

Carl-Johan Johansson

MASKINELL HÅLLFASTHETS-
SORTERING AV VIRKE MED
COMPUTERMATIC OCH MICROMATIC

ABSTRACT

The total production of machine stress graded timber in Sweden is approximately 200 000 m³ a year. There are 32 grading machines in operation of which 28 are Computer-matic and one is Micromatic.

The function of these machines are based on the principle of estimating the strength by measuring the bending stiffness of the timber. The basic equations are explained as well as the principles of how to set the machines. The Computermatic and Micromatic machines are programmed by giving limits for the deflection of the timber related to the different strength classes.

Furthermore it is shown how the required load is calculated and how the load acting on the timber is calibrated against the air pressure in the load cylinder.

Finally common errors are listed. The most severe one is the effect of overly thick timber. Directions how to take this into account in the grading process are given.

Keywords: Timber, machine stress grading

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	<u>sid</u>
ABSTRACT	2
FÖRORD	4
SAMMANFATTNING	5
1 INLEDNING	6
1.1 Maskinsortering godkänd sedan 1974	6
1.2 Computermatic mäter virkets styvhet	6
1.3 Grundläggande samband framtagna vid Träteknikcentrum	7
1.4 Samlad dokumentation om inställning av Computermatic	8
2 GRUNDLÄGGANDE SAMBAND	9
2.1 Samband mellan hållfasthet och elasticitetsmodul	9
2.2 Samband mellan E_{sann} och maskinelasticitetsmodulen E_{mask}	11
2.3 Utböjningsgränser	12
3 BELASTNINGSKRAFTEN	13
3.1 Beräkning av kraftens storlek	13
3.2 Bestämning av erforderligt manometertryck	13
4 FELKÄLLOR	14
4.1 De vanligaste felkällorna	14
4.2 Korrigering för måttavvikelser	14
5 REFERENSER	15
BILAGA 1 Samband mellan belastningskraft och manometertryck	16
BILAGA 2 Instruktion för måttkontroll vid maskinell hållfasthetssortering av konstruktionsvirke gällande Computermatic	19

FÖRORD

Föreliggande rapport har tagits fram för att ge en kortfattad samlad beskrivning av förutsättningarna för hållfasthetssortering av virke med Computermatic och Micromatic.

Rapporten avser endast frågor som direkt sammanhänger med sorteringsmaskinens funktion. Den viktiga visuella kompletteringsorteringen berörs ej eftersom planverkets godkännanderegler [3] ger klara riktlinjer om tillvägagångssätt.

Rapporten har skrivits i samråd med Jan Brundin vid Träteknikcentrum i Stockholm.

Borås i november 1986

Carl-Johan Johansson

SAMMANFATTNING

Den totala produktionen av maskinellt hållfasthetssorterat virke i Sverige är uppskattningsvis 200 000 m³/år. Det finns 32 sorteringsmaskiner i drift av vilka 28 är Computermatic och en Micromatic. Dessa maskiner är i det närmaste identiska och bygger på principen att skatta hållfastheten genom att mäta virkets böjstyvhet. De grundläggande sambanden redovisas liksom principerna för inställning av sorteringsmaskinerna. Computermatic och Micromatic programmeras genom att gränser anges för virkets utböjning i olika hållfasthetsklasser.

Vidare redovisas hur erforderlig belastningskraft beräknas samt hur belastningskraften kalibreras mot manometertrycket. Kraften åstadkoms av en tryckluftscylinder.

Slutligen redovisas de vanligaste felkällorna. Av dessa är tjockleksövermål mest betydelsefullt. Anvisningar ges för hur måttavvikelserna beaktas vid sorteringen.

1 INLEDNING

1.1 Maskinsortering godkänd sedan 1974

Hållfasthetssortering av virke sker i allt större utsträckning på maskinell väg. Metoden att genom mekanisk böjning klassificera virke är godkänd av Statens planverk sedan 1974. Mängden maskinsorterat virke är uppskattningsvis 200 000 m³/år. Motsvarande siffra för visuell sortering är 100 000 m³. Siffrorna avser såväl T-virke som virke sorterat enligt BS 4978 för export till Storbritannien.

Det finns totalt 32 sorteringsmaskiner i drift i Sverige. Dessa är av tre fabrikat:

- Computermatic och Micromatic
- Cook-Bolinder
- Raute

Computermatic med 28 maskiner dominerar helt. Den var också den första maskintypen som godkändes. Micromatic är en förenklad variant av Computermatic och förekommer i ett exemplar i Sverige.

