

Prov av Valmet 965 på Valmet 911

*Dag Myhrman, Mats Landström,
Paul Granlund & Tommy Helgesson, Trätek*



Omslag: Kapprov

Foto: Dag Myhrman

SkogForsk – Stiftelsen Skogsbrukets Forskningsinstitut

SkogForsk arbetar för ett långsiktigt, lönsamt skogsbruk på ekologisk grund. Bakom SkogForsk står skogsbolag, skogsägareföreningar, stift, gods, allmänningar, plantskolor, SkogsMaskinFöretagarna m.fl., som betalar årliga intressentbidrag. Hela skogsbruket bidrar dessutom till finansieringen genom en avgift på virke som avverkas i Sverige. Verksamheten finansieras vidare av staten enligt särskilt avtal och av fonder som ger projektbundet stöd.

SkogForsk arbetar med forskning och utveckling med fokus på fyra centrala frågeställningar: Produktvärde och produktionseffektivitet, Miljöanpassat skogsbruk, Nya organisationsstrukturer samt Skogsodlingsmaterial. På de områden där SkogForsk har särskild kompetens utförs även i stor omfattning uppdrag åt skogsföretag, maskintillverkare och myndigheter.

Serien **Arbetsrapport** dokumenterar långliggande försök samt inventeringar, studier m.m. och distribueras enbart efter särskild beställning.

Forsknings- och försöksresultat från SkogForsk publiceras i följande serier:

SkogForsk-Nytt: Nyheter, sammanfattningar, översikter.

Resultat: Slutsatser och rekommendationer i lättillgänglig form.

Redogörelse: Utförlig redovisning av genomfört forskningsarbete.

Report: Vetenskapligt inriktad serie (på engelska).

Handledningar: Anvisningar för hur olika arbeten lämpligen utförs.

Innehåll

Sammanfattning	3
Prov på aggregatet Valmet 965	4
Studieuppläggning	4
Allmänna mått	6
Kvistverktyg	8
Matningsanordning	10
Fäll- och kapsåg	12
Diskussion	13
Prov i praktiskt arbete	14
Referenser	15

Sammanfattning

Valmet 965 är ett engreppsaggregat avsett för slutavverkning av träd med fällskär upp till 65 cm. Aggregatet har en fast och fyra rörliga kvistknivar samt matarvalsar av massivgummi. Främre kvistknivarnas ansättning mot stammen är avfjädrad för att ge bättre följsamhet vid ojämnheter. Matarvalsarnas ansättningsvinkel mot stammen styrs av en kamkurva och ändras med stamdiametern.

Valmet 965 har väsentligt bättre prestanda än det tidigare provade aggregatet 960. Detta har erhållits trots att bränsleförbrukningen i praktiskt arbete inte ökat nämnvärt. Maximalt fällskär är nu 65 cm.

Aggregatet har följande fördelar:

- Låga hydraulförluster.
- Dragkraften har ökat till 14 kN.
- Kapsågen har hög nettokapeffekt, 37 kW.
- Liten anliggningsyta mot marken möjliggör låga stubbar.
- Sågens placering är bra då trädet inte fälls över svärdspetsen.
- Såglådan rymmer 75 cm sågsvärd
- Aggregatet är lätt, 1170 kg

Nackdelarna är:

- Mekanismen för anpassningen av matarvalsarnas ansättningsvinkel mot stammen komplicerar den mekaniska uppbyggnaden av matningsanordningen.
- Matarverkets verkningsgrad är endast 63 %.
- Trots hög netto kapeffekt erhålles kapsprickor vid kapning av 5,5 m timmer då kapdiametern överstiger 25 cm.

Trots avsevärt förbättrade prestanda har inte bränsleförbrukningen vid provet i praktiskt arbete ökat, utan är fortfarande låg med 12,6 l/h.

Ergonomi och underhåll granskades inte vid denna studie. Stencil 1995 01 26 behandlar ergonomi och underhåll på Valmet 911 med aggregatet 960.

