrning av kallvalsverk	PDP-8/I
KTH	Styrning av destillationskolonn	PDP-8/S
LTH	Tillämpningar	PDP-15/30
SAAB		PDP-15
Boliden		PDP-15

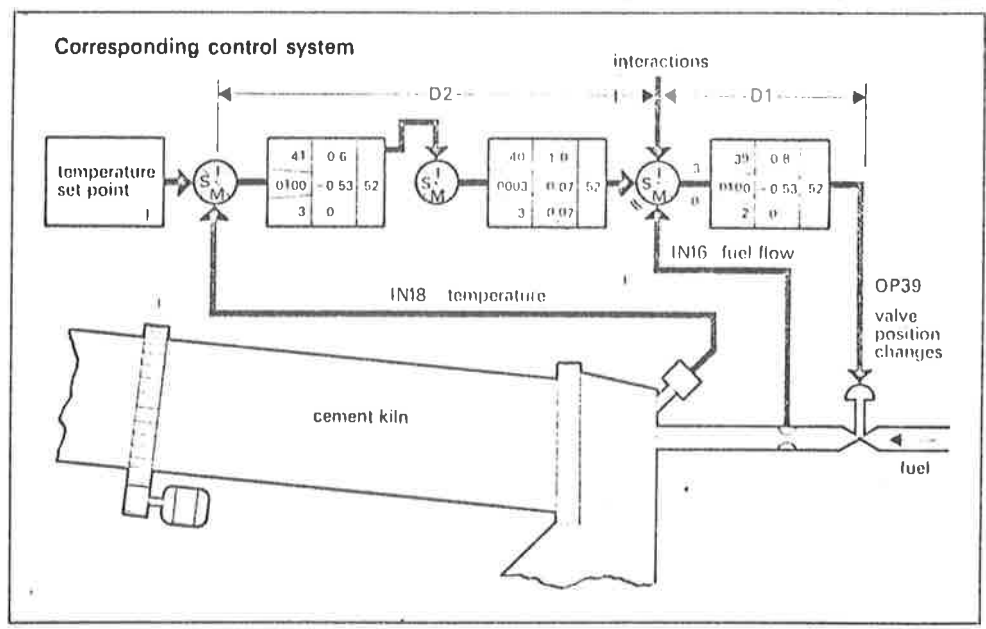
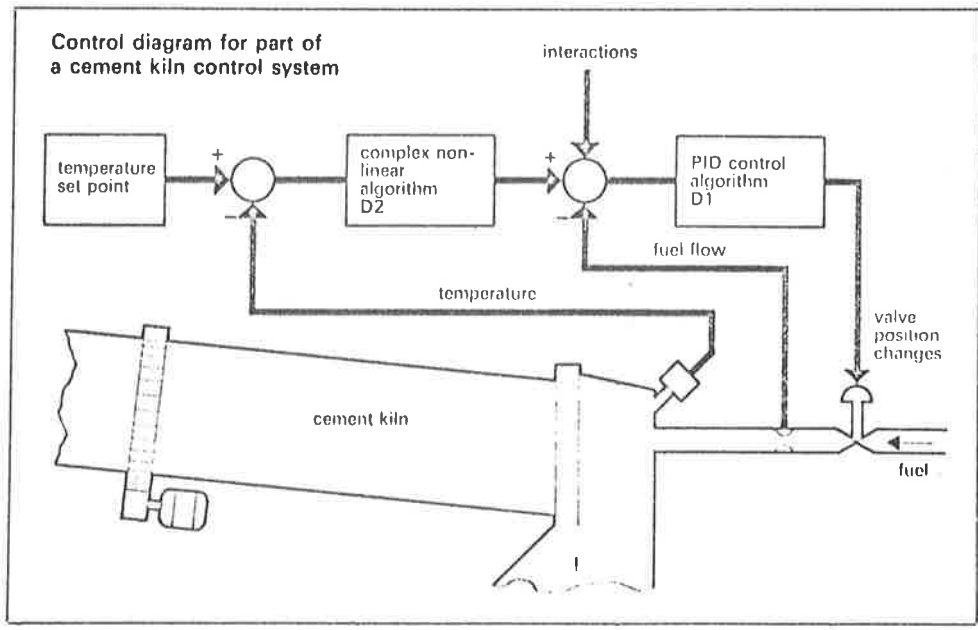
APPENDIX D:1

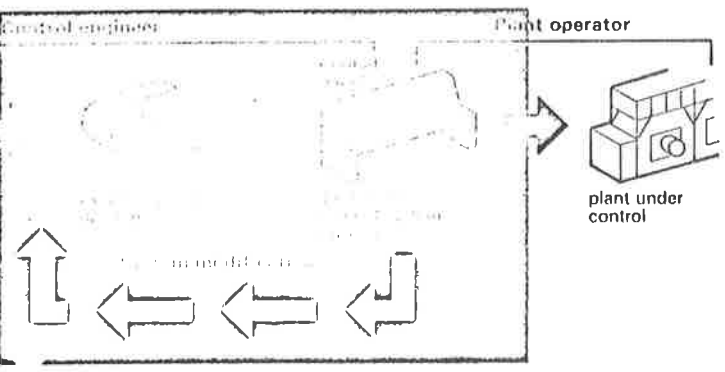
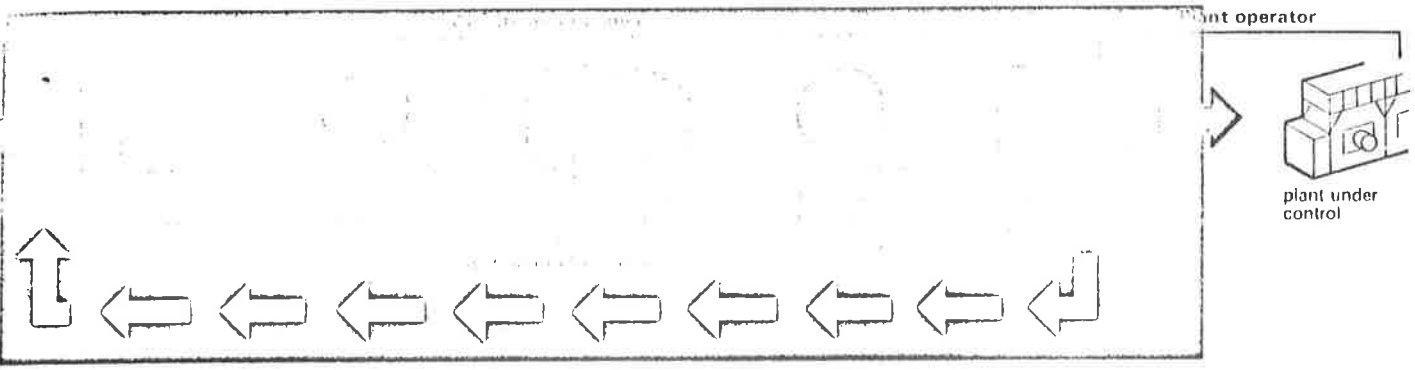
CONRAD III - en kort presentation

Conrad – a high level control system – enables communication between man and machine to be in terms familiar to a control engineer or plant operator. It is specifically designed for use on-line and permits one part of the computer control system to be regulating the plant whilst other parts are being set up, commissioned or modified.

With the Conrad system, complex linear and non-linear regulation systems can be set up and operated either with supervisory or d.d.c. output loops or a mixture of both. Similarly logic and sequence control can be set up on-line. Most important of all with this system is the provision for interlinking regulation and sequence control. For example, violation of a process alarm limit can be picked up by logic, processed logically with other signals, and the resulting decisions can be used to switch items of the plant on or off, initiate special messages, or change control strategies.

To set up a particular control scheme the engineer draws out a Conrad control diagram, very similar to an engineering control diagram, but using Conrad blocks. These blocks represent control calculations available in the Conrad software system. For each block there is a wide choice of linear and non-linear control algorithms which can be chosen on-line. The similarity of a control engineering diagram and a Conrad diagram can be seen from the illustration of a typical cascaded control system for a cement kiln.





From the schematic diagrams it will be seen that the chain of system modification is considerably simplified with the Conrad system as opposed to a conventional computer system. In the case of the conventional system on-site programmers are required whereas with the Conrad system the on-site control engineer, with minimal tuition, can carry out all system modifications quickly and in stages, checking each step as the system modification takes place.

**The operator's control panel**

A special Conrad operator's control panel enables the engineer to enter the appropriate functions defined by the block diagram into the system. The design of the panel makes this operation extremely simple - an engineer can master the operation of the panel and the system with half a day's tuition.

As each function is entered, the change is first displayed on the control panel and after entry a typewriter records details of the system change, thus maintaining a permanent record of all modifications made to the system operation.

**Logging and alarming**

A standard alarming and logging system supports the control functions. From the operator's control panel, the control engineer can allocate input measurements or other values to one or more of a selection of logs and in addition, he can then choose from the panel how frequently each log will be printed out. Hence it is no longer necessary to specify logs before the system is delivered to site - with Conrad, logs can be set up on-line as required.

Information messages and process alarm messages are a standard feature of Conrad. In addition, to allow maximum flexibility the system is capable of accepting a further set of messages on-line; these are simply typed in using the appropriate 'Enter Message'

function on the operator's control panel. The subsequent initiation of these messages can then be determined by the engineer using the logic facilities in Conrad.

**Plant operation**

Provision in the system is made for the control engineer to lock out any facilities he may choose on the operator's control panel, leaving available to the plant operator only such functions as he would normally require for the successful operation of the plant. Typically these are for entering set points and process limits, for demanding logs and alarm summaries, and for putting sections of the plant on- and off-line. The control engineer can arrange that the plant operator uses the same function for plant operation both during and after commissioning even though different control schemes are being tried from one day to the next. The Conrad system ensures bumpless, procedureless process transfer at all times when switching sections of the plant on- or off-line.

**Computer hardware and software**

In addition to the computer the Conrad system requires an operator's control panel and console, and an input/output typer, together with analogue and digital inputs and outputs to satisfy the plant requirements. A Conrad program is assembled from a set of master tapes specifying the hardware configuration in which it is to work which includes the number of inputs and outputs and

the basic size i.e the number of blocks to be available. From then on all the plant control commissioning is performed from the operator's control panel.

**Standard CON/PAC software packages**

Conrad is just one of the functional programs available for use with the CON/PAC 4020 process computer. It operates under the Real Time Multiprogramming Operating System (RTMOS) which supervises and monitors the interaction of process events, time, computer peripherals and the central processor itself. RTMOS makes the most efficient possible use of every system resource.

Another standard functional program available for use under RTMOS is the Free Time System. This system enables programs in Fortran or assembly language to be run and tested safely in batch mode whilst the computer is on-line. Such programs can be incorporated in the on-line system and there is a library of test programs to facilitate this progressive development. Conrad includes a buffer data area to communicate with programs developed in this way which, for example, include models and optimisation routines. Existing CON/PAC software includes packages for scientific compilation, model building, optimisation and general purpose linear programs.

# CONRAD III

## Conversational on-line software for d.d.c. supervisory and sequence control

By JD Higham BA MS

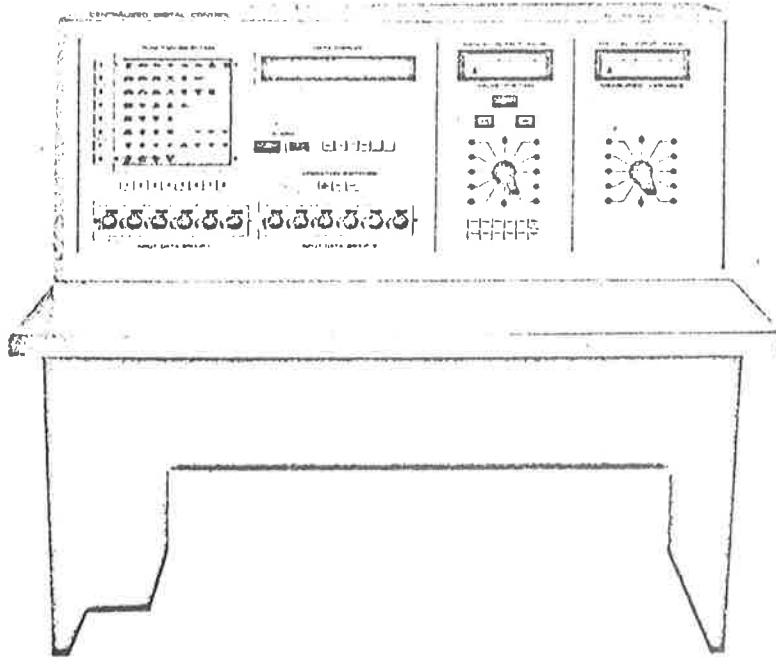


Fig.1 OCP, Manual I/P and O/P Panels mounted in a Console

### Introduction

The subject of this paper is a high level program and operating system for process control. The ultimate objective of an on-line computer controlling industrial plant is to provide a suite of programs which will regulate the plant in a desired manner and provide alarming and logging of pertinent information. The manner in which these programs can be set up and commissioned has considerable bearing on the design procedure that can be employed, and on the success of the final system. Were it possible to completely model a plant off-line in a high level language such as FORTRAN, it might be possible to devise the complete control system off-line, read the control system so devised into the on-line computer, and switch on. This is seldom (if ever) possible. Because of the non-linearity and complexity of most process plants, the control engineer must perform much of the design and commissioning of his control programs with the computer on-line to the plant on a loop by loop, and subsequently a unit by unit, basis. This has resulted in a requirement for a high level language and operating system for process control, which will allow the control engineer to perform these tasks on-line, without having to employ experienced programmers to re-program new control strategies.

