8604022

I

RAPPORT

Ingemar Palm, Rune Rydell

System för automatisk sönderdelning av okantade virkesstycken till ämnen - En förstudie över mekanisk utformning

---

System for Automatic Cutting of Unedged Pieces of Wood into Blanks - A Pilot Study of Mechanical Design

TräteknikCentrum
INSTITUTET FÖR TRÄTEKNISK FORSKNING

Ingemar Palm, konsult
Rune Rydell, TräteknikCentrum

SYSTEM FÖR AUTOMATISK SÖNDERDELNING AV OKANTADE VIRKESSTYCKEN TILL ÄMNEN

- En förstudie över mekanisk utformning (STU Dnr 81-5744)

System for Automatic Cutting of Unedged Pieces of Wood into Blanks
- A Pilot Study of Mechanical Design

TräteknikCentrum, Rapport I 8604022

Nyckelord

computerized processing systems
furniture
joinery
logs
machine design
machining
sawing
sawing patterns
sawmills
scanners

Stockholm april 1986

Rapporter från TräteknikCentrum är kompletta sammanställningar av forskningsresultat eller översikter, utvecklingar och studier. Publicerade rapporter betecknas med I eller P och numreras tillsammans med alla utgåvor från TräteknikCentrum i löpande följd.

Rapporter kan som regel beställas kostnadsfritt i ett exemplar av medlemsföretag. Ytterligare beställda exemplar faktureras.

Citat tillåtes om källan anges.

Reports issued by the Swedish Institute for Wood Technology Research comprise complete accounts for research results, or summaries, surveys and studies. Published reports bear the designation I or P and are numbered in consecutive order together with all the other publications from the Institute.

Member companies may generally order one copy of any report free of charge. A charge will be made for any further copies ordered.

Extracts from the text may be reproduced provided the source is acknowledged.

TräteknikCentrum betjänar de fem industrigrenarna sågverk, trämanufaktur (snickeri-, trähus-, möbel- och övrig träbearbetande industri), träfiberskivor, spånskivor och plywood. Ett avtal om forskning och utveckling mellan industrin och Styrelsen för Teknisk Utveckling (STU) utgör grunden för verksamheten som utförs med egna, samverkande och externa resurser. TräteknikCentrum har forskningsenheter, förutom i Stockholm, även i Jönköping och Skellefteå.

The Swedish Institute for Wood Technology Research serves the five branches of the industry: sawmills, manufacturing (joinery, wooden houses, furniture and other woodworking plants), fibre board, particle board and plywood. A research and development agreement between the industry and the Swedish National Board for Technical Development (STU) forms the basis for the Institute's activities. The Institute utilises its own resources as well as those of its collaborators and other outside bodies. Apart from Stockholm, research units are also located in Jönköping and Skellefteå.

I N N E H Å L L S F Ö R T E C K N I N G

	Sid
FÖRORD	3
SAMMANFATTNING	3
1. INLEDNING	4
2. DATA FÖR IN- OCH UTGÅENDE MATERIAL	5
Preliminära data	5
3. ALLMÄNT OM UPPDELNINGSMÖNSTER OCH SÖNDERDELNINGSPRINCIPER	6
4. ANLÄGGNING FÖR UPPSÅGNING ENLIGT PRINCIPER "KAPNING FÖRST"	13
1 Mottagardel för virkesstycken	15
2 Tvärtransportör med inmatare till längstransportören	15
3-5 Mätningsenhet	15
Sammanfattning av mätenhet	19
6 Mellantransportör 1	19
7 Kapningsenhet	20
Sammanfattning av kapningsenhet	29
8 Mellantransportör 2	29
9 Klyvningsenhet	29
10 Mottagar- och sorteringsenhet	39
5. ANLÄGGNING FÖR UPPSÅGNING ENLIGT PRINCIPEN "KLYVNING FÖRST"	39
6 Mellantransportör 1	39
7 Klyvningsenhet	41
8 Mellantransportör 2	41
8 Kapningsenhet	42
10 Mottagar- och sorteringsenhet	44
6. SLUTSATSER	44
7. SUMMARY	45

FÖRORD

Denna rapport är en del av slutredovisningen för projektet "Högutbytessågning". Detta projekt har finansierats dels av TräteknikCentrums ramprogrambudget, dels genom projektanslag från Styrelsen för Teknisk Utveckling (STU dnr 81-5744).

SAMMANFATTNING

Rapporten redovisar en förstudie beträffande mekanisk utformning av ett system för automatisk sönderdelning av okantade virkesstycken till ämnen för t ex snickeri- och möbeländamål. Arbetet ingår som en del i projektet "Högutbytessågning". I detta projekt utvecklas ett datorbaserat system med hjälp av vilket man bestämmer virkesstyckets form samt förekomst av kvistar och sprickor genom bildanalys. En specifikation över önskade ämnen kombineras sedan med resultatet av bildanalysen till ett värdemässigt optimalt sönderdelningsmönster.

Den här redovisade studien omfattar transporten av virkesstyckena genom bildbehandlingssystemet, maskiner för den efterföljande sönderdelningen samt något om omhändertagningen av ämnena.

Olika metoder för sönderdelningen analyseras, varvid cirkelsågklingor bedöms som lämpligast för att man skall nå den önskade hastigheten om ca 3 virkesstycken per minut.

Principiellt olika, mer eller mindre komplicerade, sönderdelningsmönster diskuteras med hänsyn till möjligheten att praktiskt genomföra uppdelningen. Två relativt enkla och renodlade sönderdelningsmönster behandlas mera ingående. I det ena fallet kapas virkesstycket först i ett antal kortare längder, vilka sedan går till en klyvsåg med flera ställbara klingor. I det andra klyvs virkesstycket först i smalare delar, vilka sedan kapas i önskade längder. Det förstnämnda systemet bedöms enklast att genomföra, men ämneslängder under ca 600 mm medför problem med fasthållning vid klyvningen. Det andra systemet blir mera komplicerat, främst beroende på svårighet att nå tillräcklig kapacitet vid kapningen.

1. INLEDNING

Det arbete som redovisas i denna rapport ingår som en del i projektet "Högutbytessågning".

Syftet med detta projekt är att ta fram ett automatiskt system för sönderdelning av okantade virkesstycken till ämnen för t ex snickeri- och möbeltillverkning.

Systemet kan kortfattat beskrivas enligt följande:

1. Bestämning av virkesstyckenas kontur och vankant samt angivelse av typ, storlek och läge av kvistar och sprickor genom datorbaserad bildanalys.

   Denna del av projektet har utförts av Institutionen för elektrisk mätteknik (Elmät) vid KTH.

2. En specifikation av de önskade ämnena (dimension, kvalitetskrav och pris) kombineras med resultatet av bildanalysen i punkt 1 till ett optimalt sönderdelningsmönster.

   Datorprogram för detta har utvecklats av Institutet för tillämpad matematik (ITM).

3. Uppsågning av ämnen i maskin som styrs av optimeringen enligt punkt 2.

Rapporten redovisar en analys av de mekaniska problem som är förknippade med sönderdelningen av ett virkesstycke i ett mer eller mindre komplicerat mönster av ämnen, samt en utvärdering av några olika tänkta tekniska lösningar för en maskinanläggning.

Arbetet har i första hand varit inriktat på lösningar för en automatisk anläggning, men kan givetvis även få tillämpning i helt eller delvis manuellt styrda system.

Studien har omfattat transport och fasthållning av de okantade virkesstyckena, sönderdelningstekniken samt något om sättet att ta hand om ämnena efter uppskärningen. Transport och fasthållning av virkesstyckena omfattar även transporten under mätningen eftersom denna är intimt kopplad till det fortsatta flödet genom anläggningen.

Studien har i de olika avsnitten i huvudsak omfattat följande moment även om rubrikerna inte alltid är direkt utsatta:

- Utformning av kravspecifikation för utrustning.
- Utvärdering av tillgänglig teknik.
- Utvärdering av tänkbar teknik.
- Förslag till teknikval.

2. DATA FÖR IN- OCH UTGÅENDE MATERIAL

För att man skall kunna utreda förutsättningarna för en utrustning avsedd för utskärning av ämnen ur okantade virkesstycken är en första förutsättning att ungefärligen veta storlek och form på de virkesstycken man utgår ifrån och de ämnen som man vill producera.

Då det gäller de okantade virkesstyckena finns max- och minlängder hos standardtimmer att utgå ifrån och ifråga om bredderna bör man räkna med att det är centrumutbytet från grövre stockar som används.

Då det gäller storlek och form på ämnen som man använder inom snickeribranschen, finns ett mycket stort sortiment. Här utgår vi ifrån att det endast är fråga om bitar av parallellepipedisk form och har dessutom satt max- och mingränser för längd och bredd.

Här följer en lista med data som t v används som riktvärden, men som senare kan behöva justeras på vissa punkter.

Preliminära data

Ingående material = okantade virkesstycken

Max längd	5500 mm
Min "	3100 "
Max tjocklek	75 "
Min "	25 "
Max bredd, okantad	600 "
Max " , kantad	500 "
Min " , kantad	125 "

Utgående material = ämnen

Max längd, vanligen	2200 mm
" , undantagsvis	5500 "
Min längd	500 "
Max bredd	125 "
Min "	25 "
Tolerans bredd	± 1 "
" längd	± 2 "

3. ALLMÄNT OM UPPDELNINGSMÖNSTER OCH SÖNDERDELNINGSPRINCIPER

Då det okantade virkesstycket passerat mätutrustningen och analyserats enligt punkt 1 och därefter optimeringsberäkningen utförts enligt punkt 2, föreligger ett förslag i datorn i form av koordinater som beskriver de linjer efter vilka de olika ämnena bör skäras ut.

Om man skulle tänka sig att dessa linjer vore utritade på virkesstycket, skulle de bilda ett rutmönster av mot varandra (i huvudsak) vinkelräta linjer, t ex enligt figur 1. Hur oregelbundet detta mönster än är skulle en person med en bandsåg kunna såga ut dessa ämnen genom att göra omväxlande längdsnitt och tvärsnitt i lämplig ordning, ibland helt igenom, ibland endast som instick, genom att vrida och förskjuta virkesstycket efter behov.

Att klara en sådan hantering av virkesstycket på automatisk väg är närmast orimligt, likaväl som att ha ett stillastående virkesstycke och ett skärande organ som kan manövreras och skära i alla dessa riktningar ungefär som en gasskärningsutrustning för plåt.

Det finns ytterligare en faktor som talar mot en sådan metod. Det har bedömts som önskvärt att en anläggning bör kunna klara ca tre virkesstycken i minuten. För att kunna uppnå detta måste flera snitt kunna utföras samtidigt, t ex parallella snitt i längsled.

För att inte alltför snabbt bli fastlåst i vissa tankebanor och helt glömma andra görs här ett försök att "hitta på" några olika uppdelningsmönster och försöka bedöma dessa både då det gäller möjligheten att uppnå ett gott optimeringsresultat och möjligheten att praktiskt verkställa sönderdelningen.

För att kunna bedöma möjligheten att utföra en viss uppdelning måste man ha en uppfattning om vilka skärande organ som kan tänkas komma till användning. I tabell 1 upptages ett antal mer eller mindre realistiska sådana. Förutom att de bör ha hög kapacitet samt ge ett smalt snitt med fin yta och god måttnoggrannhet måste de för klyvningen ha flera skärorgan som är individuellt ställbara i sidled. Vid kapningen måste man vara fri från stativdelar i matningsbanan.

I tabellen har gjorts ett försök att värdera vissa av egenskaperna med värden från 1 till 5 där 5 är bäst.

TABELL 1. Värdering av egenskaper hos olika sönderdelningsorgan.

Sönderdelningsorgan	Användbar för skärning längs	tvärs	runt hörn	Kapacitet	Ytfinhet	Måttnoggr	Spånförlust	Möjlighet för flera ställbara sönderdelningsorgan
Cirkelsåg	x	x		5	5	4	5	5
Bandsåg	x	x		5	5	4	5	3
Kedjesåg	?	x		4	3	3	2	-
Ramsåg	x			4	4	5	3	?
Sticksåg		x		3	4	2	4	-
Pinnfräs	x	x	x	1	2	4	1	?
Stråle (laser)	x	x	x	1	1	?	5	?

Även om denna värdering är ofullständig och grov bör man kunna dra följande slutsatser:

- att cirkelsågen är den klart mest realistiska i alla avseenden,
- att kedjesågen är användbar för kapning (har fördelar vid kapning av hela bredder),
- att bandsågen kanske är användbar vid både kapning och klyvning.

Dessa konstateranden måste komma med i bedömningen av följande tänkta alternativ. Figur 1 visar några principiellt olika uppdelningsmönster. De olika uppdelningsmönstren behandlas i det följande var för sig.

I figuren är virkesstyckenas bredd och avsmalning överdrivna i förhållande till längden. Längd- och breddskalorna är alltså olika.

Mönster 1a

Först utförs alla kapningar vinkelrätt mot virkesstyckets mittlinje. Därefter matas de avkapade bitarna vidare med bibehållen riktning genom de klyvande organen så att alla längdsnitt blir parallella med mittlinjen. Mellan de avkapade bitarna ska finnas tillräckligt utrymme för omställning av klyvorganen.

Fördelar:

1. Litet antal kapningar medför få stopp och hög matningshastighet.
2. Lätt att hålla i, styra och hålla reda på bitarna genom hela uppdelningen.
3. Lätt att anpassa till ytterkonturen, vilket främjar utbytet.
4. Kan klaras med konventionella kap- och klyvklingor.

Nackdelar:

1. Låst beträffande längder.
2. Kapsnitten blir mycket långa och kapning kan inte ske mot anhåll.

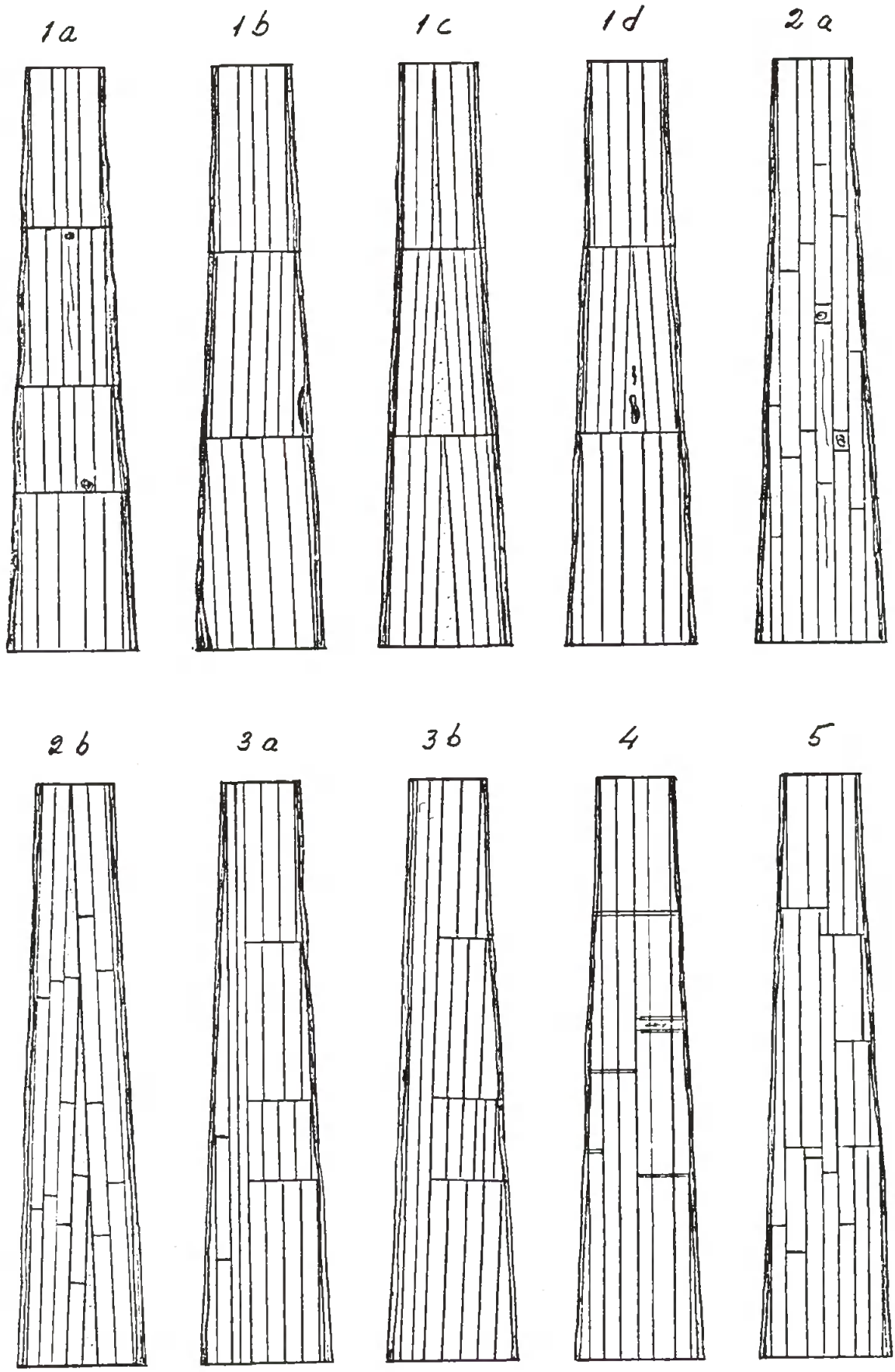
Mönster 1b

Först utförs alla kapningar vinkelrätt mot virkesstyckets mittlinje. Varje avkapad bit justeras därefter in på nytt så att bitens egen idealiska mittlinje sammanfaller med matningsriktningen genom klyvorganen.