Prov på aggregatet Valmet 965

Studieuppläggning

Mätningarna har genomförts i samarbete med maskintillverkaren och på aggregat som tillhandahållits av tillverkaren. Dragkraftmätningarna genomfördes i maj 1996 utanför Umeå och kapförsöken i oktober 1996 utanför Tierp. Mätningarna består av fyra delar:

1. En geometrisk uppmätning av för aggregatets funktion kritiska mått som vikt, yttermått, maximal tr addediameter som kan kapas, kvistknivarnas omslutning vid olika tr addediametrar, stödyta mot marken etc.

För mätning av kvistknivarnas stamomslutning använder vi oss av rör med ytterdiameter från 110 till 315 mm. Rören placeras i aggregatet och kvistknivarna ansätts. Den del av omkrets på röret, där avståndet mellan kniveggen och plaströrets ytterdiameter är mindre än 10 mm, mäts. Mätningen görs på primärknivarna (de övre knivarna) då det är dessa knivar som utför det huvudsakliga kvistningsarbetet. Genom att ange detta mått i procent av totala omkretsen erhålles ett teoretiskt mått på hur väl kvistknivarna omsluter stammen.

2. En uppmätning av aggregatets hydraulfunktioner under upparbetning.

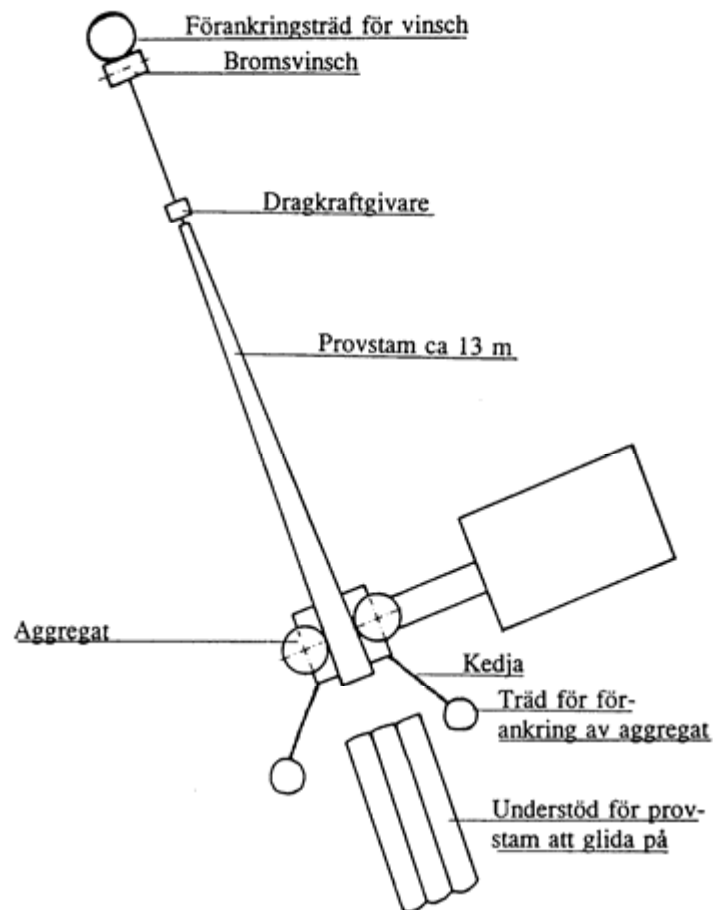
Följande funktioner mäts:

- tryckfall över sågmotor
- kvistknivarnas ansättningsstryck under matning
- matarvalsarnas ansättningsstryck under matning
- tryckfall över aggregatets huvudventil
- flöde till aggregatet vid kapning och matning.

