



LUND UNIVERSITY

Process Control in the Pulp and Paper Industry II

Notes from Guest Lectures, Spring 1972

Wahren, Douglas; Lidby, Per Olov; Bohlin, Gunnar; Eriksson, Lennart

1975

Document Version:

Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Wahren, D., Lidby, P. O., Bohlin, G., & Eriksson, L. (1975). *Process Control in the Pulp and Paper Industry II: Notes from Guest Lectures, Spring 1972*. (Research Reports TFRT-3125). Department of Automatic Control, Lund Institute of Technology (LTH).

Total number of authors:

4

General rights

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

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

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

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

Take down policy

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

LUND UNIVERSITY

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

TFRT-3125

PROCESS CONTROL IN THE PULP AND PAPER INDUSTRY II

- NOTES FROM GUEST LECTURERS SPRING 1972

D. Wahren
P. O. Lidby
G. Bohlin
L. Eriksson

Report 7525 (C) September 1975
Department of Automatic Control
Lund Institute of Technology

CONTENTS

1. EN PAPPERSMAKARES SYN PÅ REGLERPROBLEM INOM
PAPPERSINDUSTRIN prof D. Wahren STFI
2. COMPUTER CONTROL OF INVER FORM BOARD MACHINES
AT IGGESUND Per Olov Lidby IGGESUND
3. MASSAKOKNING OCH DESS STYRNING Gunnar Bohlin SCA
4. MÄTPROBLEM OCH GIVARUTVECKLING INOM PAPPERS OCH
MASSA INDUSTRIN Lennart Eriksson STFI

Processreglering i pappersindustrin

Prof. D. Wahren

En pappersmakares syn på reglerproblem
inom pappersindustrin.

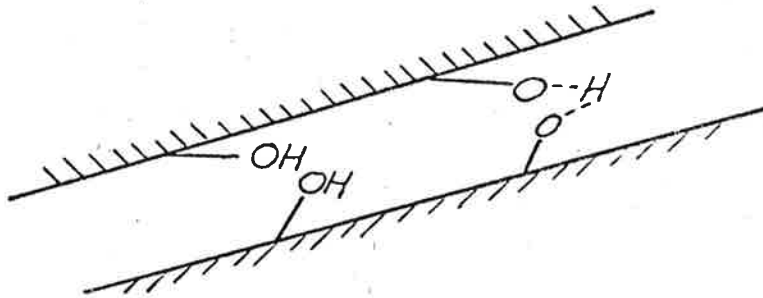
1972-03-24

1. INLEDNING
2. GENOMGÅNG AV TILLVERKNINGSPROCESSEN. FYSIKALISKA SAMBAND
3. DEI

1. INLEDNING

Papper - ett arkformigt material uppbyggt av fibrer
(cellulosafibrer, nylonfibrer, ..), ljusspridande
och lämpligt för tryck.

Man kan ge dessa senare egenskaper också till plastfolier.
Cellulosafibrerna har emellertid, jämfört med plastfibrerna
förutom att de i dagsläget - och förmodligen också i fram-
tiden - är billigare, en väsentlig fördel nämligen den att
fibrer uppvisade i vatten binder på kemisk väg med väte-
bindningar (alltså utan limtillsats) vid dränering. Grovt
kan detta skissas som i figur 1:1. Två närliggande OH-grupper
kan bindas samman genom att en proton går i lösning och den
återstående vätejonen oscillerar mellan syrejonerna, vilka
förblir bundna vid respektive fiber. När man torkat bort vattnet
delar alltså syrejonerna på en vätejon.

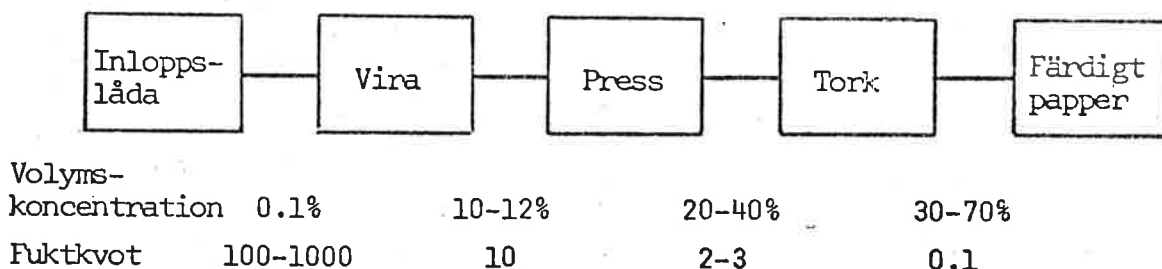


Figur 1:1 Principskiss för vätebindning mellan fibrer.

En annan god egenskap hos cellulosafibrerna är att de vid den
kraftiga kompression, som behövs för att det färdiga arket
skall få önskad täthet är helt plastiska utan att för den skull
flyta ut.

2. GENOMGÅNG AV TILLVERKNINGSPROCESSEN. FYSIKALISKA SAMBAND

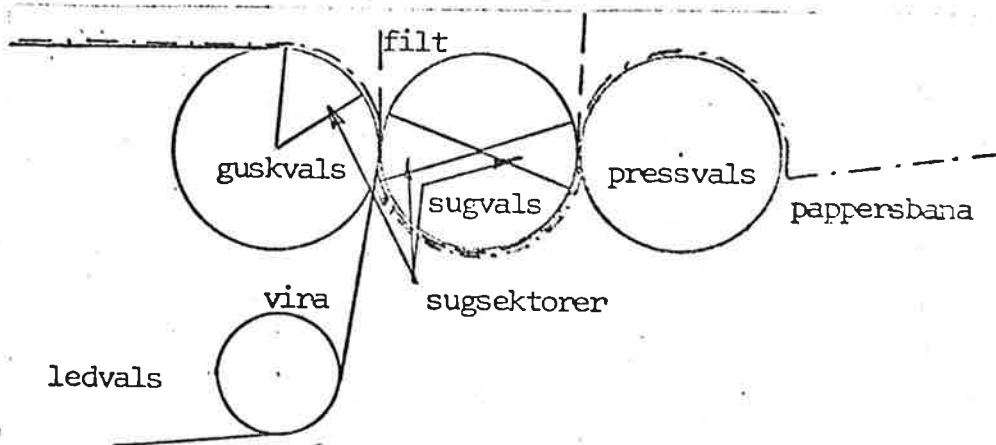
Figur 2:1 är en principskiss över papperstillverkningen, vilken kan karakteriseras som ett sätt att arrangera fibren snyggt och sedan ta bort vattnet utan att förstöra arrangementet. I figuren har volymkoncentration och fuktkvot (dvs. kg vatten / kg torrt papper) satts ut, för att ge en uppfattning om dimensionsförändringar under processens förlopp.



Figur 2:1 Principskiss för papperstillverkningen.

(Fuktkvot = kg vatten / kg torra fibrer)

För att ta av arket från viran använder man sig av en filt på en sugvals och man suger helt enkelt upp arket på filten, figur 2:2. Ofta pressas därefter arket mellan sugvalsen och en



Figur 2:2 Avlyftning av arket från viran

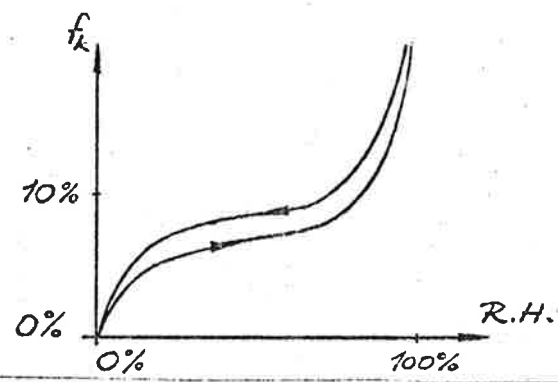
pressvals av granit, som trots att man har sug under presszonen, tar över arket. Detta beror på arkets starka adhesion till pressvalsens släta yta. För att sedan få av arket från denna måste man helt enkelt slita av det. Påkänningarna i arket blir mycket stora, i synnerhet som man dessutom måste ta hänsyn till centrifugalkrafterna då papperet har en hastighet av 10 m/s eller mera. Man gör pressvalsen av granit för att få en så slät yta att valsen tar över arket från filten och en så rå yta att det går att dra av arket. Med en vals av metall behövs det för stora krafter för att få loss det från valsen och arket brister. För att få minsta möjliga påkänningar i arket vid fritt drag drar man av det vinkelrätt mot valsen.

Efter detta pickup kan man köra arket genom flera valsar med gemensam eller med var sin filt. Normalt får arket gå genom tre nyp med olika filter i varje nyp.

I torkpartiet syftar man till ta bort vatten från arket genom att höja ångtrycket i arket i förhållande till omgivningen. Detta sker endera genom att man värmer arket så att ångtrycket stiger eller genom att man lägger vacuum omkring så att ångtrycket i omgivningen sjunker. I båda fallen evaporerar vattnet och man får den önskade täta strukturen.

Arket går i torkpartiet upp och ned genom ett antal (50) ånguppvärmda gjutjärnscylindrar. Den sista cylindern (eventuellt de två, tre sista cylindrarna) är i allmänhet kyld och man tillför också dimma, som kondenserar på cylindrarna och papperet får en ganska jämn fukthalt över hela ytan. Genom att kyla papperet innan man tar ut det, undviker man de spänningar man annars skulle fått om det tillåtits svalna - och därmed krympa - i rullen.

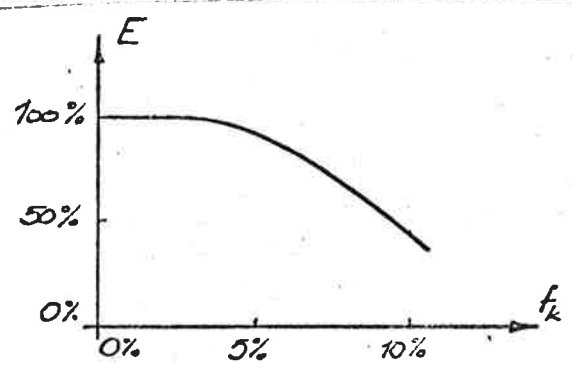
Tillförsel av fukt är av stor betydelse, då cellulosan ett starkt hygroskopiskt material. I figur 2:3 har fukthalten hos papperet avsatts mot relativa fuktigheten i omgivningen.



Figur 2:3 Samband mellan fuktkvot i papperet och relativ fuktighet i omgivningen.

Man ser härur att det första vattnet har stor affinitet till cellulosan, dvs vid låga fukthalter i omgivningen kommer en liten ökning av relativa fuktigheten att medföra en stor ökning av papperets fuktkvot. Vid vanliga rumsklimat är fuktkvoten ungefär konstant. Då man kommer upp till ungefär 100% relativ fuktighet kan cellulosan ta upp stora mängder vatten och omvänt är det inte så svårt att ta bort stora mängder vatten från cellulosan, jfr. vinpartiet där fuktkvoten ligger på 100 - 1000. Detta parti av kurvan är ganska odefinierat.

Viktigare är emellertid att papperets mekaniska egenskaper starkt beror av fuktkvoten. Till exempel kan papperets elasticitetsmodul se ut som i figur 2:4, dvs vid en fuktkvot på 10% har den sjunkit till hälften jämfört med elasticitetsmodulen för det helt torra papperet.

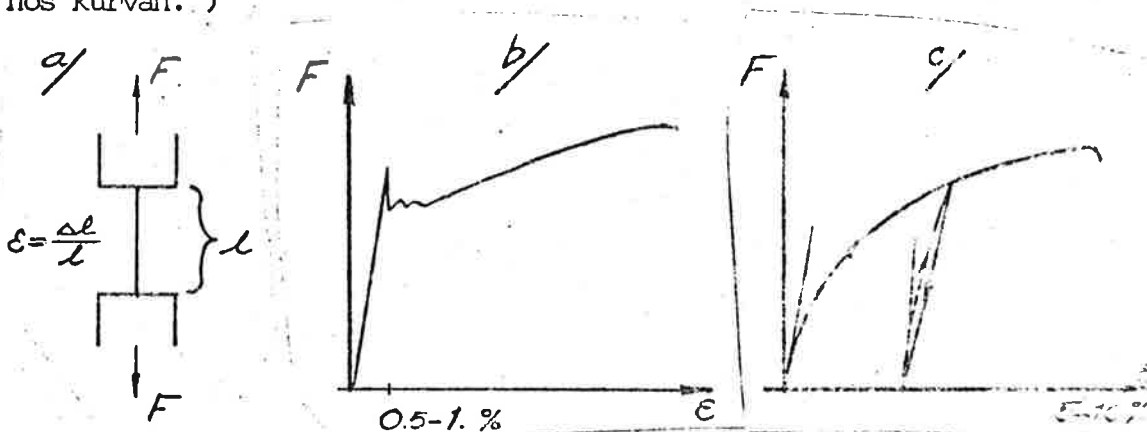


Figur 2:4 Elasticitetsmodulen hos papper som funktion av papperets-fuktkvot.

Papperets dimensioner ändras med fukthalten. Rent allmänt utvidgar sig fibrerna när de fuktas och krymper vid torkning. Emellertid beror dimensionsförändringen hos pappersarket även på processbetingelserna då papperet tillverkades.

Tag för ett avstressat papper (vilket kan åstadkommas genom att utsätta papperet för onväxlande fuktig och torr miljö - jfr anlöpning av stål genom upprepade värmebehandlingar) upp en kraft-töjningskurva genom att dra en provremsa, se figur 2:5. Man finner att om remsan, efter att ha varit belastad, avlastas och därefter på nytt belastas kommer man att få en ökad elasticitetsmodul. (Denna bestäms ju ur

$E = \left\{ \frac{d\sigma}{d\varepsilon} \right\}_{\varepsilon=0}$ eller $\Delta\varepsilon=0$; $\sigma = \frac{F}{A}$ och svarar mot lutningen hos kurvan.)

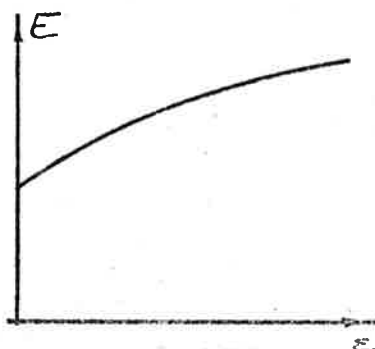


Figur 2:5 a/ Dragprovansordning

b/ Kraft-töjningskurva för stål

c/ Kraft-töjningskurva för papper.

Samma iakttagelse kan göras för små töjningar ($\Delta\varepsilon \approx 0$). Rent allmänt ser elasticitetsmodulen som funktion av töjningen ut som i figur 2:6.

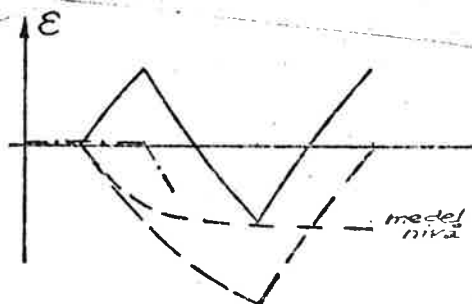


Figur 2:6 Elasticitetsmodulen som funktion av töjningen.

Man får alltså en högre elasticitetsmodul om man drar i papperet. (p.s.s. blir en spiralfjäder som man drar till plasticitet styvare).

När papperet köres i maskinen har man oftast en hastighetskillnad mellan de olika cylindrarna så att efterföljande cylinder går något fortare än den närmast föregående. Således ligger det alltid dragkrafter i papperet och när det kommer ut har ofta spänningar frysts in i papperet.

Ett avstressat papper kommer om det omväxlande utsättes för fukt och torka att svälla och krympa med ett medelvärde på noll. För ett papper med infrusna spänningar kommer man emellertid dessutom vid första nedfuktningen att få en relaxation av de infrusna spänningarna och papperet kan krympa, se figur 2:7.



Figur 2:7 Dimensionsförändringar hos papper då de utsättes för omväxlande fukt och torka.

- Avstressat papper
- - Papper med infrusna spänningar
- · - Papper med infrusna spänningar lämpligt för offsettryck.

Dimensionsförändringarna består alltså dels av en permanent del, som enbart beror av processbetingelserna då papperet tillverkades, och dels av en överlagrad töjningsvariation, som direkt svarar mot fibernas beteende då de utsättes för fuktighetsvariationer.

Vill man använda papperet för flenfärgs offsettryck där man fuktar papperet för att kunna trycka krävs det alltså noggrann reglering av torkpartiet för att få precis så mycket inre spänningar i papperet att den naturliga utvidgningen hos fiberna när papperet fuktas balanseras ut. Man måste alltså ha en mycket noggrann motorreglering.

3. DEFINITIONER

3.1. Allmänt

- 1 W - ytvikt (kg/m^2)
Mätas i konditionerat klimat. Utgående från ytvikten skiljer man på papper och kartong. För ytvikter mindre än 0.225 kg/m^2 har man papper och för $W \geq 0.225 \text{ kg/m}^2$ kartong.

- 2 f_k - fuktkvot ($\text{kg vatten/kg torrsvikt}$)
Ofta, t.ex. vid tidningstryck, lämpligt att papperet är mjukt och töjbart. Man vill då ha en hög och jämn fukthalt i det färdiga papperet och det krävs en noggrann fukthaltskontroll på maskinen. (Eftersom vattnet är gratis kommer varje ökning av vattenhalten i det färdiga papperet att vara ren vinst för pappersmakaren.)

- 3 t - tjocklek (m)
Ex. fiber - 5-30 μ
tidningspapper - 80 μ
skrivpapper - 100-120 μ
förpackningspapp - 200-300 μ
kartong - 1 mm.

- 4 d - densitet (kg/m^3)
Mätas vid specificerat yttryck (1 kp/cm^2), då papperet är starkt kompressibelt.

• $d = W/t$.

- 5 W_t - torr ytvikt ($\text{kg torrsubstans/m}^2$)
 W_t svarar mot ytvikten hos fibrerna och eventuella fyllnads-material

• $W = W_t (1 + f_k)$

3.2. Mekaniska egenskaper

6 L - slitlängd (m)

Heuristiskt definierar vi slitlängd utgående från ett tankeexperiment där man har en rulle papper och rullar av det så långt (=slitlängden), att papperet brister under sin egen tyngd. För papper är slitlängden 5-12 km, för stål 5-7 km. Man mäter slitlängden genom att göra ett dragprov på papperet, se figur 2:5.a.

$$L = \frac{F_{\text{brott}}}{b \cdot w \cdot g} = \frac{\sigma_c}{d_c \cdot g}$$

Här är b - provets bredd

g - tyngdkraftsaccelerationen

σ_c - brottspänningen för cellulosan

d_c - cellulosans densitet

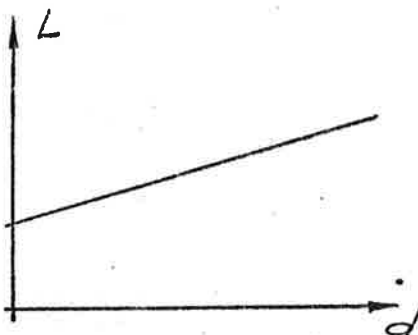
Cellulosans densitet d_c är relativt konstant $\approx 1.5 \text{ kg/dm}^3$. Slitlängden blir ett bra mått på hållfastheten i det fasta materialet, ty det faktum att papperet är poröst och alltså tvärsnittet ej består av enbart cellulosa finns inbakat i begreppet.

7 σ - brottspänning (N/m^2)

Här räknar man med luften i tvärsnittet.

$$\sigma = dgL = \frac{F}{bt} \quad b - \text{remsans bredd.}$$

8 Genom att pressa papperet olika mycket, dels medan det är vått, och dels medan det torkas kan man variera det färdiga papperets densitet. Man finner då att slitlängden L beror linjärt på densiteten d, figur 3:1.



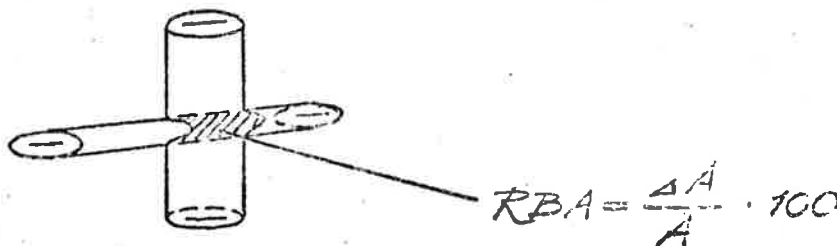
Figur 3:1 Samband mellan slitlängd och densitet

Teoretiskt kan man nå fram till

$$\frac{1}{L} \sim \frac{k_1}{\sigma_f} + \frac{k_2}{RBA}$$

σ_f - avspeglar fibrernas egen styrka

RBA - Relativ Bunden Area, ger ett mått på bindningsstyrkan mellan fibrerna, se figur 3:2.



Figur 3:2 Relativ Bunden Area

I ett luckert papper är RBA liten och vid ett dragprov på ett sådant material dras fibrerna ut ur papperet. Här man däremot ett tätt papper så är RBA stor och vid ett dragprov så går fibrerna av. För att få ett starkt papper måste man således ha såväl starka fibrer som stor RBA.

- 9 Densiteten d är en primär variabel. Man har t.ex. följande (delvis empiriska) samband:

$$\begin{aligned} L &\sim d \\ E &\sim d^2 \quad ; \quad E - \text{elasticitets modul} \\ \sigma_b &\sim d^2 \quad ; \quad \sigma_b - \text{brottspänning} \end{aligned}$$

- 10 S - böjstyvhet/breddenhet (Nm)

Viktig speciellt för förpackningsmaterial t.ex. kartong

$$S = \frac{EI}{b} = \frac{Et^3}{12} \sim \frac{W^3}{d}$$

Här är E - elasticitetsmodul

I - tvärsnittets yttröghetsmoment

b - remsans bredd

3.3. Optiska egenskaper

- 11 R_{∞} - ljushet

Ljusheten hos papperet är reflektansen hos en tjock stapel ark. Tjockleken hos stapeln skall vara så stor att allt ljus reflekteras eller absorberas. Ljusheten bestäms i mått ljus.

R_{∞} - luminans

D:o mätt i grönt ljus, vilket ger en viss anpassning till ögats känslighetskurva.

- 12 R_0 - reflektansen hos ett ark
 R_0 mätes över mörk bakgrund.

- 13 R_0/R_{∞} - opacitet

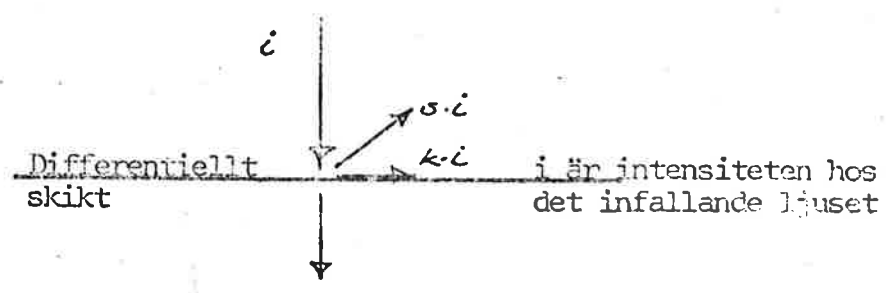
Opaciteten bör vara hög för att man t.ex. vid tryckning på båda sidor av ett pappersark inte skall kunna se på ene sidan av papperet vad som tryckts på den andra.