Detta ger samma för- och nackdelar som för mönster 1a, utom fördel nr 2, med följande tillägg:

Fördelar:

1. Bör ge större utbyte i de fall virkesstyckena har kraftiga krokar eller större defekter på vissa ställen i kanten.



Figur 1. Exempel på uppdelningsmönster.

Nackdelar:

1. En extra inriktning av de avkapade bitarna erfordras. Den tar tid och blir säkert ganska komplicerad att utföra.

2. Ämnena blir snedsågade i ändarna.

Mönster 1c

Först utförs alla kapningar vinkelrätt mot virkesstyckets mittlinje. Därefter klyvs bitarna i två moment efter inriktning från först den ena och sedan från den andra vankanten.

Fördelar:

1. Litet antal kapningar är lika med fåtal stopp, jämför 1a.

2. Man utnyttjar på ett optimalt sätt kantvirket som är mest fritt från kvist och sprickor och spillet blir i huvudsak i virkesstyckets mitt.

3. Kan klaras med konventionella kap- och klyvklingor.

Nackdelar:

1. De avkapade bitarna måste riktas två gånger efter kapningen, vilket är en komplicerad procedur, och passera två klyvningsstationer. Svårigheter att hålla ihop lägen och data för bitarna.

2. Ämnena blir snedsågade i ändarna.

Mönster 1d

Detta är en blandning av mönster 1a och 1c, där endast vissa bitar klyvs utgående från de båda vankanterna om förlusterna p g a defekter i mitten därigenom kan bli mindre.

Eftersom detta är en blandning av två metoder blir situationen ännu mer komplicerad än 1c. Ökningen i utbyte torde dessutom vara minimal.

Mönster 2a

Hela virkesstycket klyvs först på längden. Därefter matas de utskurna ämnena efter varandra och i bestämd ordningsföljd in i en kap.

Fördelar:

1. Besvärande kvistar kan justeras bort med litet spill.

2. Lätt att klyva, eftersom inga korta bitar förekommer. Klyven behöver inte byggas så kompakt.

3. Kapningen kan utföras med bitarna styrda mot anhåll.

4. Smalare dimensioner att kapa.

5. Kan klaras med konventionella kap- och klyvklingor.

Nackdelar:

1. Det kan bli svårigheter att hantera och vid behov kapa de spetsiga strimlor som bildas i kanterna.

2. Stort antal kap, vilket är tidsödande. Kräver flera kapstationer.

3. Extra utrustning erfordras för att styra in bitarna efter varandra till kapningen. Ännu svårare om mer än en kapstation erfordras.

Mönster 2b

Hela virkesstycket klyvs på längden men detta sker genom inriktning först från den ena vankanten och därefter från den andra. Därefter matas de utskurna längderna efter varandra och i bestämd ordningsföljd in för kapning i två eller flera sidoställda kapverk.

Fördelar:

1. Man utnyttjar på ett optimalt sätt kantvirket som är mest fritt från kvist och sprickor medan det ofrånkomliga spillet (kilarna) blir i virkesstyckets mitt där de flesta defekterna också finns.

2. En del kvistar kan justeras med litet spill.

3. Lätt att klyva eftersom inga korta bitar förekommer.

4. Kapningen kan utföras med bitarna styrda mot anhåll.

5. Genom avsaknad av kilar i kanterna blir den fortsatta hanteringen (inmatning till kapenheterna) enklare.

6. Smala dimensioner att kapa.

7. Kan klaras med konventionella kap- och klyvklingor.

Nackdelar:

1. Virkesstycket måste riktas in två gånger under klyvningsoperationen, vilket blir relativt komplicerat.

2. Troligen svårare att optimeringsberäkna samt att hålla ihop lägen och data för bitarna.

3. Vissa ämnen blir snedsågade i ändarna.

Mönster 3a

Detta är ett specialfall som innebär att man kan ta ut ämnen i full virkesstyckslängd, d v s betydligt längre än den maximala längd som antagits för ämnena, och att återstoden uppdelas enligt mönster la.

Detta bör kunna genomföras i samma anläggning som för la, där man först matar förbi kapen och skär ut de långa längderna varefter resterande virkesstycke förs tillbaka och hanteras som vid mönster la.

Fördelar:

1. Hela längder kan tas ut ur ett virkesstycke där endast en del av bredden duger för detta ändamål.

Nackdelar:

1. Resterande del måste transporteras tillbaka och vid inmatningen riktas efter den rensågade kanten istället för efter mittlinjen.

2. Det kan bli svårigheter att hantera den spetsiga biten till vänster.

Mönster 3b

De långa längderna läggs utmed kanten så att inga restpartier bildas utanför dessa. I övrigt lika med mönster 3a.

Fördelar:

1. Ingen spetsig bit att ta vara på till vänster.

Nackdelar:

1. Något snedfibriga bitar till höger.

I de hittills behandlade exemplen har fullständiga, d v s genomgående snitt tagits först i en riktning och sedan i en annan. Som nämndes tidigare skulle en uppskärning i ett mönster där man ständigt måste växla snittriktning (90°), och där många snitt endast går in en bit i plankan inte klaras automatiskt med rimliga medel.

Ett mindre antal ej genomgående snitt tvärs virkesstyckets längdaxel, skulle förmodligen kunna utföras. Även om vi f n inte kan se någon större möjlighet att tillämpa ett sådant förfarande tar vi dock upp ett exempel för att inte helt glömma tanken.

Mönster 4

Först görs ett antal tvärsnitt som går in mer eller mindre djupt i virkesstycket. Man måste kanske räkna med att något snitt går helt igenom. Därefter görs den slutliga uppdelningen genom klyvning.

Fördelar:

1. Virkesstycket håller ihop till en lättstyrd enhet även efter de första snitten.

2. Man har större valfrihet ifråga om längder än i mönster 1a.

Nackdelar:

1. Svårt göra snitt som slutar på exakt rätt ställe.

2. Vissa begränsningar i mönstret. Kan t ex inte göra kortare bitar i mitten än på sidorna.

Mönster 5

Ett lapptäcke som utgör ett exempel på hur det kanske skulle kunna se ut vid en mycket fri uppdelning där inga eller nästan inga krav finns på ordningsföljd mellan längs- och tvärsnitt.

Fördelar:

1. Borde rimligen ge det största utbytet.

Nackdelar:

1. Sågklingor eller blad kan inte användas.

2. Måste i huvudsak ta ett skär i sänder, vilket skulle ge låg kapacitet.

3. Svårt att styra och hålla reda på både virkesstycke, bitar och skärdon.

Undersökningen av de olika uppdelningsmönstren visar att man vid samtliga utom nr 5 och med tvekan nr 4 skulle kunna klara uppskärningen med cirkelsågklingor. Eftersom mönster nr 5 måste betraktas som orealistiskt kan man inrikta det fortsatta arbetet på att försöka finna lösningar för uppskärningen som bygger enbart på cirkelsågklingor. Detta är ett viktigt konstaterande eftersom klingor är de enklaste, billigaste och minst utrymmeskrävande skärverktyg som finns för närvarande. Detta innebär också att man fr o m nu kan kalla sönderdelningen för sågning.

En uppsågning av de okantade virkesstyckena enligt mönster 1a och 2a är lättast. Uppsågning enligt övriga mönster, utom de slopade 4 och 5, bör kunna ske i ungefär samma klinguppsättning. Skillnaden är där en betydligt krångligare inriktnings- och hanteringsprocess.

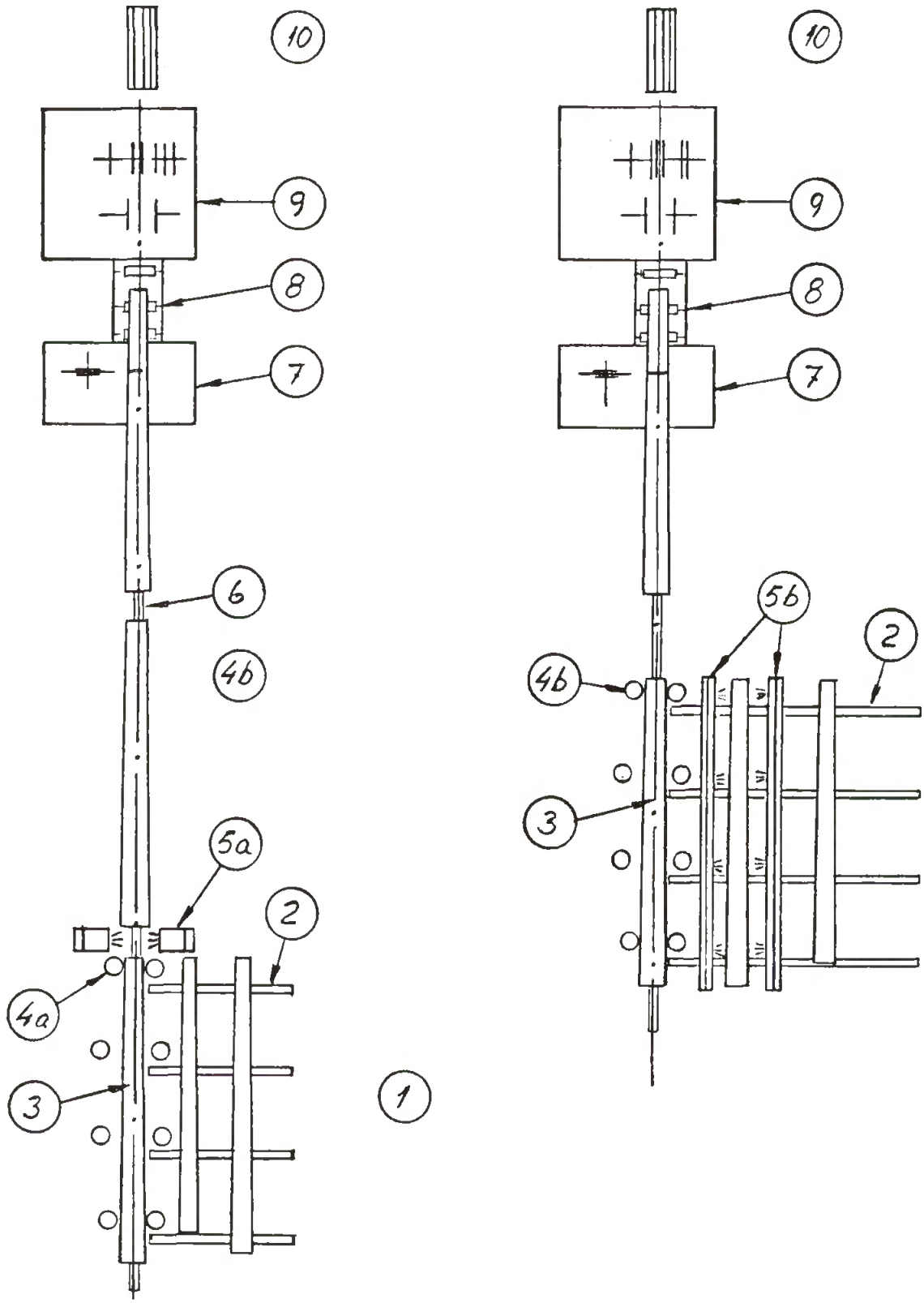
Det fortsatta arbetet inriktas på att försöka finna lösningar på uppsågningsanläggningar som kan arbeta enligt mönstren 1a och 2a, d v s principiellt "kapning först, klyvning sedan" respektive "klyvning först, kapning sedan".

4. ANLÄGGNING FÖR UPPSÅGNING ENLIGT PRINCIPEN "KAPNING FÖRST"

Figur 2 visar till vänster en grov layout på en tänkbar anläggning för uppsågning med kapning först, och därefter klyvning. Virkesstycket transporteras i längsled under mätningsförloppet. Till höger i figuren visas en variant där virkesstycket mäts under transport på tvären.

1. Mottagardel för virkesstycken.
2. Tvärtransportör med inmatare till längstransportören.
3. Längstransportör.
4a. Centreringsdon före mätrampen.
4b. Mera kvalificerade centreringsdon efter mätrampen.
5a. Mätramp för mätning längs plankan.
5b. Lång mätramp för mätning tvärs plankan.
6. Mellantransportör 1.
7. Kapningsenhet.
8. Mellantransportör 2.
9. Klyvningsenhet.
10. Mottagar- och sorteringsenhet.

Dessa olika huvuddelar behandlas i fortsättningen var för sig.



Figur 2. Skiss över anläggning för uppsågning av okantade virkesstycken till ämnen enligt principen "kapning först". Siffrorna hänvisar till olika huvuddelar i anläggningen, se sid 13.

① Mottagardel för virkesstycken

Denna del ska i huvudsak ombesörja följande moment:

- Hålla lämpligt buffertlager.
- Ordna enstycksmatning i sidled.
- Vända virkesstyckena med vankanten uppåt.
- Utföra änddragning.
- Överföra virkesstyckena till inmatningstransportören.

Hur denna del ska byggas upp beror till stor del på om virkesstyckena från sågen kommer in paketlagda, t ex med truck, eller om de kommer in en och en i ett jämnt flöde. Det beror också på önskad grad av manuell betjäning.

Det finns fungerande anläggningar av flera olika typer för detta ändamål före automatkantverken i alla större sågverk. Därför behöver inget utredningsarbete ägnas åt denna del på det här stadiet, utan man kan anse att lösningar finns, som åtminstone kan tjäna som förebilder. Här kan behövas modifieringar p g a att virkesstyckena i genomsnitt är större och tyngre än de okantade sidobräder som faller vid fyrsågning.

② Tvärtransportör med inmatare till längstransportören

Transportören ska vara försedd med väntelägen så att virkesstyckena överförs en och en vid rätt tidpunkt till längstransportören ③. Vid mätning under tvärtransport ska detta ske före passagen under mätrampen ⑤b .

Även dessa anordningar finns vid dagens sågverk och kan t v lämnas utan avseende.

③-⑤ Mätningsenhet

Längstransportör ③, centreringsdon ④ och mätramp ⑤ behandlas samtidigt under den gemensamma benämningen Mätningsenhet.

Uppmätning av det okantade virkesstyckets form samt detektering av kvistars storlek, läge och typ samt sprickors storlek och läge ska ske med hjälp av datoriserad bildbehandling som utvecklats av Institutionen för elektrisk mätteknik vid KTH.

I den här delen av projektet gäller det att finna en lämplig anordning för inriktning, fasthållning och transport av virkesstycket under och efter mätningsförloppet.

De för mätningen nödvändiga komponenter som ska vara placerade intill matningsanordningen är lampor som belyser virkesstycket samt en eller flera kameror, lämpligen placerade ovanför virkesstycket, om man nöjer sig med att analysera endast splintsidan. Virkesstyckena ska passera under dessa kameror med lämplig hastighet på längden eller tvären.

Idag finns utrustningar av motsvarande slag av flera olika fabrikat för automatkantverk. Dessa är alla uppbyggda efter ungefär samma principer och

är driftsäkra. Här erfordras därför inget nytänkande utan det räcker med att plocka de bästa bitarna från olika håll av den beprövade tekniken och göra de anpassningar som kan behövas. Så erfordras t ex här något större noggrannhet under rörelsen eftersom större upplösning används vid mätningen.