3. En uppmätning av aggregatets praktiska matningskraft.

Mätningen går till på följande sätt:

En stam fälls och kvistas motormanuellt. I toppen fästes, via en kraftgivare, linan till en speciellt utvecklad bromswinsch. Maskinen griper trädet med matarrullar och kvistknivar som vid vanlig upparbetning. För att förhindra att reaktionskraften från matningen överförs till kranen förankras aggregatet med kättingen i lämpliga träd. Figur 1 visar försöksuppställningen. Matningen startas. Med hjälp av bromswinschen varieras bromskraften och därmed matningshastigheten under mätförloppet. Maskinen körs på normalt arbetsvarvtal under uppmätningen.



Figur 1.
Försöksuppställning vid mätning av praktisk dragkraft.

Följande registreras:

- dragkraften i givaren
- utmatningshastigheten på bromswiren = matningshastigheten
- tryckfallet över matarvalsarnas hydraulmotorer
- kvistknivarnas ansättningstryck
- matarvalsarnas ansättningstryck
- flödet över matarmotorerna
- trycket till huvudventilen på aggregatet
- dieselmotorns varvtal.

4. En uppmätning av kapsågens avverkningskapacitet.

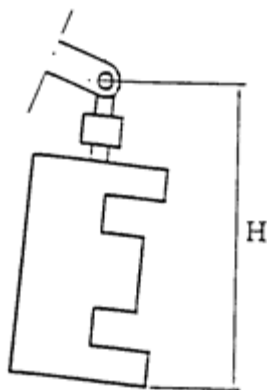
Följande funktioner mäts:

- tryckfall över sågmotor
- flöde till sågmotor
- diameter på stammen vid kapstället
- kaptiden
- tryck i matningscyldern under sågning.

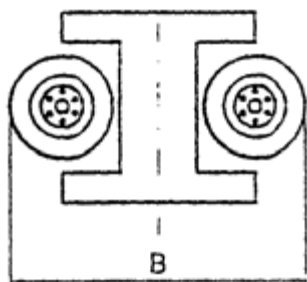
Mätningarna utvärderas med avseende på samband mellan avverkningskapacitet och kapsprickor.

Allmänna mått

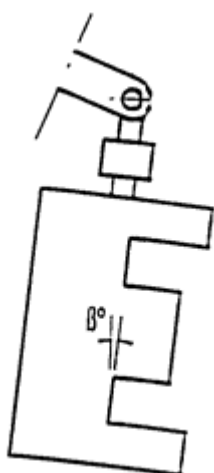
Yttermåtten på aggregatet framgår av figurerna 2 och 3. Med aggregatet fritt hängande i positioneringsläge lutar det ca 1° framåt, figur 4. Från arbetssynpunkt är det bättre om aggregatet lutar bakåt så att sågdelen fixeras först vid positionering.



Figur 2.
Höjd från kranspets till bottenplatta, inkl.
rotator och länk. Fritt hängande aggregat.
 $H = 1\,820\text{ mm}$.



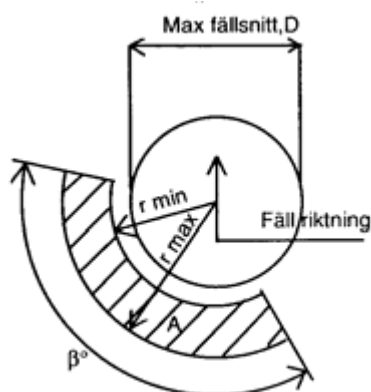
Figur 3.
Maximal bredd med slirskydd monterade.
Matarvalsar helt öppna. $B = 1\,600\text{ mm}$.
Matarvalsar stängda. $B = 960\text{ mm}$.



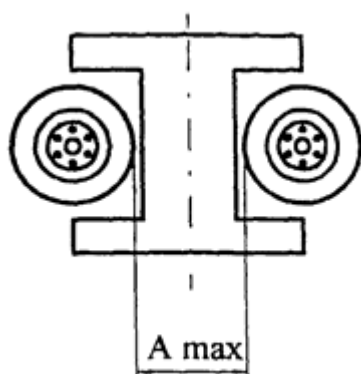
Figur 4.
Upparbetningsbanans vinkel mot
vertikalplanet med fritt hängande aggregat
positioneringsläge. Vinkeln anges med
plustecken om aggregatet lutar framåt med
överdelen. ### = $+1^\circ$.

