

Bränsleanpassad slutavverkning vid metoder med normala respektive långa toppar

Studier hos Mellanskog, Västerås

Magnus Thor, Hagos Lundström och Berndt Nordén

Omslag, foto: Hagos Lundström

SkogForsk – Stiftelsen Skogsbrukets Forskningsinstitut

arbetar för ett långsiktigt, lönsamt skogsbruk på ekologisk grund. Bakom SkogForsk står skogsbolagen, skogsägareföreningarna, 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. 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 *Arbetsrapporter* dokumenterar långliggande försök, inventeringar, studier m.m., 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.

Handledningar: Anvisningar för hur olika arbeten lämpligen utförs.

Innehåll

Sammanfattning.....	3
Inledning	5
Bakgrund.....	5
Syfte.....	5
Förutsättningar	5
Studievärd, tid och väder	5
Bestånd.....	5
Metoder.....	6
Maskiner, förare	7
Uppläggning och genomförande	8
Förberedande fältarbete.....	8
Fältarbete under studiens gång	8
Resultat.....	9
Uttag och beståndsdata	9
Avverkning	9
Rundvirkesskotning	10
Bränsleskotning	11
Flisning	12
Sortimentsutfall.....	13
Analys	14
Allmänt	14
Typbestånd	14
Normering	15
Kostnader	19
Intäkter.....	22
Drivningsnetto	23
Diskussion.....	23
Resultatens allmängiltighet	23
Metoder.....	24
Sortimentsutfall.....	25
Prisrelationer	26
Toppkapdiameter.....	29
Sammanfattande slutsatser.....	29
Referenser	31
Bilaga 1 Momentindelning	31
Bilaga 2 Regressionssamband.....	37

Sammanfattning

SkogForsk har, i form av ett delfinansierat uppdrag åt Mälarbränsle AB och Mellanskog ek för, genomfört studier av två metoder för bränsleanpassad slutavverkning.

- Normal bränsleanpassning, där skördaren vinklades snett mot körriktningen vid upparbetning så att riset hamnade bredvid skördaren och virket lades upp bakom rishögen, vinkelrätt mot maskinens körriktning. Toppkapdiametern skulle vara minst 5 cm.
- Långa toppar, där träden fälldes framåt in i beståndet. Virket upparbetades vid sidan av maskinen så att högarna med ris och toppar hamnade i en sträng parallellt med skördarens körriktning. Toppkapdiametern skulle vara minst 14 cm. All rötskadad gran sorterades till högarna med långa toppar.

I studien studerades hela system: Skördare (Timberjack 1270/762B), rundvirkesskotare (Timberjack 1210B), risskotare (ÖSA 260) och flisare (Bruks 802 CT) med skyttel (Timberjack 1210). Studien genomfördes i två beståndstyper, ett grandominerat respektive ett talldominerat slutavverkningsbestånd utanför Västerås.

Nyckeltal från studieresultaten sammanfattas i nedanstående tabell:

	Gran		Tall	
	Normal toppdiam.	Långa toppar	Normal toppdiam	Långa toppar
Sortimentsutfall (normerat)				
- timmer, m ³ to/ha	81	81	125	125
- massaved, m ³ fub/ha	120	32	88	59
- skogsbränsle, m ³ fbio/ha	89	179	63	93
Prestation				
- skördare, m ³ fub/G ₀ -h	24,9	18,3	31,8	29,3
- skotare (rundv.), m ³ fub/G ₀ -h	16,4	18,2	16,7	18,5
- skotare (trädr.), m ³ fbio/G ₀ -h	14,8	17,4	13,5	14,7
- flisare, m ³ s/G ₀ -h	44,3	54,1	44,3	54,1
Kostnad, kr/ha				
- skördare	8 042	6 663	6 997	6 713
- skotare (rundved)	6 654	3 651	7 260	5 794
- skotare (trädrester)	2 403	4 122	1 867	2 533
- flisare (inkl. skyttel)	7 301	11 858	5 215	6 139
Intäkter, kr/ha				
- timmer	39 285	39 285	60 625	60 625
- massaved	27 120	7 712	19 008	13 629
- skogsbränsle	18 620	38 076	13 300	19 684
Drivningsnetto, kr/ha	60 625	58 779	71 594	72 759

Utbytet av massaved förändrades påtagligt då långa toppar apterades. I granbeståndet minskade massavedsvolymen med 73 %, och i det talldominate beståndet minskade volymen massaved med 33 %. Det är därför möjligt att konjunkturanpassa uttaget av massaved och skogsbränsle med oförändrat timmeruttag.

Intäkterna från typbestånden var relativt lika oberoende av metod, varför respektive metods lönsamhet är starkt avhängig kostnaderna. Drivningsnettot vid rådande förutsättningar uppvisade små skillnader mellan metoderna. Långa toppar medförde 1 846 kr/ha lägre netto i granbeståndet och 1 165 kr/ha högre netto i det talldominerade beståndet. Dock är nettot från respektive metod olika känsligt för prisförändringar. Metoden med långa toppar är relativt okänslig för förändringar i massavedspriset, medan förändringar av bränslepriset ger kraftigare utslag. Det omvända förhållandet gäller för metoden med normal toppkapdiameter.

Metoden med långa toppar har sannolikt en större potential för effektivisering än den normala bränsleanpassningen, eftersom den senare används oftare av skördarföraren.

Inledning

Bakgrund

Mellanskog (tidigare Mälarskog) har sedan flera år tillämpat en bränsle-anpassad metod i slutavverkning, där virket upparbetas så att riset hamnar bredvid skördaren. På så vis undviks de föroreningar som annars kan uppstå då maskiner kör över högar med grenar och toppar (grot). På försök har man även provat att öka toppkapdiametern från konventionella 5 m upp till 10–14 cm. Härigenom utökas uttaget av skogsbränsle, samtidigt som man gör sig mindre beroende av avsättningsläget för massaved. För att få en säkrare uppfattning av vad metoden innebär – både vad avser kostnader och sortimentsutfall – har SkogForsk genomfört studier av metoden. Studierna har genomförts som ett delfinansierat uppdrag åt Mellanskog och Mälarbränsle AB.

Syfte

Syftet var att studera ett helt system med avverkning, rundvirkesskotning, risskotning och flisning med avseende på prestationer och kostnader. Metoden med långa toppar skulle jämföras med Mälarskogs normala, bränsle-anpassade slutavverkningsmetod. Studien skulle även belysa skillnader i sortimentsutfall mellan metoderna.

Förutsättningar

Studievärd, tid och väder

Studierna genomfördes 10–16 december 1996 (avverkning). Temperaturen varierade mellan ett par plusgrader ner till tio minusgrader. En dag kom ett mycket lätt snöfall, som inte bedömdes påverka studien. Skotarstudierna genomfördes under perioden 9–24 januari 1997 under stabiltinterväder. Studien av flisaren genomfördes den 4 och 5 februari 1997.

Bestånd

Slutavverkningen utfördes dels i ett grandominerat blandbestånd och dels i ett talldominerat blandbestånd. Det förstnämnda representerar en beståndstyp där Mellanskog f.n. nästan uteslutande bränsleanpassar slutavverkningarna, medan det talldominerade beståndet står för en beståndstyp där det normalt inte görs någon bränsleanpassning av avverkningen.

Det grandominerade beståndet höll en medelstamvolym på drygt 0,4 m³fub, där granarna var klenare och tallarna var grövre. Stamantalet var ca 800 st/ha. I det talldominerade beståndet var medelstamvolymen ca 0,52 m³fub, men även här fanns det relativt gott om klenare gran. Tallarnas medelstamvolym var dock betydligt större, ca 0,80 m³fub. Stamantalet låg

kring 670 st/ha. I båda beståndstyperna sparades drygt 100 tallar per ha som fröträd. Utförligare beståndsdata återfinns i Resultatavsnittet längre fram.

Metoder

I stort gick båda metoderna ut på att skördaren fällde och upparbetade rundvirke och skogsbränsle. Rundvirket skotades sedan till avlägg, medan trädresterna skotades till en vält på hygget, där platsen och avståndet till avlägg bedömdes lämpliga. Skotningen av skogsbränsle utfördes efter det att rundvirket skotats ut. Trädresterna täcktes med papp och fick torka under några månader. Därefter flisades trädresterna vid vältan av en flisare. Flisen tippades efterhand i en skyttel som transporterade flisen ut till en container vid bilväg. Vid flisningen eftersträvades fullt utnyttjande av flisaren. Detta medförde att skytteln ibland kunde få vänta på flisaren.