- 14 Teorier för R_0 och R_{∞} utgår från

s - spridningskoefficient (m^2/kg) och

k - absorptionskoefficient (m^2/kg)

Se figur 3:3



Figur 3:3 Principskiss för definition av spridnings- och absorptionskoefficient

s blir ett mått på hur mycket reflekterande ytor det finns i materialet (därav sorten). k relateras till färgen hos materialet.

Man finner då teoretiskt

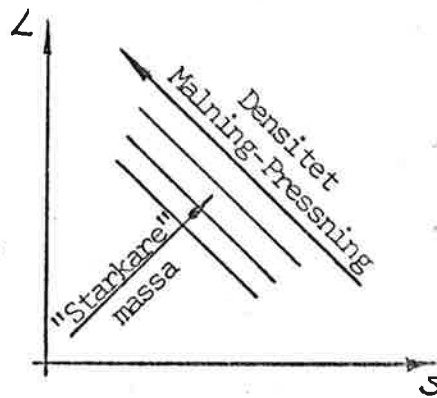
15 $R_{\infty} = f_{\infty}(s/k)$
 $R_0 = f_0(s;k;W)$

Beroendet hos R_0 av ytvikten kommer av att ett tjockt papper reflekterar mera ljus än ett tunt.

Jämför f.ö. egenskaperna hos olika färgtyper:
 täckfärg - högt s; lasyrfärg - högt k.

16 sW - spridningsförmåga, Viktigt!

Spridningsförmågan anger i princip hur stor del av ljuset, reflekteras tillbaka från papperet. sW blir en väsentlig faktor att ta hänsyn till vid bedömningen av papperets pris. Observera att vi får motstridiga krav på papperet då vi önskar ge det goda mekaniska och optiska egenskaperna. Om sW blir stor genom att vi ökar mängden fria ytor i materialet kommer av att få minskande RBA dvs vi får ett svart papper. I kompromissen mellan dessa båda motstridiga krav få man fram en stor mängd olika papperskvaliteter.



Figur 3:4 Samband mellan optiska och mekaniska egenskaper hos papperet

Ur figur 3:4 kan man se att för en mekanisk massa har man slitlängd och inte speciellt hög spridningskoefficient, medan en långt nedkockt massa ligger långt ut i diagrammet och ger höga slitlängder.

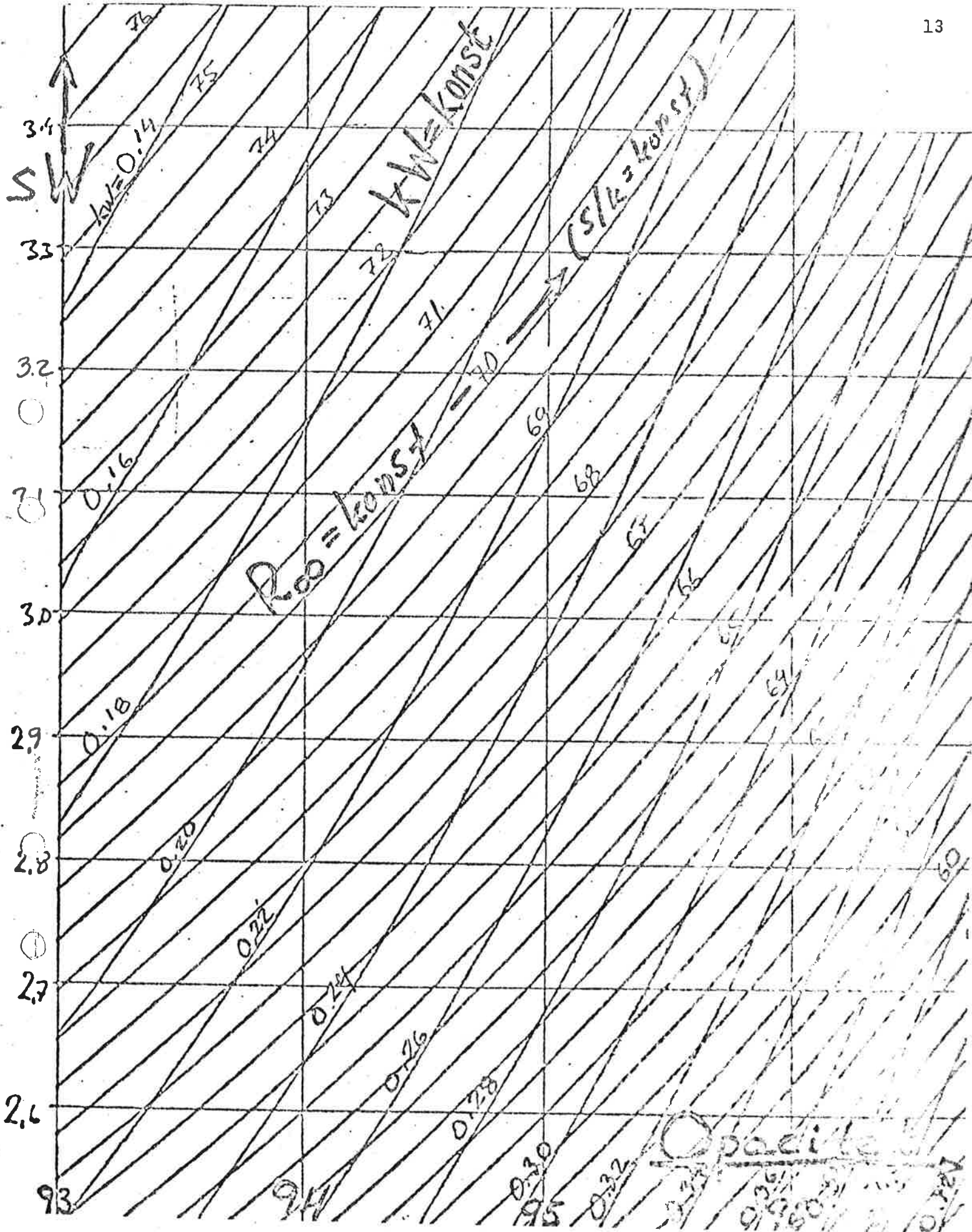
Papperets optiska egenskaper kan också uttryckas med hjälp av diagram enligt figur 3:5. När vi ökar ytvikten följer vi en kurva för $R_{\infty} = \text{konstant}$ och ökar såväl opacitet som spridningsförmåga. Om vi mal massan mera eller pressar lite till på pappersarket - och i båda fallen förbättrar papperets mekaniska egenskaper genom att höja dess densitet - förändrar vi inte papperets absorptionsförmåga ($kW = \text{konst.}$) medan däremot såväl opaciteten som spridningsförmågan sjunker.

17 Rivstyrka

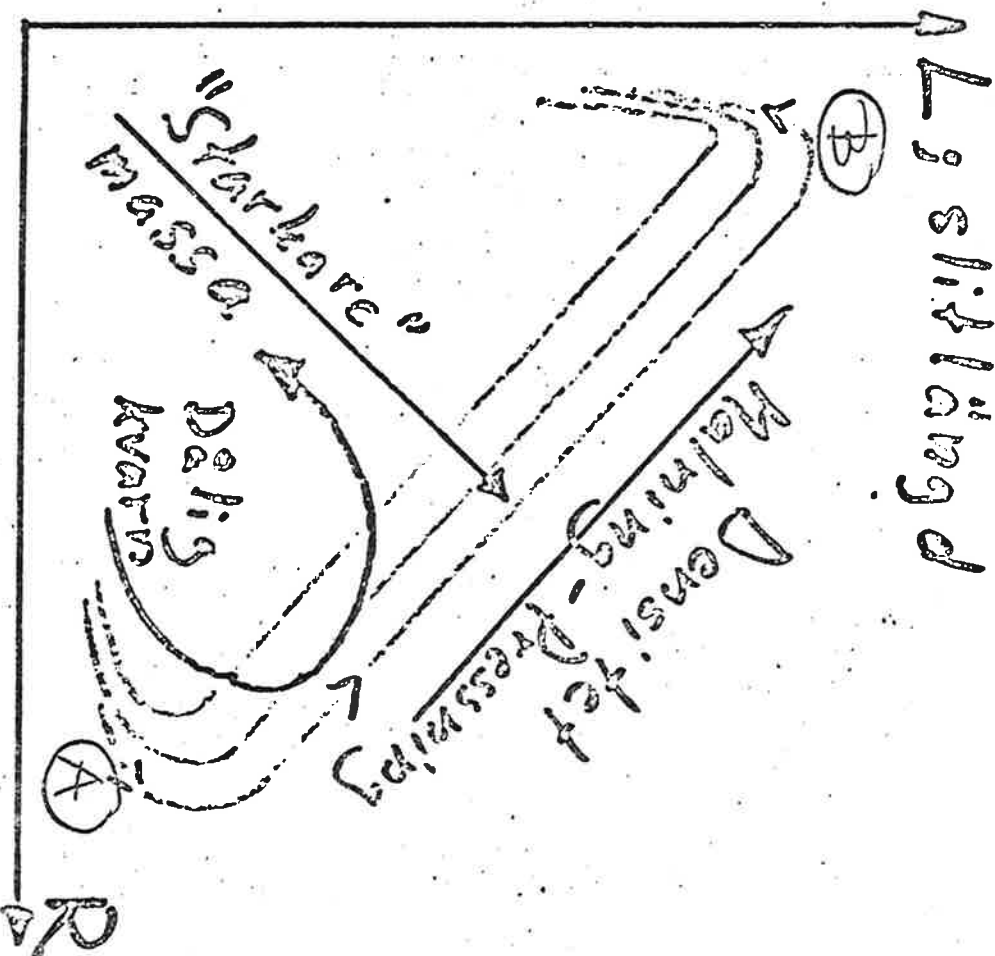
Papperets rivstyrka är ett mått på det arbete som erfordras för att riva isär det. Rivstyrkan beror på fibrernas styrka och på RBA, så att för stor RBA går fibrerna av då papperet rives isär medan löst bundna fibrer rycks ut ur förbandet, jämför ovan om slitlängden.

För ett tätt ark får man hög elasticitetsmodul och en hög spänningskoncentration i spetsen av sprickan. Man har empiriskt funnit att rivstyrkan är inverst relaterad till papperets densitet.

Figur 3:6 visar inverkan av malning och pressning på slitlängd och rivstyrka för olika papperskvaliteter. Man ökar rivstyrkan under ett initialskele då fibrerna gnuggas mot varandra - vid malning - så att bindningar kan uppstå ((A) i figuren). Vid (B) har fibrerna bearbetats så mycket att de skadats och slitlängden sjunker.



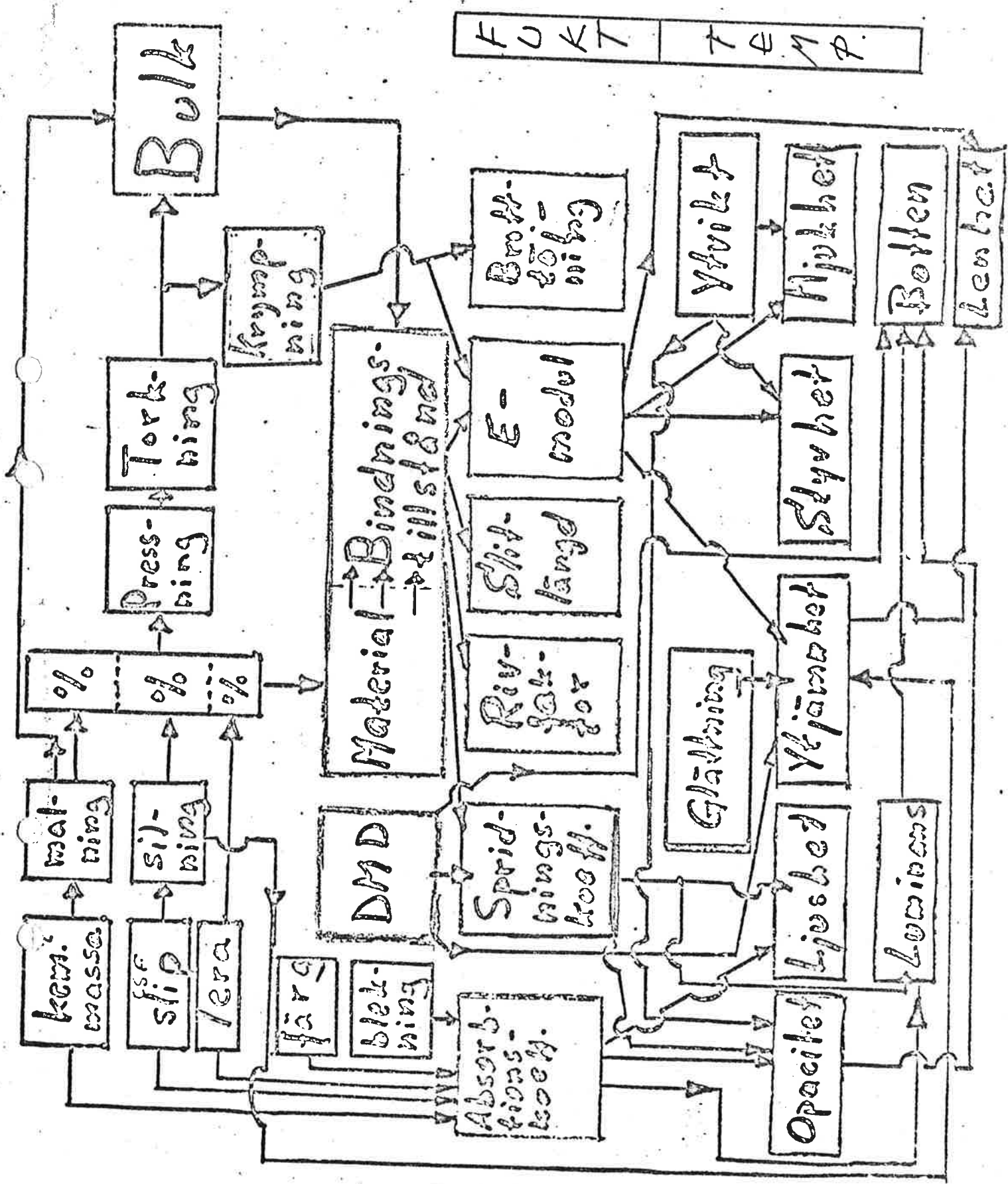
Figur 3:5 Diagram över samhörande värden på vissa optiska egenskaper hos papper



Figur 3:6 Samband mellan slitlängd och rivstyrka vid olika behandlingsmetoder och för olika massatyper

En kvarn, som kan bestå av stora ($\phi 1.5 \text{ m}$), tungt belastade skivor, roterande med upp till 1500 varv/min kan vid dålig injustering, t.ex. snedställning, allvarligt skada fibremå och då får givetvis det färdiga papperet sämre mekaniska egenskaper än avsett.

Figur 3:7 ger en sammanfattande bild av det resonemang, som förts i detta och föregående avsnitt. Med utgångspunkt från matematiska modeller för de olika sambanden, som t.ex. det som representeras i figur 3:5, kan man med t.ex. LP-metoder bestämma lämpliga körfall.



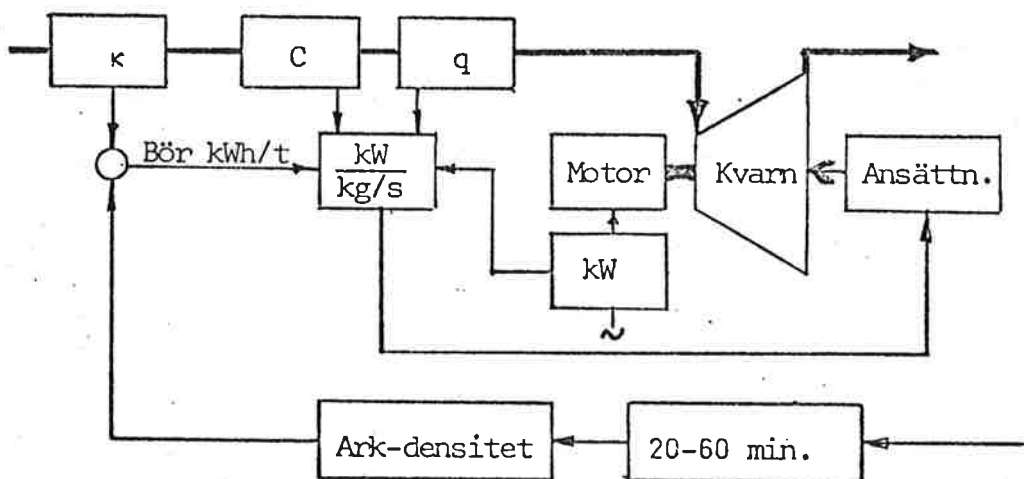
Figur 3:7 Flödesschema för samband mellan olika komponenter i papperet och det färdiga arkets egenskaper

4. KVARNSTYRNING

Vid malning, som ytterst leder till att papperets densitet ökar, tillför man energi till massan. Sättet att göra detta liksom också kvarnens utseende tycks inom vida gränser vara ganska egalt så länge man inte skär av eller på annat sätt skadar fibern. Själva malningseffekten ligger i att man krossar grupper av fibrer, får en fibrillering och ökar den fria ytan. Detta leder till att ytspänningskrafterna, som håller ihop arket ökar och det färdiga papperets densitet ökar.

Ett bra sätt att mala är att arbeta med massa av hög koncentration, varvid malningseffekten åstadkommes genom att fibrerna gnids mot varandra och inte mot metall, vilket gör att metoden är skonsam mot fibrerna.

För att styra kvarnen skulle det vara önskvärt att man kunde få en återkoppling från utgående massa till t.ex. energitillförsel. Emellertid finns det inte någon givare för att kvalitativt karakterisera massa varför man i praktiken - i bästa fall - använder sig av en reglerstruktur i stil med figur 4:1 (denna finns implementerad på dator, Billerud).



Figur 4:1 Kvarnstyrning

Man reglerar alltså mängden energi, som går in i massan, ansättningen, genom att mäta koncentration och flöde hos den ingående massan samt effekt till motor och därefter göra en framkoppling baserad på skillnaden mellan är- och börvärde. På förslag är också att justera börvärdet utgående från kemiska karakteristika hos massan, mäta on-line, t.ex. massan kappatal. Givetvis får man en viss återkoppling genom att man utgående från mätningar, gjorda på laboratorium, av det färdiga papperets densitet, kan justera kvarnens ansättning. Man får då en tidsfördröjning av storleksordningen en timme.

Man skunna tänka sig kompromissa mellan kokning och malning i syfte att höja det färdiga papperets kvalitet. Av ekonomiska skäl kokar man inte massan längre än absolut nödvändigt då man med ökande koktider dels förlorar material, dels får besvär med att ta hand om det ökade avfallet från kokaren.

Ett problem, som berördes ovan, var givarproblemet. Figur 4:2 visar i grova drag vilka typer av givare och styrorgan, som finns idag.

	Givare		Styrorgan	
	Mängd	Kvalité	Mängd	Kvalité
PM längs	+	-	+	-
PM tvärs	+	-	(-)	-
Massa	(+)	-	+	-
Maltillstånd	/	(-)	/	-
Mäld	+	-	+	-

Figur 4:2 I dagsläget existerande givare och styrorgan

Man finner att det helt saknas givare för kvalitetsstorheter. Vidare saknas det ordentliga massakoncentrationsmätare. Det pågår arbete för att få fram givare för maltillstånd, men för övrigt är det ganska mörkt på den här fronten. Kvalitetsreglering baseras därför på mätningar gjorda i laboratoriet, vilket alltså ger mycket stora tidsfördröjningar.

5. PRAKTISKA PROBLEM

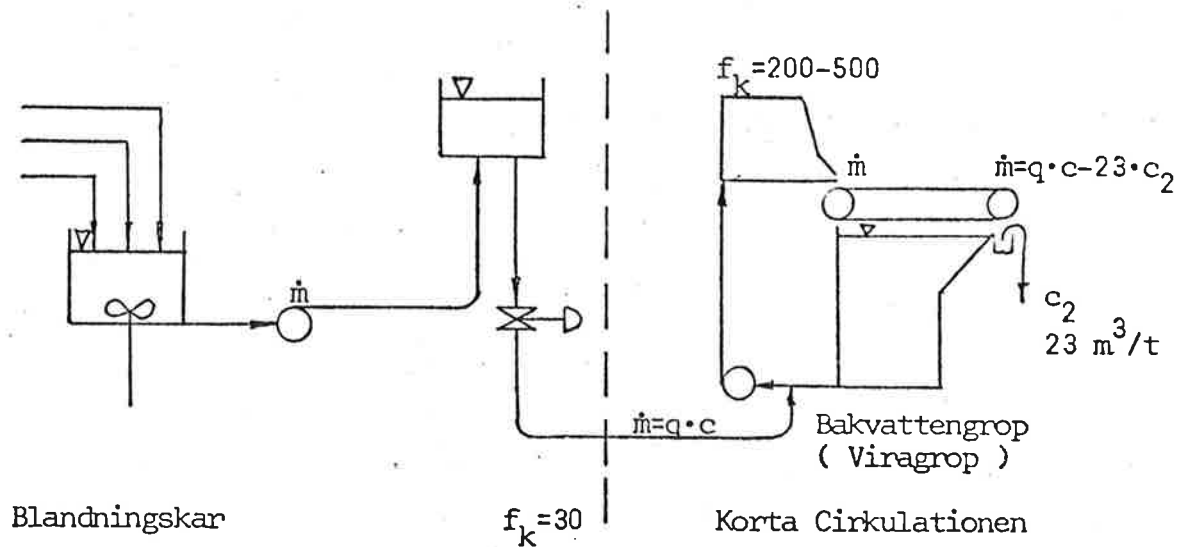
5.1. Motordrifter

För att få en snygg pappersbana drar man normalt i papperet från en cylinder till en annan. Detta medför att om man startar med en hastighet hos banan i våtändan kommer man att ha en högre hastighet vid upprullningen. Man måste alltså installera motordrifter till enskilda cylindrar eller till grupper av cylindrar i torkpartiet. Drifterna kan man åstadkomma på elektronisk eller mekanisk väg. Den mekaniska metoden bygger på en motor placerad på en för hela maskinen gemensam drivaxel. Man har sedan indrifter till cylindrar eller grupper av cylindrar via differentialväxlar, där man kan ändra utväxlingen i viss mån ($\pm 5\%$). I dagsläget är den mekaniska metoden den vanligaste. Elektroniska drifter användes emellertid i alla nybyggen.

Om man önskar öka draget i någon sektion, t.ex. för att undvika fladder i pappersbanan, måste man följa med med alla efterföljande sektioner, vilket leder till att hastigheten vid upprullningen ändras. Man har genom denna korrektion introducerat ett fel i systemet därigenom att hastighetsökningen åtföljes av en ytviktsminskning. För denna störning finns det normalt ingen kompensation även om det borde vara enkelt att först öka fiberflödet och sedan öka draget.

Speciellt om man har mekaniska drifter måste man manuellt ändra alla efterföljande differentialväxlar, vilket tar lång tid i allmänhet (~ 1 tim) och när det väl är färdigt har man alltså fått ett fel i ytvikten.