Maximal kapdiameter är ca 650 mm under förutsättning att trädet är väl centrerat i aggregatet, se figur 5. Maximal öppning mellan matarvalsarna med monterade slirskydd är ca 560 mm, se figur 6. Aggregatets utrymmesbehov mot markplanet är litet och möjliggör låga stubbar även med hinder nära trädet om aggregatet positioneras rätt, se figur 7. Det minskar också risken för snöpackning. Svärdets vinkeläge vid fällning/kapning av stammen är bra upp till 40 cm diameter, se figur 8.

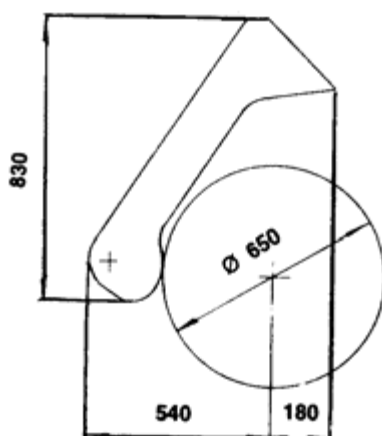
Vikten för körklart aggregat med rotator, länk, slangar och slirskydd är 1 170 kg.



Figur 5.
Max fällsnitt vid måttillfället 65 cm. $r_{\min} = 33$ cm $r_{\max} = 78$ cm ### = 116###

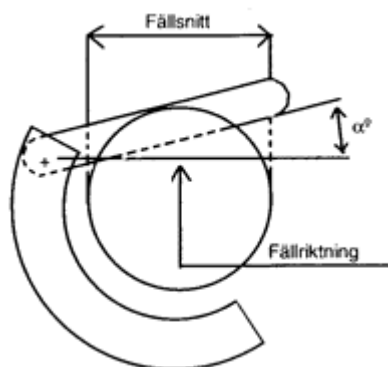


Figur 6.
Maximal öppning mellan matarvalsar med Lencab slirskydd monterade.
 $A = 560$ mm 610)*



Figur 7.
Aggregatets utrymmesbehov mot markplanet. Gäller vid måttillfället.

* Siffrorna inom parentes anges i tillverkarens broschyrer.



Figur 8.
Svärdets vinkelläge vid genomsågning av
stam.

Svärdläge ###

40 cm fällsnitt ### = 6###

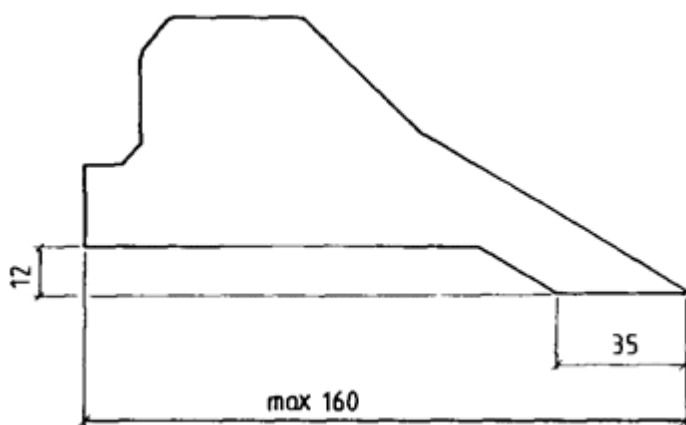
65 cm fällsnitt ### = 36###

Kvistverktyg

Aggregatet har fem kvistknivar. Två rörliga mekaniskt avfjädrade knivar och en fast överst (primärknivar) och två nedre knivar (sekundära knivar). Primär- och sekundärknivarna påverkas av en hydraulcylinder och knivrörelsen är ej parallellstyrd till aggregatets centrum. Trycket i hydraulcylindrarna är konstant vid upparbetning, vilket innebär att anliggningskraften mellan primärkvistknivar och stam endast påverkas av geometrin och fjäderkraften. Hur kraften varierar med diametern framgår av figur 9. Vid positionering är klämkraften större. Största tr addediameter som kan kvistas är 500 och minsta 40 mm. Ansättningen av primärkvistknivarna mot stammen är mekaniskt justerbart avfjädrad, vilket möjliggör god följsamhet även vid ojämnheter på stammen.