I normal bränsleanpassad slutavverkning med minst 5 cm toppkapdiameter fälldes träden snett framåt in i beståndet. Maskinen ställdes upp något snett mot körstråket och fick backas något innan det gick att köra fram till nästa uppställningsplats (figur. 1). Virket upparbetades framför/vid ena sidan av maskinen, så att både ris och virke hamnade vid sidan av körstråket. Arbetsbredden med denna metod var ca 15 m. Virket lades upp något solfjäderformat (till följd av sorteringen på olika sortiment) bakom rishögen. Vid skotningen plockades virket från andra sidan, vilket medförde att rishögarna inte var i vägen vid skotningen.

Figur 1.
Arbetsmetod vid normal bränsleanpassning. Toppkapdiameter 5 cm.
Illustratör: Anna Marconi.

Då metoden med långa toppar tillämpades, fälldes träden framåt in i beståndet. Även här var arbetsbredden ca 15 m. Virket upparbetades sedan parallellt med maskinens körstråk, så att både virke och ris hamnade nära körstråket utan att maskinen behövde köra i riset (figur. 2). Små träd med brösthöjdsdiameter under 14 cm och rötad granved lades i ris- och topphögena. Om ett klen träd var längre än ca 10 m kvistades dock en bit ur trädet innan det lades i ris- och topphögen för att inte högena med ris och toppar skulle bli alltför utdragna och därmed svåra att hantera.

Figur 2.
Arbetsmetod vid bränsleanpassning genom långa toppar. Toppkapsdiameter 14 cm.
Illustratör: Anna Marconi.

Maskiner, förare

Skördaren som användes var en Timberjack 1270/762 B engreppsskördare som gått ca 3 000 timmar. Förare var Håkan Andersson, Hallstahammar. Håkan hade ca 6 års erfarenhet av arbete med skogsmaskiner och bedömdes vara en skicklig förare.

Rundvirkesskotaren, en Timberjack 1210B, kördes av Lennart Andersson, Hallstahammar. Lennart hade ca 11 års erfarenhet av arbete med skogsmaskiner och bedömdes vara en skicklig förare.

Risskotaren som användes i studien var en ÖSA 260, förlängd med en s.k. ankstjärt för att öka lasstorleken vid risskotning. Förare var Allan Jakobsson.

Den studerade flisaren var en Bruks 802 CT monterad på en Hemek Ciceron basmaskin. Flisaren och tillhörande skyttel, Timberjack 1210, kördes under

studien av ett mycket samtrimmat lag bestående av Henrik Berggren, Peter Embretsen, Kennet Fredriksson och Lars Myrberg.

Uppläggning och genomförande

Samtliga maskiner som ingick i systemet tidsstuderades i centiminutstudier (beträffande momentindelningar, se bilaga 1). Studiens uppläggning framgår av tabell 1. Studierna av flisaren genomfördes på material som avverkats tidigare (i Mellanskogs egna försök på Snefringe Häradsallmäning) och som lagrats i välta under några månader. Detta material härrörde från ett grandominerat bestånd av liknande karaktär och med samma toppkapsdiameter som i föreliggande studie.

Tabell 1.

Studieuppläggning: Totalt omfattade studien fyra studieled, där avverkning studerades i samtliga led, rundvirkesskotning och bränsleskotning i tre av leden samt flisning studerades i två av leden.

	Normal bränsleanpassning		Grova toppar	
	Gran	Tall	Gran	Tall
Maskin:				
Skördare	•	•	•	•
Skotare, rundvirke	•	end. vägn.	•	•
Skotare, ris och toppar	•	end. vägn.	•	•
Flisare	Snefringe		Snefringe	

Förberedande fältarbete

Skördarstudier

Studieytor om ca 1 ha vardera synades ut, avgränsades och arealmättes. Samtliga träd på studieytorna klavades och försågs med en lapp som angav brösthöjdsdiametern. Cirka 40 träd per studieled höjdmättes för att få en höjdkurva för beståndet och för att möjliggöra en kubering. Det förberedande fältarbetet utfördes av Stefan Lundberg och Rune Johansson, Mellanskog.

Skotarstudier

Antalet högar på studieytorna räknades. Detta gjordes för både skotning av rundvirke och grot. Arbetet utfördes av Hagos Lundström, SkogForsk.

Fältarbete under studiens gång

Skördarstudier

Maskinens arbete studerades i en centiminutstudie, där tidsåtgången för olika arbetsmoment registrerades med hjälp av en Husky Hunter mikrodator. Förutom tidsåtgången för de olika arbetsmomenten noterades diametern på varje upparbetat träd. Vidare registrerades upparbetningstiden separat per bit. Tidsstudieman var Magnus Thor, SkogForsk. Stamprofiler samlades in från samtliga studieled med hjälp av apteringsdatorn.

Skotarstudier

Skotarens arbete studerades i en centiminutstudie på liknande sätt som skördaren. Förutom tidsåtgången för de olika arbetsmomenten noterades även sträcka för tom- och lasskörning för varje lass. Samtliga lass från studieytorna vägdes med hjälp av Telub mobila fordonsvågar. Tidsstudieman och ansvarig för vägningarna var Hagos Lundström, SkogForsk.

Flisarstudier

Flisarens arbete studerades i en centiminutstudie enligt ovan. Samtliga lass vägdes. Från varje fliscontainer togs 5 prover för fukthaltsbestämningar. Studieman var Berndt Nordén, SkogForsk.

Resultat

Uttag och beståndsdata

Stamantalet före avverkning var ca 800 st/ha i det grandominerade beståndet och ca 670 st/ha i det talldominerade beståndet (tabell 2). Eftersom det lämnades en högskärm av tall på samtliga studieytor blev uttaget av gran relativt högt. I ”tall långa toppar” bestod t.ex. uttaget till ca hälften av gran. Medelstamvolymen i uttaget var drygt 0,4 m³fub i gran- och drygt 0,5 m³fub i tallbeståndet. Granytorna skiljde sig något från varandra genom att det på ”gran normal” stod mer tallar än på ”gran långa toppar”.

Tabell 2.

Data om beståndet före och efter avverkning samt uttaget.

Trädslag	Gran	Gran	Tall	Tall
Metod	Normal	Långa toppar	Normal	Långa toppar
Före avverkning:				
Stamantal, st/ha	816	784	666	679
Volym, m ³ sk	418	372	437	484
Medelstamvolym, m ³ fub	0,428	0,420	0,555	0,507
T G L, %	42 58 0	26 74 0	68 32 0	67 33 0
Uttag:				
Stamantal, st/ha	740	670	546	553
Volym, m ³ fub	303	271	293	286
Medelstamvolym, m ³ fub	0,410	0,405	0,537	0,518
T G L, %	24 76 0	14 86 0	53 47 0	49 51 0
Kvar:				
Stamantal, st/ha	76	114	120	126
Volym, m ³ sk	39	41	66	44
Medelstamvolym, m ³ fub	0,603	0,508	0,637	0,459
T G L, %	100 0 0	100 0 0	100 0 0	100 0 0

Avverkning

I studieleden med långa toppar erhöles högre prestation jämfört med normal kapdiameter, räknat i antal träd per timme (tabell 3). Prestationen blev 98 (normal) respektive 105 (långa toppar) träd/G₀-h i granbeståndet, och 85 (normal) respektive 92 (långa toppar) träd/G₀-h i tallbeståndet. Orsaken till skillnaderna ligger främst i en kortare upparbetningstid vid den grövre kap-

diametern. Tidsåtgången för körning var något längre vid normal kapdiameter, vilket förklaras av att maskinen vreds upp något snett i förhållande till körstråket när den skulle lägga upp rishögarna, och därmed fick backa något innan den kunde köra fram till nästa uppställningsplats. Beträffande kranarbetet erhöles längre momenttider för kran ut vid normal toppdiameter. Orsaken var troligen maskinens sneda uppställningar, vilket gjorde att fler träd fick fällas relativt långt ifrån maskinen. Vid intagningen hade trädstorleken betydelse. I det grövre tallbeståndet (medelstamvolym ca 0,52 m³fub) tog det i metoden med långa toppar längre tid att ta in träden. I granbeståndet (medelstamvolym drygt 0,40 m³fub) gick intagningen t.o.m. snabbare i metoden med långa toppar än i referensmetoden. Momentet ”topp” innefattade släppning av toppen från aggregatet, och i metoden med långa toppar även läggande av topp och småträd i bränslehögen. Därav blev tidsåtgången för detta moment längre vid metoden med långa toppar. Momentet övrig verktid (tillrättaläggning av virkesbitar o.dyl.) blev något längre vid långa toppar-metoden.