5.2. Tryck och nivå i inloppslådan



Figur 5:1 Principskiss av processen från blandningskar till vira

Till blandningskaret, som vi antar vara den sista tanken före maskinen, kommer komponenterna i det färdiga papperet, olika massakvaliteer, färg(-er), tillsatsmedel osv. doserade med någon typ av reglerad proportionering (magnetiska flödesmätare). Koncentrationsregleringen antar vi ligga i ett tidigare steg och vi vill ogärna reglera koncentrationen på basis av några mätningar härifrån emedan vi då lätt introducerar större störningar i systemet än vad som finns där från början. Orsaken till detta står att finns i att koncentrationsmätarna är måttligt känsliga och starkt brusande. De mäter dessutom koncentrationen indirekt genom att mäta nätverkstäthet eller något liknande konsistensmått, som är relaterat till fiberkoncentrationen.

Från blandningskaret vill vi föra ett konstant massflöde \dot{m} kg/s till maskinen. Detta kan man göra genom att ta upp massan till en högre nivå, varifrån massan tas ned via en strypventil till blandningspumpen. Vattenflödet är $\dot{v} = \dot{m} \cdot f_k$, där f_k är fuktkvoten hos fibersuspensionen.

Det spelar då inte någon roll för ytvikten hos det färdiga papperet hur mycket vatten man i fortvarighetstillstånd pumpar genom den korta cirkulationen utan ytvikten bestäms helt ur

$$W = \frac{\dot{m}}{b \cdot v},$$

där b är maskinens bredd och v dess hastighet. Man kan alltså inte reglera ytvikten genom att reglera inloppslådan.

För att åstadkomma konstant massflöde in i den korta cirkulationen kan man, i stället för att pumpa upp massan till en högre nivå, styra inflödet med flödesmätare och reglerventil. En annan variant är att man i stället för reglerventil har variabelt varvtal på pumpen och i stället för flödesmätare använder sig av en tryckgivare efter pumpen för konstanthållning. Detta ger då bättre reglermöjligheter i fortvarighetstillstånd.

Vi studerar nu speciellt den korta cirkulationen. In till denna kommer massflödet från blandningskaret och ut från denna kommer pappersarket från viran och överloppsvatten från bakre delen av viragropen, gusken. Då vi har fuktkvoten = 30 i inflödet och $f_k = 7$ i det utgående pappersarket måste alltså 23 m^3 vatten / ton färdigt papper lämna systemet via överloppsrännan från viragropen. Fiberkoncentrationen bör här vara låg och massflödet rör sig normalt om 2-10 % av det totala massflödet genom maskinen.

Den största delen av överloppsvattnet pumpas bakåt i systemet. Det som blir kvar går till ett filter, där man då får ett klarfiltrat, lämpligt att använda som t.ex. spritsvatten. Man får också en liten mängd nästan rent vatten, som man kan låta gå till en sedimenteringsdamm. Observera att för vattenbalansen är färskvattenintaget det fundamentalt intressanta. Det som kommer in i fabriken måste också gå ut ur den oavsett hur många gånger och i hur stor utsträckning vattnet återanvändes.

Ytvikten hos det färdiga papperet håller sig konstant om man har konstanta hastigheter i läppöppning och på viran då arket bildas och konstant koncentration på mällden i inloppslådan. Vi får

$$W = H \cdot C \text{ eller } W = H \cdot C \cdot u_s / u_v,$$

där H är läppöppningens höjd

u_v virans hastighet

u_s hastigheten i sprutan

C koncentrationen hos mällden i inloppslådan.

H och u_v är konstanta. Momentana störningar i koncentrationen eller i hastigheten i sprutan orsakade av tryckvariationer i inloppslådan kommer alltså att direkt slå igenom till variationer i ytvikten. Dess medelvärde beräknat över ett större tidsintervall kommer dock helt att bestämmas av medelnivån hos massaflödet in i korta cirkulationen. Önskar man konstant medelytvikt måste man alltså ha konstantmassaflöde \dot{m} och en god reglering i korta cirkulationen.

Störningar uppstår t.ex. i alltför skarpa rörkrökar där man får virvelbildning och turbulent flöde. Även i låda och läppöppning blir flödet turbulent. Ökas läpphöjden får man ökande flöde genom inloppslådan och således även genom de turbulensgenererande elementen i lådan. Härvid ökar turbulensintensiteten, vilket ger bättre dispersion av fibrerna och ett jämnare ark. Till detta bidrar också nedgången i koncentration, då detta får till följd att de flockulerande krafterna minskar.

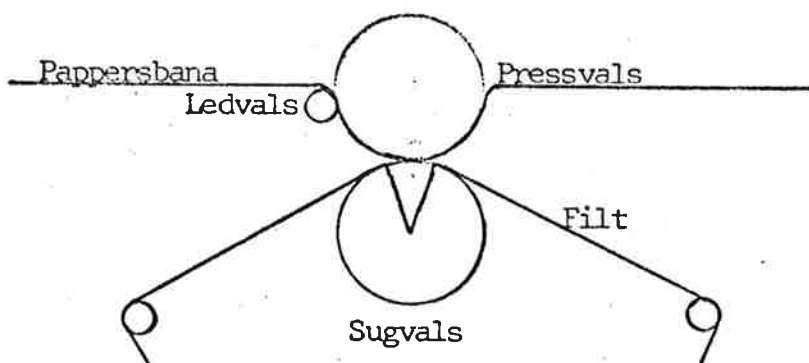
Man vill ha hastigheten i sprutan konstant och lika med virans hastighet också av det skälet att om diskrepansen är alltför stor kommer fibrerna att kamma ut på längden och man får ett anisotropt ark (vilket dock är önskvärt för t.ex. snörpapper och kabelpapper).

För att få arket isotropt ("fyrkantigt") och samtidigt hålla ytvikten under kontroll bör man hålla hastigheten i sprutan konstant inom 0.1 %. Det finns då för att åstadkomma detta regelsystem, som mäter totaltrycket före läppen och styr blandningspumpen utgående från tryckfelet. Överlagrat finns ofta en nivåreglering med tryckluft till luftkudden i inloppslådan. Observera dock att om man gör snabb tryckreglering med pumpen får man varierande mängd bakvatteninblandning dvs man får koncentrationsvariationer i lådan i stället och detta slår igenom i ytvikten. Med denna typ av reglering får man alltså betala för det fyrkantiga arket med ytviktsvariationer.

Ett lämpligare sätt att reglera nivå och totaltryck är att sköta tryckregleringen med luftpumpen och nivåregleringen långsamt med blandningspumpen. Det blir då ett problem att göra tryckregleringen tillräckligt snabb. Man kan lösa detta genom att t.ex. låta luftpumpen normalt gå med ett visst varvtal, svarande mot ett önskat tryck, och sköta regleringen genom att variera pumpens varvtal.

5.3. Presspartiet

In i presspartiet kommer arket med fuktkvoten ≈ 7 , efter presspartiet kan det ha $f_k \approx 2$. Man pressar alltså bort 5 m^3 vatten / ton färdigt papper.



Figur 5:2 Principskiss av en press

En press av konventionell typ kan se ut som i figur 5:2. Filten är nödvändig för att man skall få en jämn och mjuk pressning, man tar genom den upp vibrationer.

Före nypet har man kanske en fuktkvot 1.5 och en ytvikt 1.5 kg/m^2 hos filten medan motsvarande värden för papperet kan vara 3 respektive 0.075 kg/m^2 . Filten håller alltså betydligt mycket mera vatten än papperet. Mitt i nypet avgår då en del vatten till sugvalsen. När filt och papper går ut ur nypet expanderar bådaddera och en stor del av det vatten som avgått från pappersarket sugas tillbaka igen. Den mängd, som sugas tillbaka beror på porstrukturen hos filt och papper. Har man en kapillär, och håller emot nivåökningen, får man ett undertryck i kapillären, som är omvänt proportionellt mot kapillärens radie. Då papperets porradiet kan vara $\sim 10^{-5} \text{ m}$ och filtens $\sim 10^{-4} \text{ m}$ kommer vattnet att gå in i papperet efter nypet. Det är inte speciellt lyckat att göra porerna i filten mindre för då får man dels svårigheter med att torka den och dels sätter den mycket lätt igen.

Får man försmutsning av ett stråk på filten så medför detta att porradierna här kan minska med en tiopotens, vilket kommer att ge en oönskad fukthalt i pappersbanan efter det smutsiga stråket. Man får en felaktig fuktprofil tvärs banan efter pressen.

En annan orsak till felaktiga fuktprofiler ligger i valsarnas utseende. Rent allmänt vill man ju pressa ut så mycket vatten som möjligt eftersom det är mycket billigare att pressa bort vattnet än att i torkpartiet koka bort det. När man då pressar med helt raka valsar får man ett högre presstryck - och därmed ett torrare papper - i ändarna. För att kompensera för detta gör man valsarna något bomberade. Då kan man för ett presstryck få en rak tryckprofil, till vilken man då i en pressektion är låst. I en nyare variant av press har man en solid vals och en vals med en inre grov balk och ett yttre skal mellan vilka man lägger på ett högt

hydrauliskt tryck. Emellertid får man problem med randeffekter och fortfarande kan man bara arbeta i ett begränsat tryckintervall. En sista metod för pressning är den som användes inom stålindustrin. Man pressar då med stora tunga valsar på ett mindre valspar i kontakt med papperet. Detta är en metod, som i liten utsträckning användes inom pappersindustrin då pappersbanans höga hastighet medför hög förslitning och kräver stor komplexitet.

Felaktig fukthalt tvärs papperet kommer oftast från ofullständigheter i presspartiet. Det är också mär man kan korrigera fuktprofilen t.ex. genom att tvätta filtarna.

5.4. Torkpartiet

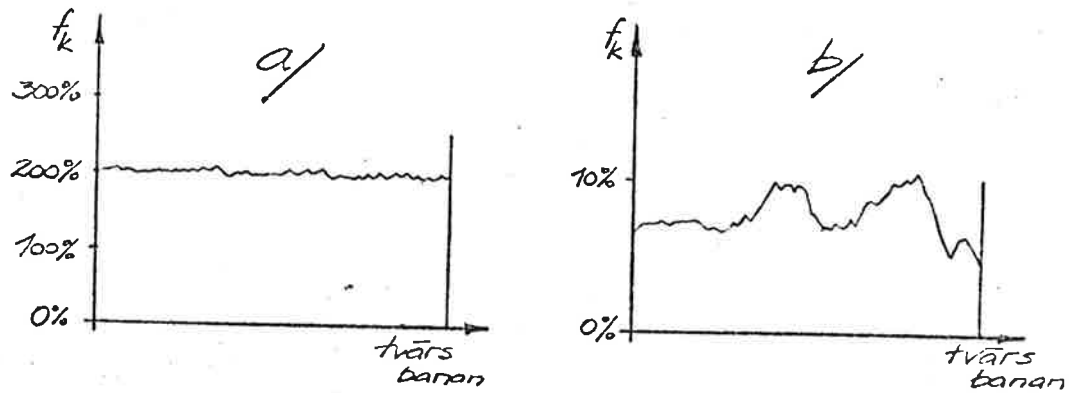
Efter presspartiet har vi en fuktkvot f_{kp} , som, om man bortser från den ringa mängd fukt som finns kvar i det färdiga papperet, är vårt torkbehov i m^3 vatten / ton färdigt papper. Torken avlägsnar $W \cdot f_{kp}$ kg vatten / m^2 . På grund av trögheten i torkpartiet är detta konstant över relativt långa tidsperioder.

Papperet, som lämnar pressarna kommer, eftersom pressning leder till en kapillärjämvikt, att ha en fuktkvot, som approximativt är oberoende av ytviktsstörningar. Man finner då

$$\Delta f_{k, \text{färdigt papper}} = f_{kp} \cdot \frac{\Delta W}{W_{\text{medel}}},$$

där ΔW är ett mått på störningarna i ytvikten. Tag t.ex. $f_{kp} = 2$ och $\Delta W / W_{\text{medel}} = 1\%$. Då får man 2% absolutavvikelse i det färdiga papperets fuktkvot. Då denna i snitt är 8% betyder detta att ytviktsvariationer slår igenom till det färdiga papperets fukthalt med en stor förstärkning.

Jämför man två diagram över fuktkvoten tvärs papperet, figur 5:3 det ena upptagit efter presspartiet och det andra på färdigt papper finner man att den ytterst ringa variationen efter pressarna tycks ha blivit en mycket kraftig variation hos det färdiga papperet.

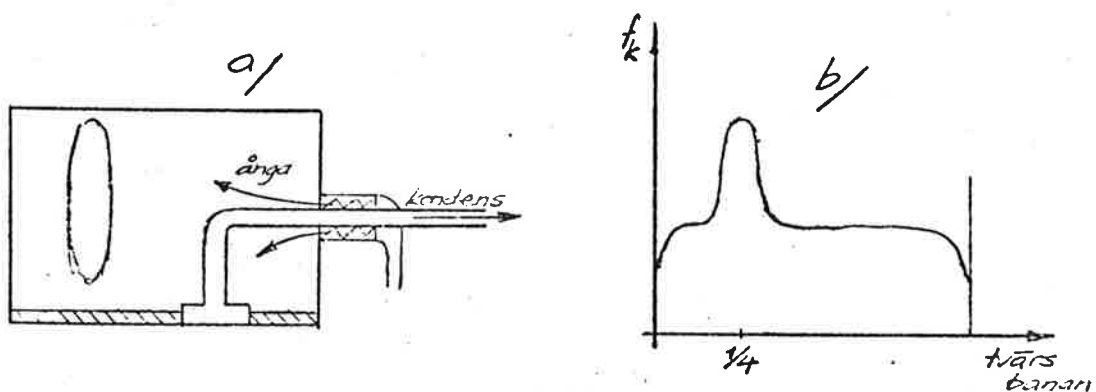


Figur 5:3 Fuktprofil tvärs papperet a/ efter presspartiet
b/ efter torkpartiet

Man bör emellertid inte glömma att det är olika skalor i de båda diagrammen och noggrant gjorda mätningar visar att de fel i fuktprofilen, som finns efter torken oftast är med redan efter presspartiet.

Att då korrigerar den dåliga fuktprofilen med selektiv torkning av papperet efter torkpartiet kan leda till att papperet blir oanvändbart. Enligt ovan kommer nämligen ett fuktigt papper, som torkas att vilja dra ihop sig. Vid selektiv torkning kommer man således att introducera starka dragspänningar i det tidigare fuktiga stråket och starka tryckspänningar i de omkringliggande torra stråken. Man har klarat av fukthaltsvariationerna till priset av stora spänningvariationer tvärs papperet och man kan få stora användningsproblem.

Fel i fuktprofilen, som beror på fel i torkpartiet kan uppstå t.ex. p.g.a. bristande luftning av cylindern före start, se figur 5:4.



Figur 5:4 a/ Ångcylinder

b/ Fuktprofil hos färdigt papper efter dålig luftning

Man kan då få okondenserbara gaser (luft) att samlas på $3/4$ av cylinderns längd från inloppet räknat. Här kommer man inte att få någon tonkeffekt och det blir ett vått stråk i papperet, figur 5:4 b. Ett sätt att förebygga detta fel är att inte lägga avloppet från cylindern på samma gavel som inloppet.

6. FILOSOFI - HUR SKALL MAN STYRA EN PAPPERSMASKIN

Antag att vi har en relativt god kontroll på koncentrationen hos och på doseringen av de olika flöden, som strömmar till blandningskaret, figur 5:1. Blandningskarets volym bör motsvara 15 minuters uppehållstid och vätskan i karet tillföras en omrörningseffekt på minst 1.5 kW/m^3 för att ge en någorlunda homogen sammansättning hos suspensionen.

Doseringen av tjockmassa till korta cirkulationen regleras med en återkoppling från en flödesmätare till pumpen och för att styra pappersmaskinen använder vi oss av framkoppling för att kunna förebygga våra egna störande åtgärder (jfr. ovan ang. ändring av motordrifter). På det färdiga papperet mäter vi ytvikt och fuktkvot. Med ett kar av dessa dimensioner filtrerar man bort högfrekventa störningar och man hinner, med hänsyn tagen också till transporttiden i systemet att mäta på det färdiga papperet och göra en återkoppling till flödesregleringen för styrning av t.ex. ytvikt. På detta sätt skulle man idag kunna komma ned till en variationskoefficient för ytvikten i längsled som är mindre än 0.3%.

Utgående från våta linjens läge varierar man långsamt, så att tryckregleringen hinner med (1/2 minut) , läppens läge. Om våta linjen inte ligger där man vill den skall ligga men läppen inte kan ändras mera i önskad riktning, måste man ändra på malningsgraden. För att i detta fall få en lägre tidskonstant kan det ofta vara bra att ha en liten kvarn efter flödesregleringen från blandningskaret så att man kan ändra malningsgraden ett par procent.

Med reglering av pappersmaskinen på detta sätt eliminerar man behovet av att mäta i presspartiet eller att reglera på koncentrationen i korta cirkulationen.

Styrningen bygger alltså dels på en långsam återkoppling till tjockmassaflöde och eventuellt malningsgrad och dels på att man har en mycket effektiv blandning.

Med ett kar på 60 m^3 får man ett effektbehov på 100 kW med en kostnad motsvarande ett manår. Drar man sig för detta måste man i stället åstadkomma motsvarande homogent blandade massa på annat sätt, t.ex. genom någon typ av datorreglering.

Med tanke på transporttiderna och på noggrannhetskraven är det dock lämpligt att sköta regleringen enligt ovan digitalt. Har man ett snyggt bygge kan man klara sig med en liten dator för att få en jämn kvalitet på sin produkt och längre än så kan knappast våra ambitioner sträcka sig idag, då vi ju helt saknar givare för kvalitetsreglering on-line.

För att enkelt klara små omställningar snabbt måste man klart känna fundamentala tidskonstanter osv för maskinen. Då går det att med sekvensstyrning från ärvärde till önskat värde snabbt förändra vissa variabler. Begränsande för snabbheten är t.ex. inloppslådans form. Om banans bredd är 10 m tar det alltså 3 sekunder för ett flöde med hastigheten 3 m/s (som normalt användes) att nå tvärs maskinen. Vill man ändra koncentrationen utan att för den skull förstöra tvärsprofilen tar det ett par minuter innan ändringen är fullbordad.

Även för andra delsystem, t.ex. ångsystemet gäller att en omställning tar ett par minuter.

Observera alltså att så länge man kör på samma massa påverkar inte det stora blandningskaret omställningstiden. Ytvikts- eller hastighetsreglering bör alltså kunna ske på någon minut utan utskottsproduktion.

Har man flera kar går även massabyte att genomföra snabbt.

Ett annat, ännu ej praktiskt genomfört, sätt att göra snabba omställningar även vid massabyten är att ersätta blandningskaret med "inline mixers". Man blandar då suspensionen under transporten till korta cirkulationen, genom att rotera massan med hjälp av skovlar fastsatta i röret. Emellertid måste man fortfarande ha buffertkar för att eliminera vissa högfrekventa störningar men de ligger då längre bak i processen.

Gör man en genomgripande kvalitetsförändring måste man dock vara beredd på att under alla omständigheter köra utskott för att ändra innehållet i bakvattengropen. Observera att vi är intresserade av att ha stor yta på denna för att inte tillfälliga variationer på ytan skall ge tryckstörningar vid utloppet.

7. OM PAPPERSMASKINERS EKONOMI

Totalt finns det runt om i världen c:a 6000 pappersmaskiner, varav 100 i Sverige och 3000 i Kina (med 2% av världsproduktionen). Av dessa 6000 är ungefär 1000 maskiner att räkna med.

Antalet maskiner inom olika åldersklasser och deras andel av produktionen framgår av tabellen:

	<1920	1920-60	>1960
Produktion (%)	15	20	65
Antal (%)	35	50	15

Kunden köper pappersmaskinen helt färdig för att få det ingenjörarbete, som plöjts ned i maskinen. Upp till 15% av maskinkostnaden är nämligen ingenjörarbete, som är nytt för varje standardtyp av maskin.

Anläggningskostnaderna är ungefär 150 Mkr och maskinen är avsedd att ha 30 års livstid och att betalas av på 5-7 år. Man måste räkna med att behöva göra en genomgripande ombyggnad efter 7-8 år då teknologin går mycket fort framåt. Ett exempel är PM9 i Fiskeby som byggdes 1963-64, byggdes om 1971, varvid man med samma maskin ökade produktionen 50%.

Man måste vid planeringen ta stor hänsyn till att det i systemet finns en dödtid på ungefär tre år, av vilka ett år är av typen reaktionstid och två behövs för (om-)bygge.

PROCESSREGLERING.

En processteknikers syn på pappersindustrins reglerproblem.

Föredrag av P.O. Lidby den 2.3 1972.

Överingenjör vid Iggesunds bruk.

Bandinspelat

Fakta om Iggesund.

Årsproduktion	350 000 ton massa
	150 000 ton kartong
Massapris	800-850 kr/ton
Kartongpris	1500 kr/ton
Ytvikt	200-400 gram/m ²
Pappershastighet	150-300 m /sek
Pappersbredd	3,75 m

Maskinen i Iggesund är en kartongmaskin, som är två gånger längre än en vanlig pappersmaskin och har samma pappershastighet som en vanlig maskin, men ger mycket högre ytvikt. Detta åstadkoms genom att ha flera inloppslådor. Maskinen i Iggesund har fyra inloppslådor med 25 % till flöde per inloppslåda. Vattnet sugas bort uppåt efter varje inloppslåda och bort nedåt endast efter första. Normalt sugas vattnet bort nedåt på en pappersmaskin, men då är också ytvikten mycket mindre.

Föredraget ansluter i stort till medföljande föredrag på engelska.

Till föredraget finns en del tabeller och diagram kompletterade med en del kommentarer.

COMPUTER CONTROL OF INVERFORM BOARD MACHINES AT IGGESUND

Author: Per Olof Lidby, Manager Systems Engineering

Firm: AB Iggesunds Bruk, Sweden

Background

The main activities of Aktiebolaget Iggesunds Bruk are pulp and paper, sawn wood, chemicals and steel. The largest of these is the pulp and paper group with the mills concentrated to the province of Hälsingland, some 300 kilometres north of Stockholm on the Baltic coast. In the town of Iggesund there is a bleached kraft mill and paper board mill. Some 35 kilometres north of Iggesund we have a bleached magnefite pulp mill. The total capacity is 350.000 tons of bleached pulp per year. About 260.000 tons of these are kraft; softwood as well as hardwood. 60 % of the kraft pulp production will be converted to solid bleached paper board, when the new No 2 board machine is in full production.

Up to the summer of 1963 all pulp produced at Iggesund was sold on the open market. In August of 1963 the first paper board machine started up at Iggesund. For various reasons an Inverform wet end was chosen for this board machine, which was intended to produce solid bleached foodboard only. The design capacity was 30.000 tons of board per year. This year the production will reach some 73.000 tons. In May this year a second Inverform board machine was started up, intended to produce the same grades as board machine No 1. About 85 to 90 % of the total production of the two machines is coated on-machine.