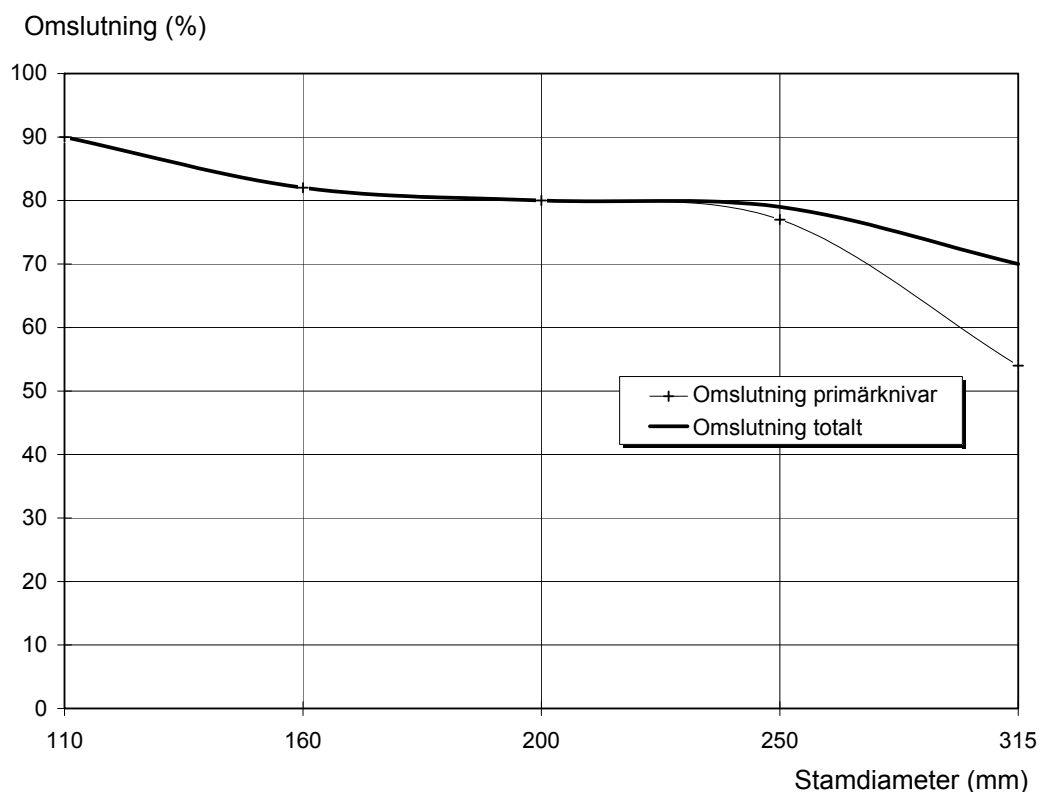
Figur 9.
Kvistknivens anliggningskraft mot stammen, som funktion av stamdiametern vid
uppmätt hydraultryck. Gäller när anliggningskraften fördelas lika på de fyra knivarna.

I diagrammet har anliggningskraften förutsatts fördelad lika mellan primär- och sekundärknivarna. I praktiken är anliggningskraften på de fjäderansatta primärknivarna lägre och kraften på sekundärknivarna motsvarande högre. Fjäderansättningen är justerbar, vilket gör att anliggningskraften kan anpassas till behovet. Kvistknivarnas tvärsnitt framgår av figur 10.