Ovannämnda automatkantverk arbetar efter principen att kartlägga det okantade virkesstyckets form och inom dess gränser placera in den mest värdefulla rektangulära biten. En del kan även beakta kvistar och andra defekter. De arbetar efter två skilda principer på så sätt att uppmätningen sker medan virkesstycket förflyttas antingen längs eller tvärs förbi mätenheten som kan bestå av t ex kameror eller fotoceller.

a) Mätning under längsförflyttning

Då man mäter under längsförflyttning flyttas det okantade virkesstycket på tvären in i en längsgående transportör som vanligen består av en underliggande kedja samt ovanför liggande löprullar som trycker fast virkesstycket mot kedjan. Därigenom ändras inte virkesstyckets läge under påföljande förflyttning. Innan virkesstycket kläms fast mot transportörkedjan riktas det in genom att två armar rör sig symmetriskt mot varandra i vardera änden och ombesörjer att mittpunkten i de båda ändarna kommer mitt över transportörkedjan.

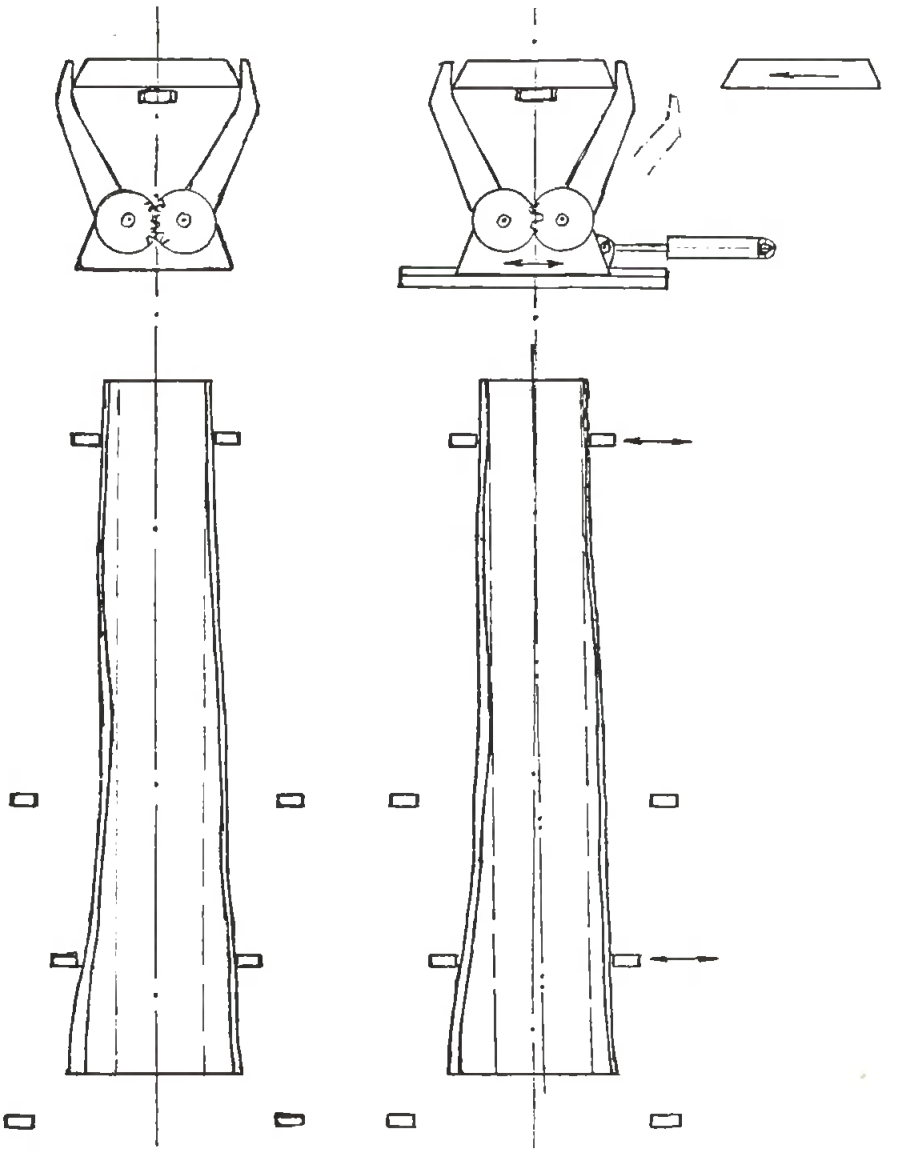
I detta läge matas virkesstycket förbi mätrampen som kan innehålla 1-3 mätgivare som registrerar koordinaterna för de yttre och inre vankanterna längs virkesstycket, varefter datorn räknar fram största volymmässiga eller största värdemässiga kantade virkesstycke som kan rymmas inom tillåtna vankanter och som är parallellt med den på detta sätt framkomna mittlinjen, d v s transportörkedjans riktning. Därefter matas virkesstycket vidare med samma läge in i kantverket.

Detta sätt att rikta in virkesstycket är inte helt korrekt. Men den uteslutna vridningen ger endast upphov till marginella utbytesförluster. Dels kan de kanter som centreringsdonen klämmer mot vara mycket oregelbundna eller trasiga, dels kan det vid osymmetriska och krokiga virkesstycken finnas möjlighet att inskriva en större rektangel i en annan riktning, d v s om virkesstycket vreds något i förhållande till transportörkedjans riktning. Då erfordras en ny korrigerande inriktning efter mätningen enligt mönster, men detta tillämpas inte. Denna fördel uppnås vid mätning enligt den andra metoden. En klar fördel med mätning under längsförflyttning är att mätning och kantning sker utan att virkesstycket omgreppas.

b) Mätning under tvärförflyttning

Enligt denna metod passerar virkesstyckena under mätrampen då de på tvären matas in över den längsgående transportören, som motsvarar den ovan beskrivna. De mätande organen måste då täcka in hela virkesstyckets längd. Om det t ex är kameror erfordras kanske tre eller fyra i bredd. Då virkesstyckena kommer in på längstransportören sker först en inriktning mellan centrerande armar på samma sätt som enligt metod a). Under tiden har datorn utgående från mätresultaten räknat fram bredd och läge för den absolut gynnsammaste rektangeln. Om dess riktning avviker från transportörkedjans riktning vrides virkesstycket genom centreringsdonen så att riktningarna sammanfaller. Därefter kläms det fast och matningen mot kantverket

startar. Figur 3 visar hur de mekaniska centreringsdonen kan se ut. De är symmetriskt styrda i förhållande till mittlinjen via kuggsegment. I längsled förekommer vanligen fyra par centreringsdon, ett par vid virkesstyckets toppände och tre par inom det område där virkesstyckets rotände kan komma att hamna beroende på längden. Det par väljes automatiskt som passar bäst in på respektive virkesstyckes längd.



Figur 3. Principer för mekaniska centreringsdon i automatkantverk.

Till vänster i figur 3 visas förhållandet vid mätning under längstransport. Plankan riktas in av de två paren centrerande armar, matas förbi mätdonen och sedan vidare in i kantverket med bibehållet läge. Den streckade rektangeln visar bredast möjliga bräda.

Till höger i figur 3 visas förhållandet då plankan mäts under tvärtransporten in till det angivna läget. Datorn kan då ha beräknat att det går att ta ut en något bredare bräda om den lägges något snett, d v s med en

annan centrumlinje än i fallet till vänster. Centreringsdonen förskjuts då i sidled så att denna idealiska centrumlinje blir parallell med transportörkedjans riktning.

Metod b) har några fördelar framför metod a). För det första bör utbytet bli något större. För det andra är det, genom tvärmatning under mätningen, lättare att ordna buffertar före och efter mätningen, som kan jämna ut ett ojämnt materialflöde. För det tredje blir en sådan anläggning kortare.

Följande utrustningar som representerar de två metoderna har studerats:

Mätning under längsmatning

Kockums Autopos:	1-3 mätramper i längsled, armar som centrerar.
Ahlströms ASY 600:	3 kameror i längsled, armar som centrerar.

Mätning under tvärmatning

Kockums Edgar:	Mäter via fotoceller var 100:e mm, armar som centrerar och därefter förflyttas i sidled.
Iggesunds Optiedger:	3 kameror i sidled, armar som centrerar och förflyttas i sidled.
SAAB kantautomat:	3 kameror i sidled. Ett mothåll plus en arm som anpassar planken i sidled.

Indikeringen av sprickor är mycket viktig, och eftersom sprickorna har mycket liten utsträckning i sidled erfordras en mycket hög upplösning för att uppfatta dem om de passerar mätrampen på tvären. Vi har därför i detta projekt valt att mäta under längstransport.

Hastighet under mätningsförloppet

Av de nämnda automatkantverken som mäter under längstransport anger Kockums en matningshastighet på 90-180 m/min och Ahlströms 150-225 m/min. Således en variation mellan 1,5 och 3,8 m/s. Denna hastighet är anpassad till kantverkens kapacitet för att få ett jämnt flöde.

Vid bedömning på KTH/Elmät har man kommit fram till att för den där utvecklade mätprincipen borde en matningshastighet på ca 1 m/s vara rimlig. Det är datorbehandlingen som utgör den hastighetsbegränsande faktorn. Denna hastighet ger genomloppstiden 5,5 s för en maximilängd.

Det är en målsättning att genom uppsågningsförloppet klara ett virkesstycke på 20 s i genomsnitt. Om genomflödet kunde ske jämnt och kontinuerligt skulle en hastighet på 0,4 - 0,5 m/s vara tillfyllest under mätningen. P g a att stopp kanske måste göras efter mätningen för optimeringsberäkningen, kan man behöva köra något snabbare under mätningsförloppet. Vi anser tills vidare att hastigheten ska kunna anpassas till ett värde inom intervallet 0,5 - 1,0 m/s.

Övriga krav på mättransportören

Plankan får inte röra sig alltför mycket och alltför snabbt i sidled under mätningen p g a glapp och vibrationer.

Vid KTH/Elmät har man uppskattat att vid långsamma rörelser i sidled kan rörelser på 1 mm accepteras.

Vid snabba rörelser kan kanske rörelser på 0,25 mm tolereras under tiden mellan två kamerasvep.

Avståndet mellan två svep är 2 mm och om matningshastigheten är 1 m/s erhålles $\frac{1000}{2}$ = 500 svep/s, d v s tiden mellan två svep är $\frac{1}{500}$ s.

Hastigheten i sidled blir då 0,25 : $\frac{1}{500}$ = 125 mm/s.

Om vi tänker oss att den kedja som driver plankan har delningen 1" gör kameran $\frac{25,4}{2}$ = 12,7 svep medan en länk och en kugg passerar. Det är troligt att svängningar är kopplade till länkarna och att de således är tillräckligt långsamma för att vara ofarliga. Detsamma torde gälla för hastighetsvariationen i längsled p g a polygoneffekten.

Sammanfattning av mätenhet

Sammanfattningsvis kan sägas att de mättransportörer med centreringsanordning som idag används vid automatkantning principiellt uppfyller kraven och kan tjäna som mönster. Kanske skulle någon kunna användas i befintligt skick. Möjligen kan de behöva korrigeras för att klara den maximala bredd som angivits till 600 mm i rotänden. Kockums anger 500 mm och Ahlströms 600 mm maximal bredd. Om ändringsbehovet blir alltför stort, kan en ny mättransportör byggas efter samma koncept.

6 Mellantransportör 1

Då det okantade virkesstycket passerat mätningsstationen och datorn räknat fram uppsågningsmönstret ska virkesstycket i orubbat läge matas vidare genom kapverket. Då virkesstyckena matas fram från mätenheten har de alla en jämn hastighet. Då de matas in i kapverket sker detta intermittent med stopp för varje kap, och antalet stopp beror på hur de ska uppdelas. Det måste kanske också ordnas så att kaptiden blir olika för olika bredder. Dessutom bör kapning kunna fortgå medan en annan planka ligger stilla i mätenheten för injustering. Transportören ska således styras både från mätutrustningen och kapverket och utformas så att virkesstyckena varken kolliderar med varandra eller kommer med alltför stora luckor. Troligen måste transportören bestå av två sektioner och blir troligen ganska lång.

Lösningen kan bli relativt komplicerad men är fullt möjlig och måste betraktas som en ren konstruktionsuppgift som inte behöver behandlas närmare på detta stadium.

⑦ Kapningsenhet

Antal kapsnitt per planka

Följande längder har tidigare antagits gälla:

Virkesstycke: L_{max} = 5500 mm
L_{min} = 3100 "

Ämne: L_{max} = 2200 "
L_{min} = 500 "

Detta ger följande extremvärden på antal möjliga bitar och kapsnitt om man räknar med ett justerkap i vardera änden.

5500 : 500 =	11	bitar,	vilket	ger	12	kapsnitt
5500 : 2200 =	3	"	"	"	4	"
3100 : 500 =	6	"	"	"	7	"
3100 : 2200 =	2	"	"	"	3	"

Helst bör korta virkesstycken undvikas då långa ger bättre möjlighet att välja ämnena. Troligen kommer de kortaste bitarna att bli begränsade till antalet, åtminstone i samma virkesstycke. Vi räknar därför i fortsättningen med att största antalet bitar blir 9 med 10 kapsnitt.

Kapsågen

I figur 2 anses kapenheten ⑦ vara av en typ som kapar ett snitt i sänder under intermittent framflyttning av virkesstycket.

Att utföra alla kapsnitt på en gång under tvärmatning skulle gå mycket snabbt, men i övrigt är denna metod så fylld av problem att den måste avskrivas.

Några exempel på svårigheter:

- att först övergå från längsmatning av virkesstycket under mätförloppet till tvärmatning med bibehållen riktning och sedan efter kapningen åter övergå till längsmatning av bitarna med bibehållen riktning och väl kontrollerat läge i sidled. (Här vore åtminstone första hälften enklare om mätningen skedde under tvärmatning, men detta alternativ har tidigare slopats av andra skäl),

- att bygga in ett tiotal klingor bredvid varandra, som snabbt ska kunna förflyttas tämligen långa sträckor i sidled,

- att ordna fasthållande organ nära intill varje klinga, som följer denna då den förflyttas, samt utrymme där klingan ska skära igenom oberoende av dess läge.

Av ovanstående följer att kapning bit för bit under matning i plankans längdriktning bör studeras som bästa alternativ.

Sågen ska vara en s k datorstyrd snabbsåg. Den ska automatiskt mata fram och kapa virkesstycket i de längder som framkommit vid datorns optimeringsberäkning och beslut om uppsågningsmönster.

Uppskattning av kaptider

Ansats 1:

Formatsågar klarar matningshastigheter på ca 22 m/min vid såghöjd 90 mm. Snittlängd på 400 mm ger då en kaptid på $\frac{0,4}{22} \times 60 = 1,1$ s.

Om ett returslag ska utföras och detta är något snabbare borde totala tiden kunna bli ca 2 s.

Ansats 2:

För WACO KS-300 anger man maximalt 50 slag/min vid dimension 75 x 300 mm. Utgående från 40 slag/min bör tiden för dimensionen 75 x 400 mm kunna bli $\frac{60}{40} \times \frac{400}{300} =$ 2 s per slag

Ansats 3:

Tysk såg av märket Paul tycks klara 75 x 1000 mm på 5 s. Detta bör för bredden 400 mm kunna proportioneras till $5 \times \frac{400}{1000} =$ 2 s per slag

Utgående från dessa ansatser verkar det rimligt att anta en kaptid på 2 s för ett snitt på 75 x 400 mm. Rotkap på 600 mm bredd tar då ca 3 s.

Uppskattning av genomloppstider

Matningshastigheten genom kapanordningen mellan kapen anges för

WACO KS-300	till	1 m/s
Paul 20 GE	"	≤2 "

Eftersom virkesstyckena kan vara ganska tunga och precisionen vid stoppen ska vara stor måste en hastighet på 1 m/s betraktas som ganska hög.

Med v = 1 m/s blir genomloppstiden utan stopp 5,5 s för en maximilängd och 3,1 s för en minimilängd. Vid varje kapställe har vi lagt till 0,5 s för retardation och 0,5 s för acceleration. I dessa tider beräknas även de marginaler ingå som erfordras för att inte klingan ska kollidera med en planka i rörelse.