Reason for computer control

Although the production was mainly intended for the food packaging industry the coated grades have been widely accepted within the graphic arts and fine paper fields. This means that we have to meet very high demands on quality consistency but also that we often have a great number of rather small orders. It was soon evident that considerable production time was lost because of grade and basis weight changes. The complexity of a four ply wet end with three different furnishes contributed to this. We also encountered many web breaks in the beginning of the dryer section while changing grades.

Starting in the autumn of 1966 we began to ascertain the possibilities of computer control of our No 1 board machine in order to increase product quality and minimize lost production time during grade changes.

The feasibility study indicated the following five areas as interesting for computer control

1. Sizing (rosin & alum)
2. Moisture
3. Basis weight
4. Web tension
5. Refiners

As a result of this study a contract was signed with the Telefonaktiebolaget LM Ericsson of Stockholm in January 1968 for a process computer of the UAC 1601 type, which was delivered in December of 1968. This computer has a 32 K core memory and a memory cycle time of 6.4 micro seconds. There is no external memory available for this type of computer.

The instrumentation of No 1 board machine is 100 % pneumatic and one of the reasons for choosing LM Ericsson as the computer vendor was that this company makes many of the necessary interface units for pneumatic instruments. It was not considered practical to substitute new electronic instruments for pneumatic ones where the computer was to be involved.

Control of sizing

In the Spring of 1969 the first loops for the sizing control were closed. The computer here controls the addition of rosin and alum to the bottom, center and top layers of the board. Formerly we had problems here because of varying concentrations of the rosin and alum solutions which resulted in varying degree of sizing of the board. This could later give problems during the printing or converting operations.

Rosin and alum flow were earlier ratioed to the fibre flow for each headbox. The concentration of the rosin and alum solutions are now checked by continuous instruments and updated by manual tests, the results of which are read by the computer and the correct rosin and alum flow is calculated on the dry fibre weight to each headbox. This dry fibre weight is obtained from consistency sensors and magnetic flowmeters in the respective stock lines.

As a result the desired degree of sizing for each particular grade is now kept within much narrower limits, which can be seen from the Cobb test, and we have also made considerable savings in the cost of chemicals.

Moisture control

In all paper making correct moisture of the finished product is very important. Multiply paper board is particularly sensitive to correct drying conditions. Should the initial dryer temperature be too high the surface layers obtain a parchmentlike structure. Moisture will then be entrapped in the board which results in so-called calender blackening. In serious cases it will also cause separation of the plies.

By experience we new the correct surface temperature of the first three cylinders to give us optimal drying conditions. However, despite the individual controllers for steam pressure in these dryer cylinders we had consistent problems in keeping them at their given temperatures.

We therefore installed surface temperature sensors made by the Swedish company SWEMA and the computer controls directly the surface temperature as requested from the dryer-man's panel. We also made a similar arrangement for the two dryer cylinders immediately after the size press. The problem is here to achieve the correct ratio between the dryer surface temperature and the board temperature. This ratio must be kept within fairly close limits to prevent size-press coating from sticking to the dryer surfaces. If this occurs the coating is doctored off, and quite a lot of dust created which tends to stick on the board and gives problems during the subsequent coating operations.

These five loops were taken into operation in the late summer of 1969 and were an immediate success. We had some problems with the sensors after the size press due to corrosion. After a while we were able to obtain resistance elements cast in plastic which alleviated these problems. These control loops contribute to a considerable decrease in broke caused by calender blackening as well as to increased product quality.

We had originally planned to control the moisture both before and after the size press. This scheme had to be abandoned, however, because the board machine is dryer limited before the size press. Instead we have written a different control program which we call a "production optimizing program". This automatically feels and registers any available steam and will adjust the machine speed accordingly making sure that all available steam is used.

The after size-press dryer section is used for moisture control of the board before the coater in the normal fashion using a feedback signal from the traversing moisture gauge as well as a feed-forward signal from the moisture gauge at the size press.

Basis weight control

Controlling the basis weight on a multiply machine is of course somewhat more complicated than on a fourdrinier machine. The control strategy chosen is in itself rather straightforward, comprising feed-forward control of the dry fibre flow to the four headboxes coupled with a feedback loop from the basis weight meter after the second calender stack. We have chosen this point for the feedback loop in order not to be too disturbed by fluctuations in coat-weight pick up in the subsequent coating operation.

The machine tender orders the desired basis weight from his panel. The computer then calculates the dry fibre weight required to each headbox taking into consideration the desired weight ratio between the 4 layers, the pick up in the size-press and the wet calender stack and the desired moisture content. The time lag between the flow meters in the stock lines and the basis weight meter at the second calender stack is between one and three minutes. To take into consideration this fairly long transport time the control actions requested at the headbox control valves are stored until it is expected that the furnish has reached the basis weight meter as board. At the same time one normally wants to make control actions faster than the transport time but not so frequent that the control actions can't be disregarded compared to the sampling time. It has proved suitable to let the sampling time be approximately $1/3$ of the transport time. The so-called Smith controller is used as the basis weight algorithm.

Regarding control actions we run as follows at the present time. Is the total deviation less than 1 % of the basis weight set point value - which is equal to the basis weight required by the customer - no control action is taken. If the deviation is between 1 and 2 % we change the fibre flow to one ply only, usually the bottom one. The reason for this is that we don't want to unnecessarily disturb the running conditions on all Inverform units. Should the required control action be above 2 %, however, the fibre flow to all 4 headboxes is altered.

Mostly control action is done only on one layer. This will influence the dry fibre ratio between the four layers and thus also the board quality. If nothing is done this ratio may gradually change considerably. Therefore a separate program automatically controls the set ratio. If the weight of any layer deviates more than 2 % from the set point value control action is taken on all 4 layers the following five times to bring the ratio back to normal again.

The basis weight control scheme depends heavily on the conditions of the basis weight meters, the consistency sensors and the thick stock flow meters, all of which have to be maintained very carefully in order to give an acceptable performance.

As a result of this basis weight control system the standard deviation in basis weight has decreased about 35 % with computer control as compared to the former manual control. Basis weight changeovertimes have decreased by more than 50 % compared to manual changes.

Web tension control

The feasibility study gave us at least three reasons for trying closed loop computer control of web tension. The sheet was often dried with too much draw between certain sections which sometimes caused curl or mis-register during the following printing and converting operations. Production statistics also showed that one of the most frequent causes of sheet breaks was difficulty in controlling web tension during grade or basis weight changes. In that respect two positions on the machine are particularly critical name the draw between the fourth press and the first dryer section and the draws around the size press. Much time was also spent by the machine crew on manual adjustment of the web tension. It was considered desirable if this could be avoided.

Web tension sensors of magneto-elastic type were therefore installed in the dryer and calender sections of the machine, and the computer acts as a cascade control of the electric sectional drive. This control scheme, which we believe is rather unique, was presented at the P.R.P. 2 Conference in Brussels in May this year and will be described in the IFAC Journal "Automatica" later on. Suffice to say that the system worked well and was well received by the production personel from the beginning.

Due to the computerized tension system downtime because of breaks in the dryer and calender sections have decreased by some 75 %. Half of this is due to the improved instrumentation, i.e. the tension sensors together with a digital readout available on the machine tenders panel; the rest is due to the computer control.

The system has also been an excellent help during the time when the crews of No 1 board machine were depleted and unexperienced because many members had been moved to work on No 2 machine. As a result production was maintained at a high level. However, if anything goes wrong with the system, it quite often means more serious trouble now than before, because the new crews rely so heavily on the system and have lost some of their manual skill in running the machine without the help of the computer.

Refiner control

In the refiner department the incoming hardwood and softwood pulps are prerefined to a certain degree of beating. After mixing the pulps in the proportions required for the different grades, each furnish for the bottom, center and top layer is refined in the machine refiners. All refiners are of disc type by Swedish Defibrator.

The degree of refining is rather critical in multi-ply board, for quality reasons as well as to achieve best possible adhesion between the different plies. This is of course particularly so during grade changes when wide fluctuations may occur and cause unnecessarily long delays in arriving at on-specification board quality.

By experience we know quite well what the degree of beating - as represented by the Schopper-Riegler number - should be for the different plies of different grades.

It has been very difficult, however, to find an automatic sensor or indicator for the degree of refining. Many devices or ideas used on fourdrinier machines such as for instance the couch vacuum, the porosity of the web or the temperature rise in the refiner itself are not applicable in our case. We certainly have measurable differences in couch vacuum and porosity, however, we would naturally not know which one of the three machine refiners to manipulate. Since we do a fairly light beating on our grades we have found that the temperature rise during the pass through a refiner is very small, or in the magnitude of 0.2°C . This is unsatisfactory as a measurement on the degree of refining in our case.

We have therefore tried to develop a relationship between the degree of refining and the kWh "beaten" into each ton of fibre in the refiners. This is not a consistent relationship but may vary from day to day depending upon the amount of clay and other impurities carried back through the broke system. We therefore use as an additional, feedback loop, the reading of a continuous drainage tester called Drainolog. It is made in Sweden but has been modified by us for our purposes. One of the modifications for instance, is to take samples in all three thick stock lines to the machine rather than sampling only one line. This drainage tester is not ideal but it is the best one up to now for our particular conditions.

The refiner control is still being test run and we are not in the position to give any definite results from it yet.

Board machine No 2

The second board machine was intended to be computerized from the beginning. For this purpose it was equipped almost to 100 % with electronic instruments. A new computer was ordered from Telefonaktiebolaget LM Ericsson. This computer also has a 32 K core memory but with 2.2 μ s memory cycle time and a drum memory of 512 K capacity. The new computer will use both Assembly language and FORTRAN IV. However, due to delivery problems the computer has not been completely installed yet. Consequently the board machine had to start up without computer control or the information possibilities through the different panels and logging programs. About 60 % of the control programs are intended for digital setpoint control and remainder for direct digital control with instrument back-up. Due to this back-up no serious problems were encountered in starting up the new board machine because of the lack of computer.

The same five areas mentioned for board machine No 1 are to be computerized also for this machine. In addition to that we have built a new laboratory for routine paper testing and equipped this laboratory with 8 automatic testing stations from which the test results will go directly to the computer and be treated for information purposes as well as writing out test reports. The mechanisation of the laboratory work will result in a considerable saving in manpower inasmuch as no additional paper testers will have to be employed to handle the increased production from the board mill. Also the monthly and quarterly "average-quality" reports, which now take many weeks to compile will be processed by the computer and be presented when desired.

Another novelty with the computer control on No 2 machine is what we call the automatic grade change program. Due to this the machine tender will be relieved of most of the planning activities for making a grade change. He will just initiate it and the computer then keeps track of chest levels, changes the degree of refining, the basis weight, the tension and possibly also the moisture content according to the requirements of the particular grade.

On No 2 machine we will also be able to control the efflux ratio. This is quite complicated on boardmachine No 1 because of rather old fashioned headboxes. In case of No 2, however, our group designed the headbox control system so that it also could be computerized with a minimum of effort.

At the time of writing we consequently have very little practical results from the No 2 installation but hope that we will have something more definite at the presentation of this paper in October.

Summary

This is a short description of the work done during the last three years in our board mill. Activities are also underway in the pine bleach plant of our pulp mill at Iggesund. There we plan to control the first three stages. When that is done sometime next year we hope to do the continuous Kamyr digester for the pine pulp, as well as part of the liquor cycle around it, i.e. the washing and evaporating departments. Another activity will be the rewriting of all programs for boardmachine No 1 from the old computer to the new one.

	1967	1970-71	1971
1. Lägre kemikaliekostnader	63	45	50
2. Ökad fukthalt	128	-	400
3. Mindre utskott vid kvalitets-/ytviktsbyte	582	300	600
4. Färre avbrott	979	300	400
5. Kvalitetsförbättringar		Ej kvantifierbara	
	1.752	645	1.450

Kvalitetsförbättring med datorstyrning.

Kvalitet	Ytvikt	Standardavvikelse (1σ) $\cdot \text{g/m}^2$	
		Utan dator	Med dator
Invercote	300	3.5	2.2
	260	3.4	1.6
	240	2.3	1.5
	220	2.9	1.2
	200	1.9	1.1
Polycups	230	2.3	1.8
Liner W	200	2.5	1.8

En minskning av σ med $0,7 \text{ gram/m}^2$ ger en vinst på 800 000 kr/år vid produktion av ytvikten 250 gram/m^2 .

YTVIKTSREGISTRERING, KM 1

Följande undersökning omfattar slumpvis utvalda ytviktsomställningar vid manuell- resp datorstyrning för att utvärdera effektiviteten hos resp typ av styrning. Underlaget är ytviktsloggen.

Ur resultaten enl bifogade diagram har följande data erhållits

- a) Ytviktsändring: Skillnad mellan börtvikter vid 2:a glätt
- b) Tid: Tid från omställningens början till dess ny ytvikt befinner sig stadigvarande inom $\pm 3\%$ från ny börtvikt
- c) Ytviktsändring per tidsenhet

Manuell styrning

	Ytv ändr g/m ²	Tid min	Ytv ändr/tid g/m ² / min
1. Polycups D 250 → 280	50	106	0.47
2. Invercote 280 → 300	20	20	1.00
3. Invercote 300 → 350	30	26	1.15

Datorstyrning

1. Invercote 260 → LW 150	92	15	6.13
2. Liner W 150 → LW 180	30	7	4.29
3. Liner W 180 → LW 200	20	3	6.67
4. Liner W 200 → Inv cote 350	112	13	8.62

Genomsnittlig produktionsomställningstid.

- Utan dator 35 min
- Med produktionsackord 15 - 20 min
- Med dator 5 - 10 min

Jämför ovanstående siffror med följande räkneexempel. Bruttoproduktionsvinst/min

$3,75 \text{ m } 0,250 \text{ kg/m}^2 \text{ } 200 \text{ m/min } (1,5-0,85) \text{ kr/kg} = 122 \text{ kr/min}$

Ett normalt avbrott tar omkring 40 minuter.

En 10 cm bred remsa tråklas genom maskinen.

I sämsta fall kan ett avbrott ta flera timmar om kartongen har beckat ihop på någon vals.

Efter ett avbrott tar det omkring 20 min till att komma upp i normal produktion.

All produkt som ej uppfyller kraven, återförs till pappersmassan, men värdet är då endast hälften av den ursprungliga massans.

Svängningar kan uppträda i maskinen med amplituder på 5 % av ytvikten och då får produkten kasseras.

Nuvarande dator är LME UAC 1601 utan massminne och endast med 32 k kärnminne. Systemarbetet har tagit omkring 12^{man} år för både säljare och köpare. All programmering sker i assembler.

Kommande dator är en IBM 1800 och skall levereras i maj 1972. Detta sker samtidigt med att fabriken byggs ut med ytterligare en kartongmaskin, KM 2.

In- och utgångar mellan dator och två kartongmaskiner (projekterat).

Ingångar

Analoga	425 st
Digitala	270 st
Puls	64 st

Utgångar

Digitala	330 st
Puls	56 st

Ytviktsmätning kunde ske på tre ställen i maskinen.

Före inloppslådorna med magnetiska flödesgivare och koncentrationsgivare.

I torkpartiet med ytviktsgivare och fukthaltsgivare

I slutet av maskinen genom vägning av hela rullar (fukthalten känd?).

Alla dessa tre mätställen kan användas för inbördes kalibrering.

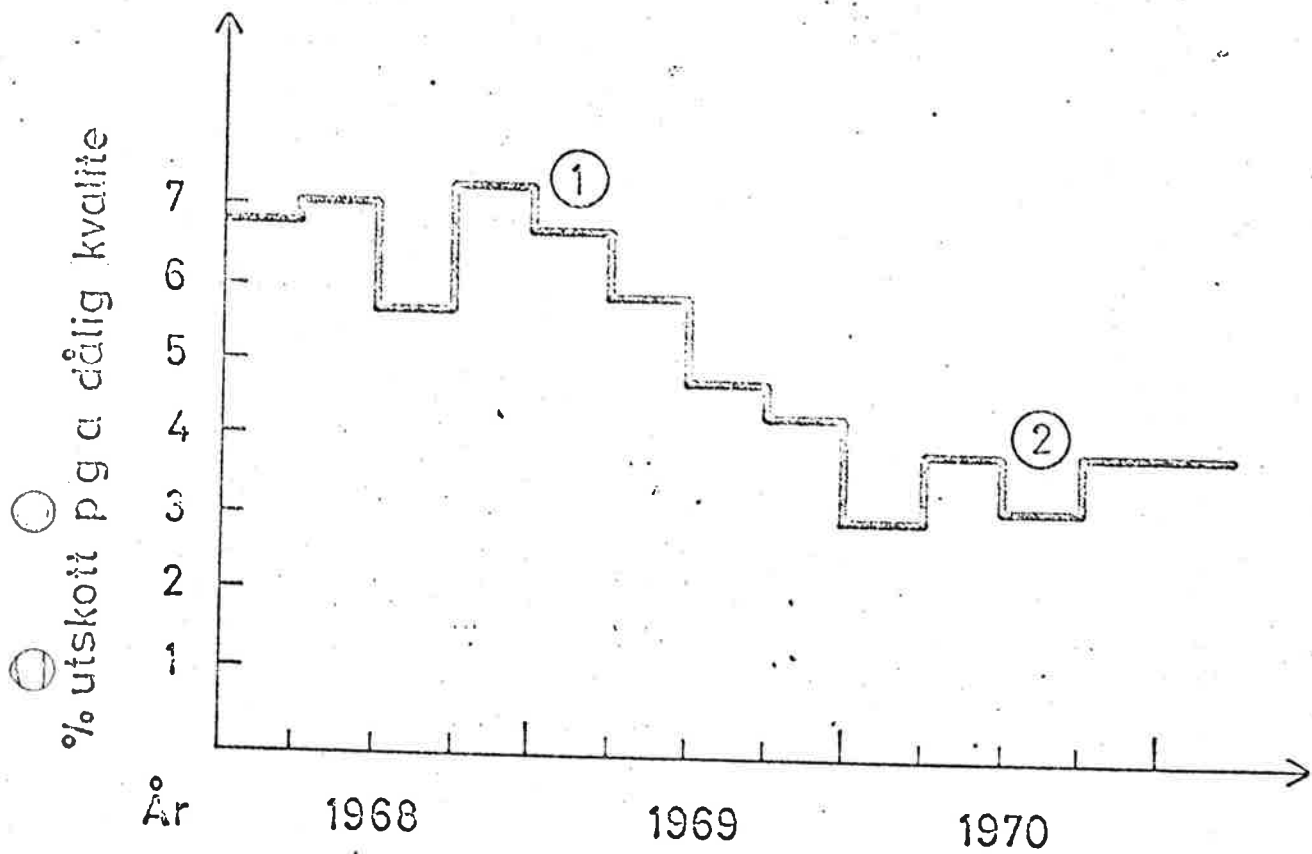
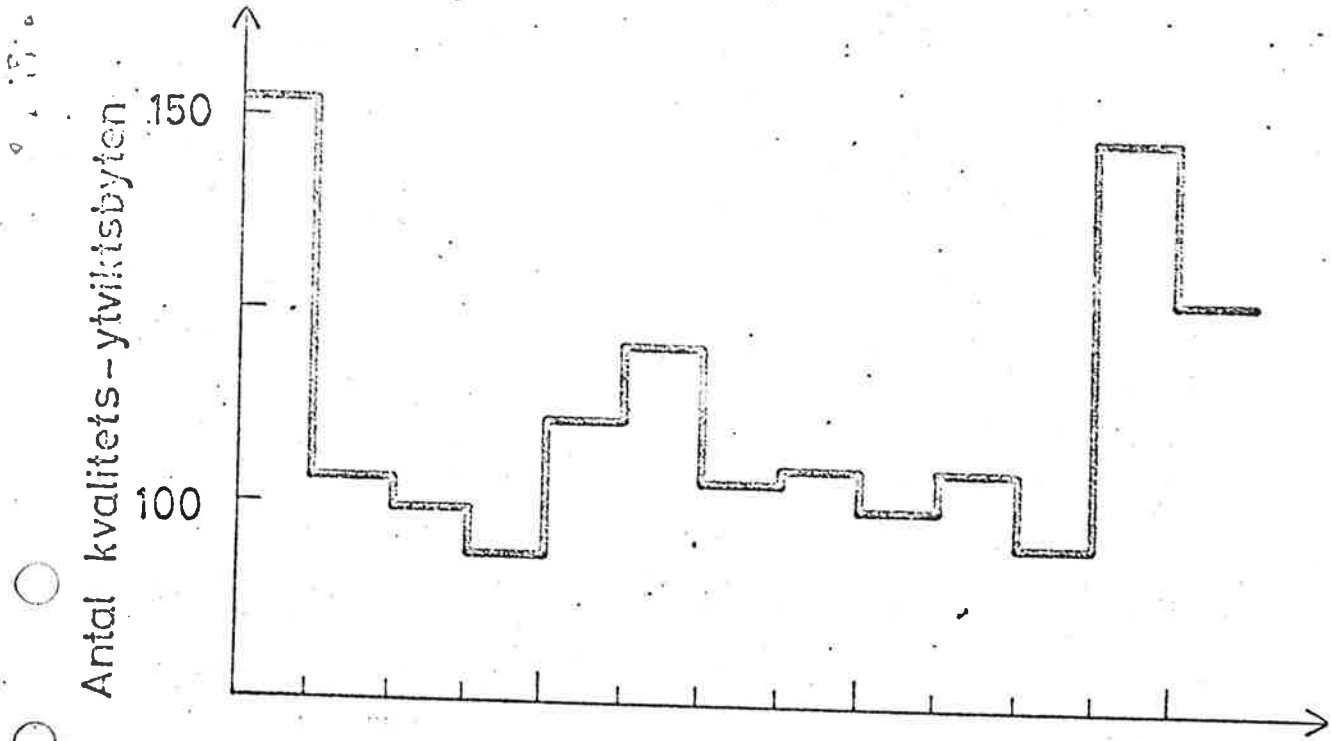
Banspänningar mäts med magneto-elastiska givare från Arenco, som garanterar för arbetstemperaturer upptill 100° C. Temperaturen i torkpartiet är ofta omkring 85° C.

Allmänna data om pappersmaskiner

Största längd	190 m
Största bredd	9 m
Livslängd max	50 år
" normalt	15 - 20 år
Avskrivningstid	10 - 15 år
Rörlig maskinkostnad	20 kr/ton för en 400 ton/dygn-maskin
Dygnkapacitet max	1 500 ton maskinpris 60 milj. kr
" min	40 ton " 10 milj. kr
" ekonomiskt	400 ton .