Figur 10.
De rörliga primärkvistknivarnas tvärsnittsprofil längst in på kniven. Sekundärknivarna saknar släppning men har i övrigt ungefär samma tvärsnittsprofil.

Figur 11 visar primärkvistknivarnas omslutning av stammen. Knivarna har bra omslutning upp till ca 25 cm stamdiameter. Genom att krökningen är annorlunda på sekundärknivarna överlappar de så att den totala omslutningen ligger över 80 %.



Figur 11.
Primärkvistknivarnas stamomslutning uttryckt som procent av stamomkretsen vid olika diametrar. Den övre kurvan anger totalomslutning för primär- och sekundärknivarna.

Matningsanordning

Matningsanordningen på Valmet 965 består av två matarvalsar med massivgummi. Ytterdiameter 480 mm och bredd 280 mm, gummitjocklek 85 mm. Gummit har en hårdhet av ca 65#### shore. För att förstärka lyftkraften vid matning är matarvalsarna monterade på ett länksystem vars funktion är att anpassa matarvalsarnas tangentiella vinkling mot stammen så att god lyftkraft erhålls vid alla stamdiametrar. Anordningen fungerar bra men är komplicerad med flera rörliga delar. Normalt är slirskydd monterade. Valsarna ansätts mot stammen med en hydraulcylinder. Geometrin för matningsanordningen är neutral, dvs ingen självlåsnings effekt (ökad anliggningskraft) erhålls vid matning. Om man önskar styra klämkraften aktivt är neutral geometri en fördel.

I figur 12 visar matarvalsarnas klämkraft mot stammen som funktion av stamdiametern. Då hydraultrycket i ansättningscylindern är konstant vid matning erhålls variationerna i klämkraft från länksystemet för vinkling av matarvalsarna mot stammen.

Figur 12.
Matarvalsarnas klämkraft mot stammen vid olika stamdiametrar.
Diagrammet bygger på Sisu Loggings uppgifter.

Uppmätt matningskraft

Med hjälp av den beskrivna mätanordningen gjordes uppmätning av aggregatets maximala matningskraft. Mätningarna genomfördes med åtta grannstammar. Stamdiametern varierade från 32 till 16 cm. Genom att variera bromskraften varierades matningshastigheten vid mätningarna mellan 0,6 och 1,9 m/sek.

Från mätningarna har fjorton mätpunkter utvärderats. Kriteriet för utvärdering har varit att värdena för dragkraft, flöde och tryckfall skall ligga stabilt. Medelvärdet för dragkraften för de fjorton mätpunkterna är 13,9 kN ($s = 1,6$ kN). I broschyren anges matningskraften brutto till 24,5 kN vid 24 MPa hydraultryck. Vid dragförsöken uppmättes 21,2 MPa tillgängligt tryck över matarmotorerna.

Resultatet innebär en ökning av medeldragkraften med 1,5 kN jämfört med 960-aggregatet. Slirningen vid dragproven var ca 24 %, vilket är betydligt mindre än vid mätningarna på 960-aggregatet.

Verkningsgrad, friktion och rullmotstånd

Utifrån det uppmätta trycket över matarvalsarnas hydraulmotorer och med kännedom om motorernas prestanda och matarvalsarnas rullningsradie mot stammen har vi räknat ut den teoretiska matningskraften vid mätpunkterna. Den blir 22,0 kN.

Verkningsgraden för matningsanordningen på Valmet 965 blir alltså $13,9/22,0 \times 100 = 63 \%$.

Skillnaden mellan den teoretiska och verkliga matningskraften utgörs av förluster i matningsanordningen. Det är friktion mellan stammar och kvistknivar/aggregat samt rullmotstånd mellan stam och matarrullar. Detta kan skrivas som:

$$F_{\text{teoretisk}} = F_{\text{mätt}} + F_{\text{frikt}} + F_{\text{rullmotst}} \quad (1)$$

Hur förlusterna fördelar sig mellan friktion och rullmotstånd har inte mätts upp men kan uppskattas utifrån följande antaganden: Antag att friktionskoefficienten mellan stål och bark varierar mellan 0,1 och 0,3 beroende på barktyp och väderförhållanden (regn, snö, sol etc). Vid matning förutsätts den största friktionskraften mellan stam och aggregat uppstå vid kvistknivarna. Aggregatet är utrustat med rullar som styr stammen i upp- och betningsbanan.