Med ovan antagna värden på matningshastighet, genomsnittlig kaptid och tillägg för acceleration och retardation erhålls genomloppstiden som funktion av antalet kapade bitar för maximi- och minimilängd enligt tabell 2 på sid 22. Detta visar att tiderna är alltför långa. De bör ligga under 20 s i genomsnitt, eftersom målsättningen är att klara tre virkesstycken per minut och att de knappast kommer att löpa ände i ände.

Medellängden på virkesstycken som kommer från timmer i de grövre dimensionerna torde ligga nära 5 m. Minimilängden 3,1 m förekommer vanligtvis inte på normaltimmer utan man sätter gränsen vid 3,4 eller t o m 3,7 m.

Det är själva kapförloppet som tar längsta tiden. Kunde kaptiden sänkas till 1 s per snitt, skulle tiderna i tabell 3 erhållas. Längre fram behandlas möjligheten att ordna så att man inte behöver vänta på klingans returrörelse. Därigenom skulle kaptider på 1 s vara möjliga.

TABELL 2. Genomloppstid vid matningshastigheten 1 m/s. Kapningstid 2 s.

Virkes-styckets längd m	Antal bitar	Antal kap-snitt	Tid för matning s	Tid för acc + ret s	Tid för kapning s	Total tid s
5,5	3	4	5,5	4	8	17,5
"	5	6	"	6	12	23,5
"	7	8	"	8	16	29,5
"	9	10	"	10	20	35,5
3,1	2	3	3,1	3	6	12,1
"	4	5	"	5	10	18,1
"	5	6	"	6	12	21,1
"	6	7	"	7	14	24,1

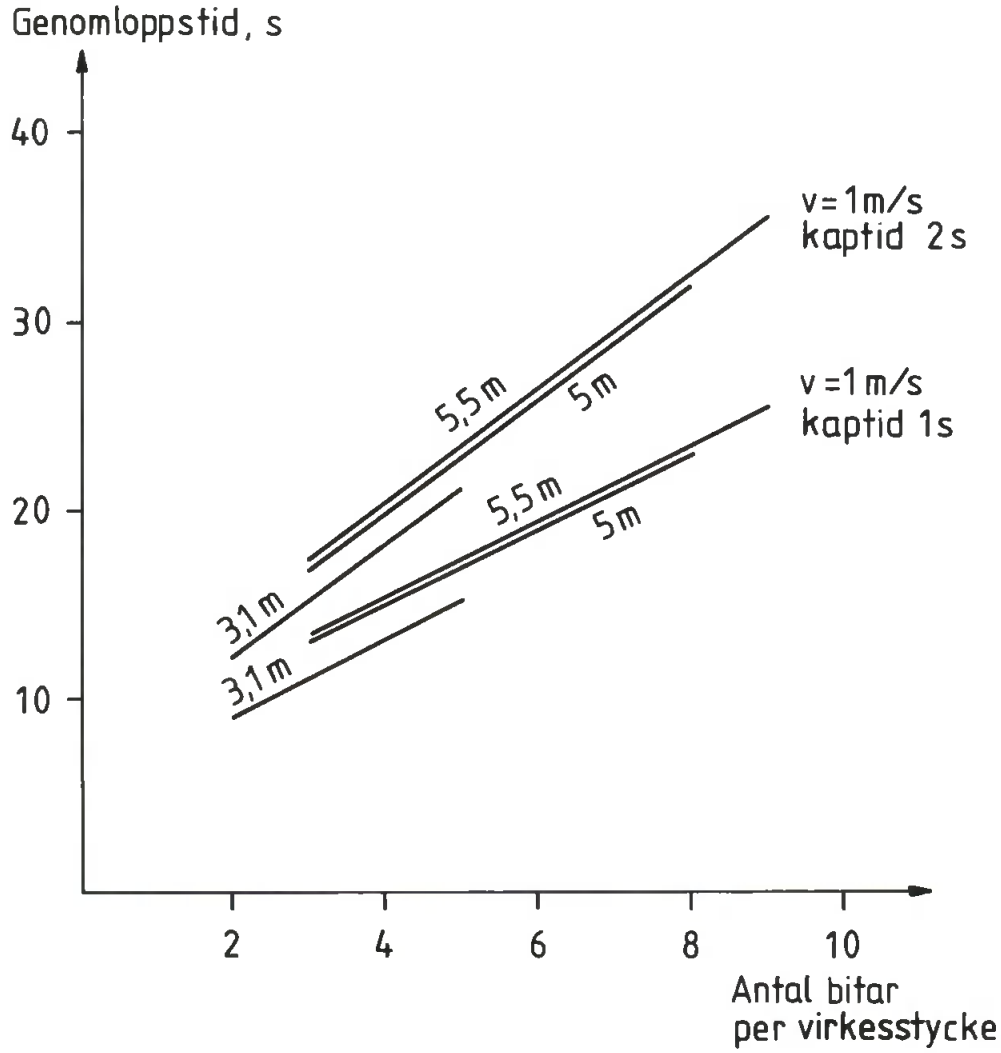
TABELL 3. Genomloppstid vid matningshastigheten 1 m/s. Kapningstid 1 s.

Virkes-styckets längd m	Antal bitar	Antal kap-snitt	Tid för matning s	Tid för acc + ret s	Tid för kapning s	Total tid s
5,5	3	4	5,5	4	4	13,5
"	5	6	"	6	6	17,5
"	7	8	"	8	8	21,5
"	9	10	"	10	10	25,5
3,1	2	3	3,1	3	3	9,1
"	4	5	"	5	5	13,1
"	5	6	"	6	6	15,1
"	6	7	"	7	7	17,1

Värdena ur tabellerna 2 och 3 har prickats in i diagrammet i figur 4. Linjer har också lagts in för den antagna medellängden på 5 m. Dessa ligger 0,5 s under linjerna för 5,5 m och slutar vid 8 bitar. Vid en kaptid på 1 s ligger linjen för 5 m-längden till större delen under 20 s. Medelvärdet ligger på 18 s. Dessa tider är alltså med knapp marginal acceptabla.

S k flygande kap bör också beröras. Klingan ska då följa virkesstycket i dess rörelse framåt under kapningsförloppet. Då kapet är klart ska klingan hinna tillbaka till utgångsläget innan nästa kapställe kommit dit. Antag att kaptiden tar 1,5 s, som är ett medelvärde mellan tidigare antagna värden, samt att klingans axiella rörelse tillbaka till utgångsläget tar 0,5 s. Då tar hela förloppet 2 s. Om virkesstyckets matningshastighet vore så låg som 0,3 m/s, vilket motsvarar 16,7 s för en planka på 5 m, skulle den hinna förflytta sig 600 mm innan kapen vore tillbaka. Till detta kommer vissa tillägg för acceleration och retardation samt nödvändiga marginaler.

En flygande kap hinner inte med, och då det utöver detta finns en del stora problem med en sådan, kan detta alternativ slopas.



Figur 4. Genomloppstiden vid kapning som funktion av antalet kapade bitar/virkesstycken.

Kravlista

De krav som måste ställas på kapenheten är i huvudsak följande:

1. Den ska klara stora bredder vid tjockleken 75 mm på virkesstycket. Justerkapsnitt på rotände kan vara 600 mm enligt antagna data.

2. Den ska vara så snabb att genomloppstiden per virkesstycke i genomsnitt understiger 20 s.

3. Den ska klara längdtoleranser på ± 2 mm.

4. Den ska ge god snittyta.

5. Den ska motta de på längstransportören centrerade plankorna och vidarebefordra de avkapade bitarna i orubbat läge.

6. Den ska klara avkapade längder på ner till 500 mm, vilket kräver matningsorgan som är tätt placerade och har ett säkert grepp.

7. Ett okantat virkesstycke kan inte styras mot anhåll, vilket ställer stora krav på hållförmågan under kapningen.

Befintliga snabbkapsågar

Det finns på marknaden ett ganska stort antal sågar som kallas snabbkapsågar, datorstyrda optimeringskapsågar, elektroniska sågar o s v.

Exempel på fabrikat är:

Svenska:	WACO
	Kährs
Engelska:	WADKIN
Tyska:	Paul

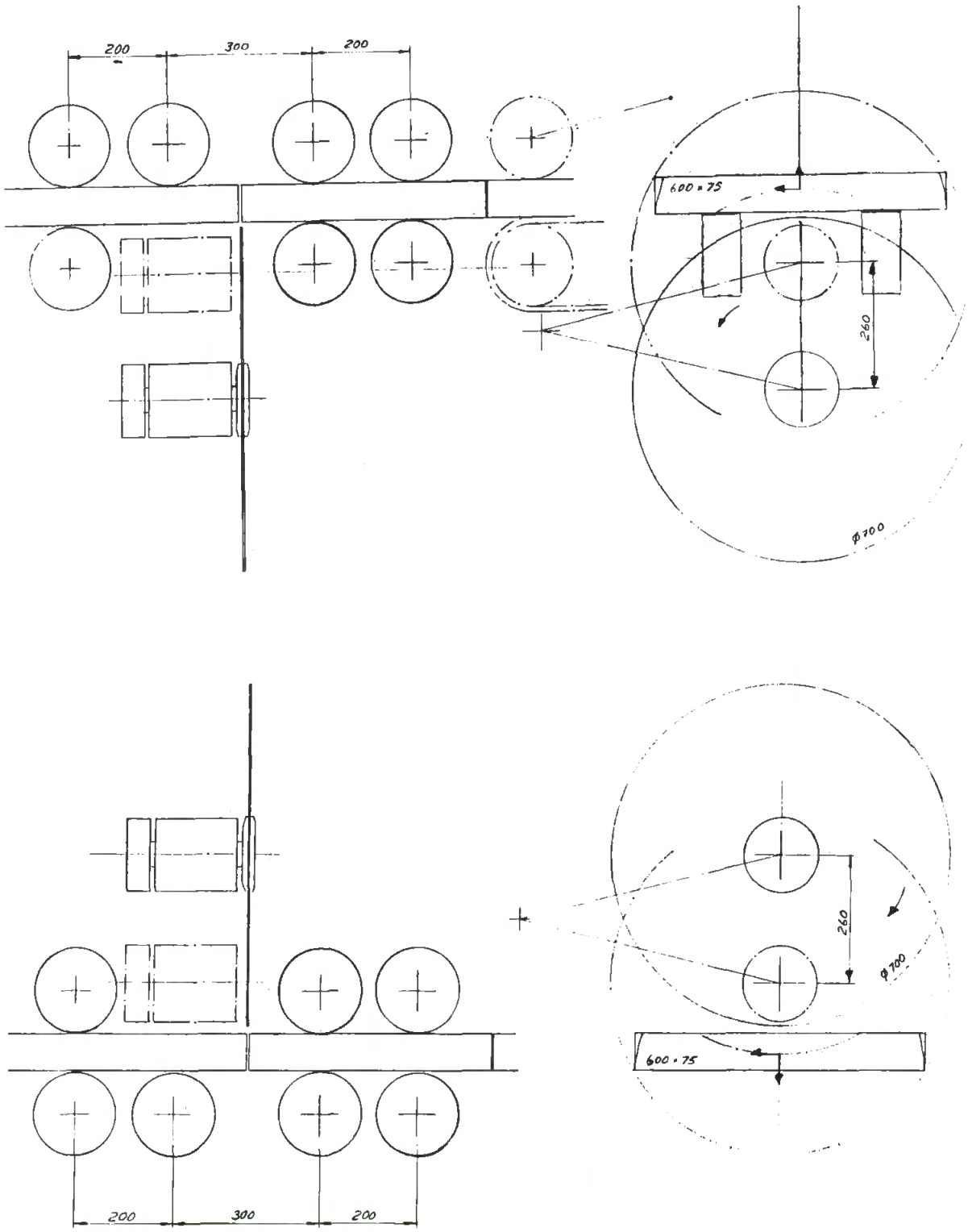
WACO KS-300, WADKIN MPs 14/0 och Kährs kapsåg har studerats under drift. Ingen av dessa fyller i befintligt skick de krav som ställts upp och troligen ingen annan heller. Endast den tyska Paul-tronik klarar tillräcklig bredd. Om dess matningsanordning skulle kunna anpassas till kraven och till de transportörer som kommer att finnas före och efter är för tidigt att bedöma.

Utkast till sågar

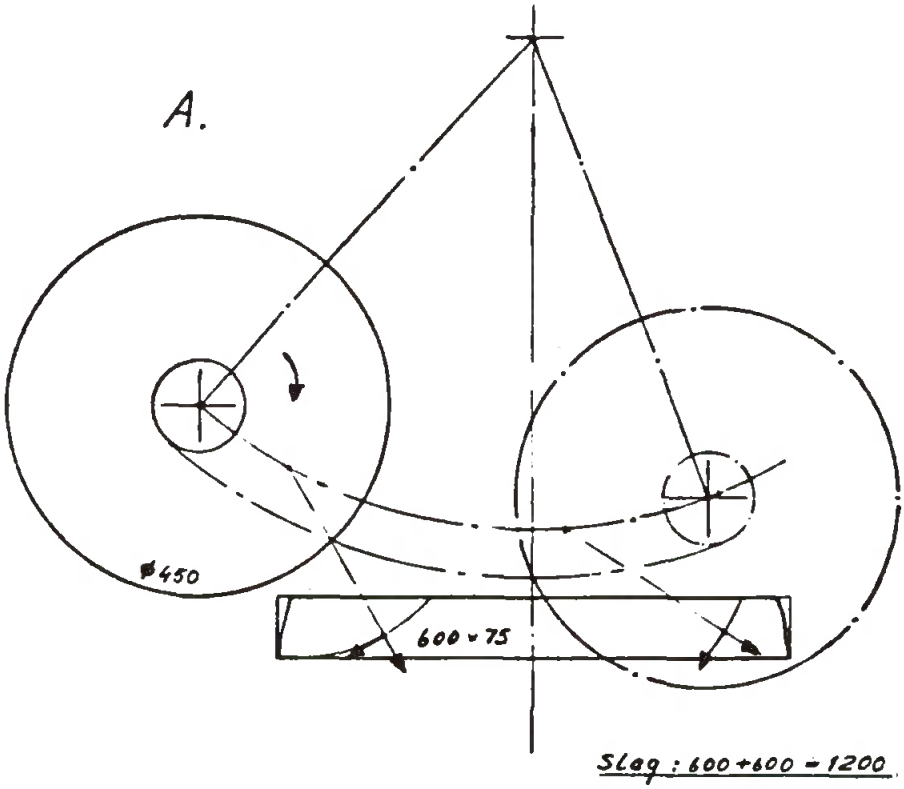
Figurerna 5-8 belyser två av huvudproblemen enligt kravlistan, nämligen:

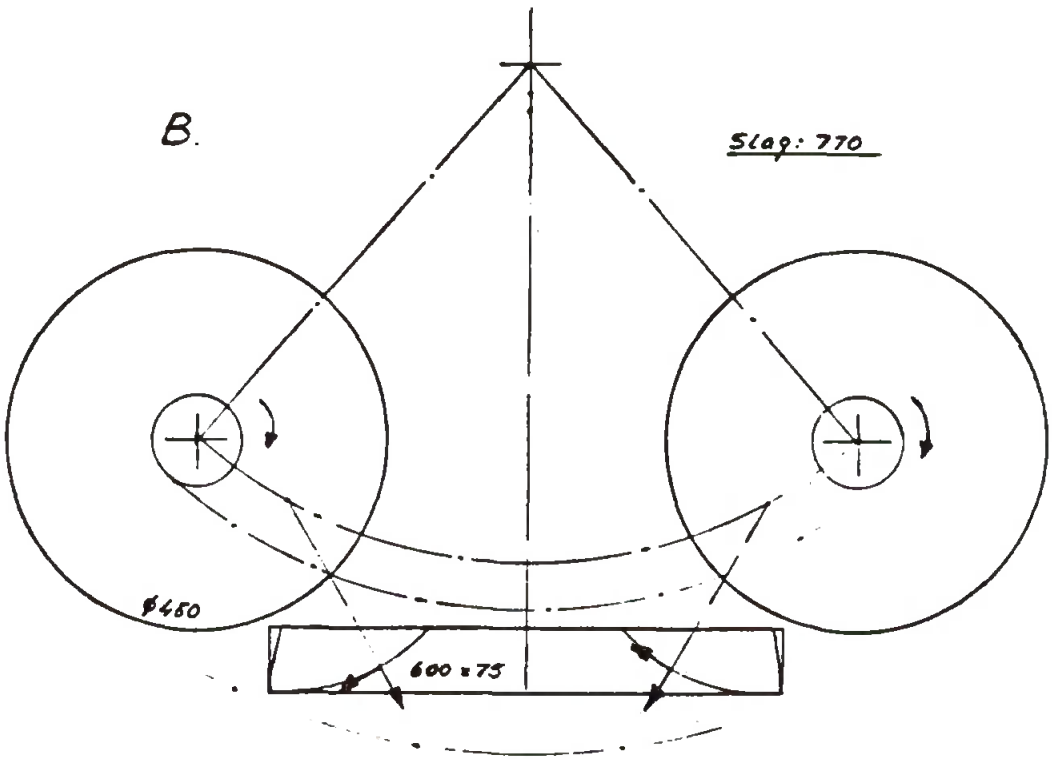
- att snabbt kunna kapa ett virkesstycke och få undan klingan från snittet så att frammatningen kan starta,

- att placera matningsorgan så tätt att två par sådana ständigt är i ingrepp för att bitarna inte ska vrida sig även om dessa är så korta som 500 mm.