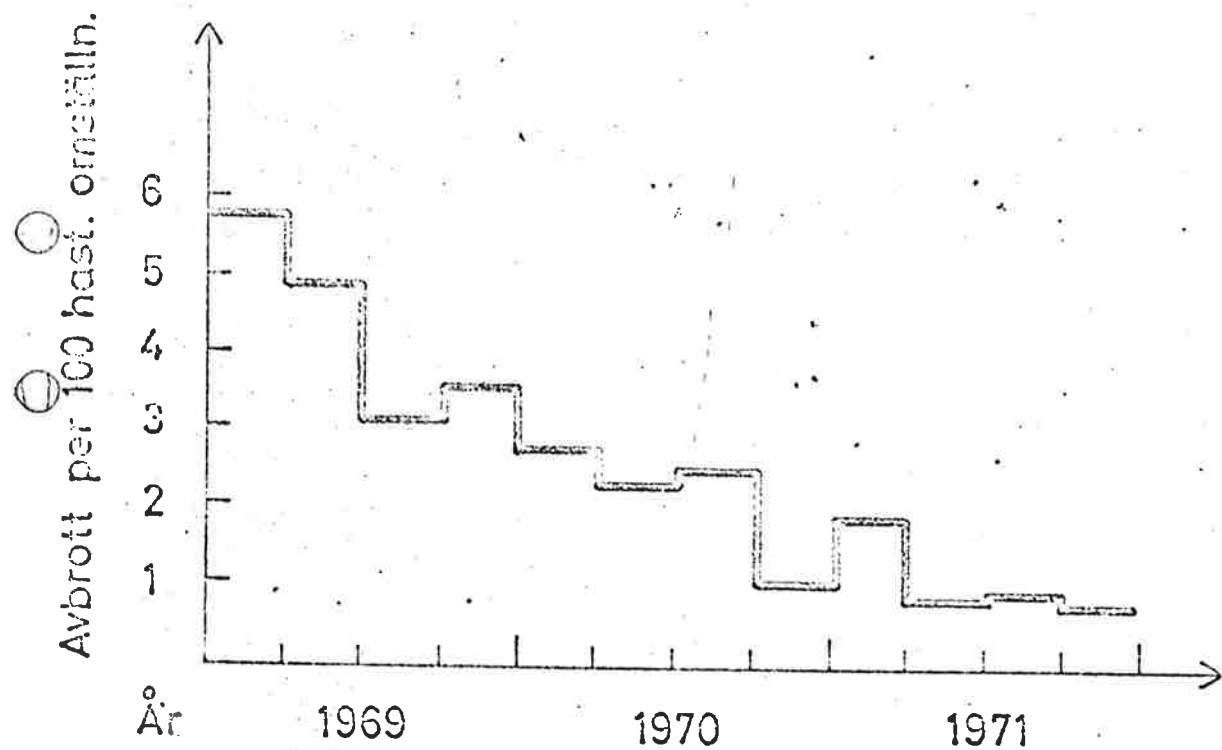
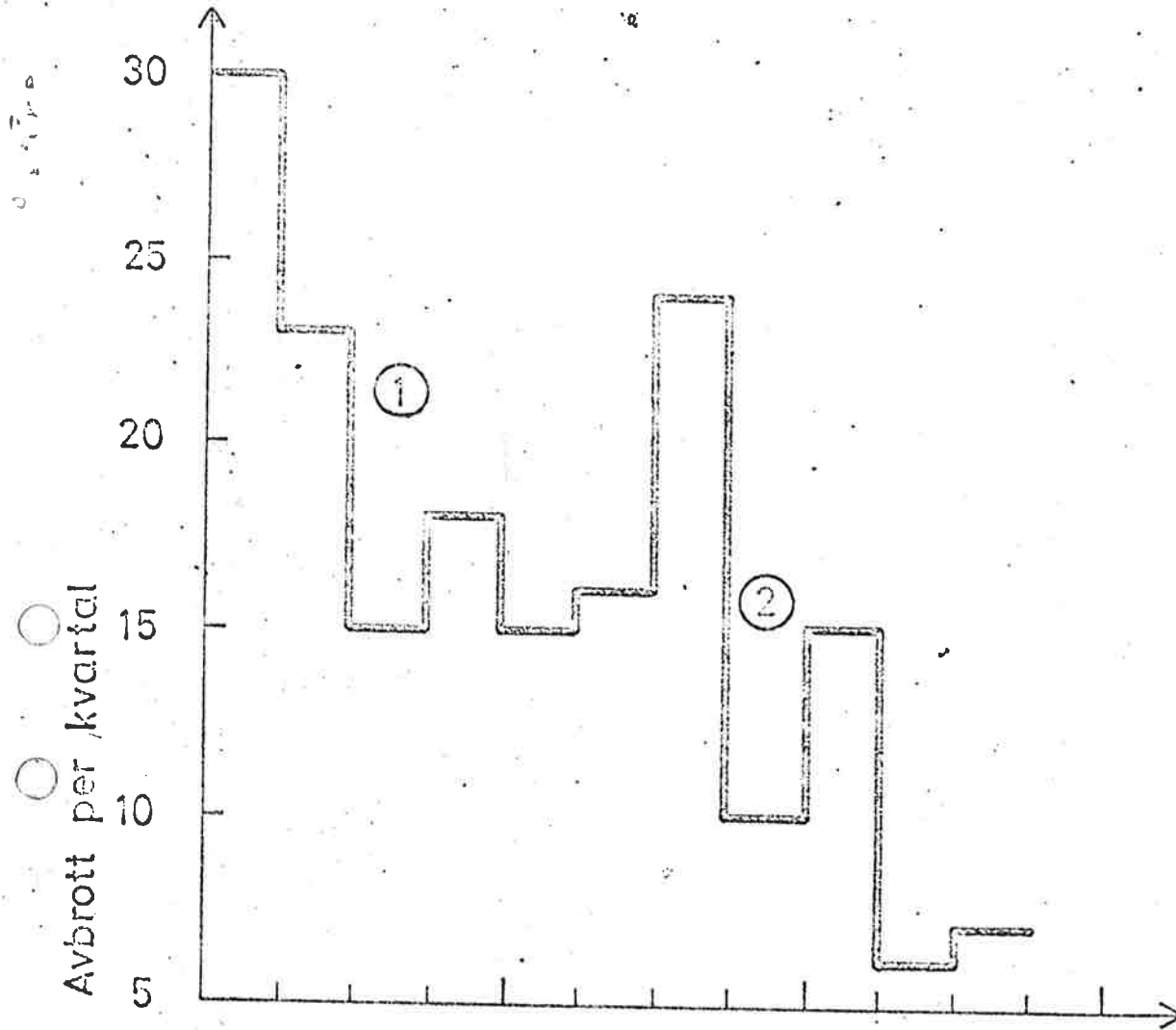
Massapris max 800 kr/ton för finare produkter
 " min 400 kr/ton för tidningspapper

Pappershastighet normalt 900 m/min tidningspapper
 " " 400 m/min finpapper



① Prod. ackord KM 1 inför 1.2.1969

② Ytviktsstyrning började intrimmas fr o m juni 1970



- ① Digital avläsning av banspänning på maskinförare och loggpaneler möjlig under april 1969
- ② Styrning av banspänning i drift medio sept. 1970

PROCESSREGLERING I PAPPERSINDUSTRIN
Massakokning och dess styrning

Föredrag den 22/3 1972 av
överingenjör Gunnar Bohlin, SCA

Fakta om SCA (= Svenska Cellulosa AB)

Huvudkontor i Sundsvall, 12.000 anställda, omsättning ca 1.500 milj.

Fabriker i

PITEÅ (Munksund) - 1 maskin som gör kraftliner
(yttre skiktet i wellpapp), 210.000 t/år
Ytvikt: 125 g/m² - 300 g/m².
Största maskinen i Europa.

UMEÅ (Obbola) - 150.000 t/år, blekt sulfat.
Byggprodukter (parkett, takbel., m m).

SUNDSVALL

- 1) Huvudkontor
- 2) Wivstavarvs pappersbruk - säckpapper
70.000 t/år
- 3) Östrands sulfatfabrik - 150.000 t/år
blekt sulfat
- 4) Ortvikens tidningspappersbruk - 340.000
t/år
- 5) Svartviks sulfitfabrik
- 6) Matfors pappersbruk - journalpapper
- 7) Sunds AB - maskiner (för cellulosa ind.)
- 8) Forskningslab.

KRAMFORS

Sulfit 100.000 t/år

STOCKHOLM (Järfälla)

Wellpapp

VÄRNAMO

Wellpapp

ÖREBRO

Sund gör wellpappmaskiner

TYSKLAND PWA gör alla slags papper. Ägs till 27% av SCA. Ungefär samma storlek som SCA.

DANMARK, FRANKRIKE, SPANIEN

Wellpapp

Laboratoriet har totalt 125 man, varav 11 personer sysslar med regler- tekniska- och maskinproblem. Dessa problem har anknytning till många olika ingenjörbranscher.

Processdator-installationer

Munksund: ASEA System 1700 för styrning av kokare och pappersmaskin. CDC 1700 med 32 Kord, trumminne 296 K, Skrivminne 1.5 M. 200 analoga signaler och 200 digitala. Operatörspanel med skrivmaskiner för kokare och pappersmaskin (2 st), data- panel i lab.

Wivstavarf: Accu Ray analogt reglersystem för ytvikt och fukt (numera digitalt)

Ortviken: PM_1 Accu Ray APM med dator för ytvikt och fukthalt. Honeywell H 316 med 24 K trumminne 296 K

PM_2 Som för PM 1

PM_4 Accu Ray analogt system som i Wivstavarf

Dessa 5 är SCA:s stora maskiner. Det finns ingenting på de små. Där kommer man istället att göra billigare lösningar.

Ex. på vad man sysslar med

Reglering av torkparti i sågverk.

Torken i ett sågverk ser i princip ut som i fig. 1. I de numrerade kanalerna (1-15) sätter man in fuktiga vedlass med vissa intervall. Genom att mäta temperatur och fuktighet i ena änden av torken kan man hålla dessa saker konstanta där, men man vet ingenting om vad som händer inne bland veden. Vad händer när man stoppar in ett nytt kallt och fuktigt lass? I fig. 2 är lufttemp. och fuktkvot hos veden plottad

mot n:r på lasset. P g a sprickbildningar m m är detta problem intres-
sant också ur ekonomisk synpunkt.

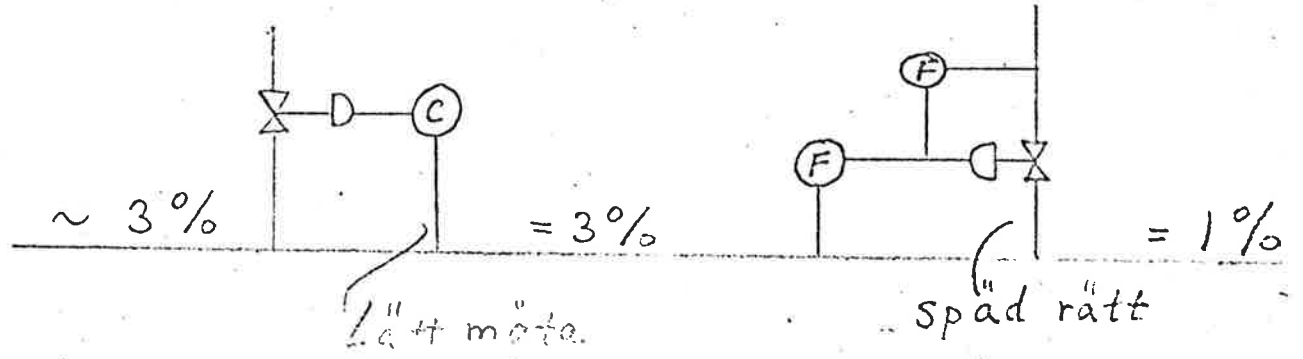
Koncentrationsmätning

Fibrerna i massan ger problem med koncentrationsmätning, eftersom
fibrer i vätska inte följer vanliga flödeslagar. Diametern hos en
fiber är ca 40 µm och längden 2-3 mm. (Tidningspapper är bara ca
70 µm tjockt varför det är svårt eller omöjligt att göra tidnings-
papper utan hål.) När man gör kemisk massa (utbyte 50-60%) vill man
ha fibrerna var för sig, men om massan är dålig förekommer spet,
d v s 2, 3 eller upp till 10 fibrer som sitter ihop. I mekanisk massa
får man förutom fibrer också lignin m m. (Därför blir utbytet högre,
95%, och massan billigare).

Koncentrationsmätning kan tillgå så, att man sticker ner en mätkropp
i den strömmande massan och mäter momentet på mätkroppen. Tyvärr beror
detta även på strömningshastigheten, speciellt vid låga koncentratio-
ner, vilket framgår av fig. 3 och 4. Man kan i praktiken inte mäta
mindre koncentrationer än 1.5% (uttryckt i vikt fibrer per volym-
enhet.) Detta kan förklaras (delvis) med att vid låga koncentrationer
är sannolikheten liten för fibrerna att haka i varandra, men vid högre
koncentration hämmas turbulensen och massaströmmen beter sig ungefär
som en "smord korb" med obetydlig friktion mot väggen. Momentet på
mätkroppen kommer från den kraft som behövs för att böja av massa-
strömmen, och är tydligen bara beroende av koncentrationen.

Detta fenomen märks också i tryckfallet i rörledningar med massa
(fig. 5) vilket utnyttjas när man vill pumpa massa. Man får effekt-
förbrukning per pumpat dygnston vid olika koncentrationer enligt
fig. 6.

Man kan göra mätkroppar som inte har någon puckel, men då får man
mycket kraftigt flödesberoende. Bättre göra så här:



Hur införa processdatorer?

Man behöver veta exakt vad som sker på olika ställen och hur informationsflödet skall gå. Detta visas schematiskt i fig. 7.

Looparna är väldigt långa (flera timmar) så det är lättare och bättre att styra varje steg för sig. Pilarna i figuren visar åt vilket håll informationen går.

Den kontinuerliga sulfatkokaren (Kamyrkokare)

Se fig 8. Flisen kommer in i basningskärlet via en volymetrisk anordning (hjulet i fig). Där sprutas in lite ånga och drivs ut en del gaser. Via högtryckskiken (H) kommer flisen in i ett system med högre tryck och förs till kokaren, där den träffar vitluten (Natriumhydroxid och Natriumsulfid) vid ca 120°C. Vid I finns impregneringszonen där vätskan tränger in i flisen. Här värms också alltihop till ca 155°C med ånga, som går neråt i centralrör. Nere i kokzonen (K) sprutar ångan ut som kvastar och samlas upp i silar i väggen. Här är temp. ca 165°C. Längre ner, i tvättzonen, är temperaturen lägre genom att man för in tvättvätska underifrån.

För att kunna styra detta behöver man nu veta hur mycket flis som går in, och hur fuktig flisen är (oftast ca 50%). Den volymetriska inmatningen av flis är bra eftersom volymen inte påverkas så mycket av fuktigheten. Däremot påverkas volymvikten av flisstorlek vilket kan ge trassel. Man behöver också veta hur vätskorna är sammansatta, koktiden (beror på flisflödet), koktemperaturen (påverkar H-faktorn, se nedan) och kappatal (provtagning på färdig massa).

Satsvis kokning

För att kunna behandla den satsvisa kokningen behöver man en del grundkunskap, t ex hur fort en flisbit genomträngs av kemikalier, eller antar omgivningens temperatur. Det visar sig att tidskonstanten för temperaturen är 10-20 sek., men för kemikalierna går det långsammare. I fig. 9 visas teoretiska beräkningar av hur långt genomträngningen hunnit för olika tjocka flisbitar vid två olika tidpunkter, 384 respektive 1.537 sek. Här har vi ett problem eftersom flisen varierar mycket i tjocklek.

Halten Lignin i flisen följer en differentialekvation

$$\frac{dL}{dt} = K \cdot e^{A - \frac{B}{\theta}} \cdot L \cdot C \quad \text{där}$$

L = halt lignin i flisen

θ = temperaturen

C = kemikaliekoncentration

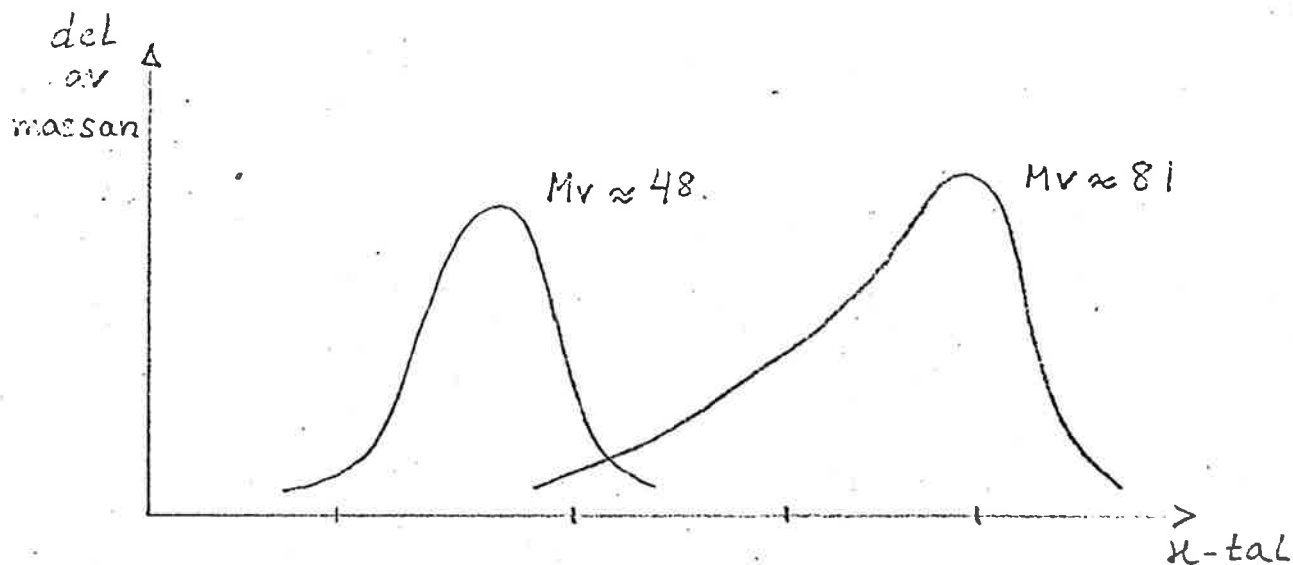
K, A och B är konstanter

Vi har alltså ett kraftigt beroende av temperaturen. I figur 10 visas en tabell över reaktionshastigheten som funktion av temperaturen. Från 165°C till 166°C har vi t ex en hastighetsökning på 10% (hastigheten normerad till 1 vid 100°C enligt VROOM).

En annan intressant storhet är ligninhalten i slutprodukten, som mäts i klortal (= Roe-tal) eller i κ -tal. κ -talet är den mängd kemikalier som förbrukas vid en analys av massa och beror alltså på ligninhalten. Högt κ svarar mot hög ligninhalt. Klortalet är ungefär ligninhalten i procent. I fig. 11 visas κ -tal-fördelningen hos några olika massor. (Roe-tal \approx 1/6 av κ -talet). Man försöker hålla κ -talet i massan konstant genom att hålla koktid, koktemp., m m konstant, men fliskvalitén kommer också in och den har man inte så god kontroll över. I framtiden kommer man förmodligen att vilja styra även fliskvalitén, ty vinsten är liten inom branschen och 1 enhet i klortal kan betyda 0.5 - 1 Mkr/år för en fabrik.

I fig. 12 är en satsvis kokare ritad. Där fylls kokaren först med flis. Sedan kokar man en viss tid (ca 5 tim) och tömmer sedan ut alltihop. Vätskan går under kokningen genom en kylorisorator (=värmewäxlare). Denna typ av kokare var på väg att slås ut av kontinuerliga kokare, men tack vare automatik med påfyllning, avtappning o s v börjar de komma igen.

Som tidigare nämnts får man en fördelning av κ -tal i massan. Det kan se ut som nedan:



Den vänstra kurvan hör till en satsvis kokare och är symmetrisk, medan den högra, osymmetriska, hör till en kontinuerlig kokare. Karakteristiskt är att spridningen är ungefär densamma, 7%. Man har också räknat ut spridningens fördelning på olika felkällor:

	σ	κ -tal	
vedsatsning	4%	3.9	
kemikalimätning i vitluten	2%	2.0	
ved-alkalieförhål- landet	2%	2.0	
ved-vätskeförhål- landet	>0.2%	1.0	
koktemp.	1°C	3.3	} 3.9
koktid	5 min.	2.0	
Totalt		6.2	

Tid och temperatur har stor betydelse. Då vill man försöka styra dem bättre. Metoden heter H-faktorstyrning, där H-faktorn definieras som

$$H = \int e^{A - \frac{B}{\theta}} ds$$

Man måste nu bestämma om man skall mäta temperaturen före eller efter kalorimatoren (skillnad $\sim 5^\circ\text{C}$). Det bästa är att mäta före kalorimatoren, ty om vi får tillfälliga stopp skulle en termometer efter kalorimatoren visa mer, utan att mer värme kommer in i kokaren.

H-faktorstyrningen realiserades sedan med en analogmaskin (6 förstärkare). Problemet var att integrationstiden skulle vara 5 timmar.

7.

Det löste man så att integratorn fick integrera upp sig till ett toppvärde snabbt, varefter den nollställdes igen och en puls gick till ett räkneverk. När räkneverket räknat långt nog, ansåg man kokningen färdig och tömde kokaren.

På detta sätt kunde man reducera spridningen i klortal För att det skall bli bra måste man kunna mäta temperaturen bättre än 0.1°C och integrera bättre än ca 1%.

Fortsättningen skulle vara att mäta vedsatsning och kemikaliesatsning bättre, eftersom fel i dessa också påverkarspridningen i κ -tal kraftigt.

Den H-faktor man skall koka till beror på kemikaliekoncentrationen vid den tidpunkt när man har värmt färdigt (Det är först då ligninutlösningen börjar på allvar). Problemet är att det är svårt att mäta denna koncentration. Klarar man det slipper man emellertid i stort sett ifrån problemet med varierande fliskvalité.