High level languages for scientific and business applications have been available for some time. While some of these lan-

guages, for example FORTRAN, can be adapted for on-line real time use, process control presents particular problems which can make such languages inefficient in the use of computer memory, in execution speed, and in operating convenience.

A typical process control computer has to monitor several hundred measurements and signals from the plant. At the same time its calculations have to adjust large numbers of plant actuators, and initiate alarms, messages, logs, etc. In addition the computer control system may stretch across many plant units. During commissioning, the control engineer will require to set-up, modify and often re-design parts of the control system, without interfering with the on-line control of the rest of the plant. Indeed, much of the control system design can often only take place once the computer is on-line to the plant. For example, the implementation of one control loop may be dependent on the successful operation of another loop, which can only be assessed once on-line. Or, the fact that a particular instrument does not measure the variable intended as well as expected, may only be discovered after being on-line for some time. It must be possible to implement an alternative control strategy at this stage with the minimum of inconvenience. Also the plant operator will require to change operating set points and put sections of the plant onto manual or automatic which will also require modifying the on-line software system.



Working in real-time can also present problems. Typical process control calculations may have to be made every second, and be completed within 100 msec. Time scales are usually short and often critical. This can limit the use that can be made of backing stores, and because of the cost of core stores, the program must be efficient in core utilization, whilst achieving the required speed of execution.

CONRAD III is a high level language and operating system, which was designed specifically for on-line process control, to meet the following requirements.

- 1 A process control engineer, rather than a programmer, should be able to set-up, check, implement and modify complex d.d.c., supervisory and interlock control strategies quickly and easily with the computer on-line to the process, and without knowledge of programming.
- 2 The 'language' for the system should be compact and in terms familiar to both the control engineer and the plant operator.
- 3 The system should be safe when used by a plant operator without knowledge of programming or process control theory.
- 4 Facilities provided by the package should be comprehensive, i.e. it should include facilities for setting up control algorithms, interlock sequences, logs, alarms, and initialisation conditions for the smooth transfer of sections of the plant from automatic to manual operation and vice versa. It should also allow for easy interfacing with other programs, such as optimization routines.

CONRAD is an acronym for Conversational, ON-line, Real time, Algorithm, Definition. The design of CONRAD III is based on an earlier version of the system CONRAD II which is currently in use on a number of industrial applications.<sup>3, 4, 5</sup> This earlier version did not include facilities for sequence or interlock control, and had a more restricted set of algorithms.

#### The Operators Control Panel (OCP)

This is the control engineer's and plant operator's means of communication with the computer and is illustrated in Fig.1

and Fig.2. Control strategies can be both set up and subsequently operated using this panel. Use of the OCP by the control engineer is best illustrated by use of an example. Let us suppose that the engineer is setting up a control system and wishes the results of one calculation to be cascaded to the input of another control calculation. To do this he will select a function on the 'function matrix' labelled SET CASCADE 1. Each control calculation is identified by a block number. He therefore sets the cascading block number  $x$  on the left hand group of data switches 'data group 1' and the receiving block number  $y$  on the right hand group of data switches 'data group 2'. He then presses the DISPLAY button. This causes the 'digital display' to show the block number to which the block  $x$  is currently cascading. He then presses the ENTER button. This causes the new block number  $y$  to be read and redisplayed by the computer on the digital display against a coloured background. Having checked that this is correct he presses ACCEPT and the information is entered into the control program, the coloured background on the data display is cleared, and a message recording the information and time of entry is printed on the typewriter.

The plant operator uses the same system except that a key switch locks out the functions which are to be used only by the control engineer. (For a given application the engineer can set up, using the OCP, exactly which functions are to be locked out by the key switch). A typical operator function is the change of a set point. He selects SET POINT on the 'function matrix', sets the block number and new set point value on the data switches and enters the information in the same way as the control engineer.

Thus the function matrix can be regarded as containing the 'statements' of the language and the data switches provide the operands for these statements. Whether this is a language in the true sense of the word is arguable. What is certain, however, from experience with CONRAD II, is that allowing the engineer to converse directly with the computer in this way without the intermediate stages of punch cards or tape, speeds commissioning greatly, and obviates the need to have machine code (or assembly language) programmers to assist the engineer in implementing his control strategies.

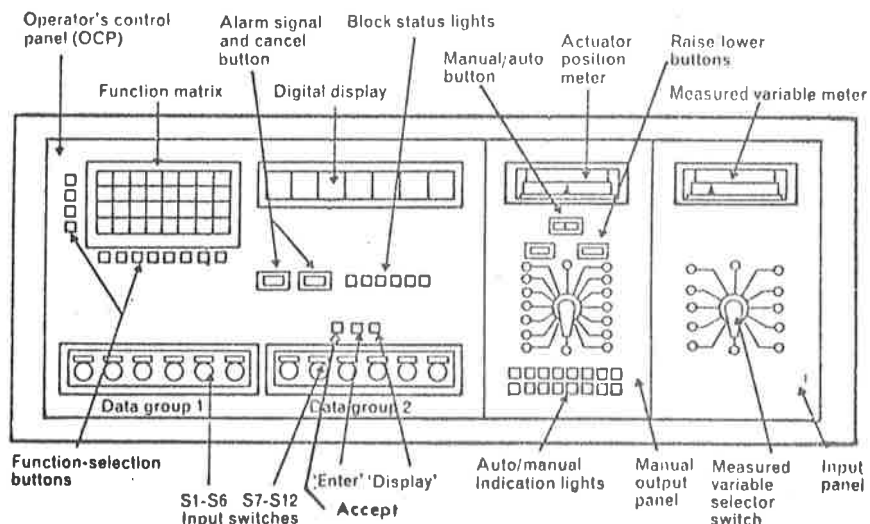


Fig.2 OCP, Manual I/P and O/P Panels

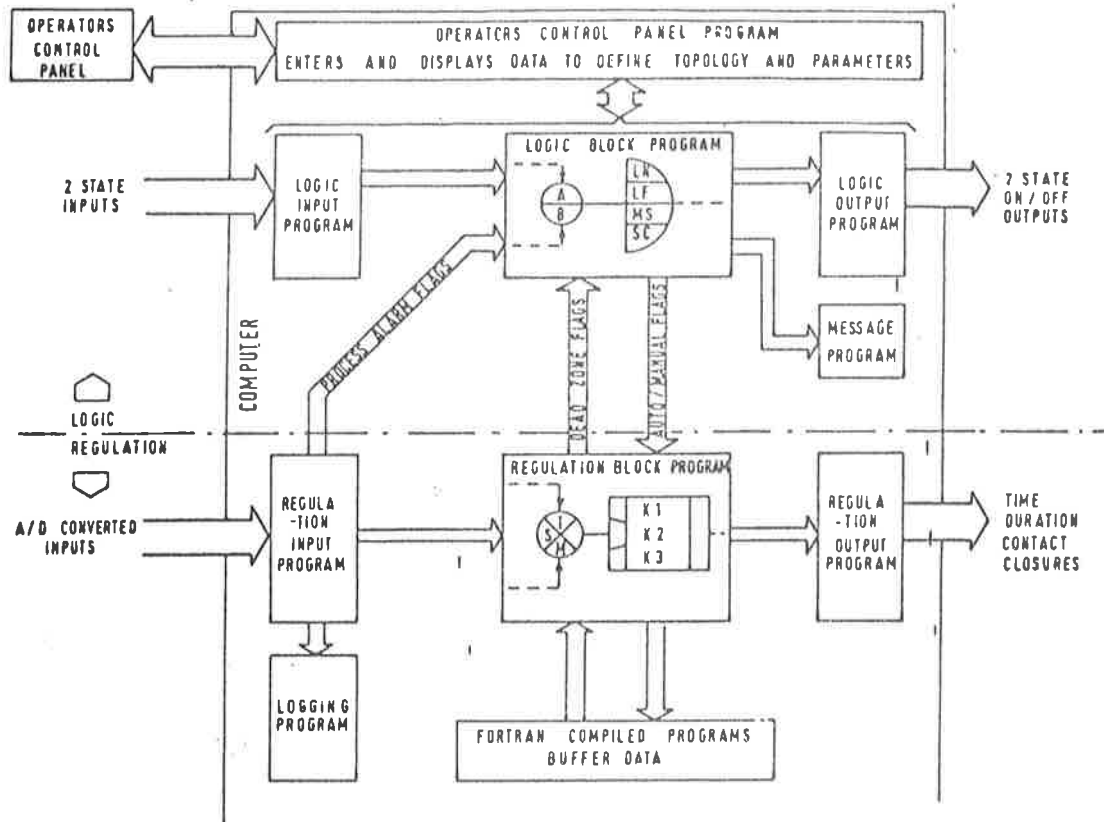


Fig.3 CONRAD III Program Arrangement

Also shown in Figs.1 and 2 are manual control panels alongside the OCP. These allow the operator to have manual, part manual, or fully automatic control from the one console. It is essential that manual over-ride be available on every output to the plant in case of computer malfunction. However, it is also essential, for normal operation, that software has information as to which outputs are on manual only control. The CONRAD software allows the system to be 'fool-proof', without restricting the operator. In an emergency, a single master auto/manual button transfers control from the computer to the manual panels. Pressing this button also informs the software that the system is off-line. In normal operation the operator uses a function on the OCP function matrix to transfer sub-systems on and off-line, and the software outputs to the hardware to transfer the appropriate output actuators to manual control. This console can be extended to include as many manual panels as required.

### The Software Structure

Process control problems can be divided into two broad categories. 1) Steady state and dynamic regulation, that is, the measurements of physical variables, such as temperatures and pressures and their control by changing the position of plant actuators or by outputting changes of set points to analogue controllers. 2) Sequence or interlock control, which is primarily concerned with two state on-off signals, and logical operations on these signals to switch items of plant equipment on and off. The category 1) will be referred to as REGULATION control and category 2) as LOGIC control.

Fig.3 outlines the main program units in CONRAD III and indicates the connection between them and the outside world. CONRAD III is basically an interpretive language system. Each program unit has associated with it groups of

data words referred to as BLOCKS. Each program on entry cycles through each of the blocks associated with it in turn. In each block of data some of the words will be used interpretively to define just which calculations the program will perform, other words will contain parameters for the calculations in that pass through the program, the others will define the addresses of words or bits in other data blocks to be used in the calculation.

The control engineer 'flow charts' his system in a block diagrammatic form. The data blocks for each of the main programs are given a flow chart symbol, and this results in a diagram very similar to a control engineering diagram. This is described in detail elsewhere.<sup>2,5</sup> Having drawn this diagram the engineer can then implement this directly using the OCP with the system on-line. By eliminating the intermediate stages of punched card or paper tape preparation associated with a program, this system allows for the rapid implementation of a system. The information entered is recorded in full on the typewriter or may be simply retrieved by calling for redisplay. Having a record of the control system in a block diagram form is also preferable to a program listing, from an engineer's point of view.