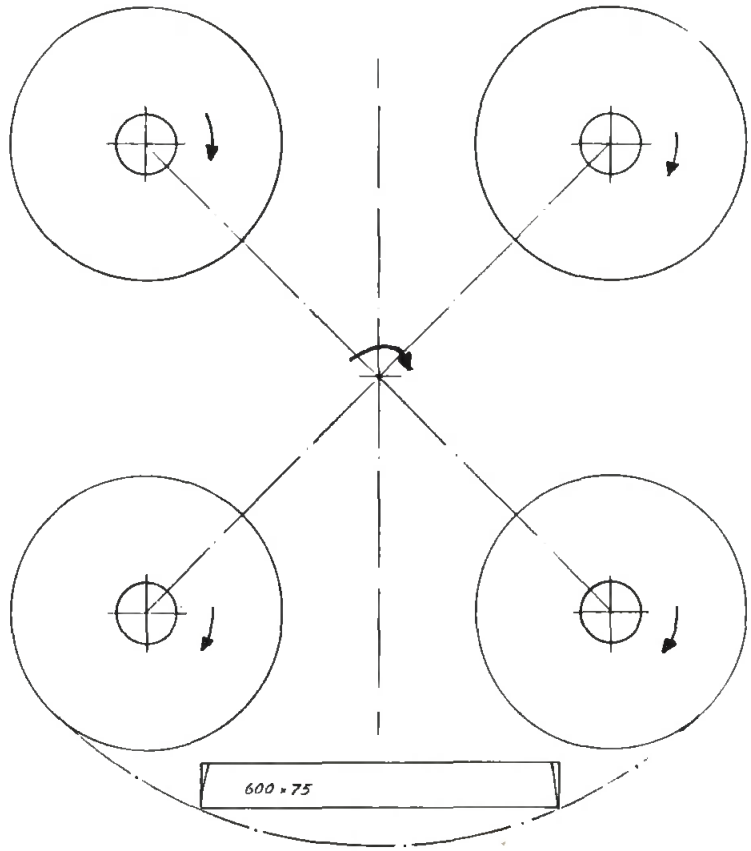
Figur 5. Princip för kapning där klingan är tillräckligt stor för att direkt klara ett 600 mm brett virkesstycke.



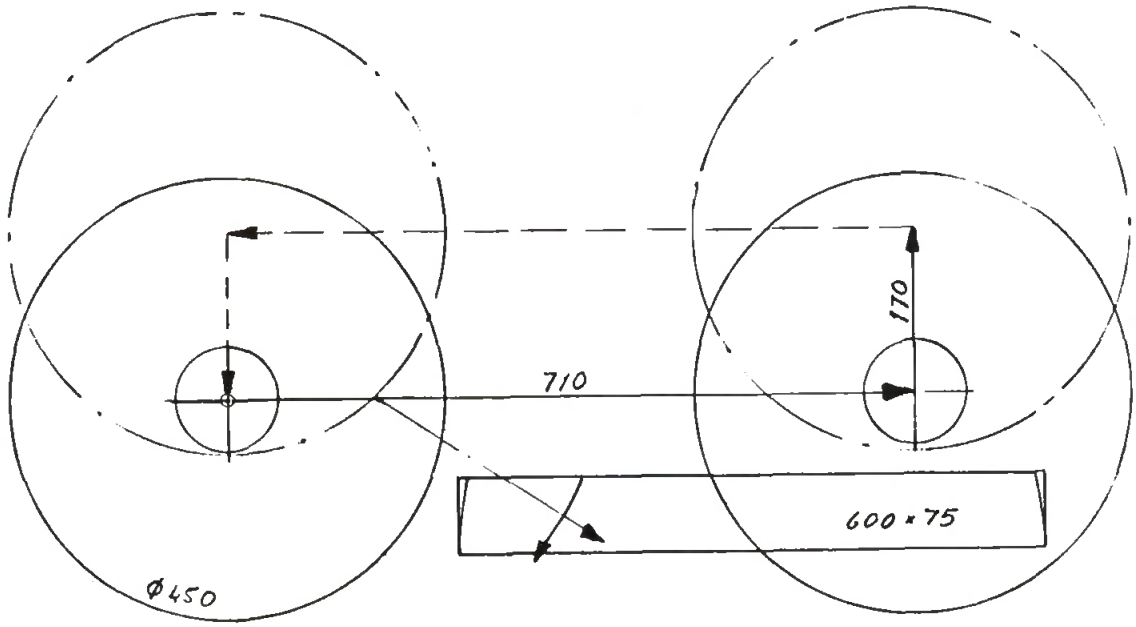


Figur 6. Principskiss för kapning med pendlande klinga.

A. Kapning endast i ena pendelriktningen.
B. Kapning i båda pendelriktningarna.



Figur 7. Principskiss för kapning med klingor upphängda i "kors".



Figur 8. Principskiss för kapning med klinga som rör sig i rektangulär bana.

Figur 5 visar alternativ där hela virkesstycksbredden, 600 mm, klaras direkt genom att klingan rör sig nerifrån och upp eller uppifrån och ner. Klingdiametern blir då stor. På ritningarna är den 700 mm men troligen behövs 800 mm. Det kan bli vissa problem att hantera en så stor klinga så snabbt som det erfordras. Det blir också en mycket lång snittlinje i virkesstycket med mycket spån i tandluckorna. Stor effekt erfordras. Om kravet för maximal bredd på virkesstycket minskas till t ex 500 mm kan klingdiametern givetvis minskas i motsvarande grad.

Skisserna visar att det bör finnas möjligheter att placera matarvalsar och/eller stödrullar tillräckligt tätt. Det kritiska stället är den plats där spindellagringen ska svänga in. Kanske kan ett par rullar grensla lagringen. Om inte rullar får plats, måste en glidskena placeras där. Klämorganen närmast klingan måste troligen klämma till extra hårt under kapförloppet.

De pilar som ritats i snittytan anger riktning för skärkraft och matningskraft och visar alltså i vilken riktning virkesstycket påverkas av krafter under kapningen.

Alternativen i figurerna 6-8 visar den andra tänkbara varianten, där en mindre klinga, här ritad 450 mm, klarar hela bredden genom att förflyttas i snittets längdriktning.

I figur 6 A pendlar klingan fram och tillbaka under ett snitt. Skärkrafterna blir i huvudsak riktade nedåt.

Enligt figur 6 B går klingan helt igenom under ett snitt, och utför nästa snitt då den pendlar tillbaka, varigenom tomgångsslaget faller bort. Skärkrafterna ändrar då riktning.

Figur 7 visar en variant på figur 6 B med fyra klingor upphängda i ett kors som vrids 90° vid varje snitt.

Figur 8 visar en variant där klingan rör sig i en rektangulär bana. Detta är något svårare att lösa konstruktivt. Denna teknik tillämpas dock i den tidigare nämnda sågen Paul-tronik.

I samtliga fall i figurerna 6-8 är det svårare att skapa utrymme för den ena rullen än i varianterna enligt figur 5, eftersom spindellagringen sveper längs hela virkesstyckets bredd.

Här görs inget försök att räkna fram tillförlitliga värden på kaptider i de olika fallen. Dock kan följande sägas om alternativet med rektangulär bana enligt figur 8. Snitthöjden blir under hela sågförloppet ca 100 mm i ett 75 mm tjockt virkesstycke. Med denna snitthöjd är det inte orimligt att mata med 2 m/s. Då matningslängden inklusive tomgång på båda sidor blir ca 750 mm blir tiden för denna sträcka

$$\frac{0,75}{2} = 0,38 \text{ s}$$

Med ett snabbt lyft ur snittet borde en kaptid på under 1 s klaras. Liknande gäller troligen också för fallen enligt figur 6 B och 7, där returslag inte förekommer. Därigenom skulle de kaptider som angivits i tabell 3 kunna uppfyllas och kapningsenheten klara önskat genomflöde.

Sammanfattning av kapningsenhet

Det är inte troligt att det finns någon kapsåg på marknaden som direkt passar in i sammanhanget. Detta bör dock undersökas närmare om beslut tas att bygga en prototypanläggning. Kanske finns någon som inte avviker mer än att det vore tänkbart och lönsamt att bygga om och komplettera den.

Om en helt eller delvis ny såg måste byggas bör något av de alternativ väljas, där man inte behöver vänta på klingans returslag.

Hittills har cirkelsågen behandlats som ett första alternativ för kapning. Vid eventuell fortsättning med mera långtgående analyser eller rena konstruktionsförsök bör man undersöka närmare om en kedjesåg eller en liggande bandsåg med vridet blad skulle kunna ha fördelar då det gäller att kapa stora bredder och snabbt få bort kaporganet ur snittet.

(8) Mellantransportör 2

Denna ska transportera de avkapade bitarna in i klyvsågen. Klyvsågen bör vara placerad så långt från kapsågen att avståndet från kapklingan till de första inmatningsvalsarna är något större än längden på det maximala ämnet, som hittills är antaget vara 2200 mm. Kanske ska avståndet vara så stort att ett helt virkesstycke kan få plats däremellan. Enligt de skisser som gjorts på kap- och klyvsåg med dess matarvalsar bör längden på mellanliggande transportör då ligga någonstans mellan 1700 mm och 5000 mm. En sådan transportör bör därför byggas efter samma princip som transportören i mätningsenheten.

Även här uppstår liksom för mellantransportör 1 vissa samordningsproblem mellan utmatning ur föregående och inmatning i nästkommande enhet. Det är dock betydligt lättare här eftersom de intermittent kommande bitarna från kapenheten också intermittent kan matas in i klyvningsenheten i samma takt och troligen också med samma hastighet.

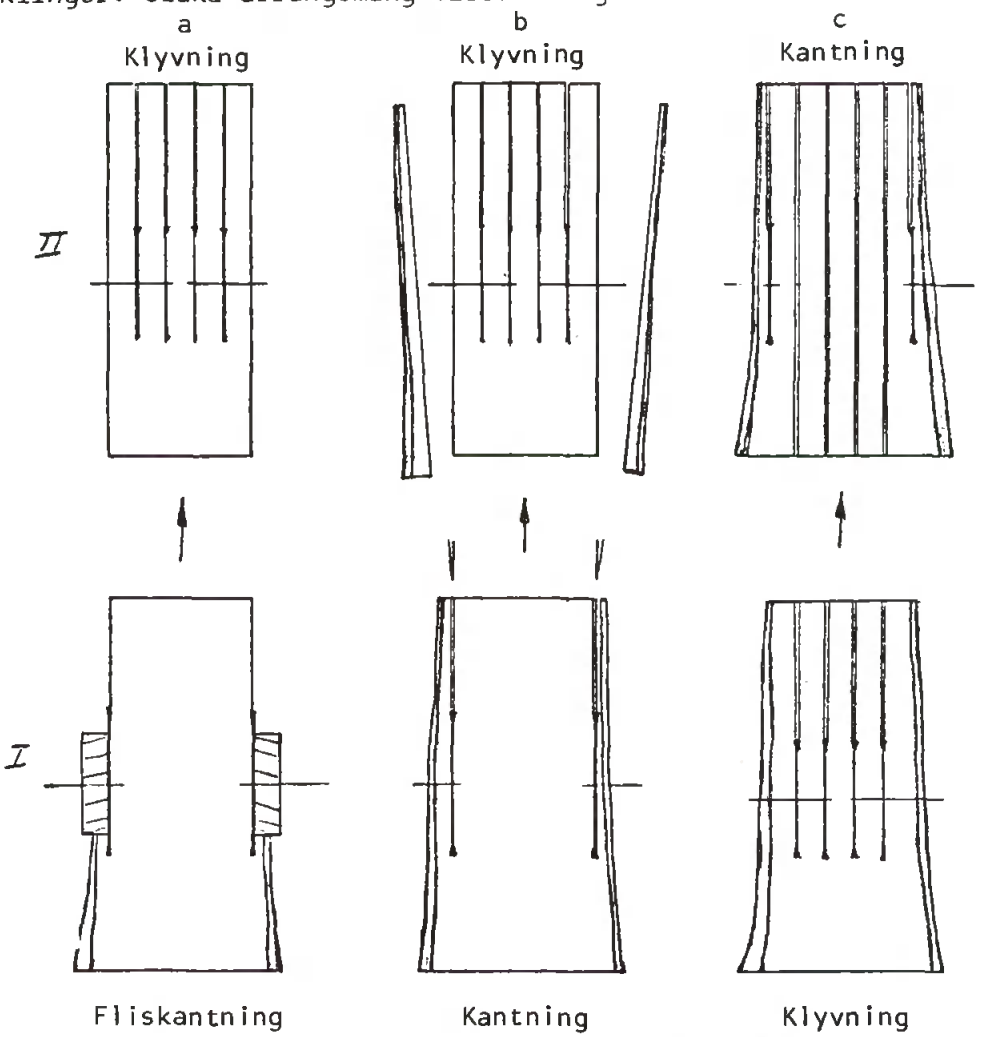
(9) Klyvningsenhet

För klyvningen erfordras ett antal klingor, som alla ska vara snabbt ställbara i sidled. Det sistnämnda begränsar antalet möjliga klingor på samma axel. Vi utgår ifrån att man kan ha fyra rörliga klingor på samma axel eller två motstående axlar i samma linje, d v s två klingor på vardera sidan.

Hur många ämnen man ska kunna ta ut i bredd, d v s hur många klingor som erfordras blir en jämkning mellan önskemål och tekniska möjligheter. Att fyra klingor är för litet antal torde stå klart, vilket betyder att åtminstone två axlar (klingsatser), t ex efter varandra, erfordras.

I den klingsats som ska klara de yttersta snitten, d v s själva kantningen, är det en fördel att ha endast två klingor. Med två klingsatser får man således 2 + 4 = 6 klingor som kan ge maximalt 5 ämnen. Med tre klingsatser skulle man kunna få 2 + 4 + 4 = 10 klingor som kan ge maximalt 9 ämnen i bredd.

I det följande behandlas en lösning med två klingsatser efter varandra med 2 + 4 klingor. Olika arrangemang visas i figur 9.



Figur 9. Olika principer vid klyvning med två klingpaket.

Bäst vore om första klingsatsen bestod av två fliskantklingor. Då blir man helt av med ribben, som annars kan vara svåra att avskilja och hantera, se figur 9a. Fliskantning kräver dock mycket god fasthållning av bitarna och en mycket robust uppbyggnad. Eftersom de korta bitarna blir svåra att hålla fast tillräckligt väl och de stora virkesstycktjocklekarna medför stora krafter från huggstålen är risken stor att detta inte fungerar. Fliskantningen lägges därför åt sidan.

Figur 9b visar en lösning där kantningen sker med vanliga klingor på axel I. Problemet blir då att styra undan och avskilja ribben så att dessa inte kommer in i nästa klingsats.

Ett alternativ att lösa detta är att ha så stort avstånd mellan klingsats I och II att ribben hinner falla undan, t ex på samma sätt som man vanligen har vid kantverk, innan de når inmatningsanordningen till klingsats II. Detta medför att anläggningen blir mycket lång.