Tabell 3.
Grundtider avverkning, cmin/träd.

Trädslag	Gran	Gran	Tall	Tall
Metod	Normal	Långa toppar	Normal	Långa toppar
Körning	7,8	6,1	9,8	8,6
Kran ut	7,1	6,7	7,2	6,6
Positionering-avskiljning	8,3	9,7	10,5	9,3
Fällning/intagning	9,2	8,3	7,6	9,5
Kvistning-kapning	22,8	18,7	28,8	22,8
Topp	4,0	5,3	3,8	5,9
Övrig verktid	1,8	2,6	2,6	2,9
Summa, cmin/träd	61,0	57,4	70,4	65,5
Träd/G ₀ -h	98	105	85	92
Antal upl/100 m	32	32	28	38
Slagbredd, m	16,7	16,7	14,3	14,3
Antal träd i studien	370	307	389	435

Rundvirkesskotning

I metoden med långa toppar erhöles vid skotning av rundvirke prestationen 20,1 ton/G₀-h i granbeståndet och 19,1 ton/G₀-h i tallbeståndet. Andelen timmer var givetvis mycket större vid långa toppar än vid normal toppkapdiameter, vilket avspeglades i lasstorleken. Lassen var 0,9–1,5 ton tyngre i studieleden med långa toppar. Kranarbetet vid skotningen tog ungefär lika lång tid i de olika metoderna, med ett par små undantag. Gripningen tog något längre tid i metoden med långa toppar, eftersom en stor del av virket hamnade långt ifrån skotarens körslag. Svårigheter att se färgmärkningen i stockarnas toppändar medförde också att föraren fick plocka lite mer med virket i metoden med långa toppar, vilket gav utslag i tidsåtgången för övrig verktid. Grundtiderna från studien visade på en prestation på 1,7 lass, eller 17 ton, per G₀-h i ”gran normal” (tabell 4).

Tabell 4.
Grundtider (cmin/lass) och prestation för rundvirkesskotningen.

Trädslag	Gran	Gran	Tall
Metod	Normal	Långa toppar	Långa toppar
Körning	361	241	445
Kran ut	301	314	298
Gripning	175	192	206
Kran in	780	814	702
Sortering på lass	124	84	92
Övrig verktid	121	153	115
Tid för lastning, cmin/lass	1 862	1 798	1 858
Körning med lass	594	566	656
Lossning	587	558	619
Körning under lossning	95	83	79
Tomkörning	446	341	490
Summa, cmin/lass	3 584	3 346	3 702
Ton/lass	10,3	11,2	11,8
Prestation			
- lass/G ₀ -h	1,67	1,79	1,62
- ton/G ₀ -h	17,2	20,1	19,1
Antal lass i studien	8	9	16
Krancykler per lass	45	51	48
Högstorlek, m ³ fub	1,31	1,06	1,47
Antal högar/ha	232	256	195

Bränsleskotning

Högst prestation uppmättes i studieledet ”gran långa toppar”, 15,7 ton/G₀-h (tabell 5). Detta är logiskt eftersom det var lättare att gripa stora buntar av de långa topparna och att dessa lass kunde göras större till följd av den högre vedandelen i materialet. Dock var topparna så långa att maskinföraren ibland hade svårigheter att hantera dem på grund av att högarna gick in i varandra. Prestationen i ”gran normal” var 12,7 ton/G₀-h, och i ”tall långa toppar” 13 ton/G₀-h. Lasstorleken var 5,1 ton i ”gran långa toppar”, medan den i de båda andra studieleden var 4,6 ton. Viss ”städning” i form av upplockning av det sista riset i högarna tog 2–3 minuter per lass.

Tabell 5.**Grundtider (cmin/lass) och prestation för skotningen av trädrester.**

Trädslag	Gran	Gran	Tall
Metod	Normal	Långa toppar	Långa toppar
Körning	185	93	219
Kran ut	209	179	215
Gripning	114	102	98
Kran in	376	431	406
Upplockning av spridda rester	273	218	234
Övrig verktid	91	79	84
Tid för lastning, cmin/lass	1 248	1 102	1 256
Körning med lass	219	205	236
Lossning	481	424	417
Körning under lossning	24	8	2
Tomkörning	195	206	218
Summa, cmin/lass	2 167	1 945	2 129
Ton/lass	4,6	5,1	4,6
Prestation			
- lass/G₀-h	2,77	3,08	2,82
- ton/G₀-h	12,7	15,7	13,0
Antal lass i studien	8	9	9
Krancykler per lass	25	23	25
Högstorlek, m ³ fbio	1,04	1,45	0,89
Antal högar/ha	72	112	94

Flisning

Flisarens prestation – som studerades på material som lagrats över en sommar – blev 3,3 lass per G₀-h då normala trädrester flisades (tabell 6). Prestationen motsvarar 16,9 ton/G₀-h eller 59,0 m³s/G₀-h. Vid flisning av grenar och långa toppar (inklusive rötved) blev prestationen 4,0 lass per G₀-h, vilket motsvarar 21,0 ton eller 68,9 m³s per G₀-h. Vid normal toppdiameter var kranarbetet den begränsande faktorn, vilket avspeglar sig i tidsåtgången för momenten gripning och kran in. Vid arbete med de långa topparna och rötveden var däremot flishuggens kapacitet den begränsande faktorn. Föraren hade lättare att gripa materialet och jobbade med lugnare kranrörelser. Ett snabbare arbetsmönster med kranen hade endast resulterat i längre väntetider med material i gripen.

Tidsåtgången för tom- och lasskörning varierade beroende på hur mycket utrymme det fanns runt risvältan. I grundtiderna anges som genomsnitt 50 cmin per lass för tomkörning och 100 cmin per lass för körning med fullt lass.

Skillnaden i fukthalt mellan studieleden kan dels förklaras med att det under skotningen föll stora mängder regn på de långa topparna ute på hygget, medan de normala trädresterna redan lagts i vältan. Dessutom kan den högre vedandelen i långa toppar-materialet ha medfört en långsammare torkning. En del av orsaken ligger sannolikt också i att täckningen av vältan med trädrester gjordes med ca 3 m bred papp i båda fallen, d.v.s. vältan med långa toppar har haft en större andel av materialet otäckt.

Tabell 6.**Tidsåtgång (cmin/lass) och prestation för flisaren.**

Trädslag	Gran	Gran
Metod	Normal	Långa toppar
Kran ut	346	337
Gripning	410	237
Kran in	567	329
Flisning	127	123
Väntan m. material i grip	8	36
Framflyttning	33	31
Tippning	172	174
Övrig verktid	19	80
Tomkörning	50	50
Lasskörning	100	100
Summa, cmin/lass	1 832	1 497
Lasstorlek, fliscontainer		
- ton	5,15	5,24
- m ³ s	18,0	17,2
Fukthalt, %	35	40
Fastmasseandel	0,44	0,47
Prestation		
- lass/G ₀ -h	3,3	4,0
- ton/G ₀ -h	16,9	21,0
- m ³ s/G ₀ -h	59,0	68,9
Krancykler/lass	64,8	47,5
Antal lass i studien	6	6

Sortimentsutfall

Det uppmätta utfallet av timmer varierade mellan 64 och 131 m³to/ha (tabell 7). På ytorna med långa toppar var utfallet av massaved litet, 55 respektive 49 m³fub/ha, medan utfallet av skogsbränsle var relativt stort, 162 (gran) respektive 83 (tall) råton/ha. Skillnaderna förstärktes av att röt-frekvensen i båda bestånden var hög och att det kraftigt rötangripna virket lades i rishögarna vid långa toppar-metoden. Rötveden utgjorde i genomsnitt 10 % av massavedsvolymen, enligt skördarens apteringsdator. Mer om sortimentsutfallet beskrivs senare i avsnittet Analyser. Uppgifterna om sortimentsutfallet baseras på vägningar av det utskotade virket och skogsbränslet. Vid omräkningen till respektive måttenhet har följande omräkningstal använts, bl.a. med ledning av Nylinder (1979):

- Torr-rådensitet rundved: 0,405 ton/m³fpb.
- Barkandel: 12 %.
- Torr-rådensitet trädrester: 0,450 ton/m³fbio.
- Fukthalt: 50 %.
- Toppformtal: 1,295.