### The Regulation Input Program

Associated with each Regulation Input (Fig.3) is a data block of three words. The main parameters that can be altered on-line from the OCP are shown in flow chart form in Fig.4. A Regulation Input data block is defined by the input number and this is the number used on the OCP to make changes to that input. COEN defines the conversion equation number used by that input. SF gives a choice of smoothing factors or 'time constants' used in the discrete form of a first order filter equation, which operates on the raw value of the variable

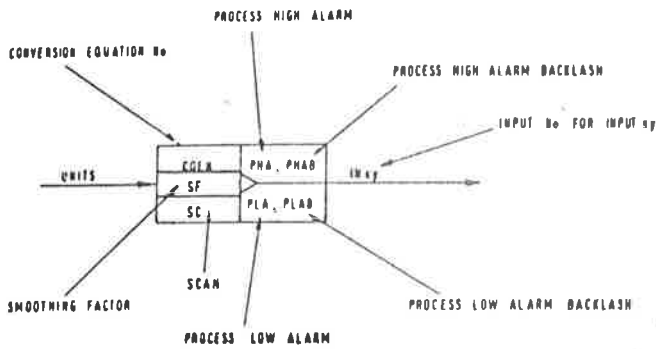
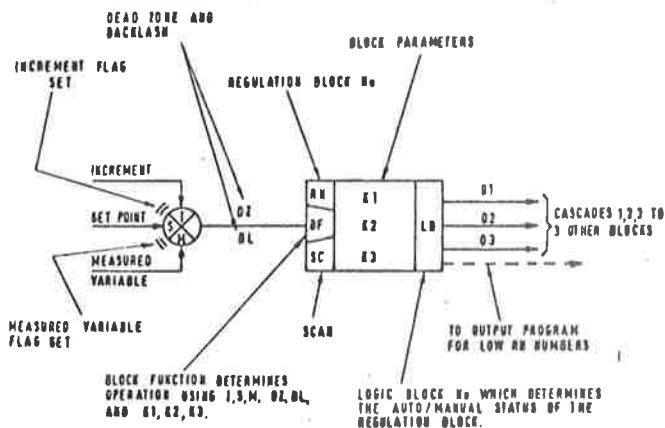


Fig.4 Regulation Input Block Format

received from the plant to produce a smoothed measured variable SMV which is stored in that input data block for use by other parts of the CONRAD system. SMV is compared with the process high alarm PHA and the process high alarm flag PHAF is set accordingly. (PHAB, the process high alarm backlash, is the amount that SMV must fall back below PHA before the PHAF flag is reset). The PHAF flag is used for two purposes. It can initiate a standard alarm message. Secondly it can be used by a Logic Block (described later) to make a logical decision in conjunction with other signals, to change the control strategy, switch an item of plant off, or initiate a special message. The process low alarm PLA operates in a similar way to PHA.

SC defines one of fifteen scans. The basic frequencies associated with each SC number are determined at program assembly time. These will typically be 1 sec, 5 sec, 10 sec, 30 sec through to 10 minutes. On the fastest scans, it is common to have two scans at the same frequency but staggered in time. Having established this relation between SC number and scan frequency, an input can be put on any SC from the OCP. On large systems there may be a limit to the number of inputs that can be read on the fastest scans, depending on the speed of the analogue to digital hardware. In this case, the OCP program keeps a record of the number of inputs allocated to a scan and prevents an overload.

There are other parameters in the input data block but not accessible from the OCP, for example the scanner address for that particular input. The system is designed for up to 999 Regulation Inputs, each one requiring a data block of 3 words.



## The Regulation Block

This is shown in Fig.5. The block can receive information cascaded from other blocks in the I (increment) or the S (set point) location or in the parameter K1. The I location accumulates values cascaded to it until the particular block is calculated immediately after which I is cleared to zero. S accumulates values indefinitely and may therefore be thought of as an integrating or summing location. The results of the Regulation Block calculation can be cascaded to up to three other Regulation Blocks. Each cascade may go to the I, S, K1, locations and may add into or overwrite these. Lower numbered blocks also cascade their output values to the Regulation Output program, there being a one-one correspondence between Block and Output number.

M is the entry point for the measured variable used by the Regulation Block. The Block contains the Regulation Input number of the variable to be used, thus only one SMV can be used by a Regulation Block, but many Regulation Blocks may use the same SMV. SC defines the scan just as in the Regulation Input program.

Having defined the means of getting signals in and out of a Block it remains to determine the algorithm that is to be calculated by the Block. The Block has three main parameters K1, K2 and K3. In CONRAD II the algorithm generated was simply the discrete version of a three term control equation, more complicated algorithms being generated by cascading blocks together.<sup>2, 5</sup> Thus an error signal  $E'(n)$  was produced such that

$$E'(n) = S(n) - M(n) + I(n)$$

This error was then compared with a dead zone DZ to produce a value  $E(n)$ . The block output  $O(n)$  was then calculated as

$$O(n) = K1.E(n) + K2.E(n-1) + K3.E(n-2)$$

In CONRAD III this is generalised to include other algorithms by means of a Block Function parameter BF entered as a four digit number 'abcd'. It is not possible to describe all the algorithm choices here. Basically digit 'a' controls the calculation on I, S and M to produce  $E'$ . Digit 'b' controls the type of dead zone or constraint on  $E'$  to produce  $E$  and at this point a dead zone positive flag DZPF or a dead zone negative flag DZNF can be set as a result, to be used by Logic. Digits 'cd' control the dynamic calculation of the block using K1, K2, K3 and present and past values of the errors  $E$  and the Block output  $O$ .

The parameter LB in the Regulation Block is the number of the Logic Block which controls the auto/manual status of that Regulation Block. In this way groups of Regulation Blocks can be brought on- and off-line by Logic. The = sign between S and M, and I and S in Fig.5 indicate flags which can be set from the OCP which control initialisation when the block comes on-line. For  $S = M$ , this means that when the block comes on-line S is put equal to the current value of M. If  $S = I$  then S is put equal to  $-I$ . The system allows for up to 999 Regulation Blocks, 12 words for each Block.

## Regulation Output Program

The data block for each regulation output, two words, contains the change to be made to a particular actuator together with a decrement DEC and a maximum change MAX whose values can be entered from the OCP. The output program is entered every 40 msecs and the change is 'counted down' using DEC to provide a time duration raise/lower contact closure via the output hardware. The flow chart symbol is given in Fig.6.

**Logic Input and Output**

Logic Inputs are read at the fastest scan frequency. Each group of 23 inputs require one storage word and one input controller address word. Outputs, similarly are made at the fastest scan frequency. Each group of 16 outputs requires 1 word, sixteen bits for the output states and eight for the output controller address.

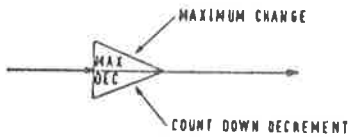


Fig.6 Regulation Output Format

**Logic Blocks**

The flow chart symbol for the Logic Block is shown in Fig.7. Each block can receive two logic inputs in A and B respectively. The data block contains two parameters which give the address of the bits which go to A and B. A and B may come from other Logic Blocks, from PHAF & PLAF flags on the Regulation Inputs, from the DZPF or DZNF on a Regulation Block, or from bits set by an OCP function START/STOP SEQUENCE. The parameter LF gives a choice of 16 logic functions on A and B to produce the output of the block. The output of the Logic Block for LF = 0 to 15 are 0, 1, A,B, A+B,  $\bar{A}.B$ ,  $A.\bar{B}$ ,  $\bar{A}+B$ ,  $A+\bar{B}$ ,  $\bar{A}.B$ ,  $\bar{A}+\bar{B}$ ,  $A\equiv B$ ,  $A\neq B$ , Delay A one period, delay A two periods, Delay A three periods, Delay A four periods.

The parameter SC denotes the scan of the Logic Block as for the Regulation Input and Regulation Block. MS is the number of the message (if any) to be initiated when the output of the block changes state from 0 to 1. Because the output of a Logic Block can be picked up by any number of other Logic Blocks, a Logic Block effectively has an infinite fan out to other Logic Blocks and a fan in of two. The system is designed for up to 999 Logic Blocks, each Block requiring two words of store.

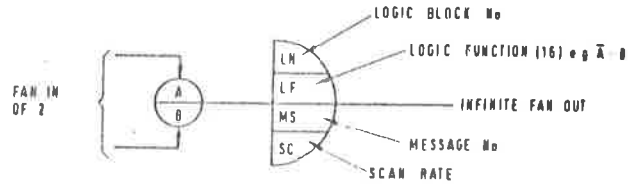


Fig.7 Logic Block - Diagrammatic Form

**Message and Logging Programs**

The message program has a series of messages which can be initiated by any of the Logic Blocks to indicate the state of the plant. Some of these messages are fixed at program assembly time. Others can be entered from the typewriter using the OCP function ENTER MESSAGE. The logging program allows the engineer to assign from the OCP the variables to a number of logs. Any of these logs can then be called from the OCP defining how frequently they are to be printed out.

**OCP Function**

In addition to changing the parameters and cascades in the blocks described, various other functions can be performed from the OCP. For example printing alarm summaries, printing data block parameters, and punching and reading in tapes which record any control system set up from the OCP.

**Example of CONRAD III**

Fig.8 shows a small CONRAD III control diagram. The example is trivial but will serve to illustrate some of the control features that can be exercised by the system. The 'plant' is a tank of water which we wish to keep full at a controlled temperature. The objective of the control is to provide water at a controlled temperature for a random demand, to be able to start and stop the system at any state and protect the system if any item malfunctions.

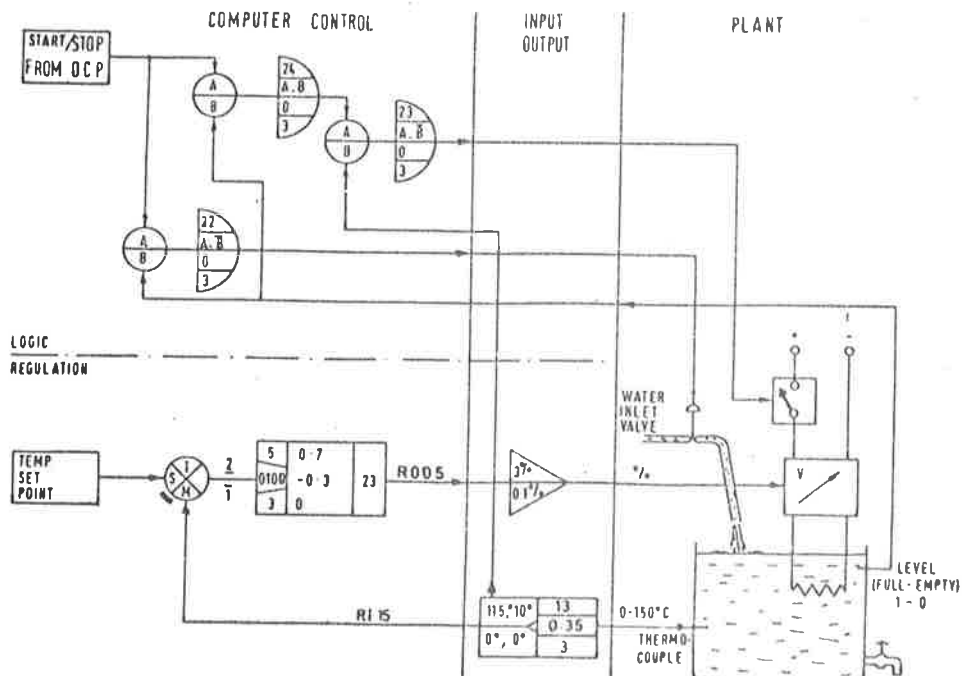


Fig.8 Example Regulation/Logic System

In the top left hand corner of the diagram a Start/Stop signal received from the OCP, is connected to input A of Logic Blocks 24 and 22. Input B on Logic Block 22 receives the full/empty (1/0) signal from the tank, and the block performs an  $A.\bar{B}$  operation, the output switching the water inlet valve on and off. Thus the valve is only open if the system is started and the water level is low. In Logic Block 24 the A.B operation produces a 'true' output if and only if the start/stop signal is 'true' and the tank is full. In Logic Block 23, the output of Logic Block 24 is 'anded' with the inverse of the process high alarm flag from Regulation Input 15 which measures the tank temperature. Thus, only if the tank temperature is below limits is the logic output from Logic Block 24 passed through Logic Block 23 to switch the heater power on. The Regulation Block 5 shown controls the temperature and is brought on and off line by Logic Block 23.

### Conclusion

The CONRAD III system is currently being implemented on the CON/PAC 4020 computer, a 24 bit 1.6  $\mu$ sec cycle time machine. Nothing has been said in the text about the executive program which schedules the running of the programs and arranges output and input to and from peripherals. This is handled, in the case of the 4020, by a standard software system, the Real Time Multiprogramming Operating System (RTMOS), which controls the operation of the CONRAD package and any other software in the computer. For a given application a CONRAD package is assembled from a set of master tapes to suit the application (i.e. fixing number of inputs, and outputs, OCP functions, messages required). From then on control systems are set up from the OCP. The RTMOS will take up 5.9K of core store and the main CONRAD programs 2K. OCP functions take 3K-6K (core or disc) depending on requirements, and the data blocks (core or disc) can then be assessed depending on the number of inputs, outputs and blocks required.

Experience in the field with CONRAD II<sup>3, 4, 5</sup>, has shown savings in commissioning manpower of a factor of five, and savings in total commissioning time of a factor of two. While CONRAD is primarily intended for on-line control, the main savings come during the design and commissioning phase of a project. The Regulation and Logic Blocks provide a facility for setting up general linear and non-linear equations which can represent a mathematical model of a particular plant and as well as the control strategy. In this way the software can be used for simulation purposes. An in-house CONRAD II system is frequently used for this purpose. In the on-site environment it enables the control engineer to evolve a suitable control scheme, as he evaluates plant performance from tests and from experiments under various designs of control system.