Ett annat alternativ är att ribben passerar förbi klingsats II och sedan sorteras ut manuellt eller maskinellt i samband med mottagningen och sor-

teringen av ämnena. (Möjligheten att finna en lösning på maskinell sortering av ämnena har ännu inte studerats.) Problemet blir då hur den frånsågade ribben ska kunna passera klingsats II utan att ställa till trassel där. Detta gäller speciellt om inte alla klingor i sats II behövs inne i virkesstycket utan någon ska stå i viloläge vid sidan där ribben passerar.

Figur 9c visar en lösning med 4 klingor i klingsats I, som utför den egentliga uppdelningen, och 2 klingor i klingsats II som kantar. Då faller en fördel med de två tidigare fallen, nämligen att virkesstycket håller ihop i det längsta under klyvningen. I stället består virkesstycket av ett antal ämnen då det går in i klingsats II, vilket innebär risk för att dessa rör sig i sidled och kantningssnitten kommer snett. Problemet med att placera de klingor, som för tillfället inte behövs, tillräckligt långt ut för att gå fria från eventuella rotben finns även här.

Ett annat tekniskt problem med klyvsågningsenheten är att kunna placera matarvalsar så nära varandra i längsled att man kan mata fram bitar som är så korta som 500 mm, vilket hittills satts som krav, eller åtminstone önskemål. Detta kräver så små klingor som möjligt. En diameter på 350 mm vore ganska rimligt men det kan kanske finnas möjlighet att gå ner till 300 mm. Då det gäller klingor för fliskantningsverktyg använder Kockums en med diametern 500 mm medan Ahlströms har betydligt mindre, 330-380 mm.

För att kunna tränga ihop enheten fordras också små matarvalsar vilket i allmänhet är en nackdel. I följande figurer är matarvalsarnas diameter ca 170 mm. Figur 10 visar några exempel på placering av klingor och matarrullar och belyser problemet med korta ämneslängder.

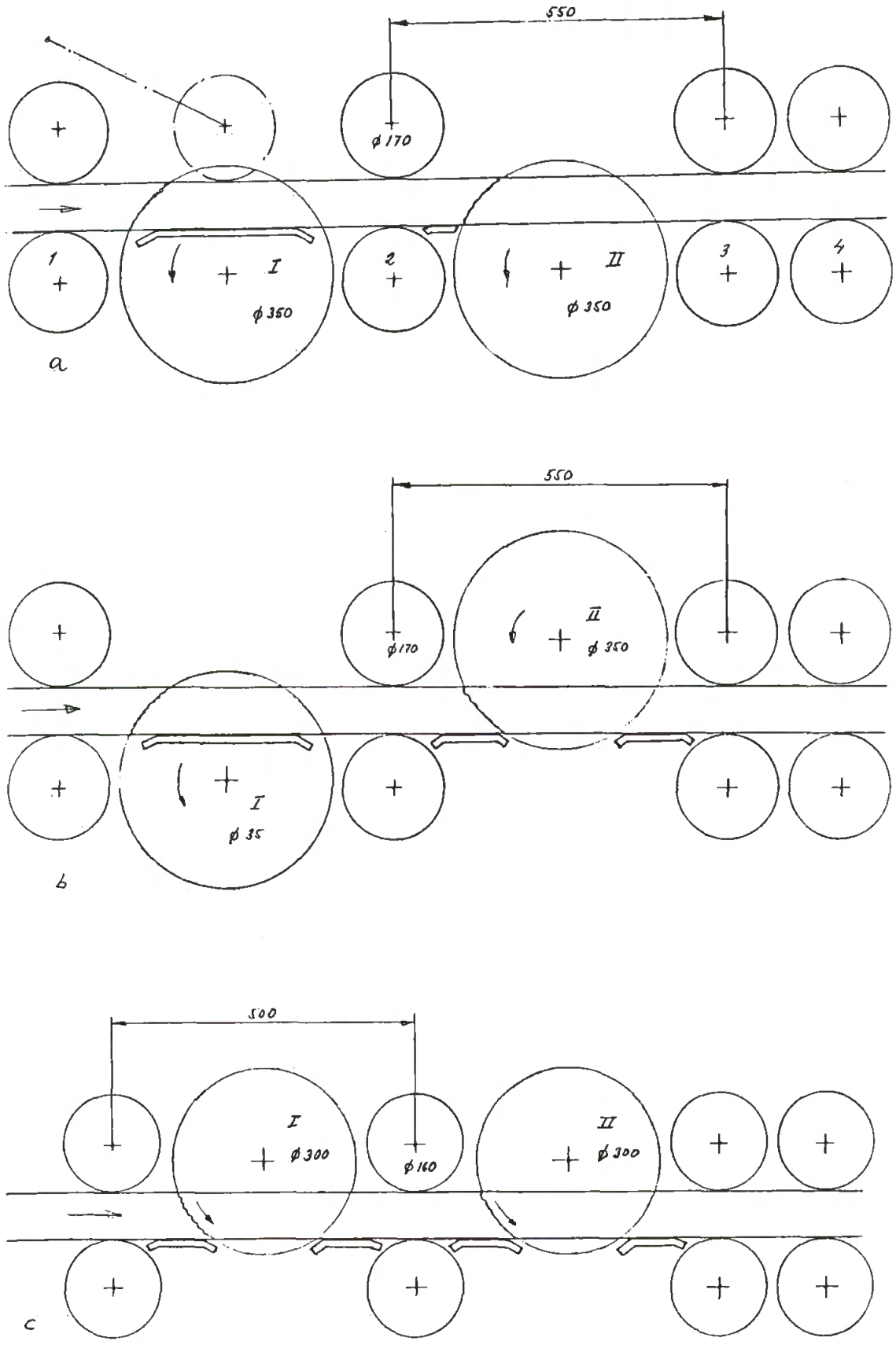
Figur 10a visar ett utkast med två kantningsklingor på första axeln och fyra delningsklingor på den andra enligt figur 9b. Alla klingorna har axlarna under plankan.

Minsta avståndet mellan två matarvalspar är 550 mm, vilket inte medger matning av så korta bitar som 500 mm. Dessutom kommer korta bitar att kunna falla ner med ändarna mellan de undre valsarna, då det inte finns något stöd där. Mellan klingorna på axel I kan dock en skena läggas, eftersom dessa inte behöver gå helt ihop. På översidan kan möjligen en smal stödrulle också läggas. Vid axel II kan inga undre stöd ordnas, varför kortaste bit måste vara betydligt längre än vad matarvalsarnas avstånd medger. En lösning på detta är att lägga axel nr II på översidan, vilket visas i figur 10b. Då kan stödskenor läggas ganska tätt på undersidan.

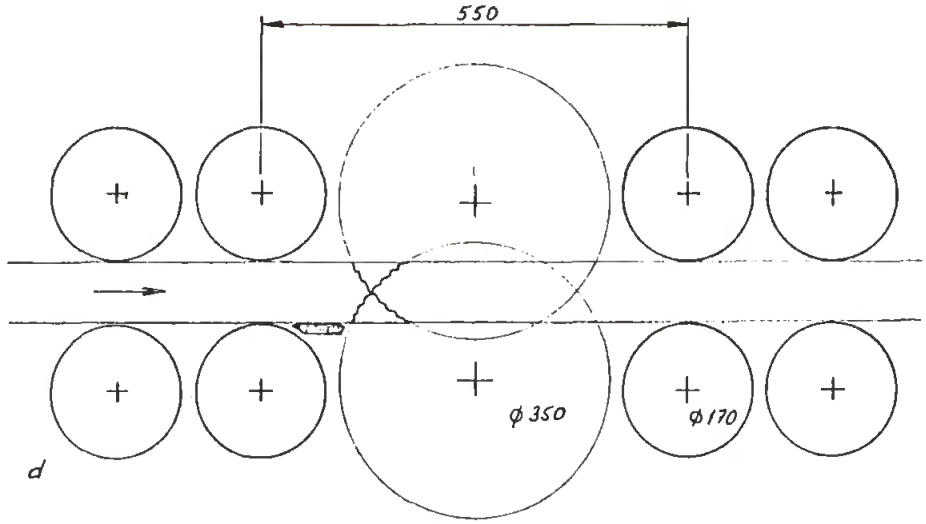
Det går också bra att lägga även axel nr I på översidan. Detta visas i figur 10c. Där har samtidigt klingornas diameter minskats till minimala 300 mm och rullarna till 160 mm. Därigenom framgår svårigheten att klara så korta bitar som 500 mm.

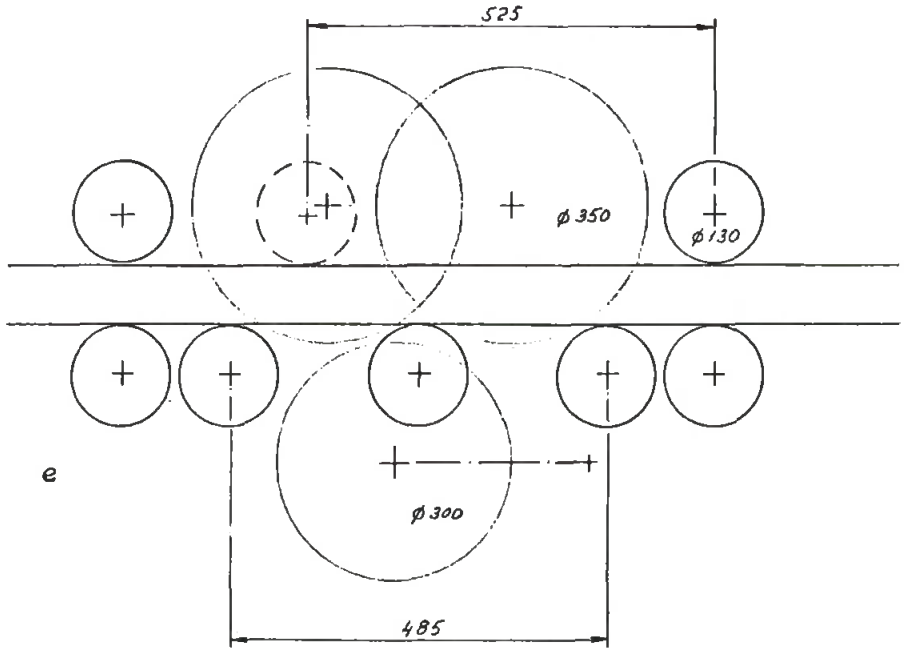
I händelse att fliskantklinga trots allt skulle placeras på axel I måste denna ligga på översidan eller åtminstone i närheten av plankans övre sida för att huggstålen ska få lämpliga skärvinklar.

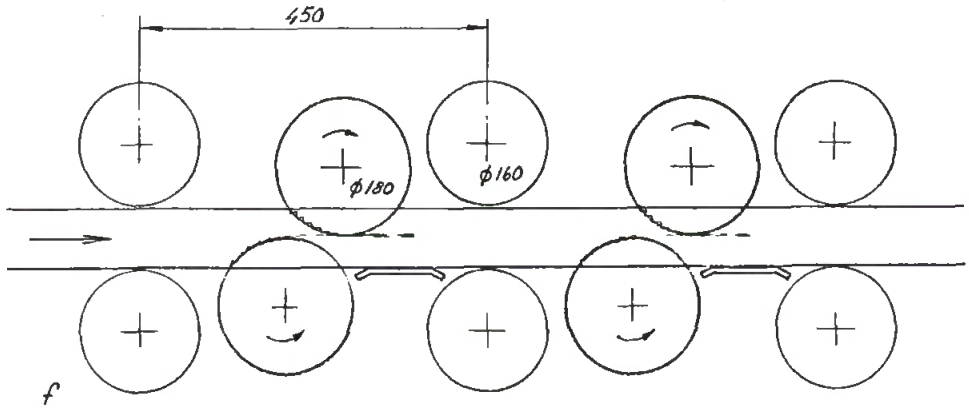
Då man har två satser klingor på två axlar efter varandra som i de hittills diskuterade fallen är ett av problemen att analysera om det är lämpligast att klyva yttre eller inre delen först eftersom detta påverkar möjligheterna att hålla ordning på och mata igenom bitarna samt klara hanteringen av ribben. En lösning på detta vore att ha alla klingor på samma



Figur 10. Exempel på placering av klingor och matarrullar i klyvsåg.

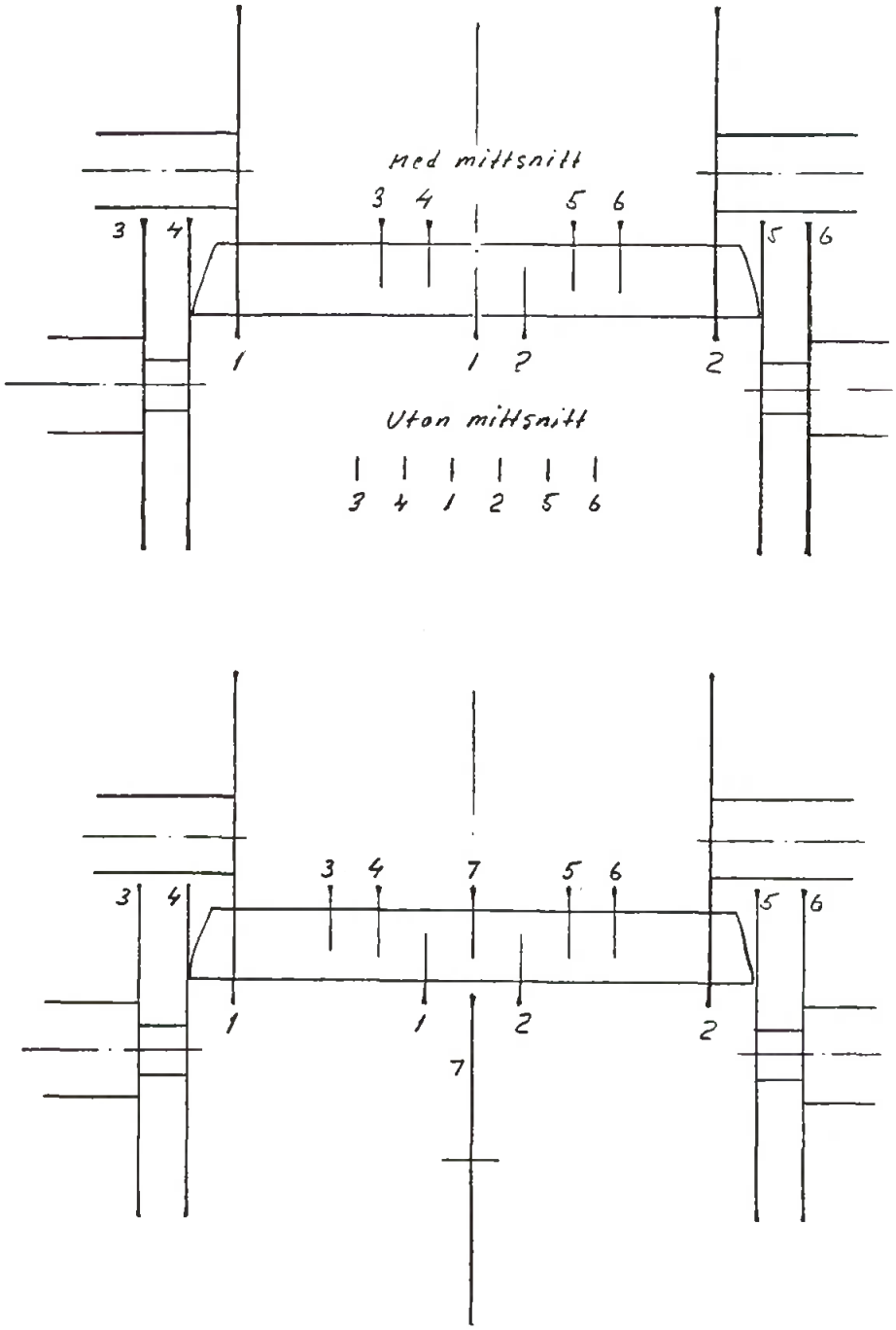






Figur 10. forts.

ställe i längsled. Ett försök till lösning visas i figur 10d. Figur 11 visar överst ett tvärsnitt av 10d, som ger exempel på klingornas placering i sidled i yttersta och i innersta läge om det smalaste ämnet är 50 mm. Klinga nr 1 anses kunna förflyttas ända till mitten. Skulle man placera en klinga i mitten på undersidan som kunde fällas upp och ner beroende på om mittsnitt erfordras eller inte skulle de rörliga klingornas innersta lägen bli symmetriska såsom nederst i figur 11. Genom detta skulle dessutom ytterligare ett ämne kunna erhållas. Den mittersta klingan på undersidan skulle också kunna vara något flyttbar i sidled.