Den genomsnittliga toppkapdiametern baserad på de insamlade stamprofilerna var 9,1 respektive 9,4 cm i studieleden med instruktionen 5 cm, vilket kan betraktas som ganska höga värden. Avvikelserna från instruktionen kan, åtminstone delvis, förklaras av ett antal toppbrott i samband med fällning (framför allt på tallytorna) samt att skördarens apteringsdator av någon anledning ofta valde att kapa grövre. Dessutom är 5 cm en minimigräns, som

endast undantagsvis får underskridas. I studieleden med långa toppar uppmättes den genomsnittliga faktiska kapdiametern till 14,7 (gran) och 15,6 (tall) cm.

Tabell 7.

Uppmätt sortimentsutfall och genomsnittlig toppkapdiameter.

Trädslag	Gran	Gran	Tall	Tall
Metod	Normal	Långa toppar	Normal	Långa toppar
Timmer, m ³ to/ha	92,9	63,9	125,0	131,7
Massaved, m ³ fub/ha	90,9	54,8	104,0	48,9
- varav rötved	9,1	-	10,4	-
Skogsbränsle				
- m ³ fbio/ha	83,4	180,4	66,9	92,5
- råton/ha	75,1	162,4	60,2	83,3
Summa rundvirke + bränsle, ton/ha	269	289	305	285
Fördelning, % av vikt				
- timmer	41	26	49	55
- massaved	31	17	31	16
- bränsle	28	56	20	29
Faktisk toppkapdiameter, mm	91	147	94	156
Antal mätta toppar, st	144	135	149	131

Analyser

Allmänt

För att utjämna de skillnader som fanns mellan försöksytorna och därmed göra resultaten från studien jämförbara med varandra konstruerades två typbestånd; ett tall- och ett granbestånd. Tidsstudieresultaten kunde därefter normeras till gemensamma förutsättningar. Därefter genomfördes en ekonomisk systemanalys omfattande avverkning, rundvirkesskotning, bränsleskotning samt flisning.

Typbestånd

Typbestånden har skapats genom att använda medelvärden från de studerade bestånden. Beståndsförutsättningarna framgår av tabell 8.

Tabell 8.

Beståndsförutsättningar och sortimentsutfall för typbestånden.

	Gran	Tall
Före avverkning:		
Stamantal, st/ha	800	672
Volym, m ³ sk	395	460
Medelstamvolym, m ³ fub	0,424	0,531
T G L, %	34 66 0	68 32 0
Uttag:		
Stamantal, st/ha	705	550
Medelstamvolym, m ³ fub	0,408	0,527
T G L, %	19 81 0	51 49 0
Kvar:		
Stamantal, st/ha	95	123
Volym, m ³ sk	40	55
Medelstamvolym, m ³ fub	0,555	0,548
T G L, %	100 0 0	100 0 0

Sortimentsutfallet i typbestånden har beräknats enligt följande: Den procentuella fördelningen mellan rundvirke och skogsbränsle har behållits i varje studieled. I övrigt antogs samma timmerandel i de båda granbestånden och samma timmerandel i de båda tallbestånden. Den totala uttagna mängden (vikten av rundvirke + trädrester) antogs vara lika för alla studieled, eftersom de uppmätta totalmängderna var relativt likartade mellan ytorna.

I granbeståndet erhöles 81 m³to timmer (tabell 9). Uttaget av massaved var 120 m³fub vid normal kapdiameter och 32 m³fub vid långa toppar. Detta visade sig också i den uttagna mängden skogsbränsle, 80 råton/ha i normalledet mot 161 råton/ha i långa toppar-ledet. Samma tendens erhöles i tallbeståndet, men skillnaderna mellan metoderna var mindre. Detta berodde på att tall genererar mindre trädrester än gran (större avsmalning i kronan och mindre ris), men också på att rötffrekvensen var hög i granbestånden (rötveden från långa toppar-tyorna lades direkt i högarna med skogsbränsle).

Ett byte av metod från normal toppkapdiameter till långa toppar innebar i granbeståndet att mängden massaved minskades med 73 %. I tallbeståndet var motsvarande minskning 33 %.

Tabell 9.
Sortimentsutfall i typbestånden.

Trädslag Metod	Gran Normal	Gran Långa toppar	Tall Normal	Tall Långa toppar
Timmer, m ³ to/ha	81	81	125	125
Massaved, m ³ fub/ha	120	32	88	59
- varav rötved	12	-	9	-
Skogsbränsle (färskt)				
- m ³ fbio/ha	89	179	63	93
- råton/ha	80	161	57	84
Summa rundvirke + bränsle, ton/ha	287	287	287	287
Fördelning, % av vikt				
- timmer	34	34	52	52
- massaved	38	10	28	19
- bränsle	28	56	20	29

Normering

Avverkning

Tidsåtgången för avverkning normerades med avseende på momenten körning, positionering-avskiljning, fällning-intagning samt kvistning-kapning. Övriga moment ansågs spegla metodskillnader i hög grad och normerades därför inte.

Vid normeringen av körtiden beräknades först körhastigheten. Därefter beräknades körsträckan per ha i typbeståndet (slagbredden antogs vara 15,5 m, vilket är ett medelvärde av samtliga studieled). Genom att dividera körsträckan/ha i typbeståndet med körhastigheten erhöles total körtid/ha i typbeståndet. Tidsåtgången per träd erhöles genom att dela totala körtiden med

uttaget stamantal i typbeståndet. Förändringarna gentemot grundtiderna blev måttliga. Mest förändrades körtiden i ”gran 5 cm”, från 7,8 till 8,8 cmin/träd.

För momenten fällning/intagning och kvistning-kapning beräknades samband mellan tidsåtgången och medelstamvolymen med hjälp av enkel regressionsanalys. Genom att sätta in medelstamvolymen för uttaget i typbeståndet i respektive funktion erhöles normerade momenttider för de båda momenten.

Tidsåtgången för positionering-avskiljning befanns vara beroende av trädens diameter. Regressionssamband upprättades mellan tidsåtgången och trädens diameter. Medeldiametern för uttaget i typbeståndet sattes in i respektive funktion för att få fram den normerade momenttiden.

Samtliga regressionssamband återfinns i bilaga 2.

Skillnaden mellan normerad tidsåtgång och grundtiderna blev små. Mest betydde det i studieledet ”tall normal” där den normerade prestationen ökade från 85 till 87 träd per G₀-h (tabell 10).

Tabell 10.

Normerad tidsåtgång (cmin/träd) och prestation, avverkning.

Trädslag	Gran	Gran	Tall	Tall
Metod	Normal	Långa toppar	Normal	Långa toppar
Körning	8,8	6,2	8,9	8,0
Kran ut	7,1	6,7	7,2	6,6
Positionering-avskiljning	8,3	9,7	10,4	9,6
Fällning/intagning	9,2	8,3	7,6	9,5
Kvistning-kapning	22,8	18,8	28,4	23,1
Topp	4,0	5,3	3,8	5,9
Övrig verktid	1,8	2,6	2,6	2,9
Summa, cmin/träd	62,0	57,6	68,9	65,6
Prestation, träd/G ₀ -h	97	104	87	91
Slagbredd, m	15,5	15,5	15,5	15,5

Rundvirkesskotning

Körningen till och från avlägg har normerats till körhastigheterna 72 m/min (tom) och 50 m/min (full) samt ett terrängtransportavstånd på 300 m. Momenten körning, kran ut, gripning, kran in samt sortering har ansetts spegla metodskillnader och har därför inte normerats. Den del i övrig verktid som har att göra med noteringar om utkörd volym, sortiment m.m. har satts lika mellan studieleden, medan resterande övrig verktid inte ändrats. Tiden för körning under lossning har antagits vara oberoende av avverkningsmetoden, och tiden har slagits ihop med tidsåtgången för lossning. De uppmätta lassvikterna har behållits oförändrade, eftersom skillnaderna ansetts vara logiskt rimliga. Omvandlingen från ton till m³fub har gjorts med antagande om en fukthalt på 50 %, en torr-rådensitet på 0,405 ton/m³fpb och en barkandel på 12 %.