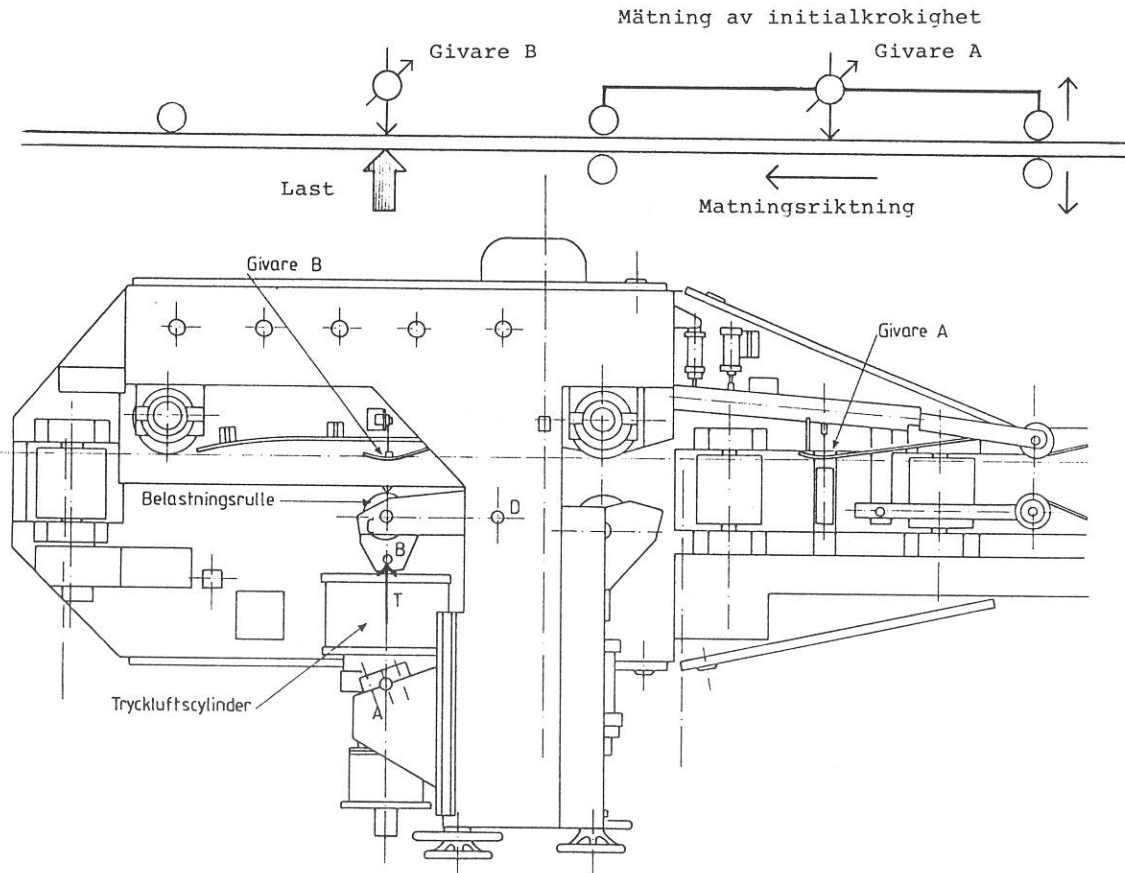
Beskrivningen av Computermatic i följande avsnitt gäller även Micromatic.

1.2 Computermatic mäter virkets styvhet

Som framgår av figur 1.1 belastar maskinen virket i veka leden och mäter den resulterande utböjningen. Detta sker kontinuerligt (mätvärden registreras dock endast var 152:a mm) vid virkets passage genom maskinen. Initialkrokighet mäts med givare A och givare B registrerar utböjningen orsakad av den konstanta kraften från tryckluftscylindern. Den av kraften orsakade deformationen blir B-A.

Principen bygger på att det finns ett relativt starkt samband mellan virkets hållfasthet och dess styvhet.

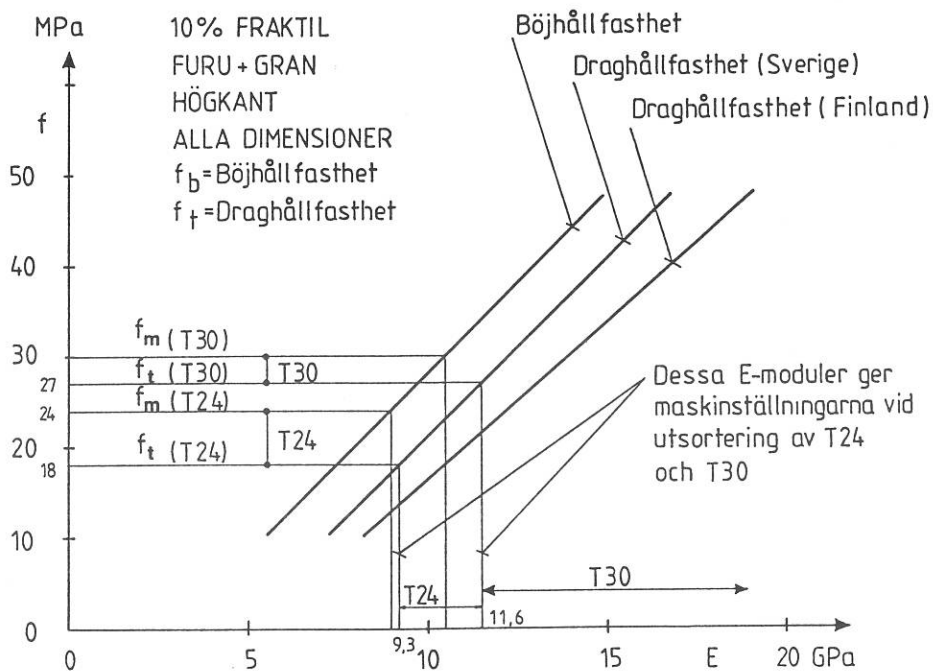
Genom att man ger gränser för den största utböjningen (= minsta styvheten = minsta hållfastheten) utefter ett virkesstycke kan maskinen göra indelning i önskade kvaliteter.