Figur 11. Placering av klingor vid lösning enligt figur 10d.

Figur 10e visar ett mellanting där två klingsatser sitter efter varandra men ihopdragna så mycket som möjligt i längsled. Där verkar utrymme finnas för en sjunde klinga som är pendlande upphängd i mitten på undersidan. Det är något problematiskt med matarvalsarna och inte helt klart åt vilket håll matningsriktningen bör vara. I detta förslag finns en hel del som behöver utredas vidare.

Om det finns mycket starka krav på att kunna placera matarvalsarna närmare varandra än på figur 10a-e, för att med säkerhet mata så korta längder som 500 mm, kan en lösning vara att använda motstående klingor som skär endast en del av snitthöjden vardera enligt figur 10f. Då kan mycket små klingor användas. Sådana lösningar finns på marknaden i flerklingiga klyvsågar. Dock blir uppbyggnaden mera komplicerad, speciellt då det som här rör sig om många individuellt ställbara klingor.

Av de idéer till klyvningsenhet som här behandlats kan man inte i detta läge utlova att någon är gångbar med full säkerhet. Man kan heller inte konstatera att någon är orealistisk. Ytterligare utredningsarbete erfordras beträffande konstruktionsmöjligheterna. Det gäller framförallt att ta reda på möjligheterna att ha flera i sidled inställbara klingor på samma axel samt vilket utrymme sådana lagringar tar. För detta måste mera arbete läggas ner på att ta reda på vad som redan finns på marknaden och konstruktionsförsök måste utföras.

Med två ställbara klingor på varje axel, de med beteckningarna 3 och 4 respektive 5 och 6 i figur 11, verkar det finnas möjlighet att åtminstone föra dessa så nära varandra som 25 mm. Mellan klingorna 1 och 4 respektive 2 och 5 borde det gå att krympa minsta avståndet ytterligare.

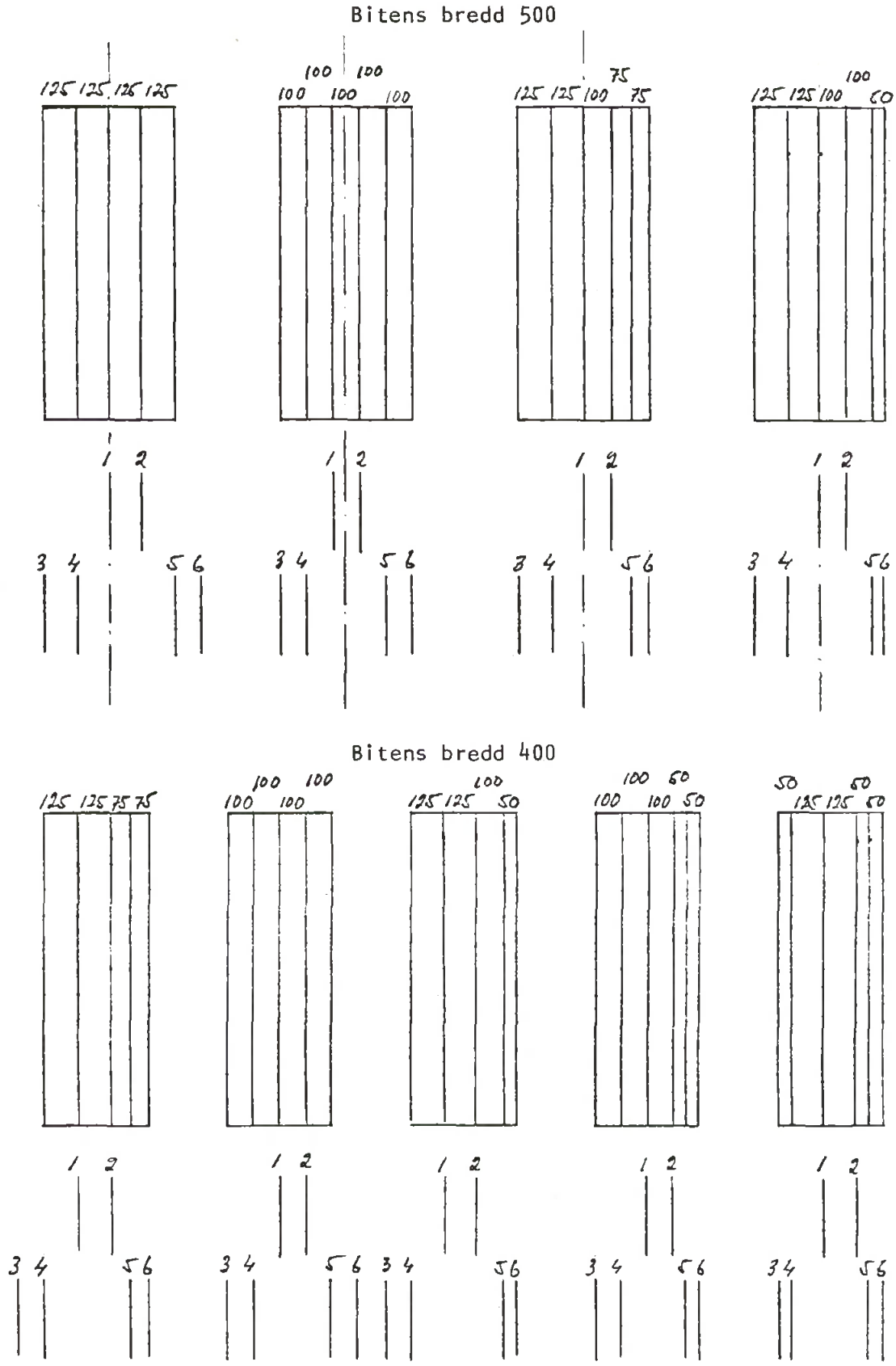
Samtidigt måste man anlägga värderingar på de data på ämnen som man vill ha och som det angivits förslag till på sid 5, eftersom detta i hög grad påverkar konstruktionsutformningen och kanske också den efterföljande hanteringen av ämnena.

1. Hur smalt måste smalaste ämne vara?
2. Hur kort måste kortaste ämne vara? Måste man ner till 500 mm eller skulle 600 mm vara acceptabelt?
3. Hur många ämnen bör man kunna ta ut i bredd, d v s hur många klingor erfordras? Räcker det med 6-7 stycken?

Kombinationer av ämnen i breddled, ett exempel

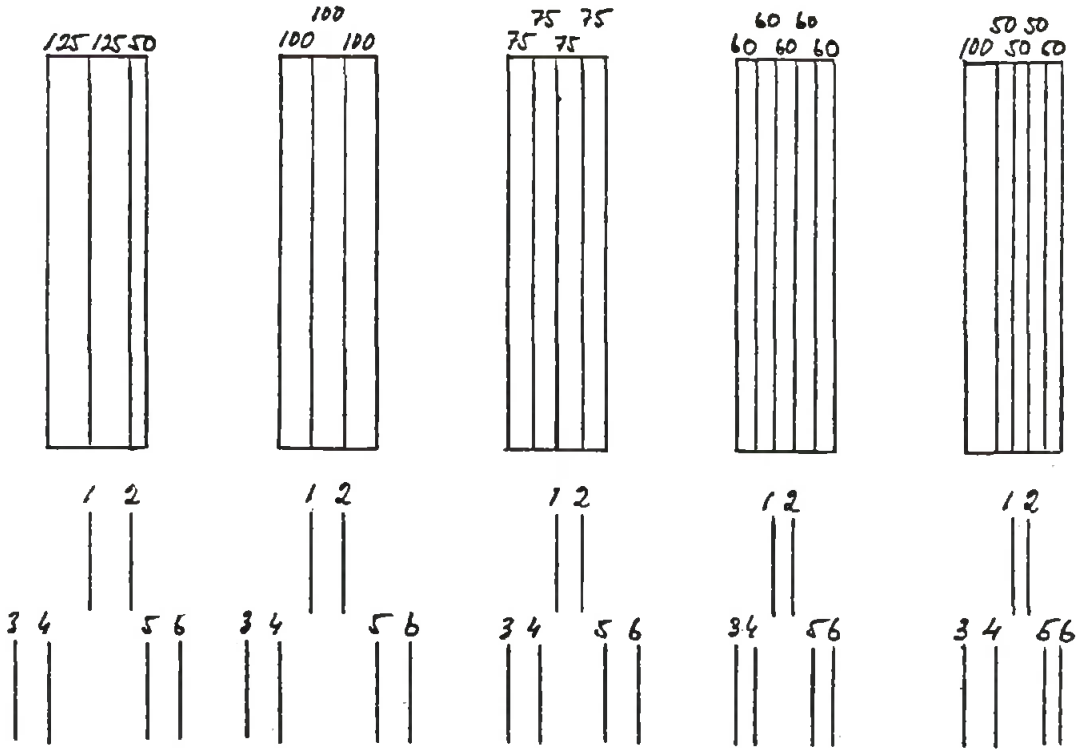
I figur 12 visas några exempel på vilka ämnen man skulle kunna ta ut ur olika bredder på de avkapade virkesstyckena om följande data gällde:

Antal klingor	= 6 (2 plus 4)
Maximal bredd på virkesstycke	= 500 mm
Minimal "	= 200 "
Önskade ämnesbredder	= 50-125 mm

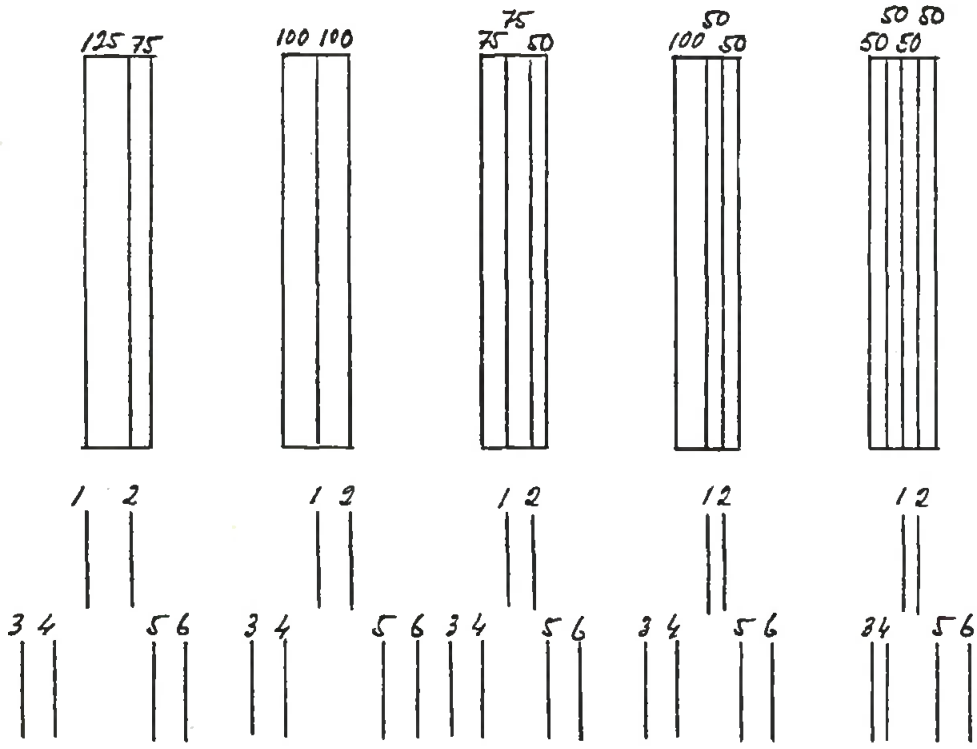


Figur 12. Kombinationer av ämnesbredder vid klyvning med 6 klingor.

Bitens bredd 300



Bitens bredd 200



Figur 12. forts.

Som framgår av dessa figurer måste de smalaste ämnena nästan alltid kombineras med bredare om man endast har 6 klingor. Ett virkesstycke med bredden 250 mm är då den bredaste ur vilken man kan ta ut enbart ämnen på 50 mm.

Kombinationstvånget enligt figurerna försvårar också möjligheterna till optimering samt att kunna anpassa antalet av olika sortiment till en befintlig order. Det kan givetvis finnas flera ämnesbredder mellan de som finns angivna i exemplet, men detta ändrar inte tvånget på balans mellan breda och smala ämnen. Om det smalaste skulle vara t ex 25 mm blev det naturligtvis ännu svårare.

Ovanstående exempel tyder på att det kan behövas flera klingor än 6-7 st, vilket med stor sannolikhet innebär att det erfordras flera klingsatser i längsriktningen, vilket måste undersökas konstruktionsmässigt.

Kapacitet i klyvningsenheten

En matningshastighet på 2 m/s borde kunna klaras vid en maximal snitthöjd på 75 mm. Detta ger genomloppstiden 2,75 s för 5,5 m och 1,65 s för 3,1 m. Säg tiden 3 s respektive 2 s.

Mellan varje bit måste tid, d v s lucka i matningen, finnas för omställning av klingorna. Ahlströms anger att en omställning av klingorna på 50 mm sker på 0,1 s. Här anses en tid av 2 s åtgå för omställning inklusive reaktionstider samt stopp och start för matning av bit som eventuellt ligger i vänteläge före sågen.

För olika längder på plankorna och olika antal bitar erhålles på samma sätt som för kapningsförloppet en serie tider som framgår av tabell 4. Tiderna blir alltså klart kortare än för kapningen, och det bör inte utgöra något problem att klara ett virkesstycke på 15 s i genomsnitt genom klyvningsenheten.

TABELL 4. Tid för klyvning.

Virkesstyckets längd m	Antal bitar	Antal inställn	Tid för matning s	Tid för inställn s	Total tid s
5,5	3	3	3	6	9
"	5	5	3	10	13
"	7	7	3	14	17
"	9	9	3	18	21
3,1	2	2	2	4	6
"	4	4	2	8	10
"	6	6	2	12	14

(10) Mottagar- och sorteringsenhet

Om mottagning och sortering kan få ske manuellt är inte problemet så stort. Man bör då t ex kunna använda en roterande skiva som ämnena matas ut på. De plockas sedan bort av en eller flera personer. Denna lösning används idag vid vissa kapverk.

Ska mottagning och sortering ske automatiskt, blir det en ganska komplicerad anläggning. Det är knappast meningsfyllt att spekulera alltför mycket i en sådan innan man närmare fastställt måttgränser för ämnena samt klargjort hur utmatningsdelen kommer att se ut efter uppdelningen och hur man ska ta hand om ribben. Svårigheterna att lösa detta kan inte få stoppa ett eventuellt projekt, men kanske måste man åtminstone till en början satsa på en manuell lösning.

5. ANLÄGGNING FÖR UPPSÅGNING ENLIGT PRINCIPEN "KLYVNING FÖRST"

Figur 13 visar en layout på en tänkbar anläggning för uppsågning enligt principen "klyvning först, kapning sedan" (mönster 2a i figur 1). Virkesstycket transporteras i längsled under mätningsförloppet. Varianten med tvärmatning under mätningsförloppet finns inte medtagen, eftersom den uteslutits vid tidigare resonemang.