### References

- (1) Kipiniak, W., and Quint, P. "Assembly vs. compiler languages" Control Engineering, February 1968, pp.93-98.
- (2) Lee, W.T., Boardman, R.M., and Higham, J.D. "Block diagrammatic programming in computer control projects." 2nd U.K.A.C. Control Convention, Bristol, April 1967. C.6-4.
- (3) Aune, A.B. "On-line computer control of a cement kiln." I.M.C. Symposium on the Automation of Cement Manufacture, 27 February 1968, 10.
- (4) Jones, R.E., and Whight, W.T. "The digital control of a Fourdrinier paper machine", 3rd U.K.A.C. Control Convention, University of Leicester, April 1968. C.3-11.
- (5) Higham, J.D. "Computer control of a cement kiln using CONRAD standard software". GEC-AEI Journal of Science and Technology, Vol.35 (2) 1968, 57.

APPENDIX ETEKNISK BESKRIVNING AV SYSTEM FÖR  
REGLERING AV YTVIKT OCH FUKTHALTSammanfattning

Nedan beskrivas grunddragen för reglersystemen, dess omfattning och egenskaper samt anpassning till datamaskinen.

Innehållsförteckning

1. Ytviktsreglering
2. Fukthaltsreglering

Appendix 1: Symbolförteckning

## 1. YTVIKTSREGLERING

### 1.1 Allmänt

Ytviktsreglering sker genom styrning av ytviktsventilen uppföljt av inloppslåderreglering (konc., ljudtryck) och inställning av maskinhastighet vid ytviktsomställningar. Vänsyn tasogs även till andra processvariabler, såsom fukthalt. Härmed uppnår man att fiberåtgången (per längdenhet producerat papper) minimeras, att pappret får önskade utloppskvotberoende egenskaper och att tiden för ytviktsomställningar reduceras.

### 1.2 Systemlösning

Systemet är baserat på mätning av ytvikten med traverserande eller fast givare och kaskadstyrning av massaflödet med hjälp av en magnetisk flödesmätare. Detta system kompletteras med ett antal hjälpkretsar för uppdatering.

De primära insignalerna erhålles från fasta eller traverserande ytvikts- och fukthaltsmätare (se figur 1.1). Symbolförteckning se appendix 1.

Vid traversering av ytviktsmätaren beräknas medelvärde över varje traversering och filtrering utföres. Kompensering för ytviktens fukthaltsberoende sker till normerad fukthalt eller torrtänkt ytvikt.

Innan den så erhållna signalen påföres en regleralgoritm sker en jämförelse och uppdatering från dels ett medelvärde av ytvikten för en hel tambur erhållet genom vägning, bredd- och längdmätning dels genom inmatning av laboratorievärden på en datainmatningspanel.

Härigenom erhålles signaler med kompletterande samplingstid/noggrannhetsförhållande.

Utsignalen från regleralgoritmen användes för styrning av flödesregulatorns börvärde.

Ytvikten börvärde som behandlas av regleralgoritmen erhålles som en order från maskinförarpanelen (se särskild beskrivning). Denna order kan vara separat gällande för ytvikten eller ingå i en sammansatt maskininställningsorder. Reglering av utloppskvoten ingår som en del av ytviktssystemet och visas i figur 1.2.

Mätstorheter är virakstighet, inloppslådetryck och läppläge, ur vilka beräkning sker av utloppskvot. Med en regleralgoritm erhålles det önskade trycket som påföres tryckregulatorns börvärde. Utloppskvotens värde begäres på maskinförarpanelen.

Förutom de ovan beskrivna kretsarna utföres intermittent uppdatering av koncentrationsgivarna med materialbalansberäkning. Inloppslådekoncentrationen regleras med varvtalet för blandningspumpen.

Inställning av läppläge sker efter beräkning ur produktionsdata.

### 1.3

#### Givare och datamaskinenheter

För inläsning av givarsignaler användes AIU (analog insignalenhet), DIU (digital insignalenhet) och PIU (pulsfrekvenssignalenhet) och för verkställning av beordrade styråtgärder MCU (motorstyrenhet), PCU (processtyrenhet) och RCU (relästyrenhet). (Data om dessa enheter återfinns i separata beskrivningar).

Nedan anges de signaler som förekommer i systemet och med vilken enhet de avses läsas in.

I de fall signalerna är pneumatiska fordras antingen F/I-omvandlare eller, om instrumenten innehåller servoförstärkare, slavpotentiometrar.

Ytvikt - AIU

Fukthalt - AIU

Tvårsposition för ytviktsmätare i den händelse denna är av travserande typ - pot. AIU;



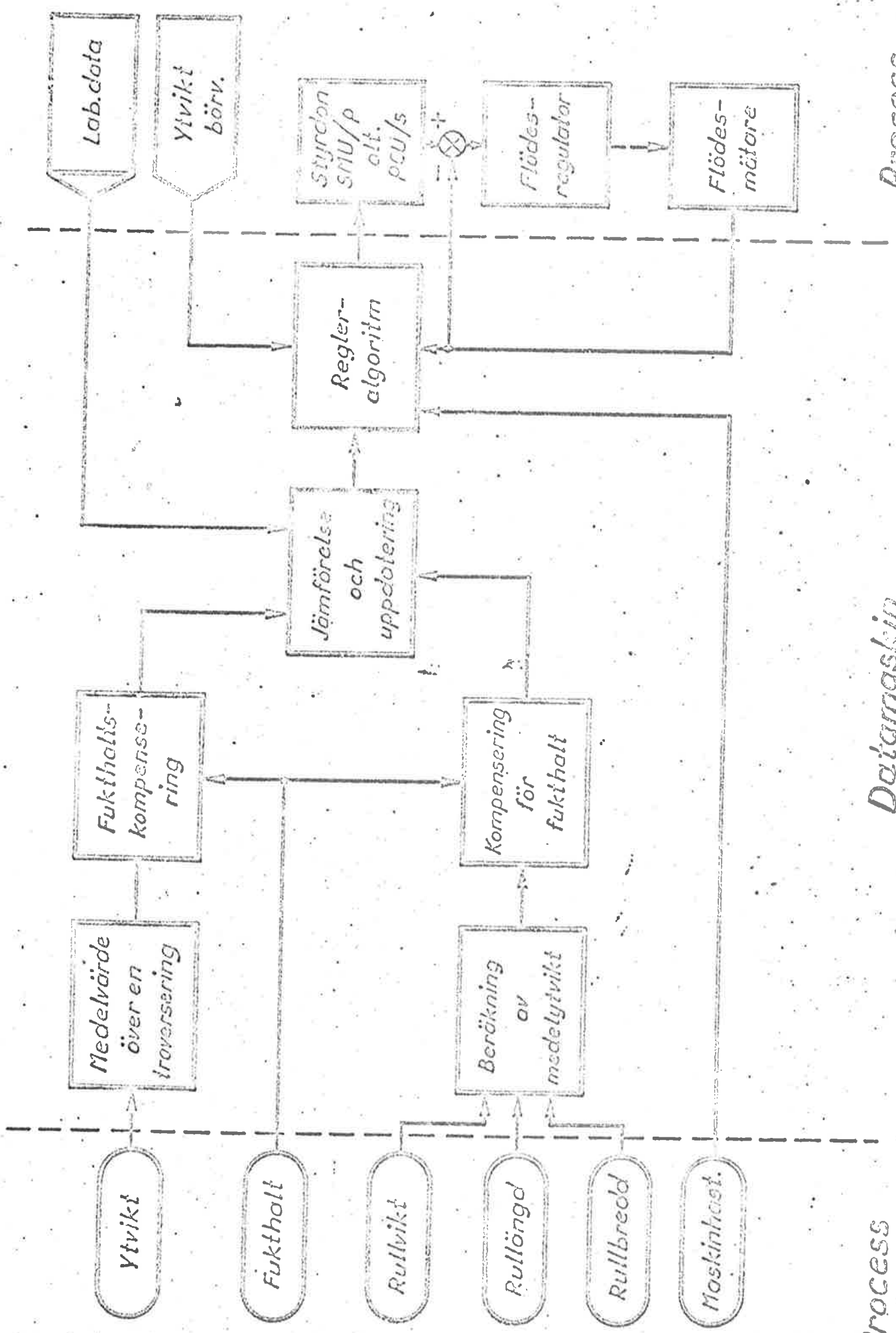
Pappersbredd:

Stor variation - bandbreddsmätare, PIU alt. AIU  
Liten variation - inmatning på operatörspanel DIU  
Maskinhastighet - tachometer, PIU  
Eventuellt pulsfördubbling  
Mäldflöden - AIU  
Mäldkone. - AIU  
Kemikalieflöden - AIU  
Kemikaliekone. - AIU  
Banbrott - fotoceller, brytsignal  
Varvtal, blandningspumpar - PIU  
Läppläge - AIU  
Nivå, inloppslåda - AIU  
Tryck, inloppslåda - AIU

På motsvarande sätt gäller för ställdonen i processen:

Ytviktsventil - PCU/S + I/P-omvandlare alt. MCU  
Lådtryck - MCU  
Mäldkone. - MCU  
Maskinhastighet - RCU  
Korrektionspotentiometrar på ytvikts- och fukthaltsmätare - MCU  
Varvtal, blandningspumpar - RCU

För maskinpersonalens kommunikation med datamaskinen finns operatörspaneler och loggskrivmaskiner för vilka data återfinns i separata beskrivningar. Från maskinförarpanelen kan kvalitetsdata, önskad maskinhastighet, ytvikt, fukthalt och kalibreringsdata läsas in. Vidare kan loggar beställas, varvid värden presenteras antingen på sifferrör eller loggskrivmaskinen. Denna används även för felutskriften och larm.



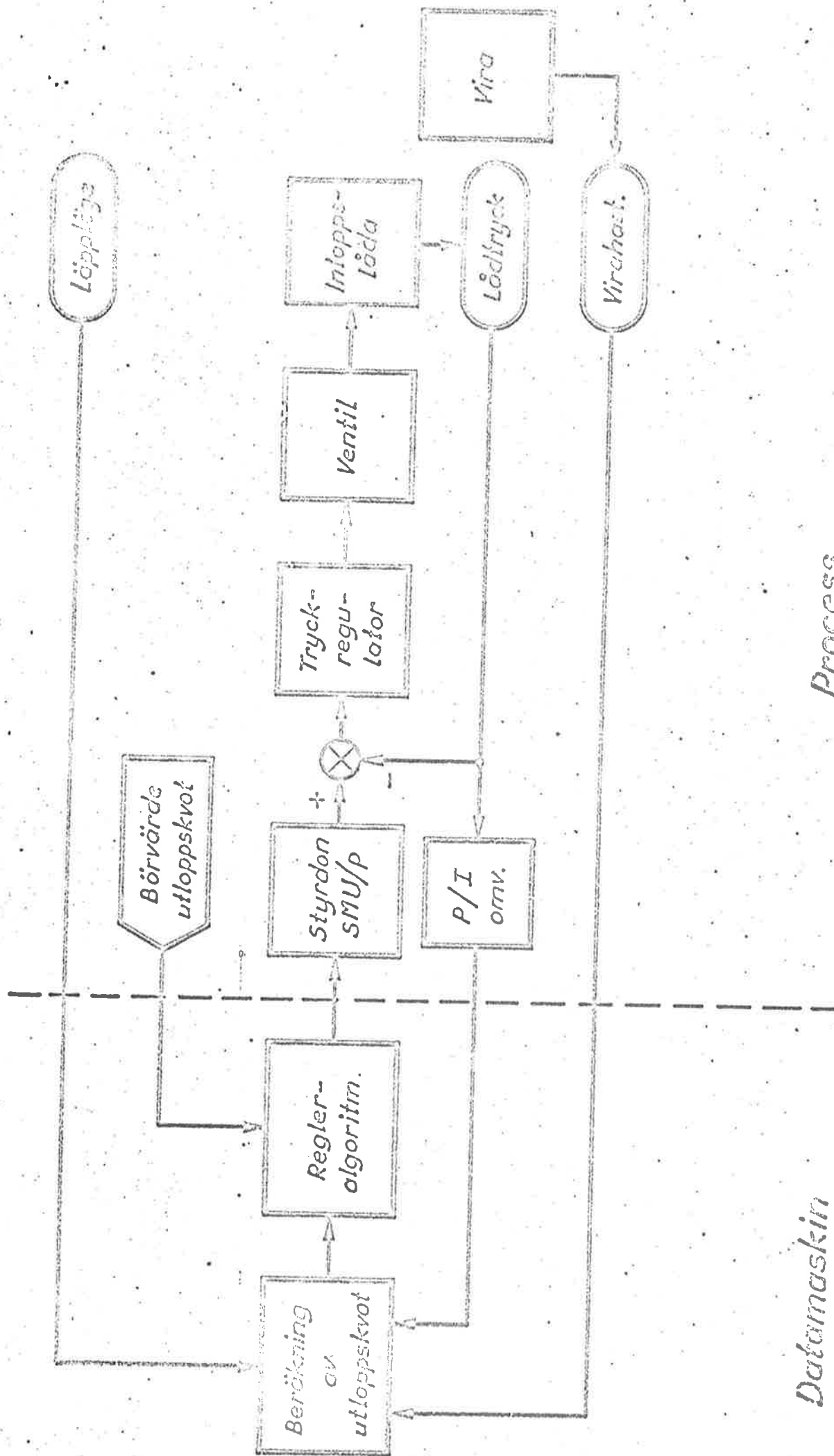
Process

Datamaskin

Process

Figur 1:1

# REGLERING AV UTLOPPSKVOT



Datamaskin

Process

Figur 1:2

## 2. FUKTHALTSREGLERING

### 2.1 Allmänt

Fukthaltsreglering sker som styrning av såväl ångtryck - som differensstryck genom beräkning av erforderlig torkkapacitet med hänsyn till produktionen samt kaskadstyrning från fukthaltsmätare.