För 20 cm stamdiameter, fyra ansatta kvistknivar och en 1,8 kN anliggningskraft per kvistkniv erhålls följande friktionskrafter:

$$F_{\text{frikt min}} = 0,1 \times 4 \times 1,8 = 0,7 \text{ kN}$$

$$F_{\text{frikt max}} = 0,3 \times 4 \times 1,8 = 2,2 \text{ kN}$$

Om de erhållna friktionskrafterna sätts in i formeln (1) tillsammans med värdena för beräknad teoretisk matningskraft och uppmätt matningskraft erhålls följande rullmotstånd:

$$22,0 = 13,9 + 0,7 + F_{\text{rullmotst max}}$$

$$22,0 = 13,9 + 2,2 + F_{\text{rullmotst min}}$$

$$F_{\text{rullmotst max}} = 7,4 \text{ kN}$$

$$F_{\text{rullmotst min}} = 5,9 \text{ kN}$$

Rullmotståndet per matarrulle kan också uttryckas i procent av anliggningskraften mellan rullen och stammen (R_R). Vi erhåller då:

$$R_{R \text{ max}} = \frac{9,1 \times 100}{2 \times 18} = 16 \%$$

$$R_{R \text{ min}} = \frac{6,3 \times 100}{2 \times 18} = 13 \%$$

Uttryckt i procent av teoretiska dragkraften varierar rullmotståndet mellan 34 och 27 %.

Fäll- och kapsåg

Fäll- och kapsågen på Valmet 965 drivs med en hydraulmotor fabrikat VOAC Hydraulics (F11###19). Tryck och flöde till svärdmatningen erhålls genom att strypa flödet på retursidan av sågmotorn och använda tryckfallet för styrning av matningstrycket.

Mätningar av flöde och tryckfall över sågmotorn på Valmet 965 visar att av ett totalt tillgängligt effektuttag på ca 70 kW från pumpen utnyttjas ca 50 kW för drivning av kedjesågen. Resten går bort i förluster och för svärdmatningen. Av de 50 kW åtgår ytterligare ca 13 kW för drivning av kedjan och sågmotor. Som nettoeffekt för sågarbetet återstår alltså ca 37 kW. Detta räcker till för att kapa en stam med en maximal diameter på 30 cm på 0,6###0,7 sekunder, d.v.s. en avverkning på ca 1 400 cm²/s när sågkedjan är vass. Utifrån uppmätt flöde har kedjehastigheten vid kapning beräknats till mellan 35 och 38 m/s beroende på val av drev. Hänsyn till internt läckage har ej beaktats, vilket gör att verklig kedjehastighet och sågeffekt är något lägre än vad som angivits här. Kedjehastigheten vid kapning bör vara ca 40 m/s.

Den höga avverkningen borde räcka för sprickfri kapning men tyvärr visade kontroll av kapsnitten att kapsprickor uppstod vid kapdiametrar större än 25 cm vid stocklängd 5,5 m.

Diskussion

Genom byte av matarmotorer har en ökad dragkraft uppnåtts jämfört med Valmet 960. Ökningen är precis så stor som ändringen i deplacement och tryckfall över motorerna motsvarar. Av en teoretisk dragkraftökning på 3 kN har en praktisk dragkraftökning på 1,5 kN uppnåtts. Vill man förbättra verkningsgraden och tillgodogöra sig hela den tillgängliga dragkraftsökningen måste även överföringen av kraften till stammen förbättras.

Verkningsgraden på matningsanordningen har minskat från 65 till 63 % jämfört med Valmet 960. Skillnaden torde ligga inom felmarginalen för mätningarna men kan också bero på att klämkraften för matarvalsar och kvistknivar ökat något.