Figur 1.1 Principen för hållfasthetssortering med Computermatic

1.3 Grundläggande samband framtagna vid Träteknik-Centrum

De grundläggande sambanden för maskinsortering har tagits fram av TräteknikCentrum (dåvarande avd Träteknik vid Svenska Träforskningsinstitutet). En redovisning av underlaget finns i STFI-meddelande serie A nr 543 [1]. Figur 1.2 kan sägas utgöra en sammanfattning. Det framgår hur man utifrån hållfasthet kommer fram till ett erforderligt värde på elasticitetsmodulen, vilken sedan kan räknas om till ett utböjningsvärde. Detta kan sedan användas för programmering av sorteringsmaskinen.



Figur 1.2 Samband mellan hållfasthet och elasticitetsmodul för svenskt virke. Linjerna representerar den undre 10 %-fraktilen och har legat till grund för Statens planverks typgodkännande av maskinell hållfasthetssortering [2]

1.4 Samlad dokumentation om inställning av Computer-matic

Syftet med denna rapport är att kortfattat sammanfatta och förklara de samband som ligger till grund för inställning av Computermatic.

Syftet är vidare att belysa effekten av olika felkällor vid sorteringen samt att ange hur effekten kan minskas.

2 GRUNDLÄGGANDE SAMBAND

2.1 Samband mellan hållfasthet och elasticitetsmodul

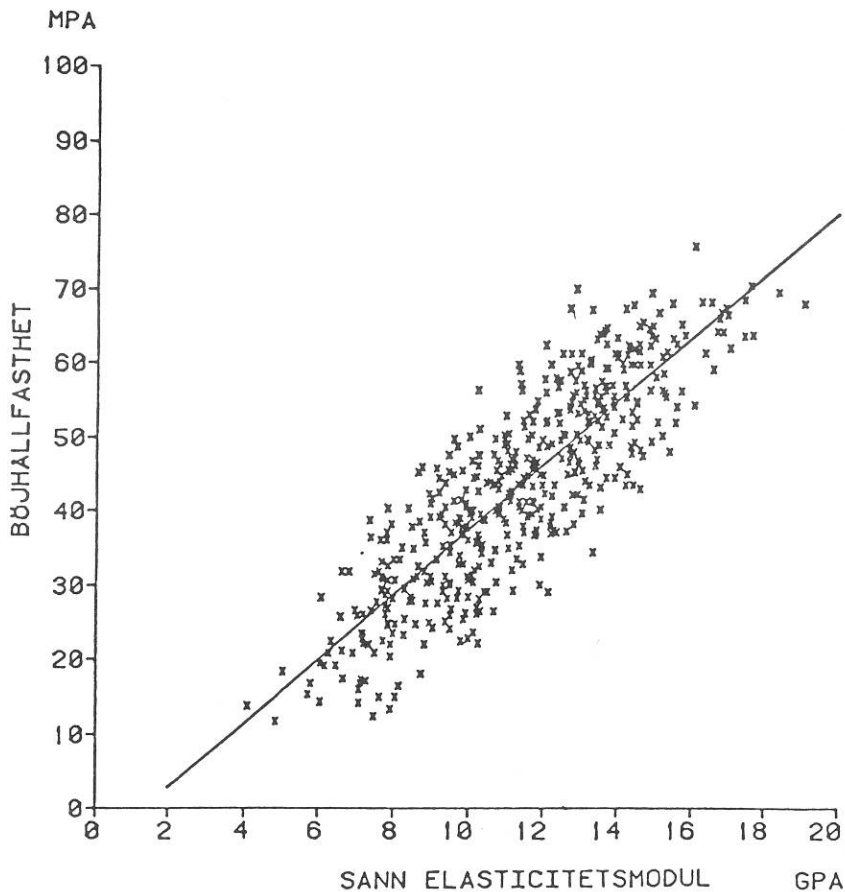
Två samband är aktuella

$$f_{m,10} = -11,2 + 0,0038 E_{sann} \quad (\text{böjhållfasthet}) \quad (2.1)$$

och

$$f_{t,10} = -17,8 + 0,0039 E_{sann} \quad (\text{draghållfasthet}) \quad (2.2)$$

$f_{m,10}$ och $f_{t,10}$ representerar den nedre 10 % fraktilen på det sätt som illustreras i figur 2.1.