### 2.2 Systemlösning

Beräkning av erforderlig torkkapacitet sker utgående från maskinhastighet  $v$ , ytvikt  $y$  och kvalitet  $z$  inmatade på maskinförarpanelen (se figur 2.1).

Ur torkkapaciteten sker en fördelning av ångtryck för de olika grupperna för erhållande av lämplig temperaturstegring genom torkpartiet. Denna beräkning påverkas av fukthaltssignalen på så sätt att huvudånggruppen normalt regleras med minsta möjliga tidskonstant i regleralgoritmen. Om så erfordras, sker även omställning av övriga grupper. Vid banbrott sker omkoppling till temperaturreglering med användning av cylindertemperaturgivare, varigenom lämplig cylindertemperatur erhålles för spetsföring.

Som givare för fukthalt användes en traverserande fukthaltsmätare. Medelvärde beräknas för varje traversering och filtrering utföres, varefter test och uppdatering sker. För kalibrering inmatas manuellt erhållna provresultat på en datainmatningspanel.

Fukthaltens börvärde inmatas som en order på maskinförarpanelen.

För de flesta cylindergrupperna regleras ångtryck och differensstryck som kaskadstyrning av ångtrycksregulatorerna. För några cylindrar i torkpartiets början regleras i stället cylindertemperaturen utan användning av regulatorer.

### 2.3 Givare och datamaskinenheter

För inmatning till datamaskinen erfordras följande givare och datamaskinenheter, med beteckningar enligt avsnitt 1.

Fukthalt - AIU

Ytvikt - AIU

Tvårsposition och banbredd (se avsnitt 1)

Ångflöde - AIU

Cylindertemperaturer - AIU

Maskinhastighet - PIU

Banbrott, - fotocell, DIU

För utgående signaler gäller:

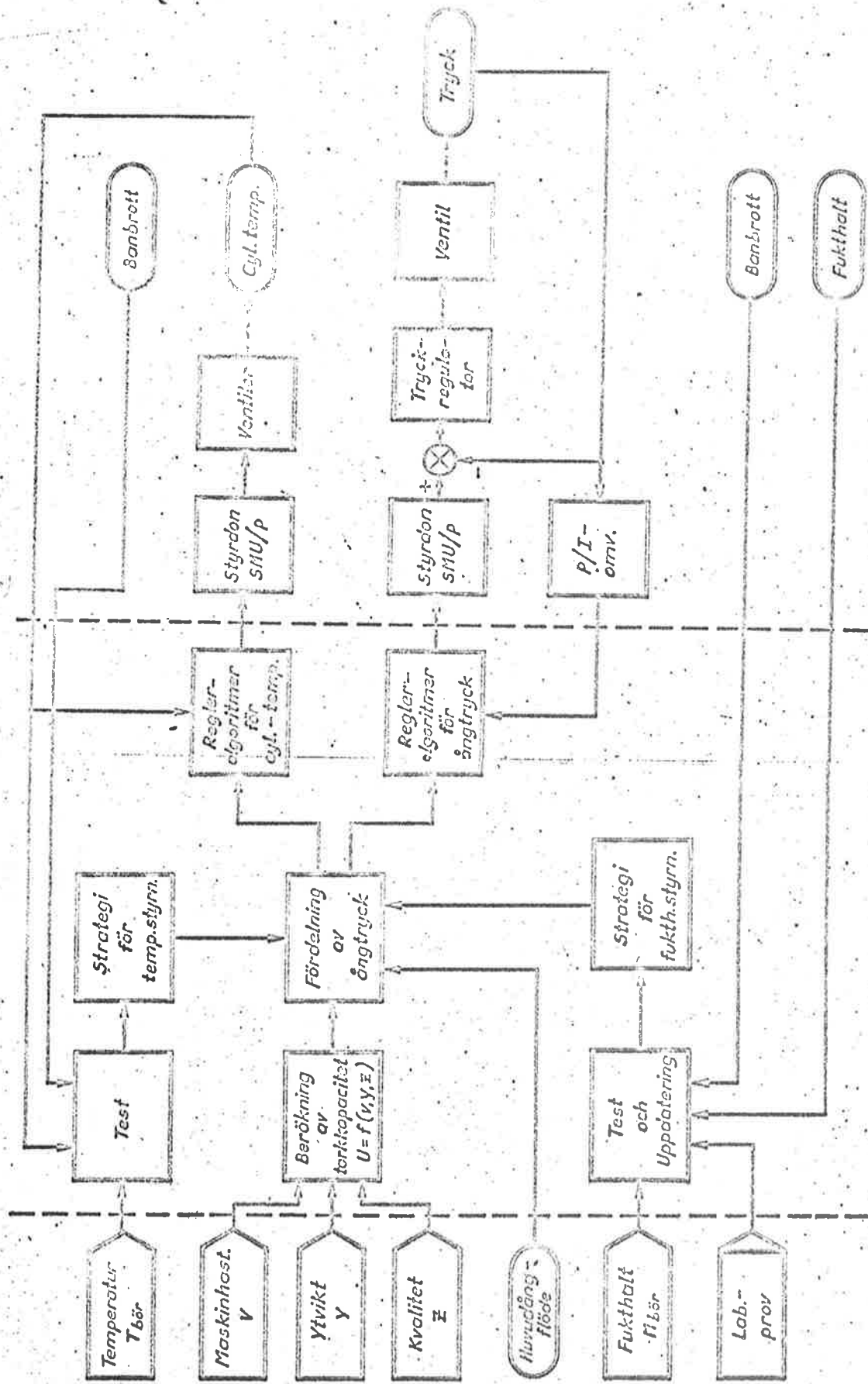
Regulatorer kaskadstyres med MCU.

Vid temperaturreglerade cylindrar styres ventilerna direkt av MCU.

Om stegmotorer eller öka-minska-förfarande användes för styrning av regulatorerna utnyttjas RCU.

Korrektionspotentiometrar för ytvikt och fukthalt (se avsnitt 1).

För kommunikation med datamaskinen användes samma maskinförarpanel som för ytviktsreglering. I vissa fall kan det vara lämpligt att föra ut en enstaka funktion i en speciell panel, exempelvis börvärdesinställning av fukthalt och visning av aktuellt värde på sifferrör.



Process

Datamaskin

Process

## SYMBOLFÖRTECKNING



*Givare*



*Datainmatningspanel*



*Maskinförarpanel*



*Beräkning i datamaskin*



*Styrenhet / Styrobject*

APPENDIX FSystemexempel - maskininställningar och kvalitetskontroll

Civilingenjör Staffan Schröder, Korsnäs-Marma AB, Gävle.

Vart syftar modern processtyrning?

När det gäller användning av digital teknik inom industri som pappers-tillverkning dyker begreppet processtyrning ofelbart upp. Alla digitala tillämpningar från en enkel digitalvoltmeter för indikering av ett ventilläge i fabriken till en avancerad processmodellberäkning utförd på en datacentral verkar kunna kategoriseras som modern processtyrningsteknik. Förvisso kan mycket av denna nya teknik synas komplicerad för vanligt industrifolk, men det får inte uppfattas så att "processtyrning är någonting exklusivt som bara elektroniker och datatekniker skall befatta sig med". I själva verket är det ju så att processtyrning i dess enkla betydelse alltid existerar vid en processindustri inom ramen för den vardagliga verksamheten. Stora skiljaktigheter fabriker emellan kommer in beträffande frågan i vad mån man utnyttjar moderna tekniska möjligheter för att uppnå förbättrad processtyrning. Det är då främst en fråga om ekonomisk satsning och teknisk ambition som från fall till fall avgör processtyrningens omfattning och organisation.

Allmänt kan sägas att processtyrningens relativa omfattning bör öka ju större och modernare produktionsenheter man har, men att det ingalunda är självklart att över hela linjen sträva mot automatiska system. Det finns många fall där det i dag vore en dumhet att försöka koppla bort människans omdöme, intuition och erfarenhet. Vidare är det inte självklart att föra in digital teknik för alla de tillämpningar som principiellt sett verkar attraktiva. Bromsande faktorer finns, t.ex. underhållsproblemen, där elektronikernas och datateknikernas ovana vid fabriksförhållanden utgör en hämsko.

Från industrihåll är det naturligt att se på den nya tekniken med utgångspunkt från den organisatoriska styrningen av tillverkningsprocessen. Fig. 1 åskådliggör en sådan uppdelning av begreppet processtyrning med avseende på olika funktioner inom produktionsapparatens.

PRODUKTIONSPLANERING innefattar frågor från om en kundorder över huvud taget skall accepteras till efterkalkyl av denna orders verkliga tillverkningskostnad. På detta område försöker dataexpertis febrilt nå bättre resultat än vad som nås genom vanlig manuell planeringsförmåga. Digitaltekniken kommer in t.ex. för mätning och rapportering av produktionsutfallet.

MASKININSTÄLLNINGAR avser tekniska hjälpmedel att brukas när man startar upp processen, ställer om mellan olika produktsorter och gör justeringar av produktmängd och kvalitetsegenskaper. Medelst automatik styrd av datamaskin skulle man i princip kunna göra fantastiska system, men även metoden att förse driftspersonalen med tillräckligt exakta



styrdata och inställningsorgan kan ge stora förbättringar. Manuella möjligheter måste bibehållas för att inte riskera produktionsbortfall vid datafel.

**AUTOMATISK REGLERING** som motverkar processtörningar under normaldrift står ofta i fokus för den instrumenttekniskt intresserade. Naturligtvis arbetar maskinexpertisen för att eliminera behoven av svåra reglerfall, men maskinenheternas växande storlek framtvingar i dag mycket högre reglerkrav än tidigare. Fastän digitaltekniska utrustningar och datastyrningar ännu så länge är dyrbara, finns det fall där de redan nu erbjuder ekonomiskt tilltalande lösningar av svåra processreglerproblem. Framtidens datamaskin kan i princip ersätta alla en fabriks 1000-tals processregulatorer, men den visionen får inte undanskymma dagens viktiga möjligheter.

**KVALITETSKONTROLL** innebär att prov fortlöpande tas från produktionen för analys, varvid otillfredsställande resultat snabbt måste ge upphov till justeringar i processen. Produktkontrollen är en naturlig kontaktpunkt med pappersköparna, vars behov leder till en slags processstyrning. Den rutinmässiga provningen är personalkrävande, och en undersökning har visat att den drar lika stora kostnader för de svenska pappersbruket som företagens forsknings- och utvecklingsavdelningar.

**TEKNISK UTVECKLING** är inte enbart att skaffa vetskap om hur man önskar förbättra maskiner och produkter, utan innefattar därefter det praktiska genomförandet medelst tekniska och organisatoriska förändringar under ständiga krav på ekonomi. Den tunga industrin karakteriseras ju av att utvecklingen i regel behandlar marginalkostnader och "finputsning" av processer och produkter. Det är då desto viktigare att förbättringarna drivs fram snabbt med tillhjälp av moderna metoder.

#### En väg att applicera den digitala tekniken

Under 1968 uppförde Korsnäs-Marma AB en ny, mycket stor produktionslinje för säckpapper vid Korsnäsverken i närhet av befintliga enheter för sulfat- och pappersproduktion. Beträffande digital teknik fanns som bakgrund dels att man sedan flera år tillbaka haft ett antal digitala elektroniska mätutrustningar i bruk vid pappersmaskinerna, dels att en mindre processcomputer hade satts in 1965, först på prov och sedan för kontinuerlig användning. Computerprogram hade provats ut för dataloggning, visning av maskininställningsvärden, enstaka processregleringar, driftsrapportering och laboratorievärden. Vid bolagets datacentral arbetades det bl.a. med program för att underlätta produktionsplanering och stödja pappersteknisk utveckling.