Efter normeringen erhöills relativt likvärdiga prestationer räknat i antal lass per timme, ca 1,7 lass per G_0 -h (tabell 11). Det faktum att lasstorleken var olika mellan studieleden medförde att prestationen blev högre i metoderna med långa toppar jämfört med metoderna med normal kapdiameter. Prestationen räknat i $m^3\text{fub}/G_0\text{-h}$ var 19,3, 21,4 respektive 21,8 i ”gran normal”, ”gran långa toppar” respektive ”tall långa toppar”.

Tabell 11.

Normerad tidsåtgång (cmin/lass) och prestation, rundvirkesskotning.

Trädslag	Gran	Gran	Tall
Metod	Normal	Långa toppar	Långa toppar
Körning	361	241	445
Kran ut	301	314	298
Gripning	175	192	206
Kran in	780	814	702
Sortering	124	84	92
Övrig verktid	106	142	141
Summa tid för lastning, cmin	1 847	1 787	1 884
Körning med lass, 300 m	600	600	600
Lossning (inkl. körning)	620	620	620
Tomkörning, 300 m	417	417	417
Summa, cmin/lass	3 484	3 424	3 521
Ton/lass	10,3	11,2	11,8
$m^3\text{fub}/\text{lass}$	11,2	12,2	12,8
Prestation			
- lass/ G_0 -h	1,72	1,75	1,70
- ton/ G_0 -h	17,7	19,6	20,1
- $m^3\text{fub}/G_0\text{-h}$	19,3	21,4	21,8

Bränsleskotning

Tiden för tom- och lasskörning har normerats till 100 m terrängtransportavstånd och körhastigheterna 48 (tom) respektive 46 (full) m/min. Vissa moment av övrig verktid har antagits vara lika för alla led på samma sätt som vid rundvirkesskotningen. Övriga moment ansågs spegla metodskillnader och normerades därför inte. Värdena för genomsnittlig lasstorlek har behållits, eftersom skillnaderna antagits vara rimliga.

Räknat per $m^3\text{fbio}$ erhöills högst prestation i ”gran långa toppar”, 17,1 $m^3\text{fbio}/G_0\text{-h}$ (tabell 12). I de båda övriga studieleden erhöills prestationen 14,4 $m^3\text{fbio}/G_0\text{-h}$.

Tabell 12.**Normerad tidsåtgång (cmin/lass) och prestation, skotning av trädrester.**

Trädslag	Gran	Gran	Tall
Metod	Normal	Långa toppar	Långa toppar
Körning	185	93	219
Kran ut	209	179	215
Gripning	114	102	98
Kran in	376	431	406
Upplockning av spridda rester	273	218	234
Övrig verktid	85	91	80
Tid för lastning, cmin/lass	1 242	1 114	1 252
Körning med lass, 100 m	217	217	217
Lossning (inkl. körning u lossn.)	452	452	452
Tomkörning, 100 m	208	208	208
Summa, cmin/lass	2 119	1 991	2 129
Ton/lass	4,6	5,1	4,6
m ³ fbio/lass	5,1	5,7	5,1
Prestation			
- lass/G ₀ -h	2,83	3,01	2,82
- ton/G ₀ -h	13,0	15,4	13,0
- m ³ fbio/G ₀ -h	14,4	17,1	14,4

Flisning

Vid normeringen antogs att momenten kran ut, flisning, framflyttning och tippning inte påverkades av vilken typ av material som flisades. Detta visas också av att momenttiderna var mycket likartade mellan studieleden. Som normerade värden användes medelvärden från de båda studieleden. Övriga tider ansågs spegla metodskillnader och normerades inte. Fukthalten var 35 % i flisen från ”gran normal” och 40 % i flisen efter ”gran långa toppar”. Värdena som uppmättes under studien har behållits, eftersom det är mycket svårt att isolera de olika påverkande faktorernas inverkan (se även Resultatavsnittet om flisning). Därför har också den genomsnittliga lasstorleken, 5,15 respektive 5,24 ton, bibehållits.

Efter normeringen erhöles 3,3 lass/G₀-h i ”gran normal” och 4,0 lass/G₀-h i ”gran långa toppar” (tabell 13). Skillnaderna gentemot grundtiderna var mycket små. Således var prestationen mer än 20 % högre i studieledet med långa toppar.

Tabell 13.**Normerad tidsåtgång (cmin/lass) och prestation, flisning.**

Trädslag	Gran	Gran
Metod	Normal	Långa toppar
Kran ut	342	342
Gripning	410	237
Kran in	567	329
Flisning	125	125
Väntan m. material i grip	8	36
Framflyttning	32	32
Tippning	173	173
Övrig verktid	19	80
Tomkörning	50	50
Lasskörning	100	100
Summa, cmin/lass	1 826	1 504
Lasstorlek		
- ton	5,15	5,24
- m ³ s	18,0	18,6
Fukthalt, %	35	40
Fastmasseandel	0,44	0,47
Prestation		
- lass/G ₀ -h	3,3	4,0
- ton/G ₀ -h	16,9	21,0
- m ³ s/G ₀ -h	59,1	74,4

Kostnader

Förutsättningar

Uppgifterna om maskinernas timkostnader kommer från Mellanskog (Björkholm, muntl.) och inkluderar alla kostnader utom flyttning. Timkostnader och antagna omvandlingstal till G₁₅-prestation framgår av tabell 14. Vad gäller flisskytteln antas att den håller jämna steg med flisaren, d.v.s. att terrängtransportavstånd etc. är rätt avpassat för systemet. På så vis belastas kalkylen endast med timkostnaden för skytteln under den tiden som flisaren arbetar.

Tabell 14.**Kalkylerade timkostnader för maskinerna i systemet samt omvandlingstal från G₀- till G₁₅-prestation.**

Maskin	Timkostnad kr/G ₁₅ -h	Omvandlingstal G ₀ - till G ₁₅ - prestation
Skördare Timberjack 1270/762B	890	0,80
Skotare Timberjack 1210B	485	0,85
Risskotare ÖSA 260	400	0,82
Flisare Bruks 802 CT	920	0,75
Skyttel Timberjack 1210	400	

Virkespriserna som använts i kalkylen (tabell 15) avser medelpriser för timmer, massaved och skogsbränsleflis, och har hämtats från Mellanskogs prislista för perioden 961201–970331. Timmerpriset är vägt med hänsyn till förutsättningarna i typbeståndet samt en genomsnittlig kvalitet 4 på tall och kvalitet 3 på gran. Priserna för tall- och grantimmer i aktuella dimensioner och kvaliteter var så lika att samma timmerpris, 485 kr/m³to, använts i båda typbestånden. Massavedspriset är det aktuella priset på den avverkningstrakt som studerades och inkluderar fraktavdrag enligt Mellanskogs modell. Röt-

veden, som betingar ett pris på 100 kr/m³fub, är endast inräknad i studieleden med normal toppkapdiameter eftersom den vid metoden med långa toppar hamnade i bränslehögarna. Volymen rötved utgör 10 % av den totala massavedsvolymen, vilket är normalt för Mellanskogs slutavverkningar i liknande bestånd (Björkholm, muntl. 1997) Samtliga prisuppgifter är angivna fritt bilväg.

Tabell 15.

Virkespriser som använts i kalkylen.

Sortiment	Pris
Timmer, medelpris (kr/m ³ to)	485
Massaved (kr/m ³ fub)	
- gran	248
- tall	214
- rötved	100
- vägt medelpris gran normal (inkl. rötved)	226
- vägt medelpris gran långa toppar (exkl. rötved)	241
- vägt medelpris tall normal (inkl. rötved)	216
- vägt medelpris tall långa toppar (exkl. rötved)	231
Skogsbränsleflis (kr/m ³ s)	76

Avverkning

Den upparbetade volymen rundvirke varierade mycket beroende på vilken metod som användes. I ”gran långa toppar” föll 137 m³fub/ha (exkl. rötved) ut i typbeståndet, medan det i ”gran normal” föll ut 225 m³fub/ha (inkl. rötved). Relationen mellan avverkningskostnaderna i de olika studieleden blir därför olika beroende på om de uttrycks per m³fub eller per ha.

Räknat per ha blev avverkningskostnaden högst med normal toppkapdiameter, 8 042 kr mot 6 663 kr (gran) respektive 6 997 kr mot 6 713 kr (tall) (tabell 16). Räknat per m³fub blev förhållandet det omvända. Långa toppar blev dyrast med 48,6 kr mot 35,7 kr (gran) respektive 30,4 mot 28,0 kr (tall). Skillnaden var således betydligt mindre i det talldominerade beståndet.