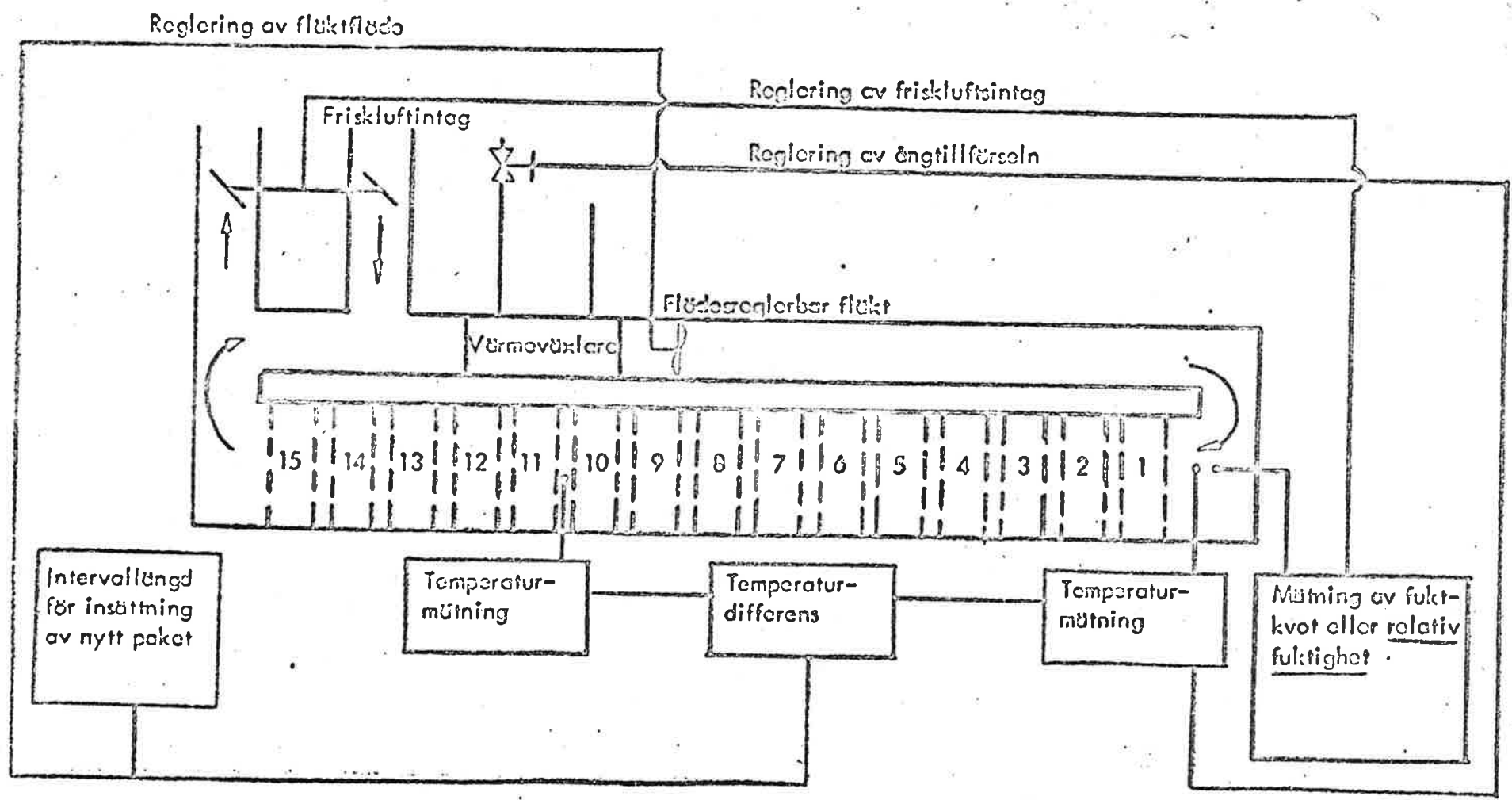


Fig. 1

LUFTTEMPERATURPROFIL OCH VEDFUKTKVOT-
 PROFIL LÄNGS DEN YTTRE DELEN AV TORK-
 KANALEN =

Ingående luft: Temp = 46°C
 Fuktqvot = 0,02444 kg/kg
 Paketinsättningsintervall = 7,39 tim
 Total tid för paket i torken = 4,62 dygn

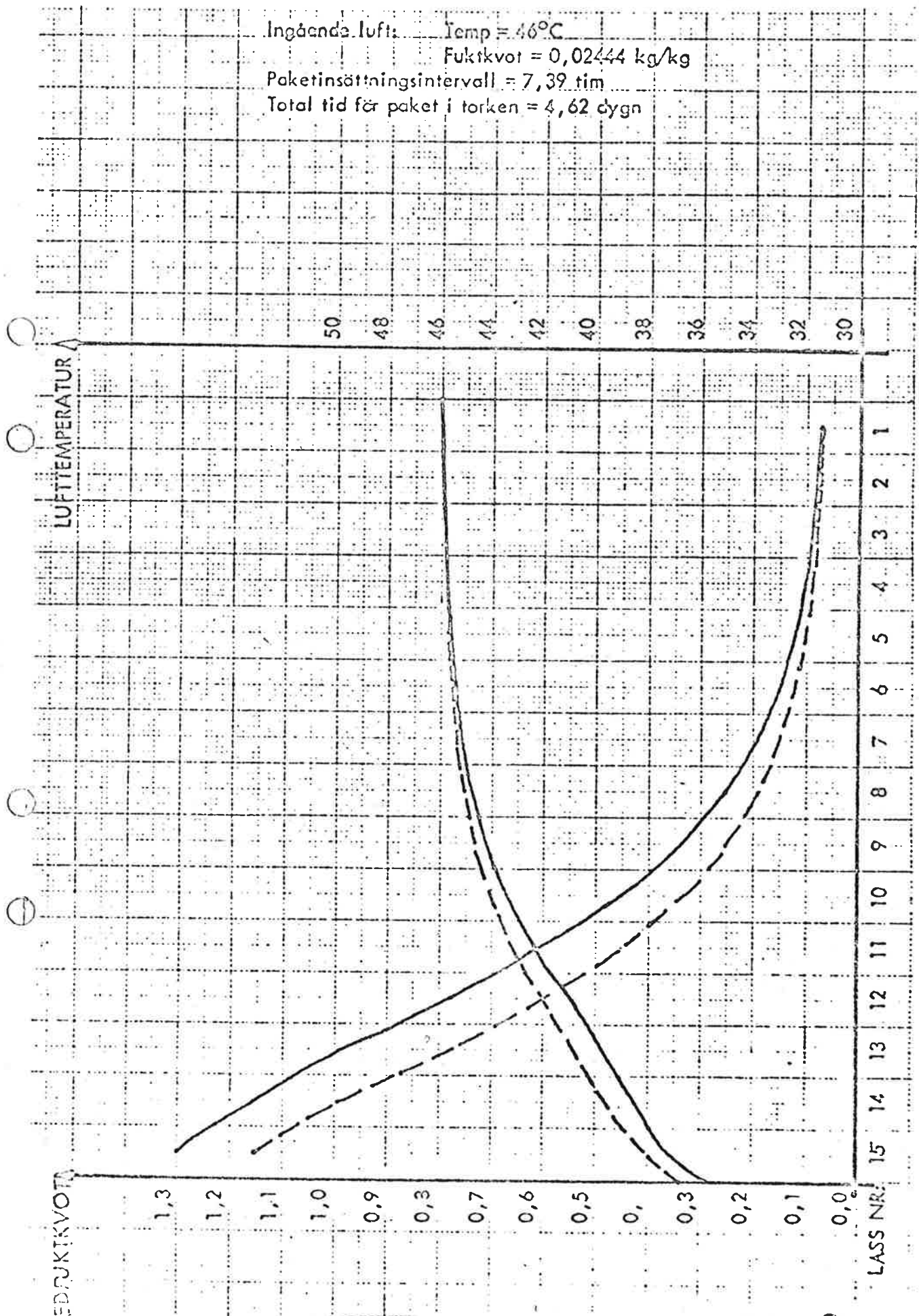


Fig. 2

Strömningsmotstånd som funktion av strömningshastighet.

Rak pinne.

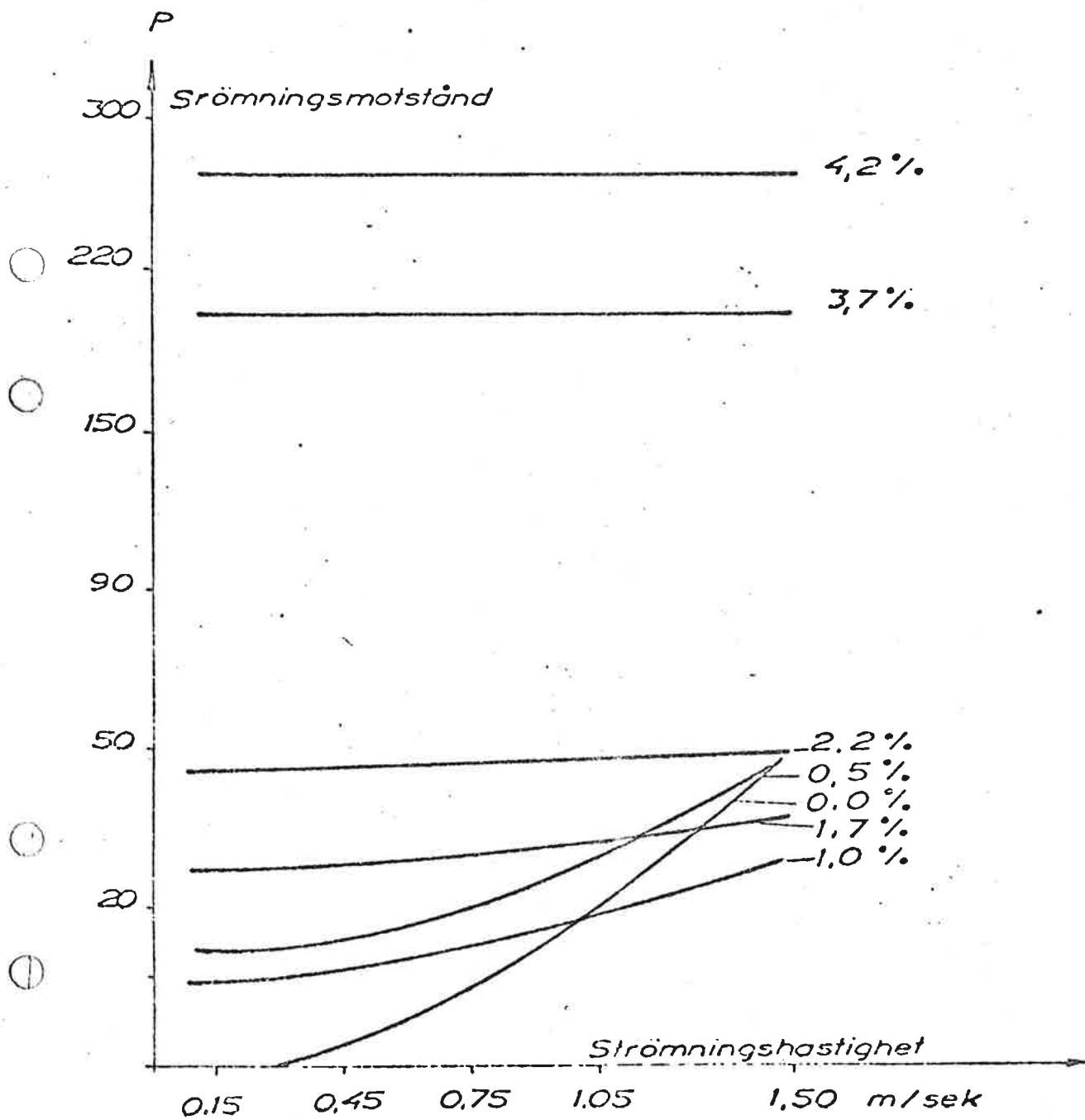


Fig. 3

Strömningsmotstånd som funktion
av koncentration.

Rak pinne.

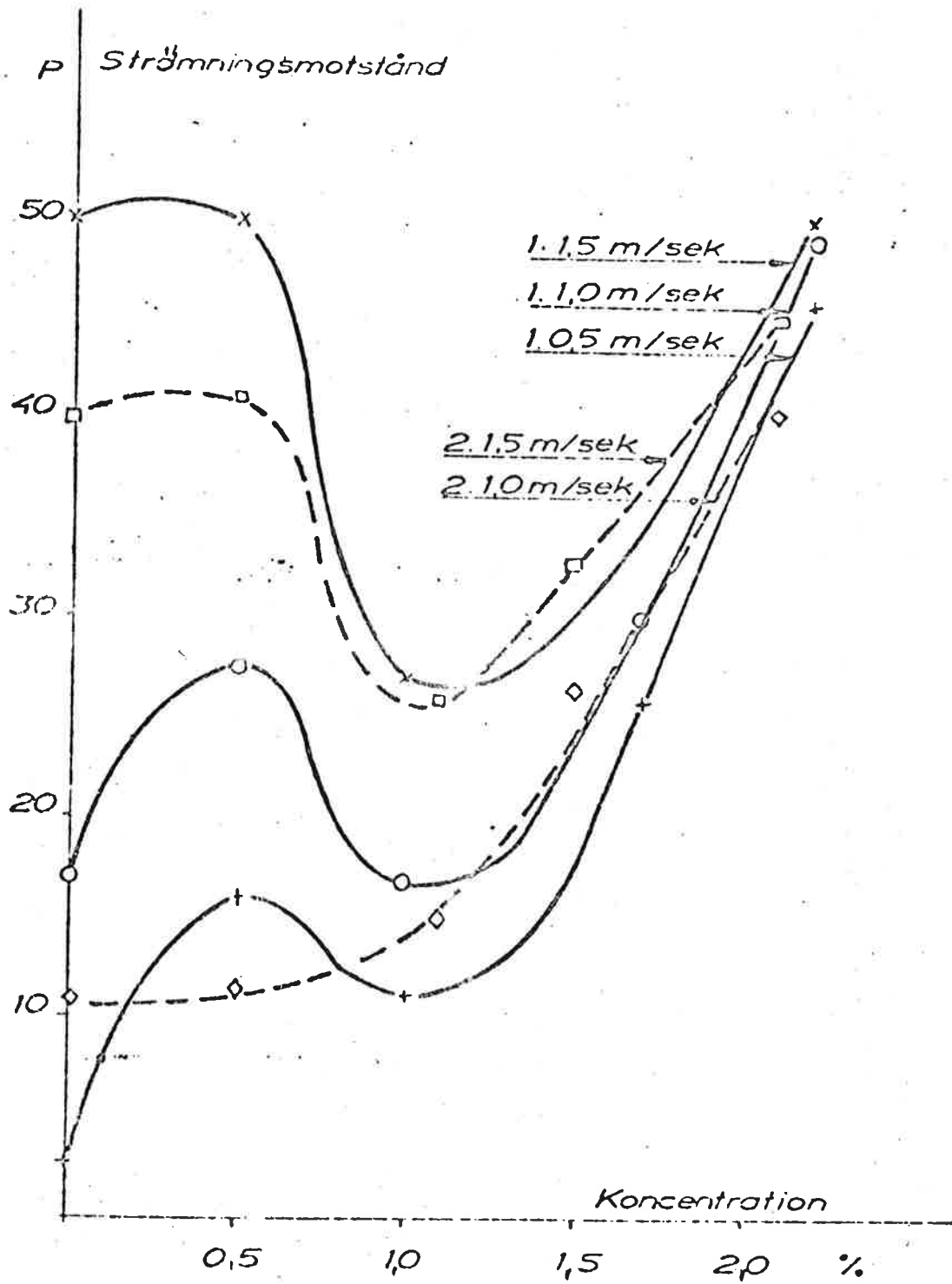


Fig. 4

STROMNINGSHASTIGHET
 HELDRAGET ROR
 STROMNING I 100 mm
 TRYCKFALL VID MASSA-

FIG. 2

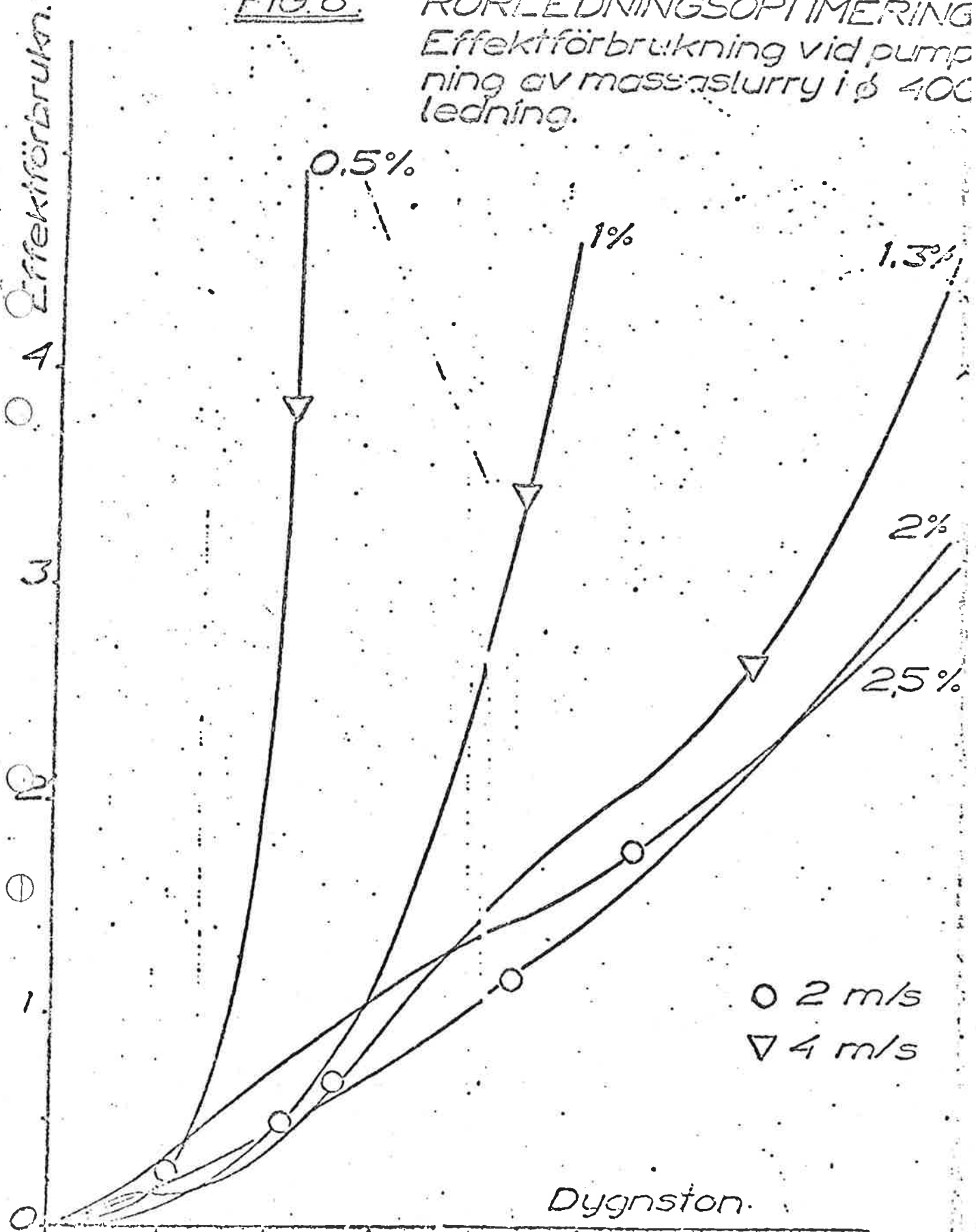
VATTEN



Fig. 5

FIG. 6.

RÖRLEDNINGSOPTIMERING
Effektförbrukning vid pumpning av massaslurry i ϕ 400 ledning.



Important operations in the various departments and fundamental information on the pulp line for process control.

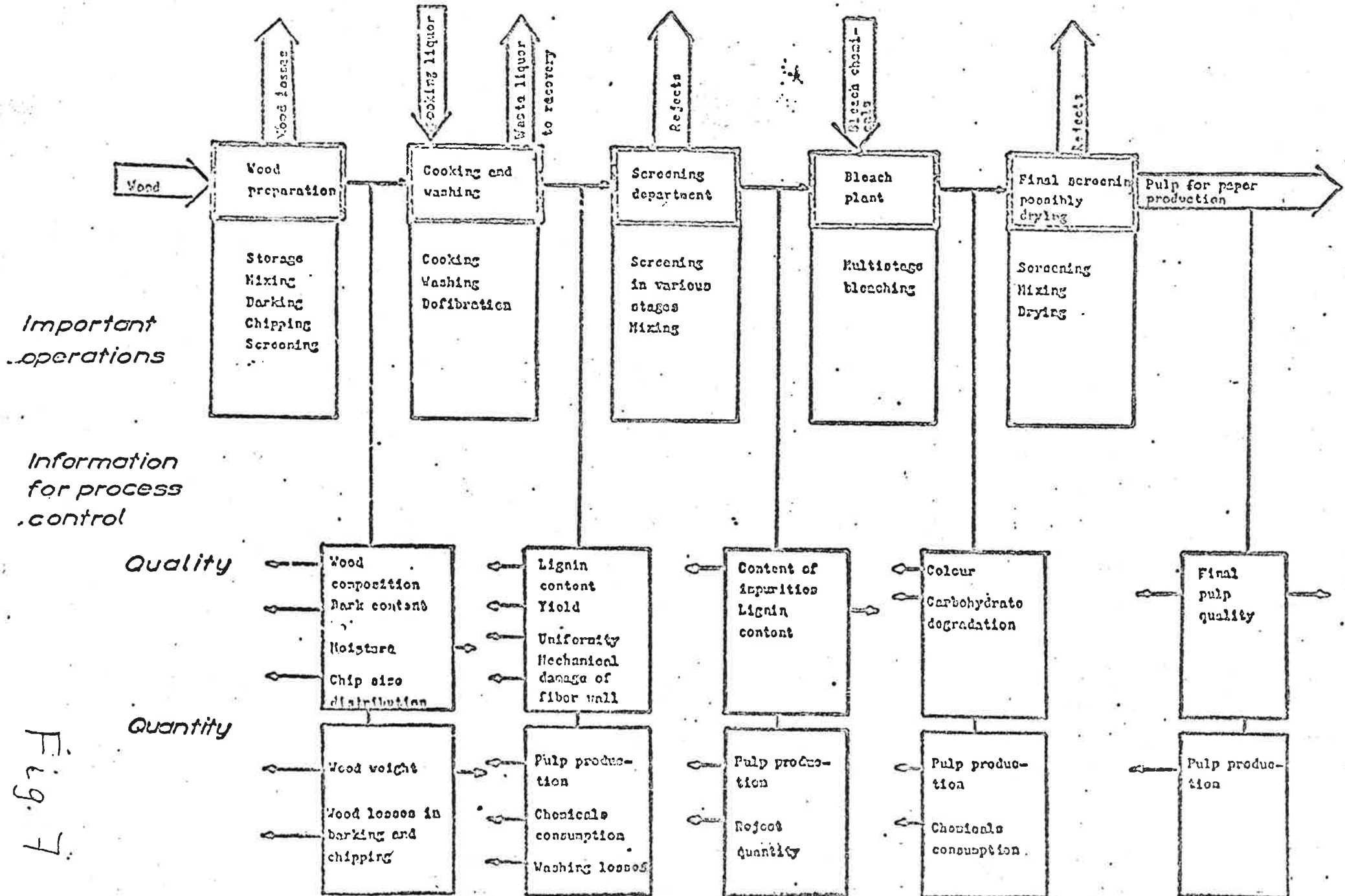


Fig. 7

Kontinuerlig kokare (Karnyrkokare)