Beslutet i samband med det nya fabriksbyggandet blev att fortsätta den inslagna vägen, dvs. låta behoven lösas vart för sig med starkt kvalitativ inriktning av insatserna. Fabrikens grundinstrumentering valdes av modern pneumatisk typ, men i ett antal viktiga punkter insattes speciell digitalelektronisk mätapparatur. Vid bolagets datacentral fanns presumtiva resurser att klara av kvalificerad databearbetning för fabriken räkning och detta pekade på värdet av en förbindelse-länk medelst processdatateknik. Emellertid var det i första hand de konkreta önskemålen om program i reell tid som motiverade insatsen av en ny processdatamaskin vid fabriken.

Denna processdatamaskin, L M Ericssons UAC 1601, gavs förutom enkel driftsrapportering inga uppgifter för produktionsplaneringens räkning, antalet automatiska reglerkretsar begränsades tills vidare till ett 10-tal och processdatamaskinens roll i det tekniska utvecklingsarbetet kunde för tillfället inte poängteras. Dessa tre delar av processtyrningsområdet är dock ingalunda ointressanta, utan kan mycket väl bli föremål för framtida insatser.

I vårt fall har vi nu koncentrerat ansträngningarna med digitaltekniken till att effektivisera maskininställningar och kvalitetskontroll. I den moderna produktionslinjen är det primära att snabbt och noggrant kunna ställa in processen för den papperskvalitet som för tillfället eftersträvas. Därefter gäller det att snarast möjligt analysera produktens egenskaper och om så behövs göra riktiga justeringar i processen. Denna enkla kretsgång är i och för sig fundamental inom processindustrin, men det viktiga här är att man med hjälp av digital teknik i hög grad kan driva upp kretsens effektivitet. Satsningen på den manuella kretsen maskininställningar-kvalitetskontroll baserade sig på resonemanget: "Datastyrning är inget direkt behov. Vad vi där- emot har nytta av är styrdata".

#### Digitala mätare i papperstillverkningsprocessen

I massaberedningen före själva pappersmaskinen är mät- och reglerutrustningar huvudsakligen av analog typ, och endast i enstaka fall kan digitaltekniken ge fördelar. Effekt-mätning, när pappersmassan i ett antal kvarnar males för att ge cellulosa-fibrerna styrka, görs i ett antal fall medelst en normal kWh-mätare, som försetts med extra slitsskiva med fotocellarrangemang. Mätförfarandet ger pulser i proportion mot effektförbrukningen, vilka lämpar sig för summering på mekaniskt räkneverk och för översändning till datamaskin (då med pulsfrekvensen modulerad med bärfrekvens). På liknande sätt kan flödesmätvärden behandlas och användas t.ex. för att beräkna effektkvot för malningen, dvs. inställningen av antal kWh per massamängd i varje malningsorgan för att ge pappersfibrerna rätt styrka.

När sedan massan doseras till själva pappersmaskinen krävs precision för att papperet skall få rätt och jämn tjocklek. Det avgörande är en viss ventilinställning, där läget måste fås med hög grad av upplösning och repeterbarhet. På Fig. 2 (till höger) syns en digitalvoltmeter, som indikerar detta ventilläge för maskinföraren. Panelen innehåller också sifferrörstablåer för andra inställningsvärden, kurvskrivare och en skrivmaskinsenhet, vars information fås bearbetad via processdatamaskinen.

Ett sådant för säckpapper kritiskt värde är hur massautströmningen på pappersmaskinens vira anpassas till virans hastighet, den s.k. utloppskvoten. I princip gäller det att medelst övertryck spruta ut pappersmassan synkront med pappersmaskinens aktuella hastighet och redan avvikelser på ett par promille ändrar papperets egenskaper. Genom att databeräkningen grundas på fyra noggranna parametrar blir sifferrörsvisningen exakt på 1 promille när, vilket starkt bidrar till att produktkvaliteten kan bli förstklassig redan när en ny kvalitets-sort börjar köras.

Ett nödvändigt komplement när man har att göra med beräknade storheter

är att maskinpersonalen ser och kan kontrollera grundvärdena för beräkningarna. Skrivmaskinsutskriften är ett sådant stöd, där man kan avläsa exempelvis sprutöppningen i mm, och lätt finna ut vilken sådan som användes förra gången den aktuella papperskvaliteten kördes. Skrivmaskinsutskriften är utformad som en "lättläst produktionshistoria" med exakta noteringar om händelser som banbrott, massastopp m.m. Driftsingenjörer och maskinpersonal har tid efter annan fått "rösta fram" vilka datavärden som de anser vara viktigast att få utskrivna i denna "produktionshistoria", och på så sätt har de praktiska behoven fått dirigera.

Pappersmaskinernas drivsystem och hastighetsreglering är en komplicerad teknik, och vi har pulsteknisk mätning på alla enskilda drivsektioner. Flera hastigheter eller procentuella hastighetsdifferenser, s.k. dragmätning, kan indikeras en i taget på samma digitalräknare, men eftersom maskinerna ju är mer än hundra meter långa används nu sammanlagt ett tjugotal siffertablåer för ändamålet. Dessutom finns vid den nya pappersmaskinen skrivmaskiner som registrerar hastigheterna och dragen. Det säger sig självt att dragen måste ställas in noggrant för att den sju meter breda pappersbanan över huvud taget skall hålla vid hastigheten 10 m/sek. Vid tillverkning av säckpapper blir noggrannhetskraven extremt höga, därför att draginställningarna inverkar på möjligheterna att få fram särskilt fina töjningsegenskaper hos papperet.

För längdmätning både i själva pappersmaskinen och i den efterföljande omrullningsmaskinen används digitalräknare. Spillet mellan dessa tillverkningsoperationer måste hållas nere, och för att körningsplanerna skall stämma måste banlängdmätningen vara exakt. Fig. 3 visar hur siffertablåer arrangerats för att maskinpersonalen skall kunna arbeta med precision. Insignal för denna mätning är enbart en impuls för varje valsvarv, som i sin tur i en elektronikenhet (innehållande en "blind" förvalsräknare) initierar ett pulståg med lika många pulser som valsens omkrets är i mm räknat. Siffertablån stegar sedan fram för t.ex. var 10:e meter. Finessen är att mätnoggrannheten ökar ju mer papper som tillverkas på samma sätt som en summa inom matematiken går mot ett integralvärde.

Papperet rullas kontinuerligt upp på en s.k. tambur, som vilar på belastningsceller så att papperets vikt blir visad på en digitalvoltmeter. Varje timme sker tamburbyte och sedan färdigställes leveransrullar i nämnda omrullningsmaskin. Här sker rullvägning på golvvågplatta, och vikterna går digitalt in till processdatamaskinen, liksom rullbredder och längdresultat. Datamaskinen skriver då ut en rullrapport hos maskinföraren enligt Fig. 4. Fukthalten har tidigare bestämts i själva pappersmaskinen av en tvärs över banan rörlig kapacitansmätare och datamaskinens minne kommer ihåg resultatet tills papperet i fråga blivit omrullat och vägt. Slutresultatet ytvikten är den gängse handelsorten för papper, dvs. vad en kvadratmeter av papperet väger vid standardiserat fuktillstånd. Rullrapporteringen utgör således en fortlöpande produktkontroll, och särskilt viktigt vid breda maskiner är att se till att papperet får rätt och jämn ytvikt tvärs över hela maskinens bredd.

### Att arbeta med styrdata

Ovannämnda exempel kan vart för sig ses som en punktvis insats av digital teknik. När emellertid de digitala hjälpmedlen väl blivit inarbetade hos den skiftgående personalen vid samtliga pappersmaskiner uppnås en samlad effekt, som amerikanerna brukar karakterisera som "papermaking by numbers". Vi eftersträvar således att förbättra och förenkla alla viktiga processinställningar genom att servera driftspersonalen meningsfyllda och noggranna styrdata. Härvidlag ger processdatamaskinen fina möjligheter, men samtidigt står det klart att datateknik i fabriksförhållanden för med sig en del egna problem.

Fig. 5 visar det operatörsrum vi har i anslutning till processdatamaskinen. Programmering görs här i assembler-språk via en konsolskrivmaskin (utan att störa datamaskinens normala arbete). Alla anslutningar till och från processerna går via stora kopplingsskåp med frånskiljbara plintar. I övrigt är operatörsrummet utformat för ingenjörsarbete, såsom processtudier, kalibreringar, funktionsövervakning etc. På grund av det stora avståndet mellan de nya och de äldre fabriksenheter måste vi ha ytterligare ett rum för sådant ingenjörsarbete enligt Fig. 6. Vi har vågat oss på att överföra alla slags processdatasignaler på enkel telefonkabel den kilometerlånga sträckan mellan fabriksenheter med helt tillfredsställande resultat.

Beträffande en processdatamaskins tillförlitlighet har vår driftsstatistik från den första, mindre computern utvisat över 99,5 % felfri funktion. Viktigt är kanske frågan i vilken grad produktionen verkligen kunnat utnyttja systemet, dvs. hur alla delarna från mätorgan till utenheter fungerat. Vår statistik för åren 1967 och 1968 visar att den praktiska tillgängligheten varit 98 % (varvid funktionsavbräcken ganska jämnt fördelats över de åtta kvartalen). I vår nya anläggning har vi naturligtvis dragit lärdom av den gamlas svagheter, men å andra sidan arbetar vi nu fram mot ett cirka 10 ggr större system.

Utbildningen av driftspersonalen avseende datahjälpmedlen är en betydelsefull fråga. Hos oss är situationen den att utbildningens viktigaste mål nu gäller uppövandet av driftspersonalens förmåga att kunna få godtagbart produktionsresultat utan tillgång till datahjälpmedlen. Glädjande är att se hur utvecklingen med styrdata leder till att driftspersonalens intresse för att använda formler, räknesticka och tabeller ökar, och därmed också den allmänna förståelsen för processen.

### Datateknik på rutinprovningstillaboratoriet

Av det föregående har framgått hur maskininställningar och framkörning av produktion under driftsledningens befäl utföres av den skiftgående maskinpersonalen. När det sedan gäller att analysera produktens kvalitetssegenskaper måste fabriksens laboratorium ta över. Kvalitetskontroll av papper kräver noggrann provning utförd vid specificerade temperatur- och fuktighetsbetingelser. Bedömningen av provningsresultatens godhet kan inte åläggas skiftgående arbetare, utan måste styras från högre nivå. Vid Korsnäsverken är rutinprovningen centraliserad medelst ett rörpostsystem mellan pappersmaskinerna och driftstillaboratoriet, dit det sänds sammanlagt cirka 100 provark per dygn för analys. Med ett 50-tal mätningar på varje provark blir det per år nära 2 miljoner enskilda bestämningar som skall göras och protokollföras.

Samtidigt som pappersproduktionen fördubblades i september 1968 togs ett datatekniskt realtidssystem i bruk för pappersprovningen på driftslaboratoriet enligt Fig. 7. Överst ses provningsapparaterna, i vilka papperets ytvikt, tjocklek, hållfasthetsegenskaper m.m. testas. Apparaterna följer gängse provningsnormer, men har dessutom elektrisk utgång 0-10 Volt via varsin elektronisk mätstation. I apparaterna finns inbyggda mätvärdesgivare (4 för läge, 3 för kraft, 2 för integral) som är kopplade till en bärfrekvensbrygga i respektive mätstation. Mätningens toppvärde kvarhålls där momentant i ett kondensatorminne. Sedan inmatas det till datamaskinen genom en knapptryckning "Verkställ". Då avläser datamaskinen också digitalt uppställd information om aktuellt pappersmaskinnummer, vilket mätområde som används etc. Mindre vanliga provningsbestämningar matas in via en inläsningspanel med telefonknappsats och sifferrörsindikering. Uppgifter om vilka kundorder proven gäller matas in medelst hålkort (som försäljningsavdelningen iordningställer när ordersedlar för pappersbruket skrivs ut).

När alla tester gjorts för ett provark skriver datamaskinen ut en fullständig provningsrapport som via rörpost sänds till pappersmaskinen i fråga. Därpå verkställes stansning av alla värdena på hållremsa avsedd för EDB-statistik. Normalt kommer en provningsrapport maskinpersonalen tillhanda inom  $\frac{1}{2}$  timme efter det att papperet i fråga tillverkats. Genom två speciella förfaranden meddelas särskilt viktiga resultatdelar ändå snabbare, nämligen genom utförande av s.k. snabbprovning och genom direkt datautskrift hos maskinföraren.