Tabell 16.

Sammanställning av avverkningskostnaderna per m³fub rundvirke och per ha i typbestånden.

Trädslag	Gran	Gran	Tall	Tall
Metod	Normal	Långa toppar	Normal	Långa toppar
Volym rundvirke, m ³ fub/ha	225	137	250	221
Upparbetad volym/träd, m ³ fub	0,319	0,220	0,455	0,402
Prestation				
- träd/G ₁₅ -h	78	83	70	73
- m ³ fub/G ₁₅ -h	24,9	18,3	31,8	29,3
Kostnad avverkning, kr/ha	8 042	6 663	6 997	6 713
Kostnad avverkning, kr/m ³ fub	35,7	48,6	28,0	30,4
Skillnad (långa toppar-normal)				
- kr/ha	-	-1 772	-	-284
- kr/m ³ fub	-	12,9	-	2,4

Rundvirkesskotning

Kostnaden för rundvirkesskotning blev dyrast i metoden med normal kapdiameter, både räknat per ha och m³fub (tabell 17). Nivån låg i intervallet 25–30 kr/m³fub vilket motsvarade 3 651 – 7 260 kr/ha. Skotningen i ”tall normal” tidsstuderades inte, varför den angivna prestationen är antagen.

Tabell 17.
Kostnader för skotning av rundvirke (300 m).

Trädslag	Gran	Gran	Tall	Tall
Metod	Normal	Långa toppar	Normal	Långa toppar
Volym rundvirke, m ³ fub/ha	225	137	250	221
Prestation				
- m ³ fub/G ₁₅ -h	16,4	18,2	16,7*	18,5
Kostnad skotning rundvirke				
- kr/m ³ fub	29,6	26,6	29,0	26,2
- kr/ha	6 654	3 651	7 260	5 794

* Antagen prestation (ej tidsstuderat). Förhållandet mellan prestationen vid normal respektive grov toppkapdiameter antas vara samma i gran- och tallbestånden.

Skotning av trädrester

I granbeståndet kostade skotningen av trädrester 2 403 kr/ha (normal) respektive 4 122 kr/ha (långa toppar) (tabell 18). I tallbeståndet blev motsvarande siffror 1 867 kr/ha (normal) och 2 533 kr/ha (långa toppar). Kostnaden per m³fbio varierade mellan 23 och ca 30 kr. Omräknat till kr/m³s blir kostnaden ca 10 kr vilket kan tyckas lågt, men kostnaden ökar snabbt med transportavståndet. Vid t.ex. 300 m terrängtransportavstånd skulle kostnaden ha blivit ungefär dubbelt så hög.

Tabell 18.
Kostnader för skotning av trädrester (100 m).

Trädslag	Gran	Gran	Tall	Tall
Metod	Normal	Långa toppar	Normal	Långa toppar
Volym trädrester				
- m ³ fbio/ha	88,9	179,3	63,0	93,1
- ton/ha	80,0	161,4	56,7	83,8
Prestation				
- m ³ fbio/G ₁₅ -h	14,8	17,4	13,5*	14,7
- ton/G ₁₅ -h	10,7	12,6	9,9*	10,7
Kostnad skotning trädrester				
- kr/ha	2 403	4 122	1 867	2 533
- kr/m ³ fbio	27,0	23,0	29,6	27,2
- kr/ton	37,4	31,7	32,9	30,2

* Antagen prestation (ej tidsstuderat). Skillnaden i prestation mellan ”tall normal” och ”tall långa toppar” antas vara hälften så stor som skillnaden mellan gran normal och gran långa toppar.

Flisning

Kostnaderna för flisning hamnade på ca 16–20 kr/m³s eller ca 60–70 kr/ton (tabell 19). Räknat per hektar blev kostnaden för flisning inklusive skyttel högst i ”gran långa toppar”, 11 858 kr. På grund av den låga utbytet av trädrester på ”tall normal”, erhöles följaktligen lägst kostnad per hektar där, 5 215 kr/ha inklusive kostnaden för skytteln.

Viktförändringarna efter lagring över sommaren är framräknade med hjälp av dataprogrammet Kalkyl (SkogForsk, 1997a). Volymförändringarna (m^3_{fbio}) antas främst bero på att barr ramlar av, men också på substansförluster till följd av nerbrytning av veden. I kalkylen antogs att hälften av barren sitter kvar på grenarna efter lagring. Volymen trädrester beräknades minska med ca 13 % i alternativet långa toppar och med ca 9 % i alternativet normal toppdiameter. Dessa förändringar är skattade med hjälp av programmet Utbyte (SkogForsk, 1997 b). Fukthalten samt relationen mellan vikt och stjälpt volym antogs vara samma som under studien av flisningen.

Tabell 19.

Sammanställning av kostnaderna för flisning av trädrester (flisare och flisskyttel).

Trädslag	Gran	Gran	Tall	Tall
Metod	Normal	Långa toppar	Normal*	Långa toppar*
Mängd trädrester, färska				
- m^3_{fbio}/ha	89	179	63	93
- ton/ha	80,0	161,4	56,7	83,8
Mängd trädrester, efter lagring				
- m^3_{fbio}/ha	81	156	57	81
- m^3_s/ha	245	501	175	259
- ton/ha	70	141	50	73
Prestation				
- m^3_s/G_{15-h}	44,3	55,8	44,3	55,8
- ton/ G_{15-h}	12,7	15,7	12,7	15,7
Kostnad flisning				
- kr/ m^3_s	20,8	16,5	20,8	16,5
- kr/ton	72,7	58,6	72,7	58,6
- kr/ha	5 089	8 263	3 635	4 278
Kostnad flisskyttel				
- kr/ m^3_s	9,0	7,2	9,0	7,2
- kr/ton	31,6	25,5	31,6	25,5
- kr/ha	2 212	3 595	1 580	1 862
Summa kostnad				
- kr/ m^3_s	29,8	23,7	29,8	23,7
- kr/ton	104,3	84,1	104,3	84,1
- kr/ha	7 301	11 858	5 215	6 139

* Ej tidsstuderat. Grundar sig på studier av material från ett grandominerat bestånd på Snefringe.

Intäkter

Intäkterna är förstås direkt avhängigt sortimentsutfallet. Den stora skillnaden mellan metoderna ligger i omfördelning från massaved till skogsbränsle. Med de priser som använts i kalkylen blev intäkterna från ”gran normal” ca 85 000 kr/ha och från ”gran långa toppar” ca 84 000 kr/ha (tabell 20). I det talldominerade beståndet erhöles intäkten ca 93 000 kr/ha från ”tall normal” och ca 94 000 kr/ha från ”tall långa toppar”.

Tabell 20.**Sammanställning av intäkterna från typbestånden.**

Trädslag	Gran	Gran	Tall	Tall
Metod	Normal	Långa toppar	Normal	Långa toppar
Volym				
- timmer, m ³ to/ha	81	81	125	125
- massaved, m ³ fub/ha	120	32	88	59
- skogsbränsle, m ³ s/ha	245	501	175	259
Intäkt				
- timmer, kr/ha	39 285	39 285	60 625	60 625
- massaved, kr/ha	27 120	7 712	19 008	13 629
- skogsbränsle, kr/ha	18 620	38 076	13 300	19 684
Summa intäkter, kr/ha	85 025	85 073	92 933	93 938

Drivningsnetto

I granbeståndet erhöles ett drivningsnetto på ca 61 000 kr/ha vid normal kapdiameter och ca 59 000 kr/ha vid långa toppar (tabell 21). Skillnaden i drivningsnetto beror främst på kostnaderna. I det talldominerade beståndet blev nettot något högre vid den grövre toppkapdiametern, ca 73 000 kr/ha jämfört med ca 72 000 kr/ha för normal kapdiameter.