Figur 2.1 Samband mellan böjhållfasthet f_m och elasticitetsmodul E_{sann} för 2200 virkesstycken av svensk gran och furu i fyra olika virkesdimensioner. f_m och E_{sann} är bestämda vid böjning på högkant [1]

Med hjälp av sambanden 2.1 och 2.2 kan man utifrån önskad hållfasthet beräkna värden på E_{sann} som framgår av tabell 2.1.

Tabell 2.1 Minimivärden på E_{sann} för hållfasthetsklasserna T30, T24 och T18. Värden inom parentes avser karakteristisk draghållfasthet enligt SBN 1975

Samband gällande virkestjocklekar 32-63 mm	Karakteristisk hållfasthet (MPa)			E_{sann} (MPa)		
	T30	T24	T18	T30	T24	T18
$f_{m,10} =$						
$= -11,2 + 0,0038 E_{sann}$	30	24	18	10750	9180	7610
$f_{t,10} =$						
$= -17,8 + 0,0039 E_{sann}$	20 (27)	16 (18)	11 (9)	9780 (11580)	8730 (9250)	7440 (6930)

I princip gäller att det högsta värdet på E_{sann} i respektive hållfasthetsklass ska väljas vid maskininställningen. Därmed skulle alltså värdena 10750, 9180 och 7610 MPa gälla för T30, T24 respektive T18. Till grund ligger emellertid E_{sann} -värdena 11580, 9250 och 7610 MPa.

Detta beror på att när godkännandet gavs 1974 var de tillåtna dragpåkänningarna σ_{tla} 9, 6 och 3 MPa för T30, T24 respektive Ö-virke*). Motsvarande karakteristiska värden beräknades vara 27, 18 och 9 MPa.

I SBN 1980 förändrades dessa värden drastiskt. För T30 skedde en sänkning från 27 till 20 MPa. Därmed var draghållfastheten inte längre avgörande. I princip motiverade detta en mildring av kraven på E_{sann} . TräteknikCentrum, Statens planverk och Statens provningsanstalt beslöt emellertid att som en extra säkerhetsåtgärd bibehålla de då gällande värdena.

*) Maskinsorterat Ö-virke antogs motsvara, en då ej existerande hållfasthetsklass, T18

2.2 Samband mellan E_{sann} och maskinelasticitetsmodulen E_{mask}

E_{mask} är elasticitetsmodulen bestämd i Computermatic vid böjning på lågkant enligt formeln

$$E_{mask} = F l^3 / (48 I \delta) \quad (2.3)$$

där

F = pålagd kraft

l = avståndet mellan stödrullarna = 914 mm

I = virkets tröghetsmoment vid böjning på lågkant

δ = utböjningen

Det kan förefalla märkligt att man inte direkt utgår från sambandet mellan f_m och E_{mask} . Motivet till detta är att man har valt att först ta fram ett samband mellan hållfasthet och styvhet som är allmängiltigt och inte knutet till en speciell maskin.

Sambandet mellan E_{sann} och E_{mask} är

$$E_{sann} = 840 + 1,21 E_{mask} \quad (2.4)$$

De mot varje hållfasthetsklass svarande värdena på E_{mask} framgår av tabell 2.2.

Tabell 2.2 Maskinelasticitetsmodulen E_{mask} för respektive hållfasthetsklass

	T30	T24	T18
E_{sann} (MPa)	11580	9250	7610
E_{mask} (MPa)	8860	6940	5590

2.3 Utböjningsgränser

Utgående från E_{mask} kan de utböjningsvärden som ska utgöra gränser för hållfasthetsklasserna beräknas. För detta används formeln

$$\delta = F l^3 / (48 E_{mask} I) \quad (\text{se ekv 2.3}) \quad (2.5)$$

F avpassas så att kantböjpkänningen $\sigma_m = 13,8$ MPa och beräknas enligt uttrycket

$$F = 8 I \sigma_m / (l t) \quad (2.6)$$

där t = virkestjockleken

Med (2.6) insatt i (2.5) och med $l = 914$ mm erhålls

$$\delta = 1,92 \cdot 10^6 / (E_{mask} t) \quad (2.7)$$

I tabell 2.3 har värden på utböjningsgränserna beräknats för några frekventa virkestjocklekar. I Computermatic mäts utböjningen i enheter (bit) om 0,1905 mm eller 0,381 mm beroende på maskinmodell. 0,1905 mm är vanligast.