Fördelarna är främst:

- Anpassningen av matarvalsarnas tangentiella ansättningsvinkel mot stammen till stamdiametern gör att alla stammar lyfts upp bra vid genommatning.
- Låg ansättningskraft för kvistknivarna mot stammen, i kombination med inbyggd mekanisk fjädring av primära kvistknivar samt stödrullar mellan stam och aggregat, för att friktionsförlusterna mellan stam och aggregat blir låga.
- Högt nettoeffektuttag på fäll- och kapsågen.
- Fäll- och kapsågens placering är bra från fällsynpunkt (trädet fälls inte över svärdspetsen), vilket minskar svärdförbrukningen. Aggregatet har även automatiskt svärdmatningsstopp och lite utrymmesbehov mot markplanet.
- Tryckförlusterna i aggregatets hydraulsystem är jämförelsevis låga.
- Aggregatet kan levereras med färgmärkningsutrustning.
- Aggregatet levereras med automatisk kedjesträckare.
- Vikten på aggregatet är låg.
- Aggregatet kan utrustas med teknik för ureaspridning.

Den som kan förbättras på aggregatet är främst:

- Varken matarvalsarnas eller kvistknivarnas ansättningsrörelser är parallellstyrda mot aggregatcentrum, vilket underlättar genommatning av krokiga stammar, men kan påverka längd- och diametermätningen negativt. Å andra sidan är primär- och sekundärknivarna parvis per sida sammankopplade med fjäderverkan, vilket gör att stammen styrs parallellt med aggregatets riktning. Detta borde ge bättre längd- och diametermätning.
- Att både primär- och sekundärkvistknivarna manövreras med samma hydraulcylinder kan förmodligen vara ett problem i vissa lägen, knivarna kan t.ex. ej öppnas var för sig vid genommatning av krokiga stammar.

Sammanfattningsvis kan konstateras att Valmet 965-aggregatet är ett ur verkningsgradsynpunkt normalt aggregat. Detta gäller såväl matnings- som kapfunktionen.

För att uppnå en hög prestation utan slirningar och backningar i grov slutavverkning, torde dragkraften på ca 15 kN vara önskvärd. Valmet 965 ligger tillsammans med några andra märken strax under den nivån.

Primärkvistknivarnas omslutning kring stammen borde kunna förbättras för stamdiametrar över 25 cm. Utformningen är dock en kompromiss för att uppnå god diametermätning. (Stamdiametern mäts från primärknivarnas vinkelrörelse). Sisu Logging har istället valt att utforma sekundärknivarnas krökning så att de överlappar primärknivarna och därigenom erhålles en god total omslutning.

Prov i praktiskt arbete

Provet i praktiskt arbete utfördes i samma bestånd som mätningarna på aggregatet. Provmaskinen var Sisu Loggings prototyp till Valmet 911, samma maskin som vi provade 960- aggregatet på. Den registrerade provtiden var 24,5 minuter. Bränsleförbrukningen var i medeltal 12,6 l/h. Medelmotorvarvtalet var 1 635rpm och maxvarvtalet 1 857 rpm. Vi har särskilt studerat upparbetningen av ett ”stort” träd. Bränsleförbrukningen för detta träd var 15,6 l/h. Hydrauleffekten var i medeltal 34,5 kW. Effekten under fällningsmomentet var 70 kW varav sågeffekt, mätt över hydraulmotorns portar, 60 kW.



Figur 13.
Prov i praktiskt arbete.

Referenser

- Helgesson T, 1990. Matningsskador på sågtimmer. Trätek Kontenta 9005021.
- Helgesson, T., Myhrman, D. & Landström, M. 1995. Valmet 960 – tekniska prestanda. Stencil SkogForsk 1995-02-13.
- Landström, M. Myhrman, D. 1995. Granskning av ergonomi och underhåll på Valmet 911 med engreppsaggregatet Valmet 960.