Fig. 8 visar hur det ser ut på provningslaboratoriet, där även en hel del kompletterande analyser görs på dagtid med samma apparatur. Incitamentet för datasystemet var önskemålet att ha ett minimum av skriftgående laboranter, och personalbesparingen kunde i och för sig göra anläggningen lönsam. Tidigare utgjorde nämligen rapportskrivning  $\frac{1}{3}$  av arbetsvolymen, och den konventionella dragstyrkeprovningen mer än 20 %. Genom att tidsåtgången för dessa moment drastiskt reducerats har provningskapaciteten ungefär fördubblats, och därvid har personalen kunnat disponeras på ett mycket fördelaktigt sätt. Att provningsresultaten nu kommer fram snabbare än förr och att analyserna sker utan fel vid skalavläsning och räknearbete är fördelar som "fåtts på köpet". Tillämpningen i fråga är helt ny för skogsindustri över huvud taget. Trots det har labdatasystemet med all för personalen okänd teknik som tryckknappsval och digitalmätare enligt Fig. 9 kunnat appliceras inom loppet av ett år från det första systemutkastet räknat.

#### Att utveckla integrerad kvalitetskontroll

Den beskrivna rationaliseringen av pappersprovningen har gett Korsnäs-Marma AB förutsättningarna för att utveckla ett integrerat system för kvalitetskontroll enligt Fig. 10. Detta att få alla provningsresultat registrerade på hållremsa, tillsammans med motsvarande maskininställningar och processvariabler möjliggör en fortlöpande databearbetning. Var tredje dag sänds hållremorna från fabriken till huvudkontorets EDB-central, som snabbt återgäldar en överskådlig lista för eventuell rättning. Två gånger per månad beräknas kundorderernas kvalitetsmedeltal och dessa värden presenteras i fyra olika pärmar, nämligen i ordernummerföljd, per pappersmaskin, per kund och för s.k. utfallsprov. Vidare behandlas provningsresultaten för varje kvalitetssort, och veckomedeltal för de olika ytviktsintervallen registreras i listform. Förutom

dessa tidigare mycket personalkrävande rutinbearbetningar har vi nu fått möjligheter att utan större kostnad företa nya, mer avancerade undersökningar. Bolagets EDB-avdelning har på relativt kort tid lyckats göra program för de statistiska analyser som eftersträvats.

Hur kan detta analysmaterial tjäna till att åstadkomma processstyrning? Materialet går i första hand till produktionsledningen, som härigenom får värdefullt underlag för styrningen av fabrikationen. Speciellt kan produktionsledningen noggrant fastställa vad man eftersträvar för egenskaper för varje enskild produktsort, s.k. riktvärden. Dessa fastställda riktvärden finns stansade på ett hålkort för varje kvalitet och ytvikt och matas in på provningsrapporterna i och med att en ny tillverkning börjar. Till pappersmaskinerna kommer således hela tiden protokoll med noggranna "är-värden och bör-värden" för produkten i fråga. Därmed har man återkommit till själva tillverkningsprocessen, där maskinpersonalen under driftsingenjörens befäl har att åstadkomma en eventuell kvalitetsreglering genom lämpliga maskinomställningar. Det är således då de tidigare beskrivna digitalmätarna och datahjälpmedlen träder in som effektiva verktyg.

#### Summering

Inledningsvis ställdes frågan om olika syften avseende modern processstyrning. I vårt fall har vi lagt ner ca 15 manårs arbete med digitalteknik på uppgiften att effektivisera den manuella kretsen maskininställningar - kvalitetskontroll. Vi har åstadkommit ett system för verkligt noggrann kvalitetsstyrning av pappersproduktionen. Detta är en reell styrka, som kan visa sig vara betydelsefull i konkurrensen på marknaden.

Som mer omedelbara resultat av datainsatserna erhålles vissa produktivitetsovinningar vid uppstartningar, kvalitetsomställningar och genom minskade kassationer, samt en del besparingar i fråga om råvaror och personalinsatser. Från dessa vinningar skall naturligtvis de höga kostnaderna för själva processdatasystemet subtraheras för att klargöra den kalkylmässiga lönsamhetsbilden.

En pappersindustri bör principiellt sett dra nytta av digitalteknikens och processdatamaskinens fascinerande möjligheter, men den nya tekniken är inget självändamål utan måste underordnas de behov och ambitioner som föreligger. När man i pressen läser om oerhört komplicerade datastyrningssystem finns det nog ofta skäl att vara litet skeptisk. Kanske är det i stället via relativt enkla tillämpningar, gärna med anknötning till beprövade manuella förfaranden, som den moderna processstyrningstekniken för närvarande kan ge bästa lönsamhet.

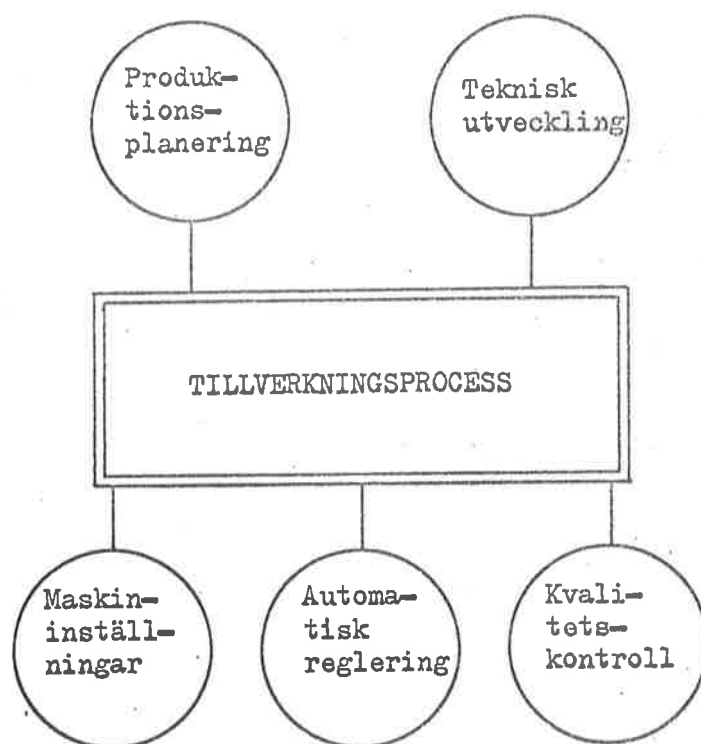


Fig. 1

En uppdelning av begreppet processtyrning med avseende på olika funktioner i produktionsapparaten

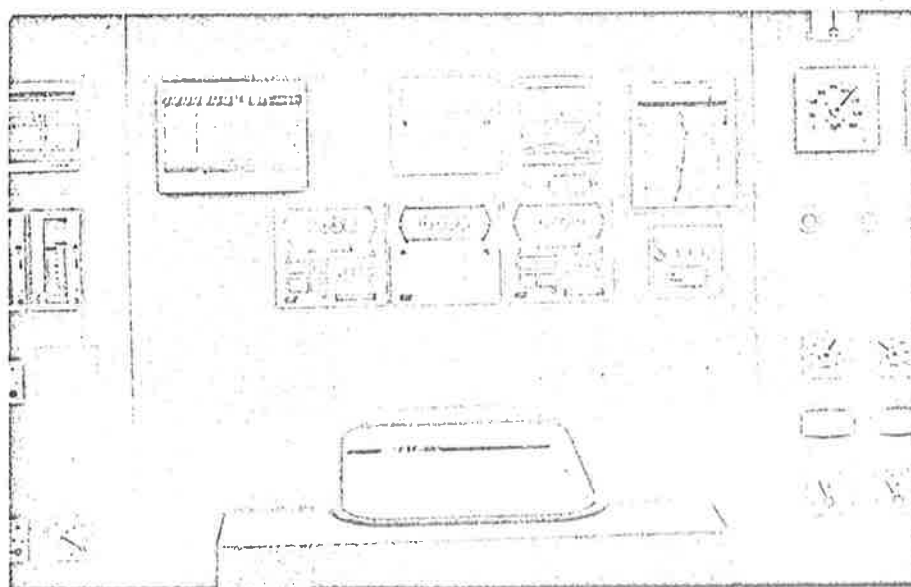


Fig. 2

Digitaltekniska presentationsenheter på maskinförarpanelen i det nya pappersbruket vid Korsnäs-Marma AB. Styrdata visade på sifferrör, registrerade på kurvskrivare eller utmatade på skrivmaskin tjäna som vägledning när det gäller att göra noggranna maskininställningar

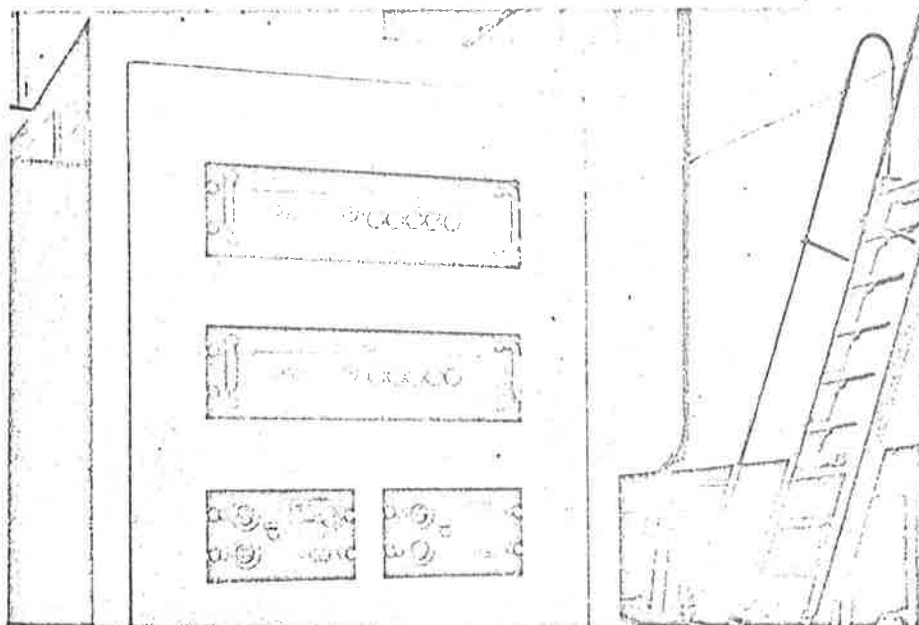


Fig. 3

Digitalräknare för banlängdsmätning vid två pappersmaskiner, placerade så att personalen på ett praktiskt sätt kan övervaka produktionsgången

1030	1				3	8	42	72	32	2134	3815	996	50	167
1045	1				6	10	42	73	32	2130	3814	995	50	167
1047	3				6	17	42	72	32	2135	3814	996	50	167
1000	1				9	246	43	74	33	2130	3814	995	50	166
1115	1				9	110	43	74	32	2128	3813	995	50	166
	31	1359	1120	1120	1120	920	920			1012	1030	1022	842	844
										689	697	698	695	696
1130	1				64	43	72	32					50	166
1145	1				11	43	72	33					50	166
1158	3				22	43	72	33					50	166
1200	1				8	26	43	70	33	2131	3814	996	50	167
1215	1				9	24	43	72	33	2134	3814	997	50	166
	33	1358	1120	1120	1120	920	920			1706	1022	1012	830	844
					59	66	63	64		687	693	693	693	698
1230	1				8	17	43	70	33	2133	3814	997	50	166
1245	1				8	30	43	71	33	2130	3814	997	50	166
1300	1				5	43	73	32					50	166
1311	3				12	43	73	32					50	166
1315	1				2	43	73	33					50	166
1330	1				4	43	71	33					50	160
	34	947	1220	1320	1320	1320				776	836	836	844	
					60	65	62	64		699	692	694	690	
1345	1				8	24	43	70	32	2131	3812	996	50	166
1400	1				2	11	43	70	32	2134	3811	997	50	166
1415	1				8	152	43	72	32	2129	3812	996	50	167
1424	3				8	132	43	75	32	2131	3811	996	50	166
1430	1				10	69	43	71	32	2133	3811	997	50	166

Fig. 4

Från rullframställningen direkt efter pappersmaskinen sker en fortlöpande rapportering av de enskilda rullarnas data och därur beräknad ytvikt för papperet. Rullrapporterna ger på så sätt en grundläggande produktkontroll och ett underlag för eventuella maskinjusteringar



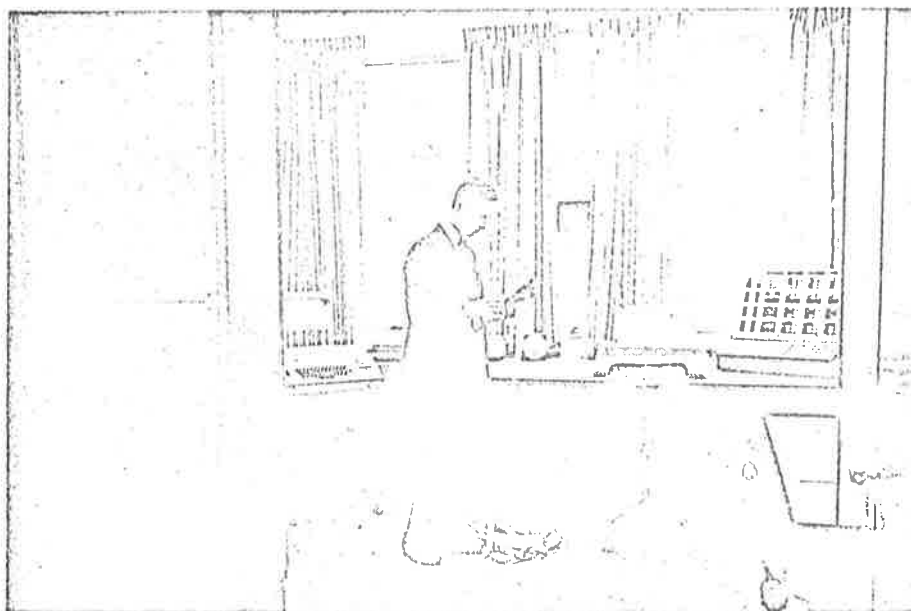


Fig. 5

Operatörsrum vid Korsnäsverkens processdatamaskin UAC 1601, som är uppställd i en intilliggande, luftkonditionerad lokal.