Tabell 2.3 Utböjningsgränser för Computermatic Mark PIVa och Micromatic (bitlängd = 0,1905 mm). Bitvärden inom parentes

Virkestjocklek (mm)	Utböjningsgränser (mm och bit)		
	T30	T24	T18
E_{sann} (MPa)	11580	9250	7610
E_{mask} (MPa)	8860	6940	5590
32	6,77 (35)	8,65 (45)	10,73 (56)
34	6,37 (33)	8,14 (43)	10,10 (53)
38	5,70 (30)	7,28 (38)	9,04 (47)
45	4,82 (25)	6,15 (32)	7,63 (40)
47	4,61 (24)	5,89 (31)	7,31 (38)
50	4,33 (23)	5,53 (29)	6,87 (36)
58	3,74 (20)	4,77 (25)	5,92 (31)
63	3,44 (18)	4,39 (23)	5,45 (29)

Utböjningsgränserna programmeras normalt in med hjälp av s k programkort. Dessa kort byts vid ändring av nominell virkestjocklek. Vissa maskiner är utrustade med en s k programterminal på vilken utböjningsgränserna kan ställas in i kodad form.

3 BELASTNINGSKRAFTEN

3.1 Beräkning av kraftens storlek

Kraften F beräknas med uttrycket (2.6). Med kända värden på σ_m och l erhålls

$$F = 0,121 I/t \quad (2.8)$$

3.2 Bestämning av erforderligt manometertryck

Kraften åstadkoms av en tryckluftscylinder. Lufttrycket ställs in på en manometer. Förhållandet mellan kraft och lufttryck bestäms med jämna mellanrum genom kalibrering. Resultatet av kalibrering är normalt en tabell av det slag som visas i figur 2.2. Vid beräkning av värdena i denna tabell har beaktats att belastningskraften vid ett och samma lufttryck beror på belastningsrullens läge dvs virkets tjocklek, se figur 1.1 och bilaga 1.

MASKINSORTERING

Tillverkare
Maskin nr
Kalibreringsdatum

MANOMETERTRYCK (kPa) / CYLINDERKOMBINATION
Sortering enligt SBN Godkännanderegler 1978:3

VIRKES- BREDD (mm)		***** S Å G A T ***** VIRKESTJOCKLEK (mm)			
		38	47	50	75
75 -	254/1	390/1	442/1	395/2	
100 -	337/1	518/1	229/2	524/2	
125 -	420/1	251/2	285/2	275/3	
150 -	502/1	301/2	341/2	329/3	
175 -	228/2	350/2	396/2	383/3	
200 -	260/2	399/2	452/2	436/3	
225 -	291/2	448/2	508/2	490/3	
250 -	323/2	497/2	238/3	543/3	
VIRKES- BREDD (mm)		***** H Y V L A T ***** VIRKESTJOCKLEK (mm)			
		34	45	70	
70 -		334/1	320/2		
95 -	256/1	451/1	432/2		
120 -	322/1	221/2	544/2		
145 -	388/1	266/2	276/3		
170 -	454/1	311/2	323/3		
195 -	520/1	356/2	369/3		
220 -	228/2	401/2	416/3		
245 -	253/2	446/2	462/3		

Figur 2.2 Tabell för inställning av manometertryck vid sortering av några vanligt förekommande virkesdimensioner

4 FELKÄLLOR

4.1 De vanligaste felkällorna

Det finns ett flertal faktorer som påverkar sorteringsresultatet. De mest kända är

- måttvariationer hos virke
- svängningar i virket
- ytojämnheter (ramsågat)
- felinställt tryck
- fel i lastpåföringsdelen

Av dessa är måttavvikelserna den faktor som oftast och i störst utsträckning kan påverka sorteringen.

Svängningar i virket uppstår vid passagen genom maskin. Matningshastigheten inverkar. Ju större hastighet desto större svängning med vilket följer minskat utfall av konstruktionsvirke. Detta är närmast ett ekonomiskt problem.

A- och B-givarna, se figur 1.1, mäter inte på exakt samma ställe på ett virkesstycke. Därmed spelar ytojämnheter orsakade av sågning in. Vidare skiljer sig upplagsförhållandena vid mätning med A jämfört med B-givaren. Det är emellertid inte tillfredsställande klarlagt i vilken utsträckning detta påverkar sorteringsresultatet.

Felinställt tryck förekommer mycket sällan. Detta visar åtta års erfarenhet från Statens provningsanstalts övervakande kontroll.

Fel i lastpåföringsdelen förekommer och tycks öka i frekvens med maskinens ålder. Hittills har emellertid felen varit av den arten att de antingen har inneburit för högt tryck och därmed en nedklassning av virket eller också har de varit så uppenbara att de genast har lett till åtgärd.