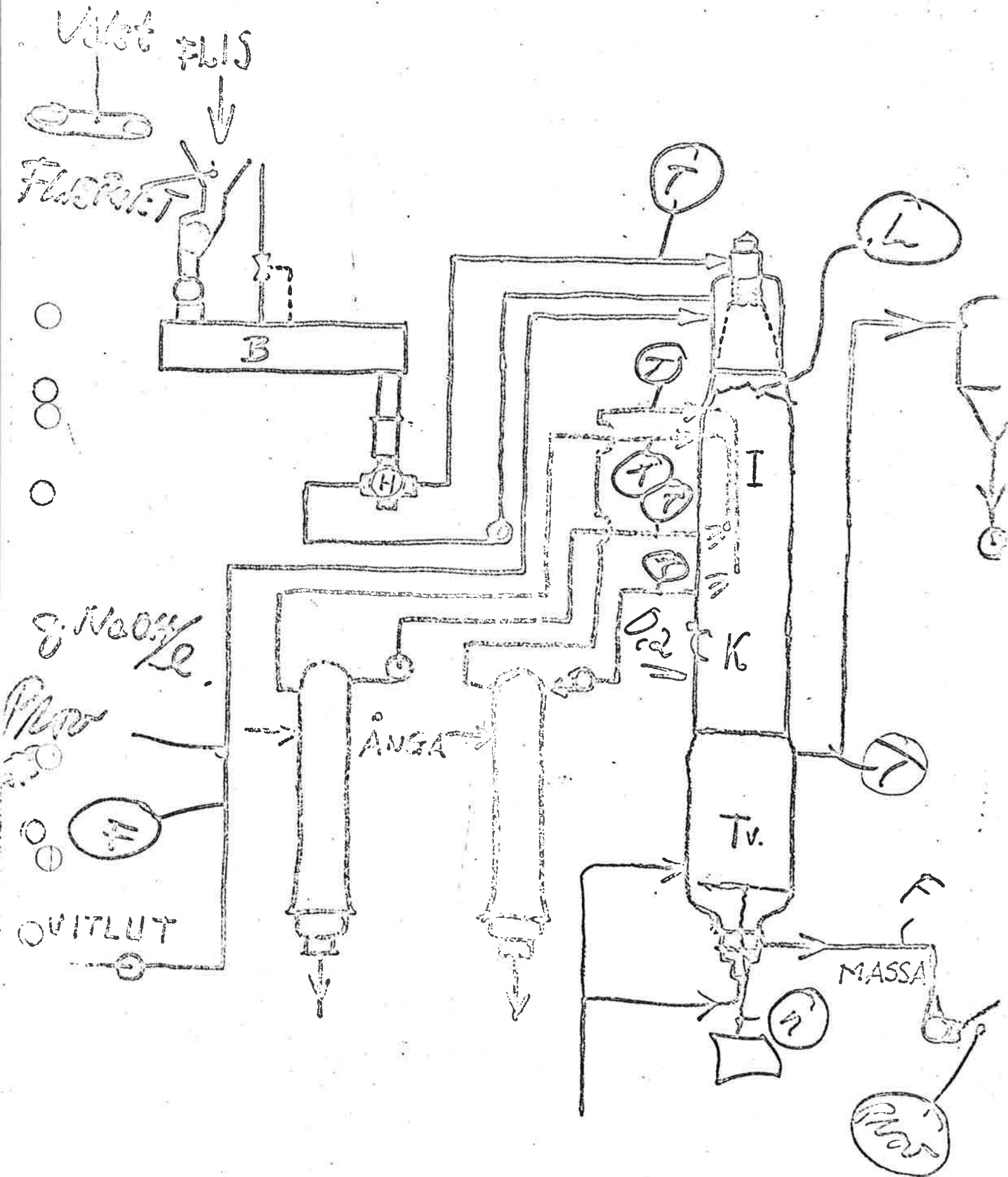


Fig. 8

Alkalifördelningen i flis

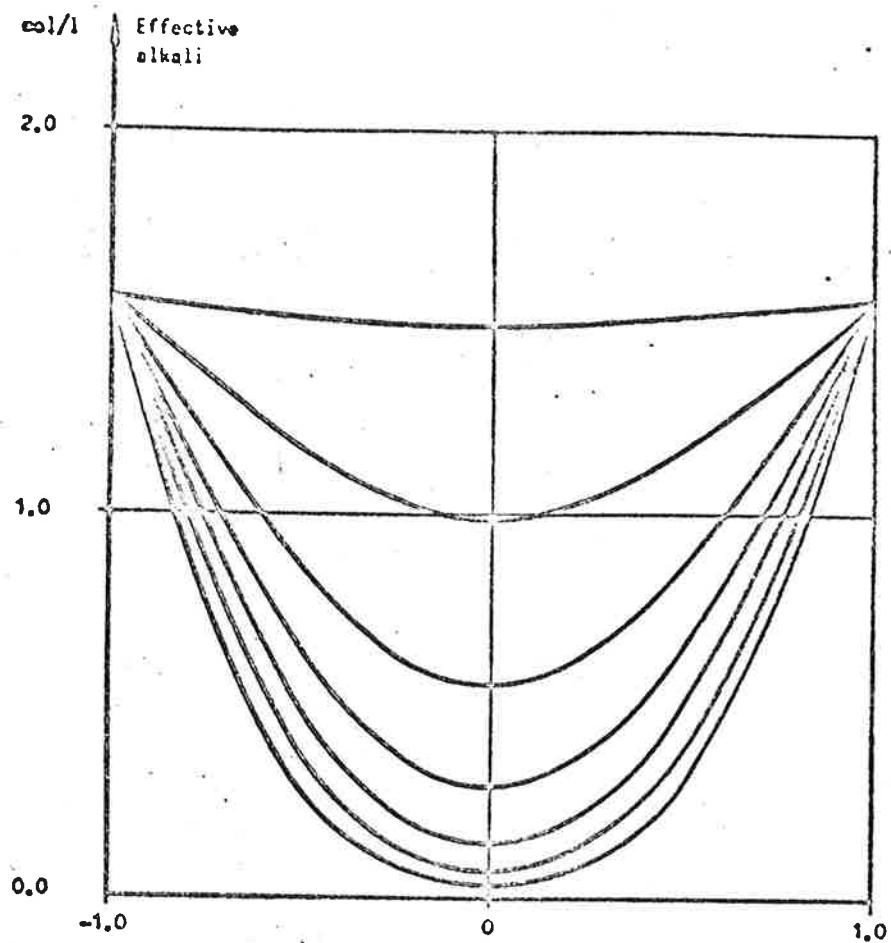


Figure 17. The distribution within chips of 2(1)9 mm thickness after 384 seconds.

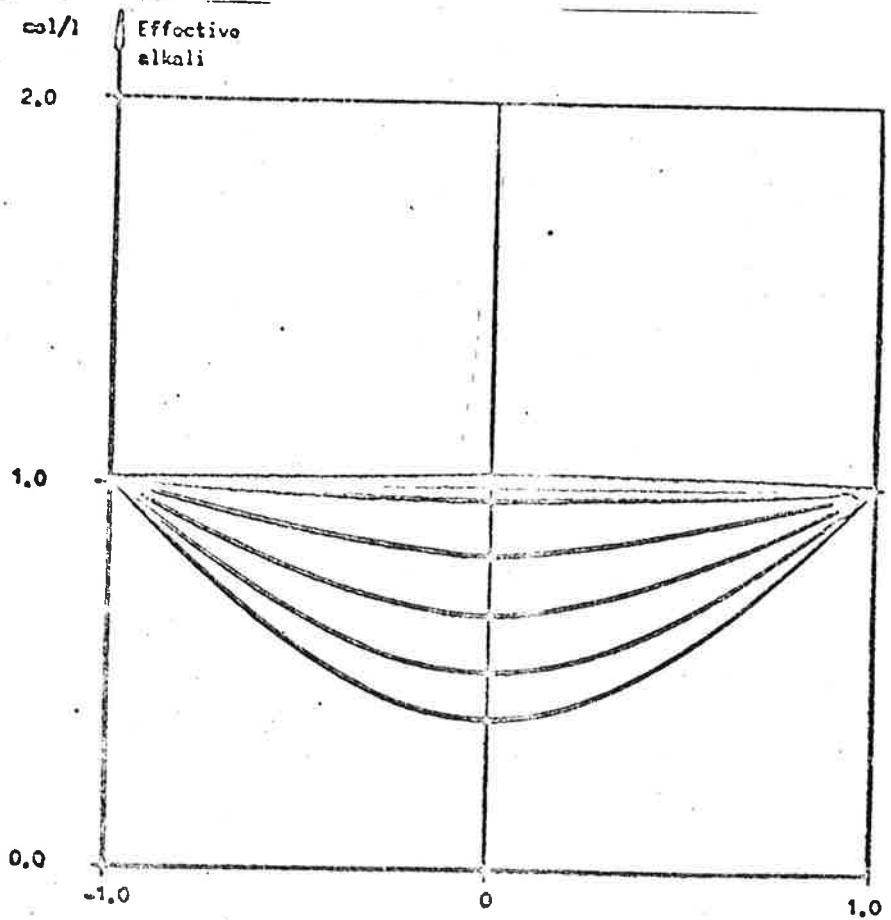


Figure 18. The distribution within chips of 2(1)8 mm thickness after 1537 seconds.

Fig. 9

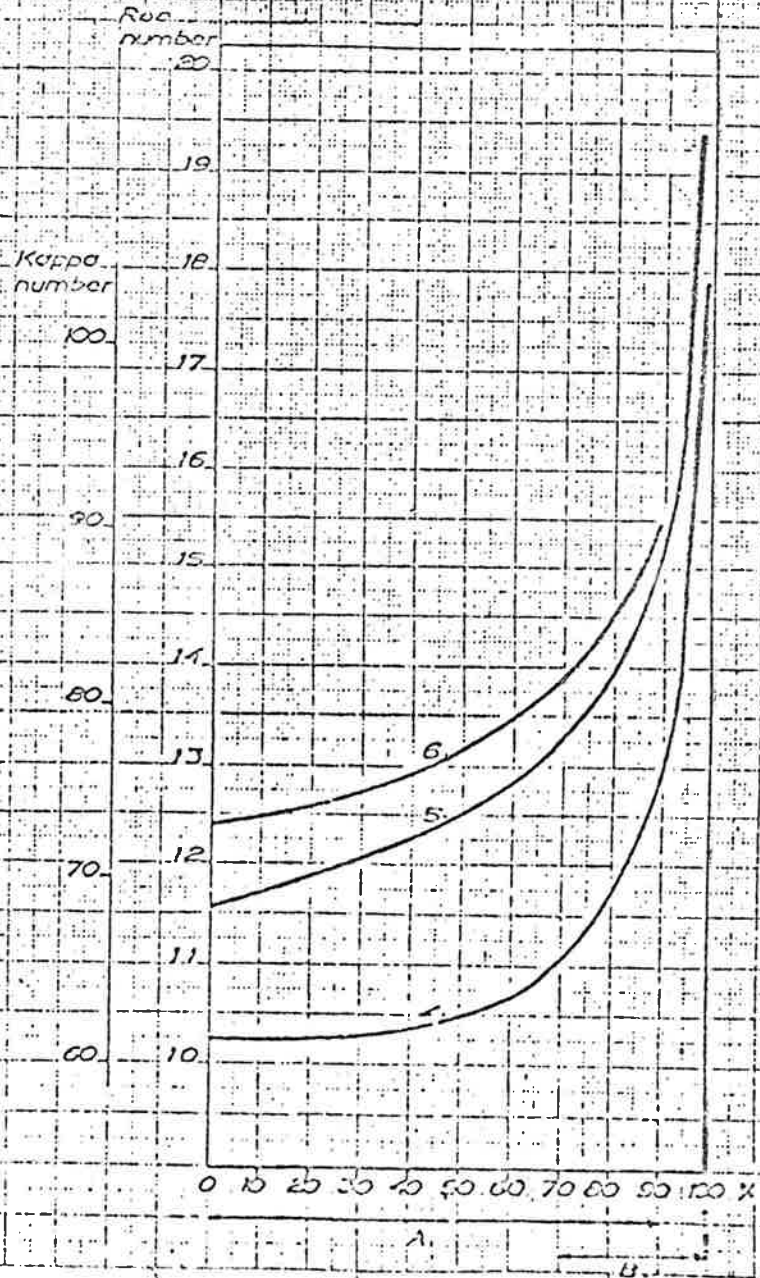
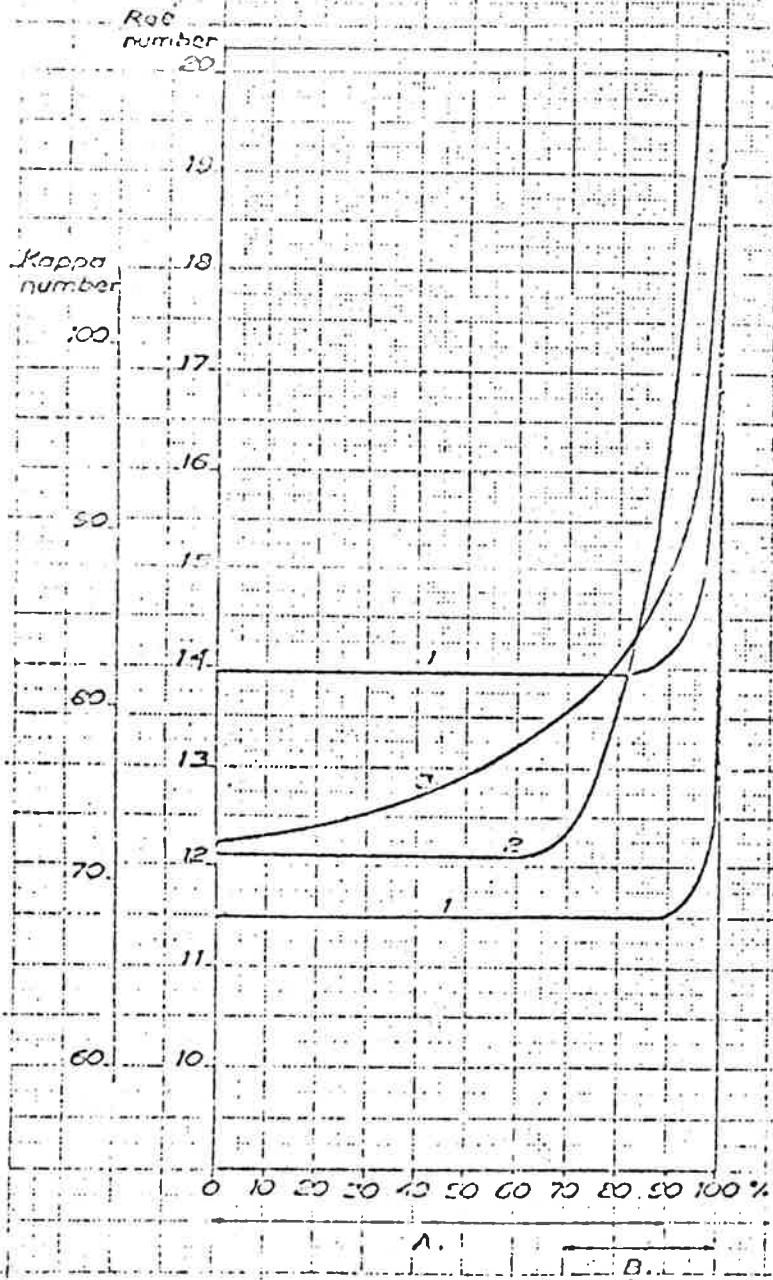
Tabell 1 - Reaktionshastighet

Tempera- tur °C	Pulser/ h	Tempera- tur °C	Pulser/ h	Tempera- tur °C	Pulser/ h
100	1	130	25	160	401
101	1	131	28	161	435
102	1	132	31	162	471
103	1	133	34	163	511
104	2	134	37	164	563
105	2	135	41	165	610
106	2	136	45	166	661
107	2	137	49	167	716
108	2	138	54	168	777
109	3	139	60	169	855
110	3	140	66	170	927
111	3	141	73	171	1005
112	4	142	79	172	1089
113	4	143	87	173	1180
114	5	144	96	174	1279
115	5	145	105	175	1387
116	6	146	114	176	1503
117	7	147	126	177	1629
118	7	148	138	178	1766
119	8	149	150	179	1914
120	9	150	165	180	2042
121	10	151	182	181	2213
122	11	152	197	182	2398
123	12	153	217	183	2600
124	14	154	236	184	2818
125	15	155	260	185	3054
126	17	156	281	186	3258
127	18	157	305	187	3531
128	20	158	336	188	3827
129	22	159	364	189	4092

Fig. 10

Homogeneity testing on high yield liner base pulp by a fractionating calibration technique

FIGURE 1



F 20. 11

Den jording massans homogenitet (i Røe-tal)

Försök med H-faktorstyrning
i Wifstavarfs sulfatfabrik.

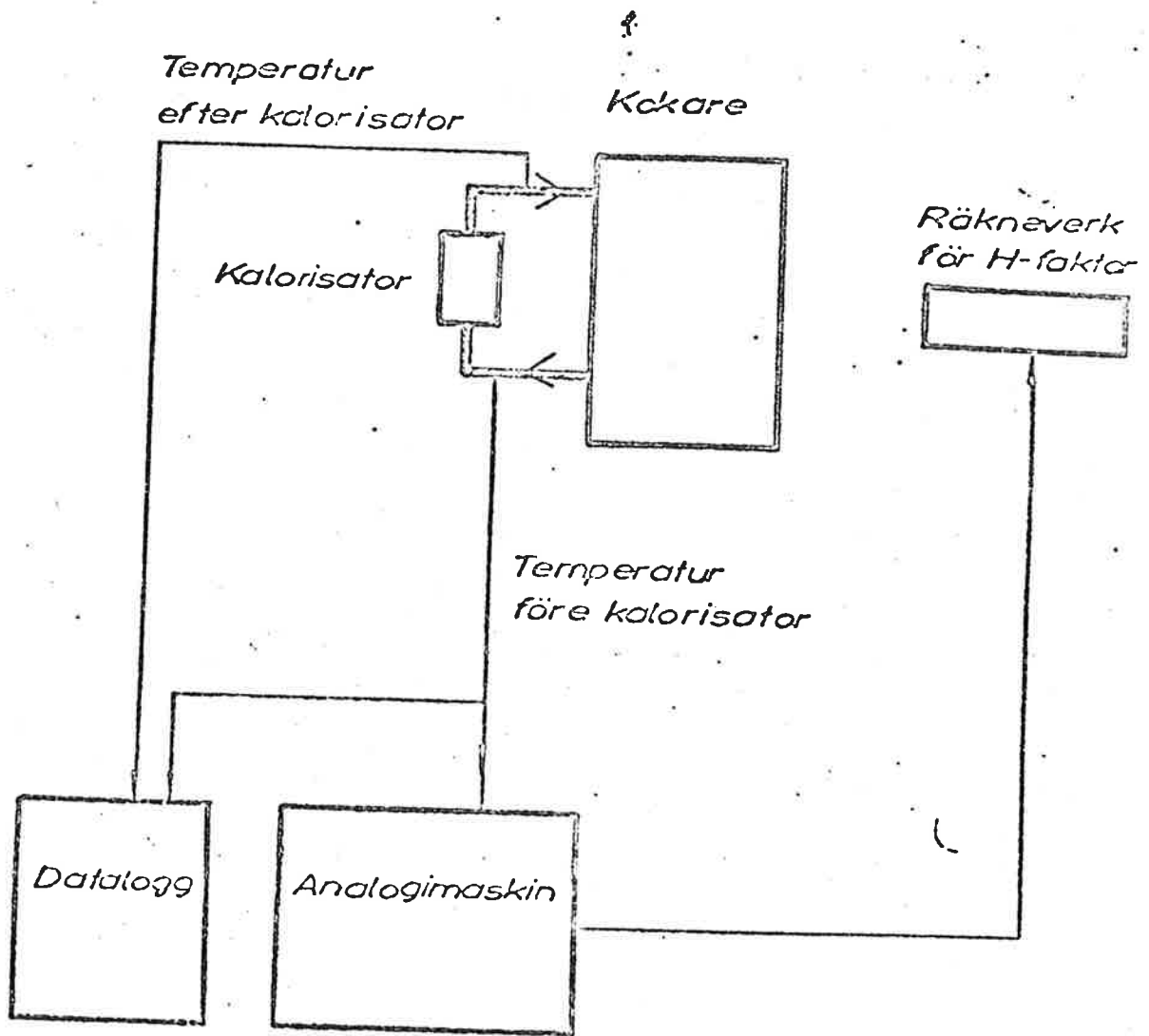


Fig. 12

"MÄTPROBLEM OCH GIVARUTVECKLING INOM
PAPPERS - OCH MASSA INDUSTRIEN

1972-10-13

DOC. LENNART ERIKSSON

STFI

Allmänt om STFI

- omsättning \approx 25 milj / år
- 300 anställda varav \approx 125 akademiker
- \approx 100 projekt / år

STFI är uppdelad på 8 avdelningar varav fysikavdelningen sysslar med:

- mät- och instrumentteknik
- regler-teknik
- produktionsstyrning, planering
- fysikalisk kemi

Olika typer av projekt som omivs:

- utbyteshöjning
- bättre kvalite
- karakterisering av papper
- produktanvändning
- system- och mätteknik

Allmänt om givare

Det finns inom pappersindustrin givare av de flesta slag. Dessa kan indelas i två huvudgrupper

- kvantitetsgivare : temp., flöde, nivå (t.ex)
- kvalitetsgivare : t.ex. gtvikt, fukt, ljushet, koncentrationer

Av dessa är det kvalitetsgivarna som orsakar de största bekymren. I kravet på givarna ingår också att de skall kunna avläsas med viss sample. För kvalitetsgivare från 1991/sek \sim 1990/dygn. Följande passage tider för olika delar av processen ger en uppfattning om vilka tider det rör sig om.

	timmar
kokare (kontinuerlig)	5
— " — (diskontinuerlig)	2.5
Trätt	1
Siteri	0.1
Blekeri	8
Målderi	0.5
Pappersmaskinen	0.05

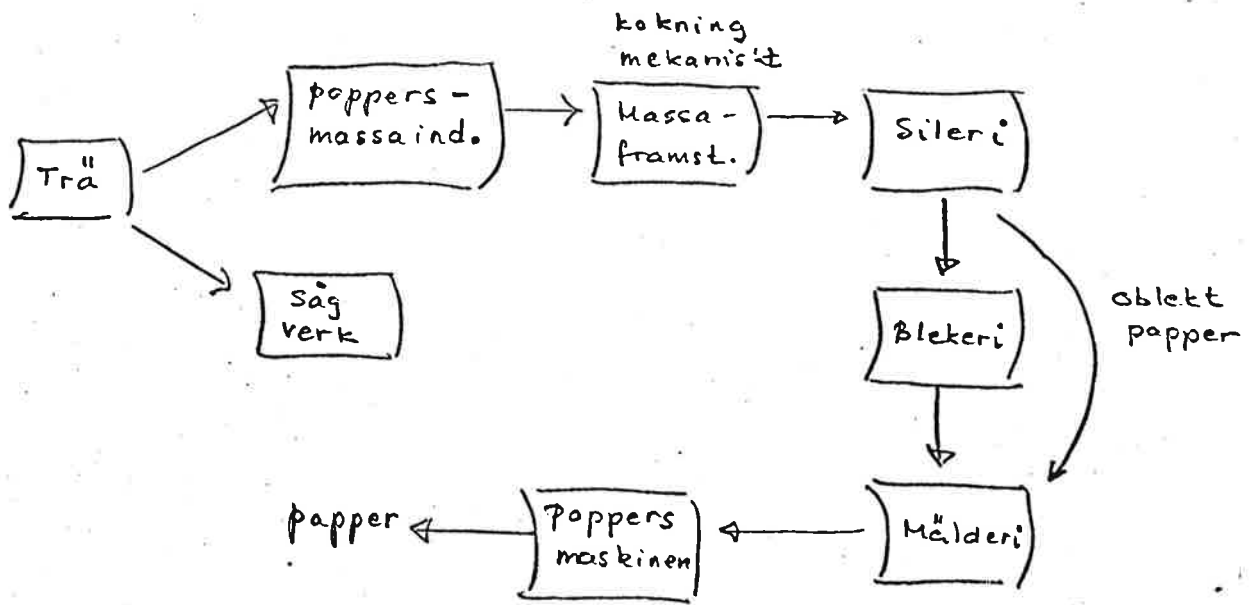
OBS. finns delprocessor (t.ex. i kokaren) som är betydligt snabbare.