Tabell 21.**Drivningsnetto (kr/ha) från typbestånden.**

Trädslag	Gran	Gran	Tall	Tall
Metod	Normal	Långa toppar	Normal	Långa toppar
Intäkter, kr/ha	85 025	85 073	92 933	93 938
Kostnader, kr/ha				
- avverkning	8 042	6 663	6 997	6 713
- skotning rundved	6 654	3 651	7 260	5 794
- skotning trädrester	2 403	4 122	1 867	2 533
- flisning, inkl. skyttel	7 301	11 858	5 215	6 139
Summa kostnader	24 400	26 294	21 339	21 179
Drivningsnetto, kr/ha fritt bilväg	60 625	58 779	71 594	72 759

Diskussion**Resultatens allmängiltighet**

Resultaten från studien gäller under de förutsättningar som rådde vid studie-tillfället, men då avsikten var att hitta bestånd som väl motsvarade f.d. Mälarskogs normala slutavverkningsbestånd torde resultaten i huvudsak vara tillämpliga på en stor del av föreningens slutavverkningar vad gäller t.ex. sortimentsutfall. När det gäller prestationerna är dessa givetvis starkt beroende på de förare som studerades. De omvandlingstal från G₀- till G₁₅-prestation som användes resulterade i huvudsak i realistiska nivåer, enligt uppgift från Mellanskog (Björkholm, muntl.)

Det förtjänar även att påpekas att de faktiska toppkapdiametrarna inte var 5 respektive 14 cm i de olika metoderna som instruktionen angett, utan ca 9 respektive ca 15 cm. Detta måste givetvis beaktas vid tolkningen av resultaten.

Metoder

Avverkning

Tidigare studier har främst inriktats på att utröna skillnader mellan en normal metod utan bränsleanpassning och en bränsleanpassad metod. Wigren (1992) anger en prestationssänkning med 2–9 % för engreppsskördare i slutavverkning. Försämringen blir större ju klenare medelstamvolymen är i beståndet, och upp till 12 % prestationsförsämring har uppmätts i ett norrländskt slutavverkningsbestånd med medelstamvolymen 0,12 m³fpb (Persson 1994). När det gäller skillnaden i prestation vid olika toppkapsdiameter noterade Persson (1992) en något högre prestation vid grova toppar (10 cm) än vid normal bränsleanpassning (5 cm) räknat i antal träd per timme. Uttryckt som volym upparbetat rundvirke var förhållandet det omvända: grova toppar medförde ca 5 % lägre prestation än normal bränsleanpassad metod. Resultaten från föreliggande studie bekräftar principiellt Perssons (1992) resultat. Som följd av en grövre toppkapsdiameter – större volym omförs till skogsbränsle – blev skillnaderna här större, 26 % lägre prestation i granbeståndet och 8 % lägre prestation i tallbeståndet räknat på volymen upparbetad rundved. Rötveden är då inte inräknad i rundvirkesvolymen vid metoden med långa toppar.

Den normala bränsleanpassade metoden med 5 cm som minimigräns för toppdiametern tillämpas normalt av Mellanskog och maskinförarna är väl förtrogna med metoden. Trots en duktig skördarförare som fått tillfälle att träna på metoden med långa toppar, är det rimligt att anta att metoden vid en bred tillämpning kommer att utvecklas och effektiviseras ytterligare.

Att upparbeta virke vid sidan av maskinen – som i fallet med långa toppar – innebär mycket huvudvridningar för föraren. Detta gäller förstås endast för maskiner som har kranen monterad framför hytten, typ Timberjack 1270.

Sortering av virke blir svårare då metoden med långa toppar tillämpas. Sortimenten som läggs längst ifrån maskinens körstråk kan dessutom bli svåra att nå för skotaren.

Skotning

Skotning av rundvirke efter metoden med långa toppar innebär en högre prestation till följd av större högar och högre andel timmer. Detta har tidigare påvisats av Persson (1992). Dock tog det tid att identifiera rätt sortiment eftersom föraren oftast inte kunde se änden på stockarna. Tidsåtgången för dessa moment kommer sannolikt att öka ju fler sortiment som används. Med tanke på det som nämndes i avsnittet om avverkning ovan, är kombinationen många sortiment och metoden med långa toppar sannolikt mindre lyckad.

Vid risskotningen skulle prestationen ha kunnat ökas om momentet ”upplockning av spridda rester” nedbringats. På grund av trädresternas låga värde på hygget måste hanteringen alltid hållas mycket rationell. Det är

olönsamt att till varje pris städa rent efter varje rishög, eftersom momentet tar lång tid i anspråk och resulterar i en mycket liten extra mängd ris jämfört med om de sista spridda resterna lämnats kvar. Dessutom ökar risken för föroreningar i materialet när de understa trädresterna i högen ska lastas. Föroreningarna kan orsaka problem, både vid flisning och förbränning (Brunberg m.fl. 1994).

I metoden med långa toppar erhålls så stora rishögar att flisaren skulle kunna upparbeta trädresterna direkt som de ligger. Man skulle i så fall kunna slippa kostnaden för skotning av trädrester, vilket skulle innebära en besparing på ca 4 000 kr/ha i granbeståndet och ca 2 500 kr/ha i det talldominerade beståndet. Kostnaden för flisningen skulle sannolikt öka något – som följd av mer körtid och problem med att optimera vändorna för skytteln – men en nettobesparing bedöms vara möjlig. Persson (1992) uppger att flisning på hygget vid normal kapdiameter medförde ca 10 % lägre prestation än vid långa toppar-metoden. Högsta prestationen för flisaren erhöles dock vid arbete på avlägg (vid välla), 30 % högre prestation än vid flisning av grova toppar på hygget.

Om rötveden inte lagts tillsammans med trädresterna i alternativet långa toppar, skulle detta sannolikt ha påverkat framför allt skotningskostnaderna. Berg m.fl. (1996) anger en ökad kostnad på 0,80 kr per m³fub och extra sortiment räknat på hela volymen rundvirke. Det skulle innebära en ökad kostnad med ca 430 kr/ha i granbeståndet och med ca 420 kr/ha i tallbeståndet

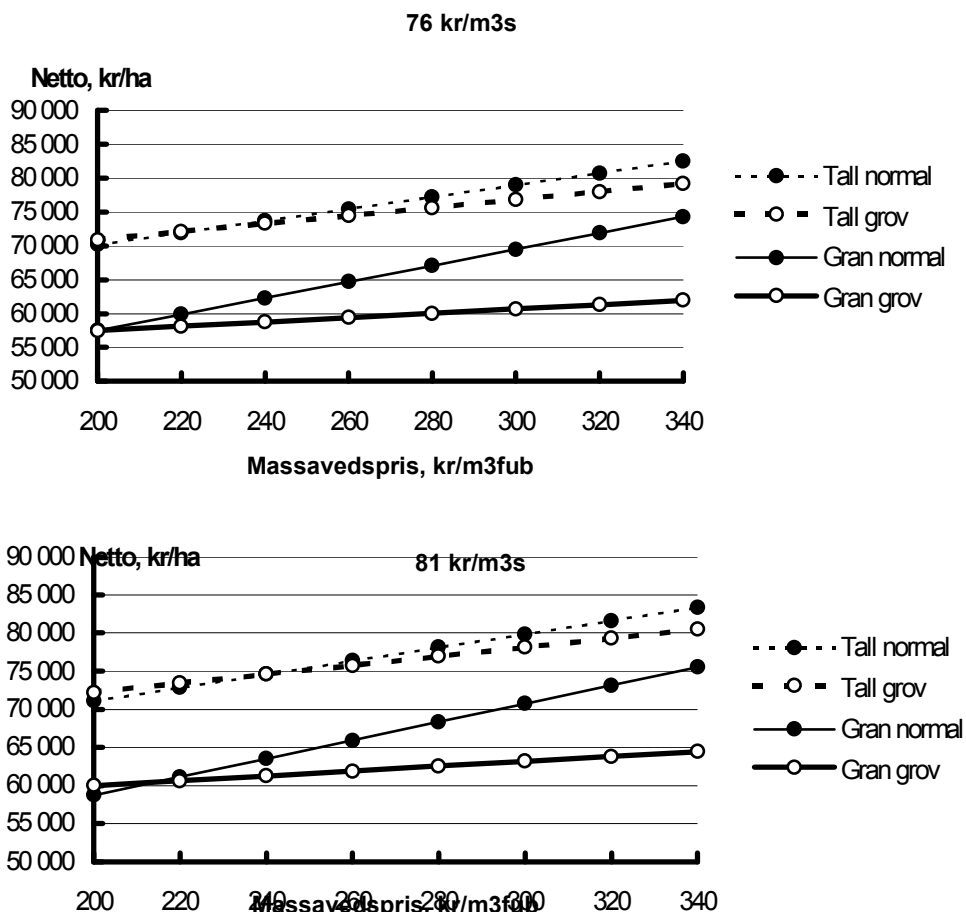
Sortimentsutfall

Sortimentsutfallet präglades mycket av den höga rötfrekvensen. Erfarenheter från Mellanskog visar att volymen av sortimentet rötgran brukar ligga kring 5 % av den totala rundvirkesvolymen vid slutavverkning av starkt rötinfekterade granbestånd (Björkholm, muntl.). Vid en lägre rötfrekvens hade utfallet av timret blivit större och mängden skogsbränsle mindre, framför allt i granbeståndet. Korrigeras sortimentsutfallet till att representera ett i stort sett rötfrött granbestånd inverkar detta, förutom på sortimentsutfallet, på hektarkostnaden för samtliga maskiner i systemet. Förhållandet mellan drivningsnettot av de båda metoderna förändras dock inte nämnvärt. Nettot ökar något till följd av det större timmerutbytet, men kostnaden per hektar för att avverka och skota timret ökar också något. Dessutom minskar skillnaden i massavedspris mellan metoderna till långa toppars nackdel. Den procentuella skillnaden i drivningsnetto mellan metoderna låg på ca 4 % i granbeståndet.