4.2 Korrigerig för måttavvikelser

Av störst betydelse för sorteringsresultatet är tjockleksövermål som förekommer mycket ofta. Effekten belyses med följande exempel:

Två virkesstycken som är lika så när som vad gäller tjockleken körs genom sorteringsmaskinen. Det ena virkesstycket är 50 mm tjockt. Det andra är 53 mm, vilket för övrigt är tillåtet övermål för 50 mm tjockt virke enligt [3].

Maskinen är inställd för 50 mms virke.

Säg att det 50 mm tjocka virket får en max-utböjning på 6 mm och därmed klassas som T18, se tabell 2.3. Om 53 mms virket körs genom maskin utan föregående korrigerig av inställningarna, så kommer max-utböjningen att bli 5,04 mm, vilket innebär T24. Skillnaden är nästan 1 mm, vilket utgör en stor del av utböjningsintervallet mellan T18 och T24.

Det 53 mm tjocka virket klassas alltså felaktigt som T24. Inte ens om man avstår från att hyvla till 50 mm motsvarar styrkan T24.

Detta är bakgrunden till att en särskild instruktion för måttkontroll och korrigerig av belastningskraften infördes i Sverige 1986, se bilaga 2.

Tillvägagångssättet är i korthet att de fem första virkestyckena i ett paket mäts. Om medeltjockleken överstiger nominellt värde med 1 mm eller mer ska korrigerig av lufttrycket ske.

5 REFERENSER

- [1] Brundin, J.: Maskinhållfasthetssortering - Samband mellan hållfasthet vid böjning på högkant och böjstyvhet för svenskt furu- och granvirke. Principer för maskinprogrammerig. STFI-meddelande serie A nr 543. Svenska Träforskningsinstitutet 1981
- [2] Schmidt, T.: Sambandet mellan draghållfasthet och böjstyvhet för svenskt furu- och granvirke. STFI-meddelande serie B nr 331. Svenska Träforskningsinstitutet 1975
- [3] Maskinellt hållfasthetssorterat konstruktionsvirke. SBN Godkännanderegler 1978:3. Statens planverk 1978

BILAGA 1 SAMBAND MELLAN BELASTNINGSKRAFT OCH MANOMETERTRYCK

I figur 1 och 2 visas principskisser över hur kraften T från tryckluftscylindern överförs till belastningsrullen. F är den resulterande kraften som belastar virkesstycket. När vinkeln β är 0, är $F = T$. I praktiken kan emellertid β aldrig bli mindre än cirka 2° . Om man successivt ökar vinkeln β ser man tydligt att de hävarmar på vilka T och F verkar, ändrar längd. För små värden på β är inverkan försumbar, men i praktiken kan β variera mellan cirka 6 och 18° , motsvarande 75 mm respektive 22 mm tjockt virke.

Med beteckningar enligt skiss i figur 2 kan ett samband mellan F och T tecknas.

Uttrycket för momentet kring punkten D blir:

$$F l_{CD} \cos\gamma - T \cos\gamma (l_{CD} \cos\beta + l_{BC} \sin\beta) - (l_{CD} \tan\alpha - l_{CD} \tan\beta) \cos\beta T \sin\gamma = 0$$

vilket kan omformas till

$$F = T \left[\cos\gamma \frac{l_{CD} \cos\beta + l_{BC} \sin\beta}{l_{CD} \cos\beta} + \sin\gamma l_{CD} \tan(\alpha - \beta) (1 + \tan\alpha \tan\beta) \cos\beta \right]$$

γ kan i praktiken ej få värden utanför intervallet $-0,9^\circ - +2,4^\circ$. $\cos\gamma$ kan därför sättas till 1. $\sin\gamma \tan(\alpha - \beta)$ är försumbart litet. Uttrycket kan därför förenklas till

$$F \approx T \left(1 + \frac{l_{BC}}{l_{CD}} \tan\beta \right)$$

Med ledning av detta uttryck kan värdet på F för olika värden på vinkeln β vid konstant värde på T beräknas. Vid mätning med SPs lastcell blir värdet på $\beta = 10,23^\circ$.

$$F_{SP} = T \left(1 + \tan 10,23 \frac{75}{242} \right) = 1,0559 T$$

Beräkningen av den inställning på maskinens manometer som ska gälla för varje virkesdimension sker på följande sätt:

1. Erforderlig last beräknas ur uttrycket

$$F = \frac{2 b t^2 \sigma_m}{3 l}$$

där b = virkets bredd

t = tjockleken

σ_m = 13,8 MPa

l = 914 mm

2. Inställningen på maskinens manometer beräknas sedan ur

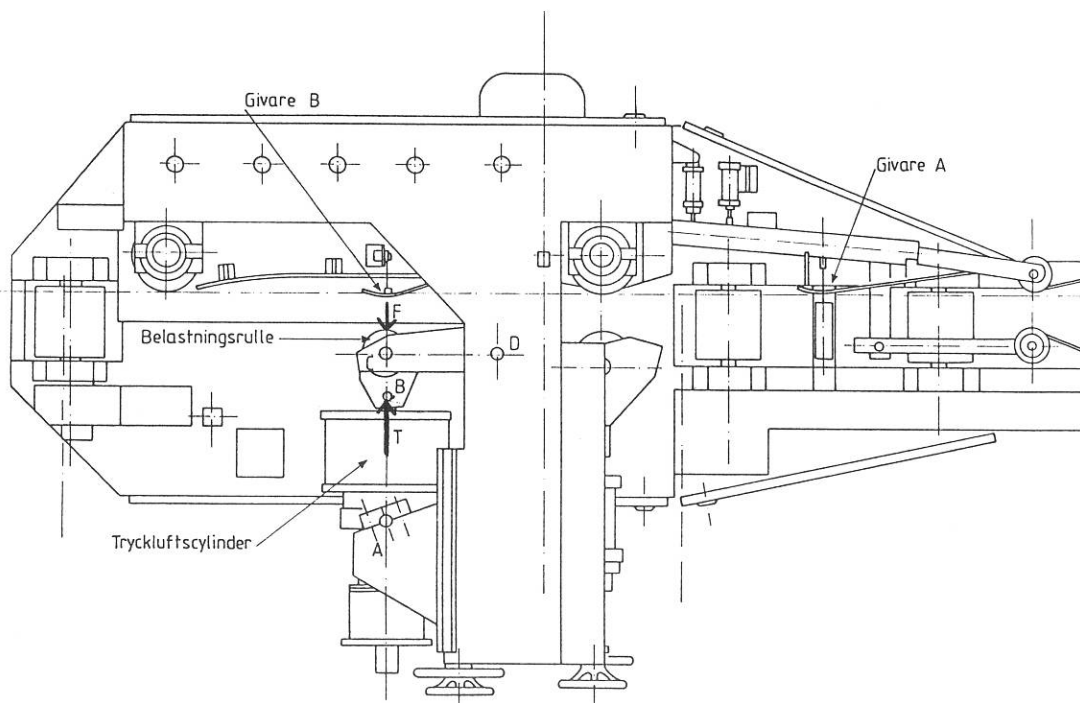
$$Mm = f_1 (F)/f_2 (t)$$

där f_1 = det uppmätta sambandet mellan last- och lufttryck enligt maskinens manometer