Sågrerk

Mätning av

- dimensioner (lätt)
- fukt (olöst problem)

Allmänt om processen



Massa framställning

Genom kokning eller mekanisk påverkan. Bindemedlet (Lignin) i fibrerna skall lösas upp.

Sileri

Större partiklar eller spetar tas bort ur massan (kan orsaka t.ex. banbrott senare)

Blekeri

Bleker pappret

Målder

Fibrerna gnuggas mekaniskt mot varandra. Det är här papprets egenskaper i huvudsak bestäms

Ölika typer av mätproblem

- i kokare : flis- fukt mätning , alkali analys
- i blekeri : koncentrationer, flöden

Massa kokning

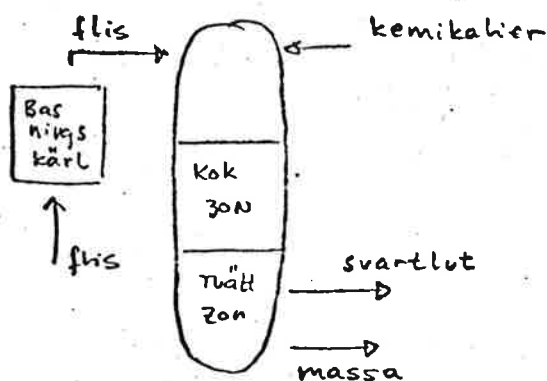
Finns två olika slag

- kontinuerlig kokning flis och kemikalier tillsätts hela tiden
- diskontinuerlig kokning all flis och kemikalier tillsätts på en gång

Dessutom skiljer man på

- sulfat kok (dominerande)
- sulfit kok (sjunkande andel)

kontinuerlig kokning



basningskärl har till uppgift att driva ut luft ur flisen (upphetning med ånga)

Svartluten tas till vara och kemikalierna återvinns.

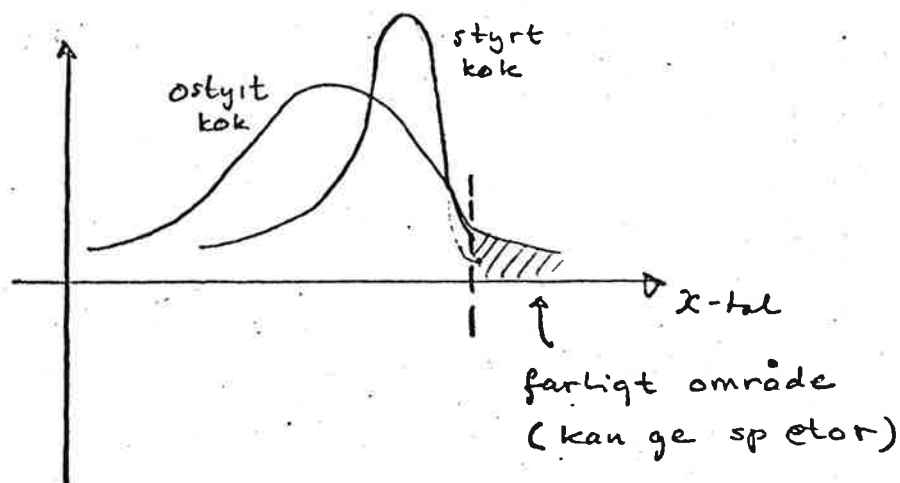
Kokningens uppgift är att lösa ut bindningarna (lignin) och frilägga fibrer.

Mängden kvarvarande lignin brukar noteras i K-tal

Önskvärda egenskaper hos koket:

- jämn ligninhalt
- så hög ligninhalt som möjligt (mindre förlust av råvara)

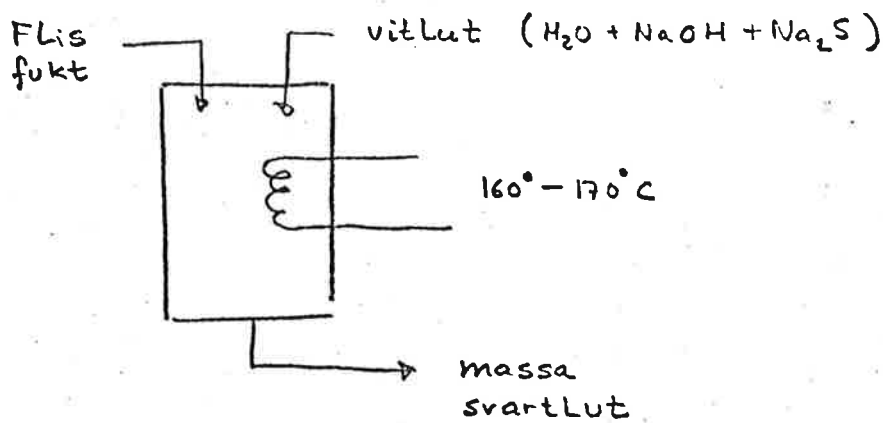
Ostyrt kok ger stora variationer i K-tal. Ett kok som har högt K-tal innehåller mycket spetar vilket kan ge problem senare i processen (t.ex. banbrott)



genom stynningen fås mindre variationer i K-tal och högre ligninhalt kan tillåtas.
Dvs

- bättre utbyte av råvara
- mindre kemikalieförbrukning i efterkommande processer.

Diskontinuerligt kok



Ur svartluten återvinner man $NaOH$ och Na_2S (Na dyr)

kokets längd är c:a 2-3 tim.

I lösningen finns joner



OH^- -jonerna tränger in i fibrerna och binder ligninet.

Mängden kvarvarande lignin bestäms av

$$\frac{dL}{dt} = -kCA e^{-\frac{E}{RT}}$$

där k = mängden kvarvarande lignin.

C = hydroxid jon konc

A = hastighets konst.

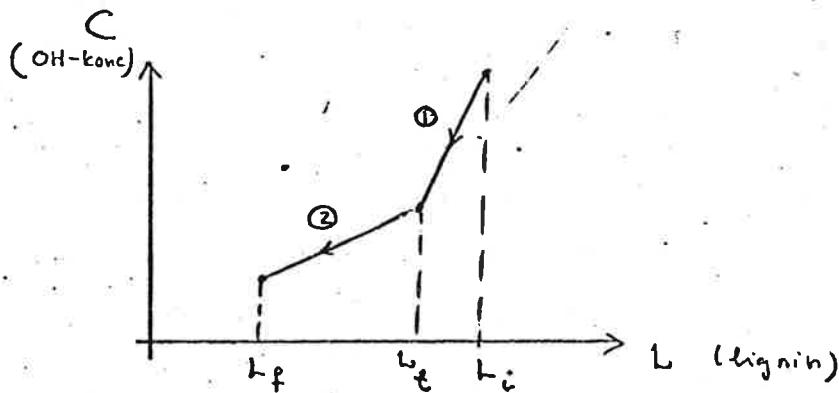
T = temperatur

t = tid

Vid Satsvis kok så gäller $C = C(L)$. Integration ger då

$$- \int_{L_1}^{L_f} \frac{dL}{C(L)L} = \int_0^t A e^{-E/RT} dt \quad (*)$$

Relationen $C = C(L)$ för satsvis kok



- ① vid låg temp. Det mesta av OH-jonerna går åt för att fälla ut andra kolhydrater i vatten, lite Lignin faller ut
- ② vid hög temp. Den mesta ligninfällningen sker här

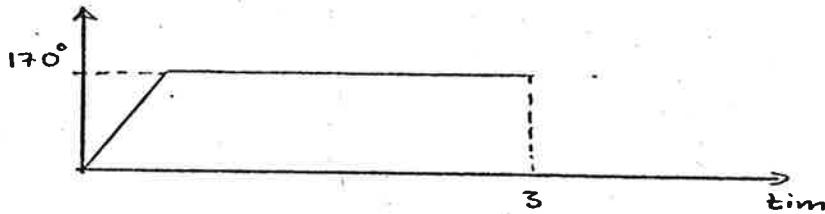
För olika initialvärden för koket får endast parallell förskjutning av kurvan ovan. Knycken kommer vid samma värde på L

Betrakta (*). För att styra koket till önskat L_f måste alltid mätas:

- Temperatur
- Tid
- Alkali från början
- Lignin från början

Temperatur mätning

sker via cirkulationsledning (stora mekaniska krafter inuti kokaren). Typisk temp-tid cykel under kok:



1% fel i temperatur \Rightarrow variation i 4 K-tal i Ligninhalt

Kravet på ligninhalten är ± 2 K-tal

Detta ger höga precisionskrav på temp. mätning
(helst $\leq \pm 0.5^\circ\text{C}$)

Ligninhalt från början

Ligninhalt i veden varierar ej speciellt

Vägning av inkommande material ger då

torr flis + fukt. Fukthalten måste bestämmas.

Hydroxyl konc. i lut

Mäts ofta på lab. Blandas emellertid

ut med vätska i veden. Fukthalten måste alltså bestämmas.

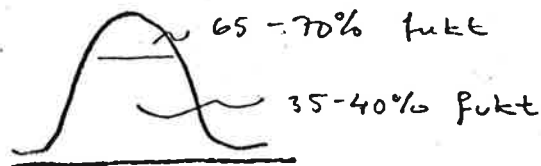
Flis-fukt mätning

Tänkbara metoder

1. Torka och väg
2. Resistiva mätningar
3. Kapacitans - " -
4. Mikrovågor
5. IR-mätning
6. γ , n - strålning
7. NMR
8. Indirekta metoder (t.ex. anghäls i bärningskör-L)
9. Volym-vikt mätning

Krav på fukt mätning $\leq 1\%$ (ger ~ 1 K-tal)

Desutom stora variationer i flishögen:



Torka och väg

Laboratorie metod (för långsam)

Resistiva metoder

Lednings förmågan beror av mängden vatten.

Dock ej bra ty starkt temperatur beroende

Kapacitans mätningar

Går hyggligt. Dock samma bekymmer som

ovan d.v.s dielektricitetskonstanten temp. beroende.

Mikrovågor

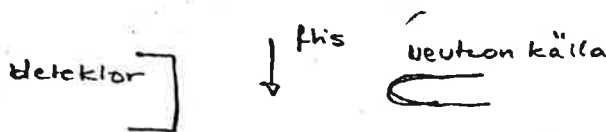
Bekymmer: frusen flis

IR-mätning

Förkostlig då IR-strålarna bara tränger in
c:a 1/10 mm i flisen (vi har stora fuktgradienter)

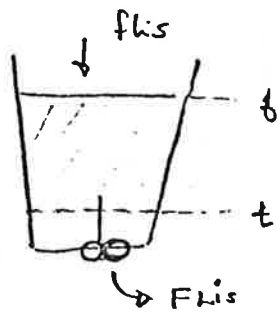
Radioaktiva metoder

Går fel, bra men är dyrt ($\approx 50\,000 - 100\,000$ kr)
kombination av γ -strålar och n-strålning.
Vatten i flisen modererar neutronerna
som bromsas ned snabbt. Antalet långsamma
neutroner som når detektorn är då
ett mått på mängden protoner
i omgivningen dvs indirekt mått på
mängden fukt. (tyvärr finns också protoner
i cellulosan). För att kompensera
för täthetsgraden användes γ -strålning
som är känslig för tätheten



Volym - viktsmätning

Tar in flis i en behållare. Flisen utmätas ur behållaren med skovel enligt fig



väger dels vid nivå f och dels vid nivå t

Total vikt fuklig flis blir $m_f - m_t$.

Flisens torra vikt ges av

$$W = R \cdot t \cdot v \cdot p \cdot g$$

där R = varvtal

t = tid

v = volym/skovel

p = packningsgrad

g = täthet hos torr flis

Fuktheten ges då av

$$\frac{(m_f - m_t) - W}{m_f - m_t}$$

Ger fuktheten relativt noggrant $\sim \pm 0.5\%$

NMR (kärnmagnetisk resonans teknik)

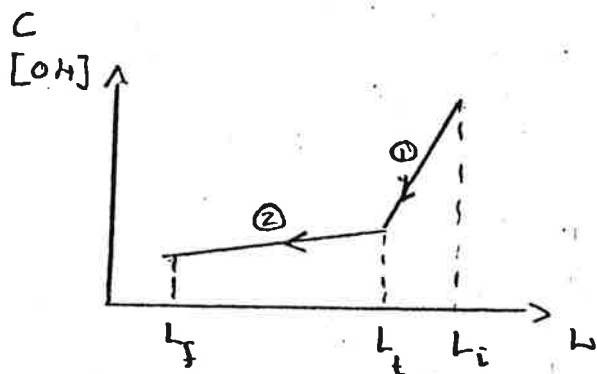
Mycket exakt men ännu ej tillämpbar för processbruk.

"
Över ett magnet fält läggs ett radio frekvens fält som "exciterar" protonerna och får dem att stå och vippa. Absorberad energi är ett mått på antalet protoner i fliscu dvs på mängden fukt.

Problem: åstadkomma homogent magnet fält.

Alkali analys

Betrakta kurvan $C = C(L)$ igen



① är snabbt förlopp. Vi vill mäta någon gång på linjen ② för att kunna styra koket till önskat slutvärde

Två mätprinciper

1. Lednings förmåga σ
2. PH-mätning

krav på mätningen

$[OH^-]$ mätes i $\% / e$. Variation på $1\% / e$ motsvarar variation i ligninidhalt på $\sim 2 K$ -tal. Normalt sätts $10-20\% / e$. Mätningen bör vara bättre än 5% för att vi skall vara nöjda

ledningsförmåga σ

σ mät. på antalet joner i lösning därmed indirekt på $[OH^-]$ -konc.

metod 1

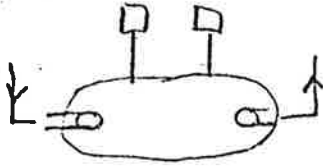


två elektroder; ström och spänning mätes vilket ger ledningsförmåga

bekymmer: utfällning på elektroderna; kontaktpotentialer, σ beror av temp. (driver $2\% / grad$)

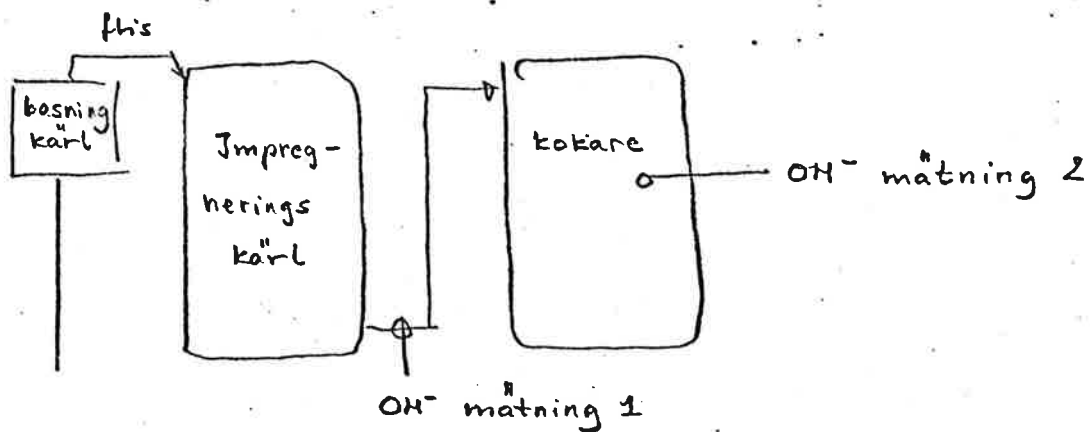
kontaktpotentialer kan elimineras genom mätning vid hög frekvens $\sim 1 kHz$

metod 2

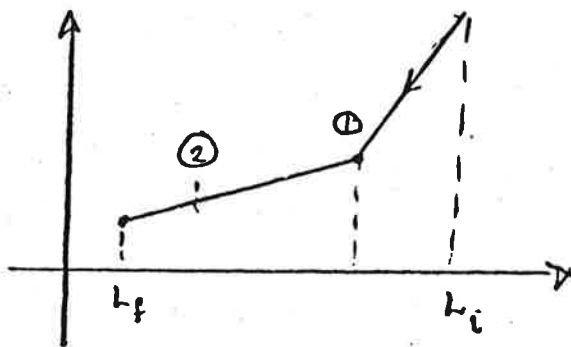


ett extra elektrodpar som placerats så att de inte drar någon ström; därmed elimineras kontakt potentialer; strömmen styrs så att spänningen mellan de extra elektroderna är konstant. Fungerar bra (≈ 4000 kr)

Exempel på hur OH^- mätning bör ske



Snabba fasen på kurvan $C(L)$ sker i impregneringskärl



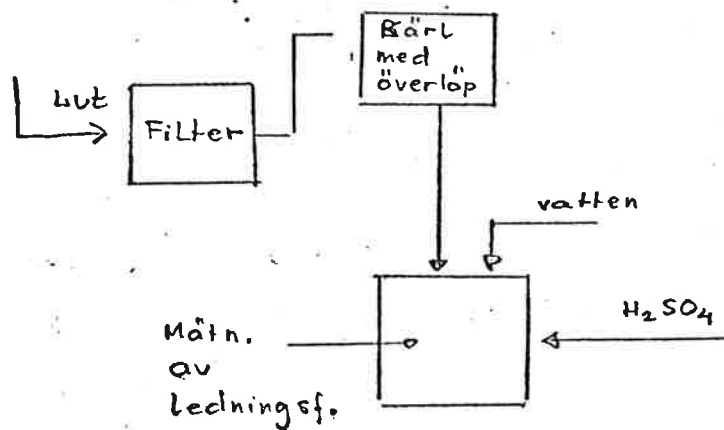
Vid OH^- mätning 1 befinner vi oss ganska säkert i punkten ① då resten fordrar

högre temperatur, vid OH-mätning 2
befinner vi oss närmare slutpunkten (2)
och kan styra in köket till önskat
slutvärde λ_f .

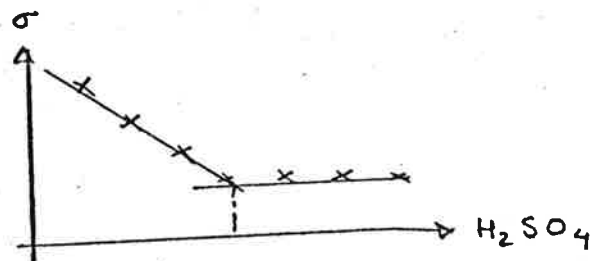
Metod 3 ; Titrerobot

ledningsförmåga kan också bestämmas
genom titrering; ASEA har utvecklat
ett automatiskt system för titrering,
en titrerrobot.

Principschema



Filtret tar bort fibrerna i luften.
Man tappar ut en bestämd volym i köket
och bestämmer ledningsförmåga. H_2SO_4
tillsättes och ledningsförmåga mötes igen.
Man får då punkter enligt figur



En dator anpassar två räta linjer och bestämmer skärningspunkten; dennas läge är ett mått på OH^- -konc.

Komplicerat och dyrt!

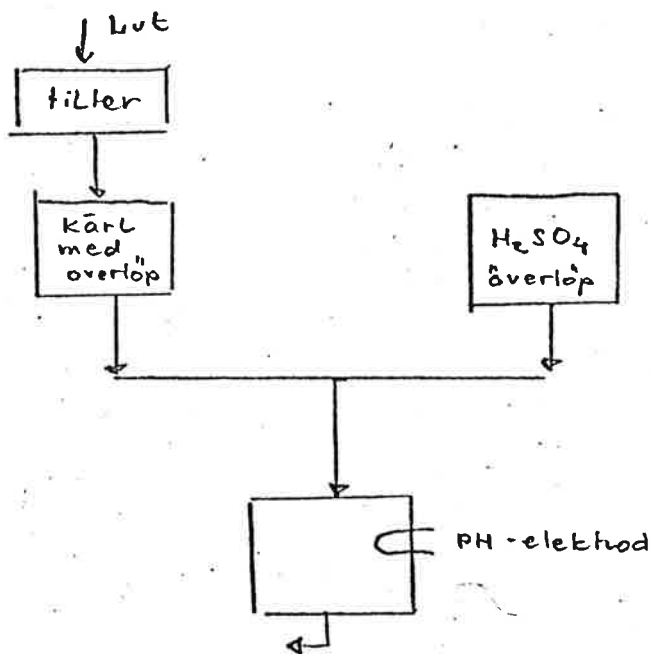
PH-baserade mätningar

Man utgår från att i vattenlösning gäller

$$[\text{H}^+][\text{OH}^-] = 10^{-14}$$

Genom att bestämma PH fås alltså $[\text{OH}^-]$

Elegant lösning:



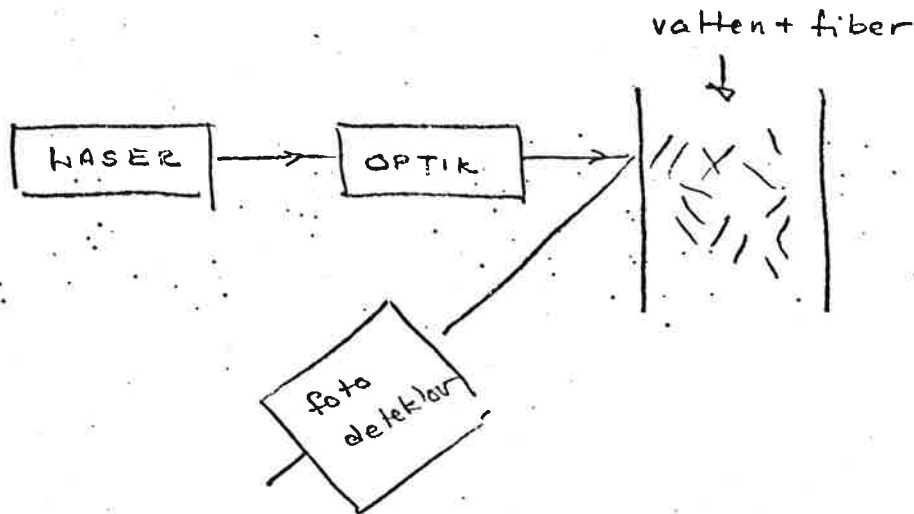
Genom att bestämma PH i nedre kärlet fås $[\text{OH}^-]$ i lut.

Fördelar: enkel, billig, fri från mekaniska delar

Fiberbestämning

Hela vägen från till pappersmaskinen gör man inga mätningar on-line som kan ovärdes för återkopplad styrning av processen.

För att bestämma fibrernas längd och bred kan man använda laserteknik



strålen har liten diameter. Ett fibersegment mätes i taget. Man kan visa att intensiteten hos de reflekterade ljuspunkterna är proportionell mot fibrernas bredd. Man mäter under 5-10 minuter för att få tillräcklig statistik $\sim 10^6$ fragment

Då man vet vattensuspensionens flöde och hastighet blir passage tiden för ett fragment ett mått på fibrernas längd

Typisk frekvenskurva:

Frågor som kan besvaras:

Vad händer med fibrernas utseende
i ett processsteg

Exempel Sileri

Exempel Slipning

Med denna metod har man möjlighet att
undersöka olika konstruktioner för ett
processsteg. Dessutom möjlighet att
styra

Övrigt

Man sysslar också på STFI bl.a. med utveck-
ling av mätinstrument för

- konc. i mald in till poppers maskinen
- konc. fiber i avloppsvatten (miljöföräds-
aspekten)