De ingående huvuddelarna blir då följande:

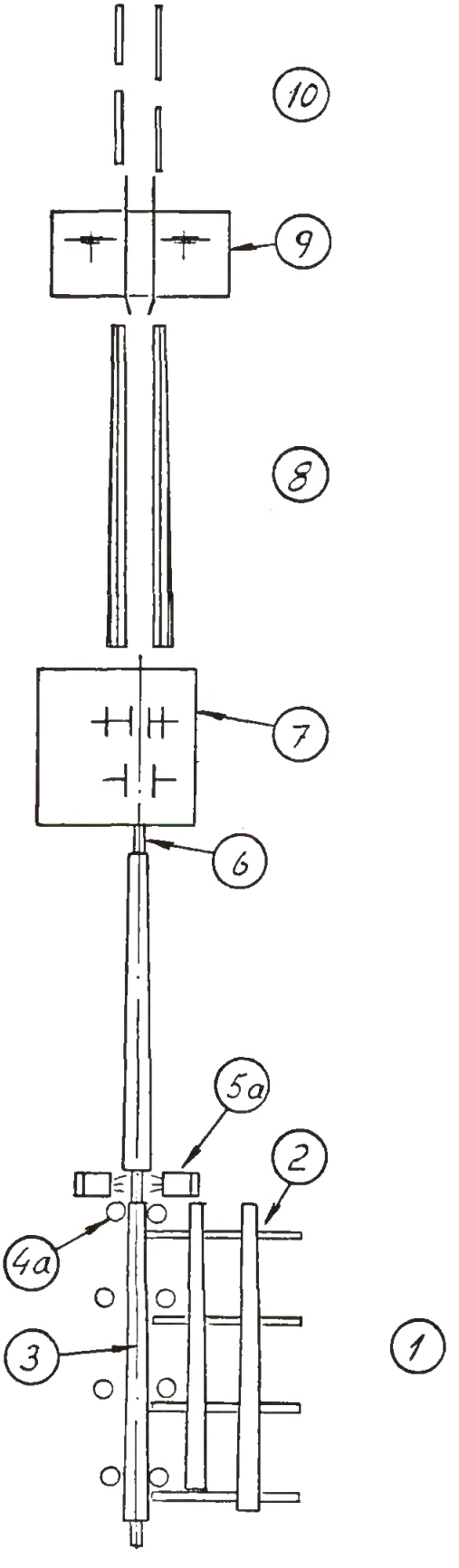
(1) Mottagardel för virkesstycken.
(2) Tvärtransportör med inmatare till längstransportören.
(3) Längstransportör.
(4a) Centreringsdon före mätrampen.
(5a) Mätramp för mätning längs virkesstycket.
(6) Mellantransportör 1.
(7) Klyvningsenhet.
(8) Mellantransportör 2.
(9) Kapningsenhet.
(10) Mottagar- och sorteringsenhet.

Enheterna (1-5) anses ha exakt samma utförande som vid fallet med uppsågning med kapning först.

Enheterna (6-10) behandlas i det följande.

(6) Mellantransportör 1

I detta fall ska virkesstyckena matas in i och genom klyvningsenheten med konstant hastighet. Övergången från mätningsförloppet, som sker med konstant hastighet, blir därför enkelt. De lämpliga hastigheterna för mätning respektive klyvsågning bör kunna samordnas. Vad som i detta läge inte är klarlagt är hur lång tid som datorberäkningen kräver. Kanske erfordras ett stopp i matningen, som i så fall sker samtidigt med att ett nytt virkesstycke förs in över längstransportören och centreras.



Figur 13. Skiss över anläggning för uppsågning av okantade virkesstycken till ämnen enligt principen "klyvning först".

Mellantransportör 1 borde bli ganska enkel att utforma och kan troligen byggas ihop med mättransportören. Detta är i stort sett likartat med förhållandena vid automatkantverk.

⑦ Klyvningsenhet

De resonemang som förts för uppsågning med kapning först, kan, då det gäller antal klyvsnitt, antal klingor per axel, axlarnas placering o dyl, i stora drag gälla även vid uppdelning med klyvning först. Dock blir förhållandena avsevärt enklare, eftersom det här är fråga om att klyva hela virkesstycken till "spiror"[1] med längder på 3100-5500 mm. Därigenom kan man få mycket god hållförmåga på virkesstyckena utan att matarvalsarna behöver placeras så tätt. De olika axlarna med klingor kan också placeras längre ifrån varandra och ändå klara att en klingsats går in i plankan innan den föregående gått ur, vilket underlättar styrning och sammanhållning. Kravet på underliggande stöd blir också mindre. På grund av de rejäla längderna och den goda hållförmågan skulle man kunna tänka sig att använda fliskantklingor. Om de optimala uppdelningsmönstren visar att användbara bitar och ribb kommer att hamna på samma spira, som vi antagit och ritat i figur 1, och som egentligen är ett krav för att principen "klyvning först, kapning sedan" ska vara intressant, är det dock inte meningsfullt med fliskantning. Denna metod bör därför slopas även i detta fall, och ett arrangemang med enbart klingor enligt något av tidigare skissat slag användas. Förekomsten av både ämnen och ribb på samma spira gör att avskiljningen av ribb blir problematisk även i sistnämnda fall och detta måste troligen ske i samband med den efter tvärkapningen följande sorteringen.

I övrigt bör det finnas goda möjligheter att bygga upp en klyvningsanläggning som uppfyller önskade krav. Troligen kan en hel del befintliga komponenter användas.

Beträffande genomloppstiden uppstår inga problem. Den skissade klyvningsanläggningen bör klara en matningshastighet på över 1 m/s. Vid mätningsförloppet ansågs en matningshastighet på 0,5 - 1,0 m/s som lämplig. Om plankorna går synkront genom mätning och klyvning, behöver inte klyvningsenheten pressas alltför hårt.

⑧ Mellantransportör 2

I detta fall ska denna transportör ta hand om ett virkesstycke, som är uppdelat i ett antal längsgående spiror och vidarebefordra dessa en och en och i bestämd ordning in i en kapsåg. Detta är alltså betydligt mera än en transportör. Det är i första hand en enstycksmatare. Det kan bli svårt att mata spirorna genom kapningsanordningen med väl bibehållen riktning i sidled så att kapsnitten blir vinkelräta och längderna exakta. Därför borde man utnyttja spirornas raka kanter för att styra dem mot ett anhåll. Då blir det, om man börjar från ena kanten, problem med de delvis vankantiga yttersta spirorna eftersom dessa delar saknar raka kanter utåt.

---

1) Termen "spira" används här i brist på bättre för virkesstycken som uppkommer när en planka klyvs på lågkant till två eller flera smalare delar (termen används internt hos vissa ämnestillverkare och snickeriindustrier).

Om man kunde dela det kluvna virkesstycket vid ett bestämt snitt i mitten eller närmast intill mitten och föra hälfterna åt vardera sidan, skulle man för respektive hälft ha raka kanter att styra mot anhåll om man tar spirorna i tur och ordning inifrån vid inmatning i kapanordningen. Vid ett sådant förfarande vore det bäst att mata virkesstyckena med den breda änden först, i motsats till vad som tidigare skissats, för att få de spetsiga bitarnas spets bakåt i matningsriktningen.

Denna princip pekar mot två spegelvända sågar. Två sågar ökar också kapaciteten, vilket är nödvändigt. Principen visas i figur 13. Det kan bli ganska komplicerat att bygga en dylik uppdelningsanordning och enstycksmatare, men det bör vara fullt möjligt.

⑨ Kapningsenhet

Här är det fråga om att kapa kantade virkesstycken med ett maximalt tvärsnitt som bestäms av grövsta ämnet som hittills har antagits vara 75 x 125 mm. Detta är betydligt enklare än att som i fallet "kapning först" kapa okantade virkesstycken med en antagen maximal dimension på 75 x 600 mm.

- I detta fall kan man styra bitarna med ena kanten mot ett anhåll, vilket ställer betydligt lägre krav på matningsanordningens håll- och styrförmåga.
- Man kan kapa nästan godtyckligt korta ämnen eftersom det inte finns något krav på att mata dessa vidare med väl bibehållen riktning.
- Skevhet hos virket, som kan försvåra en god styrning under frammatningen, blir mindre allvarlig vid små bredder än vid stora.
- Man kan använda små kapklingor med en enkel matningsrörelse upp-ner eller ner-upp. En klinga med diameter 400 mm torde vara lämplig.

För detta ändamål bör det finnas vissa möjligheter att använda principer från någon av de s k datorstyrda sågar som finns på marknaden och som tidigare omnämnts.

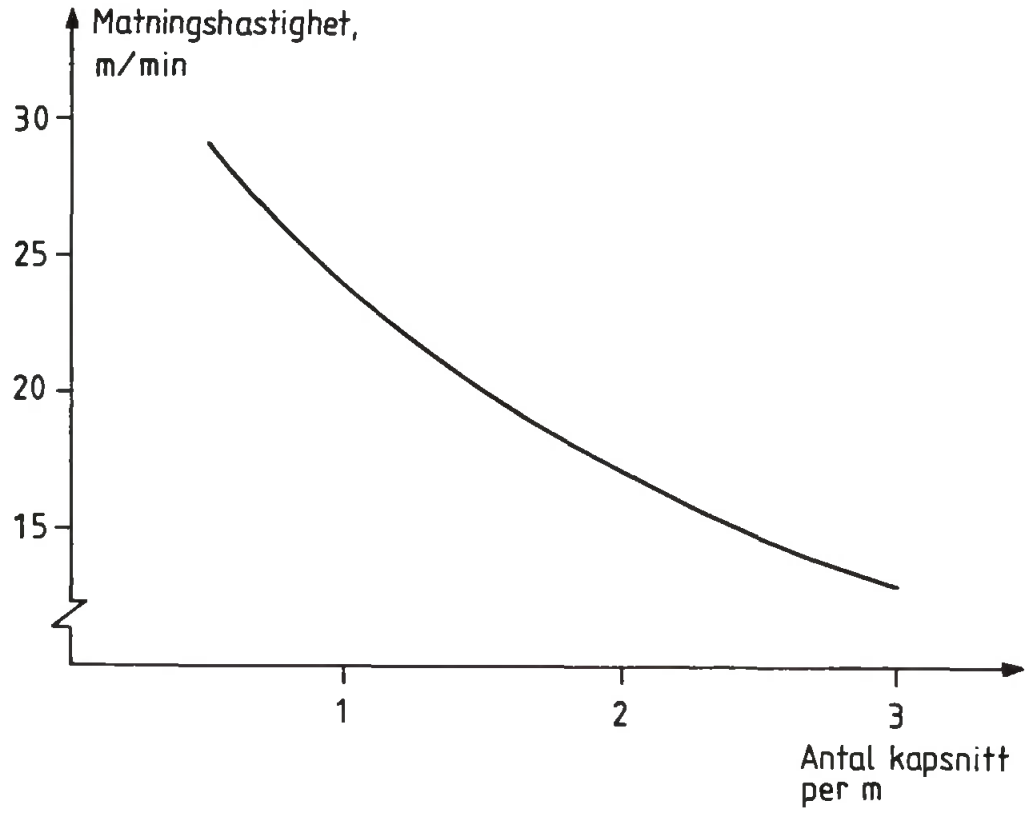
Uppskattning av genomloppstider

Då det gäller kapaciteten på dylika sågar finns värden att tillgå. För WACO-KS 300 anges själva matningshastigheten hos kapen till 60 m/min. Efter inräkning av tidsförlusterna vid kapning anges genomsnittliga matningshastigheten beroende på antal kap till följande:

1/2 kapsnitt per meter	29 m/min
1 "	24 "
2 "	17 "
3 "	13 "

Figur 14 visar en kurva över dessa värden. Med hjälp av avlästa matningshastigheter ur denna kurva har antalet bräder per minut räknats fram för maximilängder beroende på hur många bitar de uppdelas i. Detta visas i tabell 5.

Hur många virkesstycken som hinner igenom per minut beror sedan på hur många spiror som tagits ut ur respektive virkesstycke. Hittills har antagits att klyvningsenheten liksom i "kapning först" har 6 klingor och således producerar maximalt 5 spiror.



Figur 14. Matningshastigheten (framflyttning plus kapning) som funktion av antalet kapsnitt per meter. Kapsåg WACO-KS 300.

TABELL 5. Genomloppstid för anläggning med två kapenheter.

Virkes-styckets längd m	Antal bitar per spira	Antal kap-snitt	Antal kap-snitt per meter	Mat-nings-hastigh m/min	Tid per spira s	Tid per virkesstycke, s	
						2 + 2 spiror	3 + 3 spiror
5,5	3	4	0,7	27	12,2	24,4	36,7
5,5	5	6	1,1	23	14,3	28,7	43,0
5,5	7	8	1,5	20	16,5	33,0	49,5
5,5	9	10	1,8	18	18,3	36,7	55,0
3,1	2	3	1,0	24,0	7,8	15,5	23,3
3,1	4	5	1,6	19,2	9,7	19,4	29,1
3,1	6	7	1,9	17,5	10,6	21,3	31,9

Om dessa fördelas på två kapsågar, som också antagits, blir antalet spiror per kapsåg maximalt två på den ena och tre på den andra. Den som kapar tre kommer då sannolikt att bestämma genomflödet. Det skulle gå lika snabbt om man hade ytterligare en klyvklinga och kunde klara maximalt 6 spiror, vilket också berörts tidigare.

De två kolumnerna längst till höger i tabellen visar kapningstiderna per virkesstycke om varje virkesstycke uppdelas i 2 + 2 eller 3 + 3 spiror. Tiderna för 2 + 2 gäller då också för 1 + 2 och tiderna för 3 + 3 gäller som redan nämnts för 2 + 3.

Tiderna visar att kapanordningen enligt detta förfarande blir alltför långsam även om virkesstyckena klyvs i endast tre eller fyra delar.

Genomloppstiderna som tidigare framräknats för kapning av hela virkesstycken är i stort sett endast ca 50 % högre än tiden för en spira. Detta innebär att om ett virkesstycke delas i sex spiror erfordras $\frac{6}{1,5} = 4$ kapanordningar för att hålla samma kapacitet som vid kapning av hela virkesstycket. Att fördela spirorna från det kluvna virkesstycket på flera än två kapanordningar, kanske 4 st, kan bli relativt komplicerat.

Det ser alltså inte så lovande ut, att med lösningar enligt hittills förda tankegångar, klara kapacitetskravet vid kapning på detta sätt. I så fall måste de tidigare antagna två kapenheterna byggas ut till fyra och mellantransportör 2 kommer att bli mera invecklad.

(10) Mottagar- och sorteringsenhet

Vid uppsågning enligt detta mönster är det något svårare och mindre meningsfyllt att spekulera över hur ämnena ska mottagas än vid uppsågning med kapning först, eftersom uppbyggnaden av kapningsenheten, som här utgör sista stationen, inte klarlagts närmare. Om fyra kapenheter används kan antingen sortering ske efter varje sådan eller också sammanförs de fyra flödena till ett. En manuell sortering är naturligtvis alltid användbar.

6. SLUTSATSER

Den mest framkomliga vägen synes alltså vara ett system med "kapning först och klyvning sedan". Både för kapnings- och klyvningsenheten erfordras dock utvecklingsarbete i konstruktivt avseende, medan man för övriga delar av systemet i huvudsak kan använda kända konstruktioner med vissa modifieringar. Svårast att lösa är kapaciteten vid kapningen samt matning av korta bitar, speciellt genom klyvningsenheten. I ett system med klyvning först blir det ännu svårare att få tillräcklig kapacitet på kapningsenheten medan klyvningsenheten i det fallet blir enklare.

7. SUMMARY

The report presents a pilot study of the mechanical design of a system for automatic cutting of unedged pieces of wood into blanks for, for instance, joineries or furniture. The work is part of the project "High yield sawing". In this project, a computer-based system is being developed, with the help of which the shape of the piece as well as the existence of knots and cracks are scanned. A specification of blanks requested is then combined with the result of the scanning process into a cutting pattern that is optimized as regards value.

The study presented here includes transport of the pieces of wood through the scanning system, the machinery for the subsequent cutting and a little about the handling of the pieces. There is an analysis of different cutting methods, of which circular saw blades are considered the most suitable so as to achieve the requested speed of approx. 3 pieces per minute. Fundamentally different, more or less complicated, cutting patterns are discussed in view of the possibility to carry out the cutting in practice. Two rather simple and thoroughly defined cutting patterns are studied more closely. In the first case, the piece of wood is first cut into a number of shorter lengths which are then sawn in a re-saw with several adjustable saw blades. In the second case, the piece of wood is first split in narrower parts which are then cut in requested lengths. The first-mentioned system is estimated to be the simplest to carry out, but blank lengths of less than 600 mm will imply holding problems at the splitting. The second system is more complicated, primarily because of the difficulty to reach a sufficient capacity at the cutting.

Detta digitala dokument
skapades med anslag från

**Stiftelsen Nils och Dorthi
Troëdssons forskningsfond**

TräteknikCentrum

INSTITUTET FÖR TRÄTEKNISK FORSKNING

Box 5609, 114 86 STOCKHOLM
Besöksadress: Drottning Kristinas väg 67
Telefon: 08-14 53 00
Telex: 14445 tratek s
Telefax: 08-11 61 88
Huvudenhet med kansli

Åsenvägen 9, 552 58 JÖNKÖPING
Telefon: 036-12 60 41

Box 354, 931 24 SKELLEFTEÅ
Besöksadress: Bockholmsvägen 18
Telefon: 0910-881 40
Telex: 65031 expolar s
Telefax: 0910-889 88

ISSN 0280-6789