$$f_2 = \frac{1 + 0,310 \tan x}{c}$$

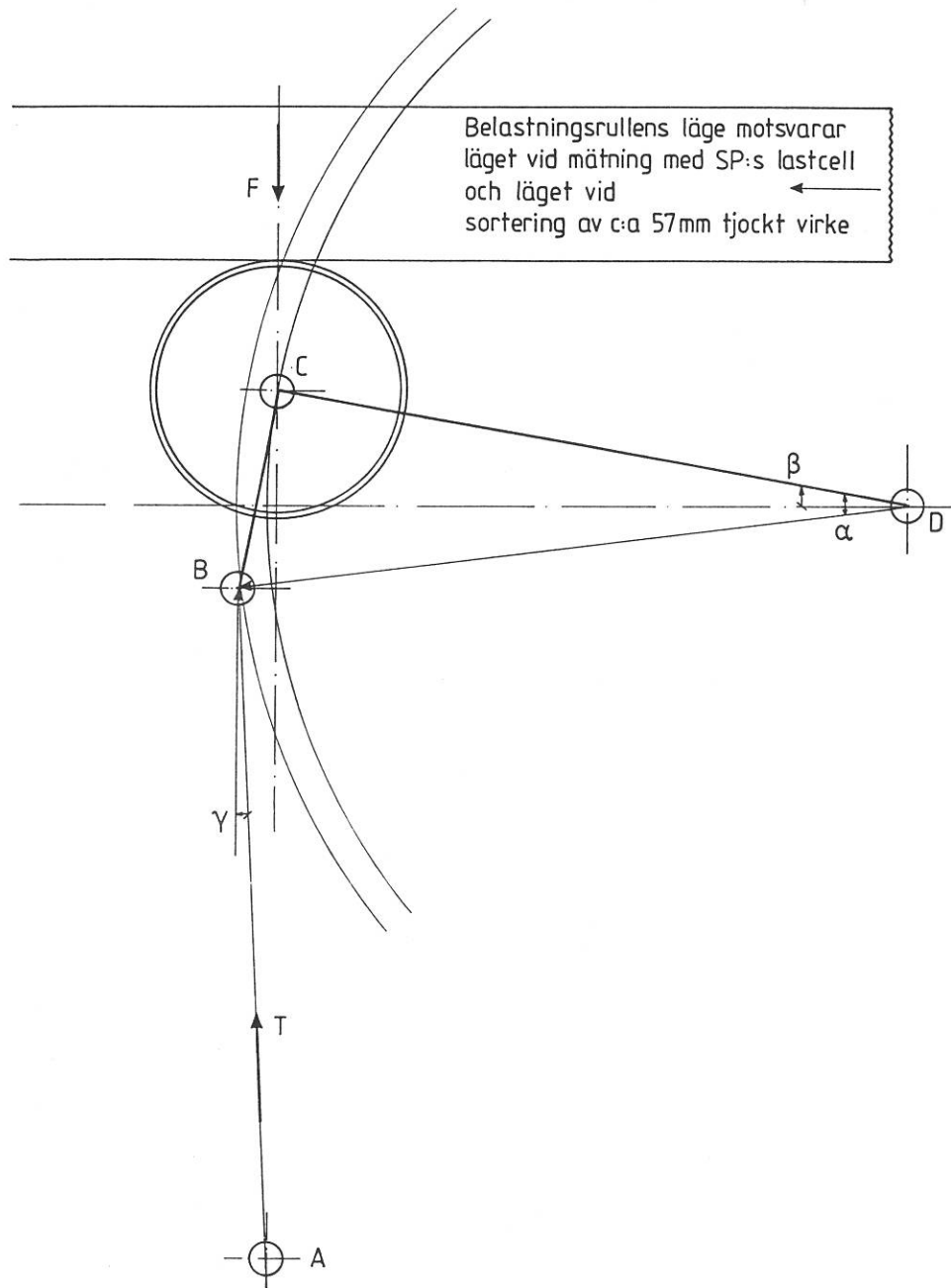
där c = 1,0559 för SPs lastcell

$$x = \arcsin \left(\frac{100 - t}{242} \right) - 10,23$$



Figur 1 Computermatic sedd uppifrån. Virkets kantsida är uppåt.

ÖVERFÖRING AV KRAFT FRÅN TRYCKLUFTSKOLV
TILL VIRKET I EN COMPUTERMATIC



Figur 2 Principen för kraftspelet mellan tryckluftscylinder och virke. Beträffande lägena hos punkterna A, B, C och D se figur 1

BILAGA 2 INSTRUKTION FÖR MÄTTKONTROLL VID MASKINELL HÅLL-
FASTHETSSORTERING AV KONSTRUKTIONSVIRKE GÄLLANDE
COMPUTERMATIC

Kontrollmätning ska ske på de fem första virkesstyckena i varje paket. Mätningen ska utföras ca 150 mm från ena virkesändan. Om något av dessa fem virkesstyckena faller utanför de tillåtna gränserna i tabell 1 ska detta virkesstycke kasseras. Därefter ska fem nya virkesstycken kontrollmätas. När måtten för samtliga fem stycken i en kontrollgrupp hamnar inom gränserna avslutas mätningen, varefter medelvärdet av tjocklekarna beräknas.

Om detta medelvärde överskrider nominellt mått med en millimeter eller mer ska lufttrycket multipliceras med aktuell faktor ur tabell 2.

Tabell 1

	Tjocklek			Bredd		
	min	nom	max	min	nom	max
Sågat virke	24	25	26,5	74	75	78
	31	32	34	98	100	104
	37	38	40,5	123	125	130
	46	47	50	148	150	156
	49	50	53	173	175	182
	62	63	67	198	200	208
	74	75	79,5	223	225	234
	Hyvlat virke	21,5	22	22,5	69,5	70
27,5		28	28,5	94,5	95	95,5
33,5		34	34,5	119	120	121
44,5		45	45,5	144	145	146
57,5		58	58,5	169	170	171
69,5		70	70,5	194	195	196
				219	220	221

Tabell 2 Computermatic korrigeringsvärden

Nominell tjocklek (mm)	Övermål 1-1,49 (mm)	Övermål 1,50-2,49 (mm)	Övermål 2,50- (mm)
25	1,12		
32	1,10	1,20	
38	1,08	1,17	
47	1,07	1,13	1,20
50	1,06	1,12	1,19
63	1,05	1,10	1,15
75	1,04	1,08	1,12

Exempel

Nominell tjocklek = 50 mm.

Vid mätning av tjockleken hos 5 virkesstycken fås värdena 51,5, 52,5, 51,0, 51,0 och 53,0.

Medelvärdet blir då

$$\frac{51,5+52,5+51,0+51,0+53,0}{5} = 51,8$$

Det vill säga övermålet är $51,8-50 = 1,8$ mm.

Korrigeringsvärdet för lufttrycket blir då 1,12 enligt ovanstående tabell.

Lufttrycksvärdet från ordinarie inställningstabell multipliceras med 1,12 och det erhållna värdet ställs in på manometern.