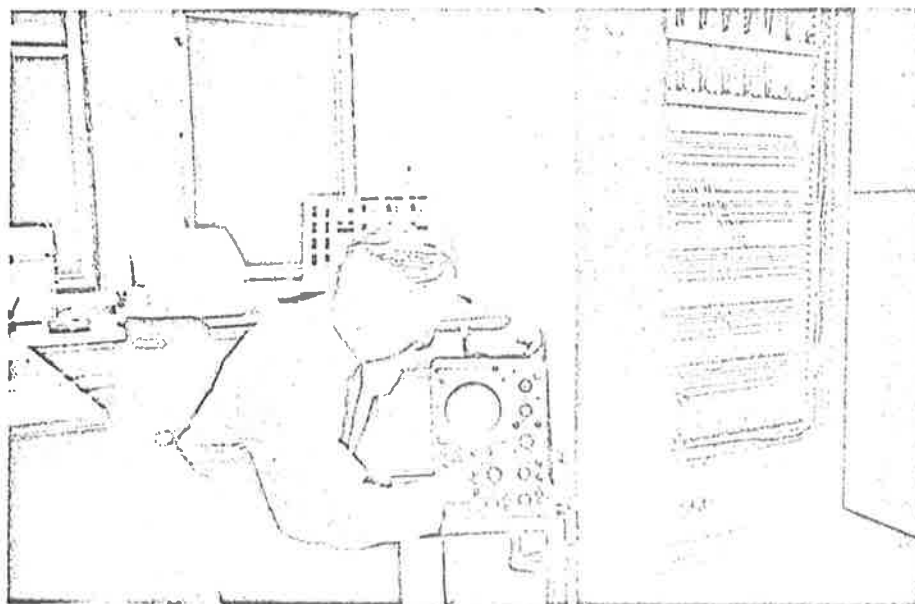
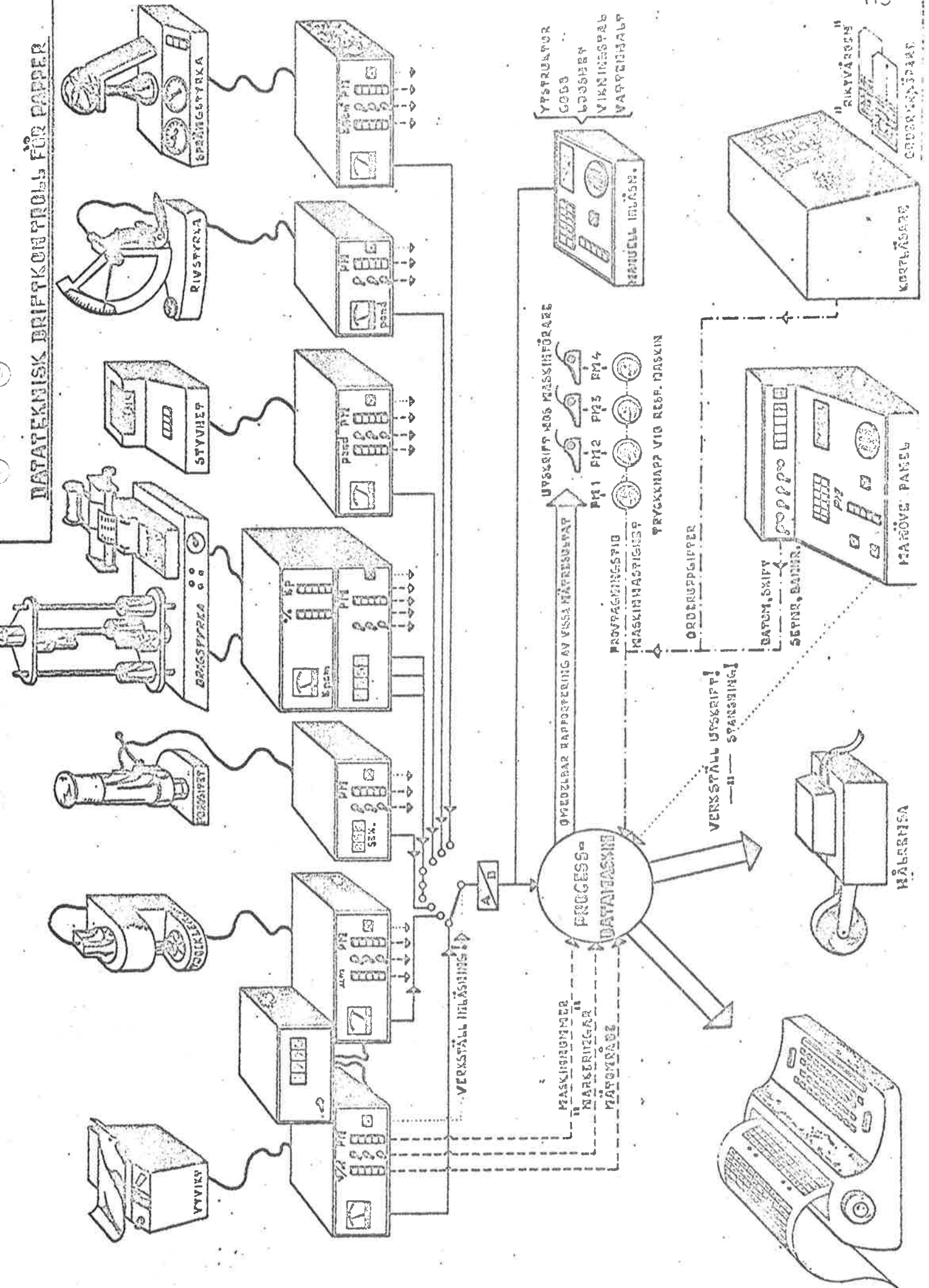


Fig. 6

Eftersom avståndet mellan fabriksenheterna är stort finns ett särskilt datarum för ingenjörsarbete vid den nyanlagda produktionslinjen

DATA TEKNISK BRIFTKONTROLL FÖR PAPPER



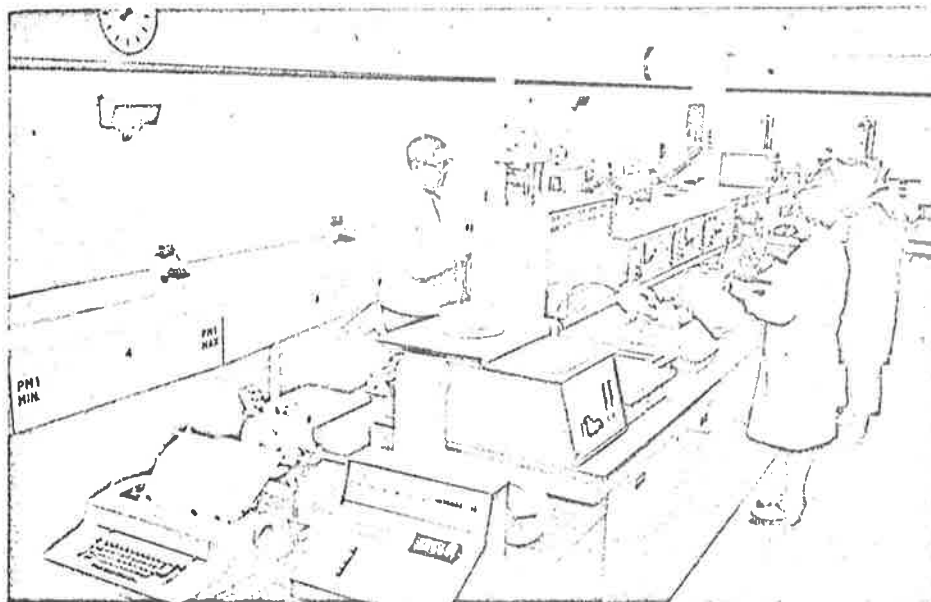


Fig. 8

Rutinprovninglaboratoriet för kvalitetskontroll av pappersproduktionen vid Korsnäsverken. Genom insats av datateknik har provningskapaciteten kunnat fördubblas



Fig. 9

Digitaltekniken medför att provningen kan göras snabbare än tidigare, mätresultaten blir exakt registrerade och underlag fås till en rationell databearbetning

DATATEKNISK KVALITETSKONTROLL VID KORSNÄS-MARMA AB

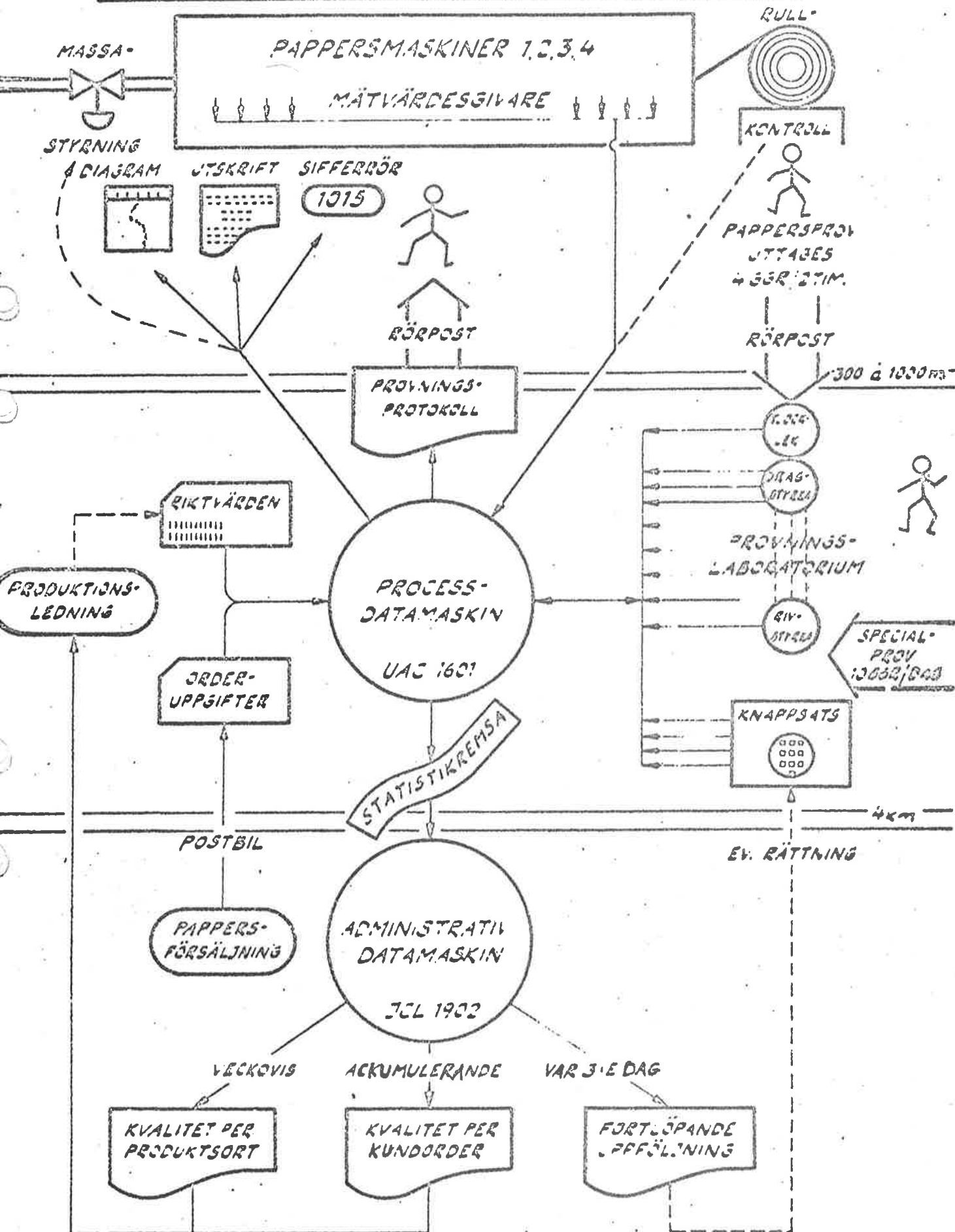


Fig. 10