I praktiken är sannolikt utbytet av skogsbränsle större vid en grövre kapdiameter jämfört med en konventionell toppdiameter. Detta beror både på metoden/fällningsmönstret och på att det är större enheter som hanteras och som därmed ger upphov till mindre spill. De båda fotografierna på omslaget illustrerar detta.

Prisrelationer

Förhållandet mellan massaved- och bränsleflispriset har stor betydelse för det ekonomiska utfallet. Ju bättre betalt man får för massaveden i förhållande till bränsleflisen, desto mer lönar sig metoden med normal toppkapdiameter. Omvänt ökar konkurrenskraften hos metoden med långa toppar ju bättre betalt man får för bränsleflisen. Figur 3 visar hur rotnettot blir för de fyra studerade metoderna vid olika massavedspris och vid ett bränslepris på 76 respektive 81 kr/m³s. Metoden med långa toppar är relativt okänslig för förändringar av massavedspriset – linjen har en svag lutning – medan metoden med normal toppkapdiameter är mer känslig för förändringar av massavedspriset – linjen har en kraftigare lutning. Skillnaden mellan metoderna är störst i granbeståndet. I figuren går det att hitta värdena från kalkylen, men notera att olika massavedspriser har antagits i respektive studieled beroende på var rötveden har hamnat (se också tabell 15).



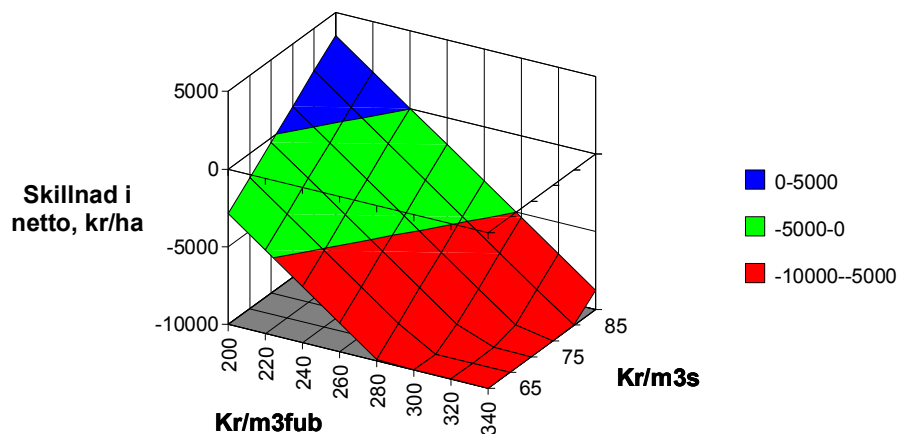
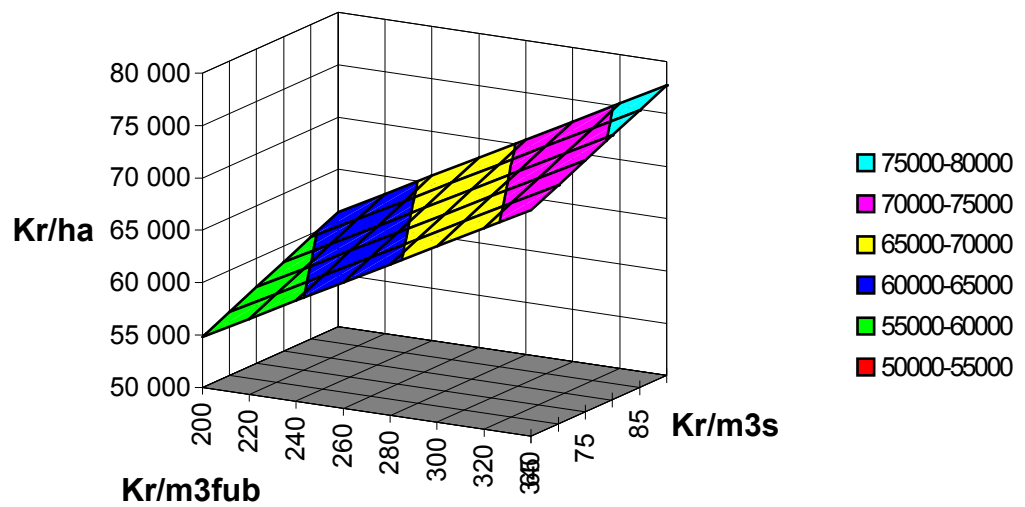
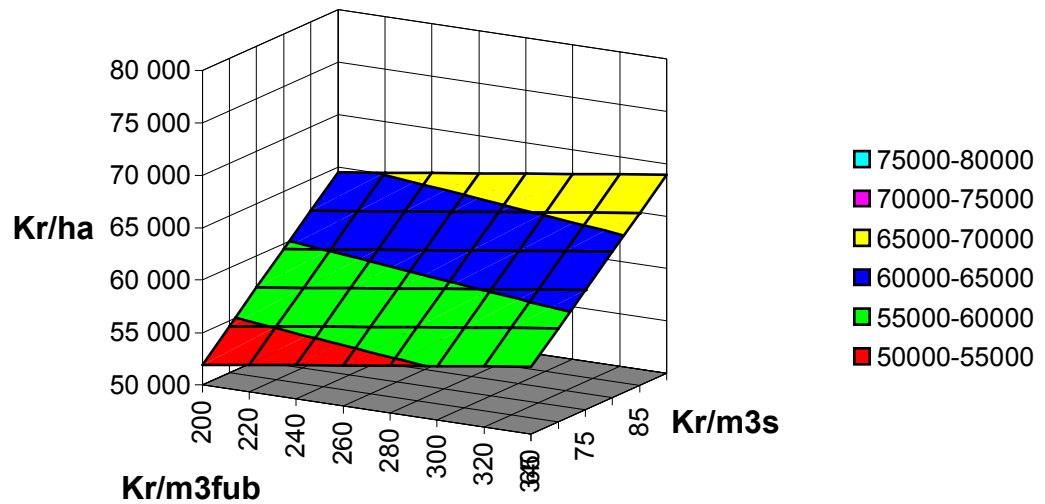
Figur 3.
Rotnetto för de fyra studerade metoderna vid olika massavedspris och vid ett bränslepris på 76 (övre) respektive 81 kr/m³s (nedre).

Möjligheterna att genom val av avverkningsmetod styra virkesflödet mot olika sortiment beroende på konjunktur är stora, framför allt i granbeståndet där utbytet av massaved minskade med 73 % till förmån för skogsbränslesortimentet. Under perioder av låg efterfrågan på massaved kan alltså av-

verkningar med metoden långa toppar i grandominerade bestånd prioriteras för att nedbringa volymen massaved men med bibehållen timmervolym.

Med de förutsättningar som rådde under studien innebär metoden med långa toppar t.ex. att man i granbeståndet erhåller ett lägre netto på ca 5 000 kr/ha vid ett massavedspris på 250 kr, jämfört med den normala bränsleanpassade metoden. I tallbeståndet förlorar man mindre, ca 1 000 kr/ha, men påverkan på massavedsvolymen var också mindre där, ca 33 %.

Med de förutsättningar som rådde under studien kunde metoden med långa toppar bara konkurrera med den normala bränsleanpassade metoden vid ett lågt massavedspris kombinerat med ett högt bränslepris. Figur 4 åskådliggör hur nettot påverkas av både massavedspriset och bränslepriset, exemplifierat med granbeståndet. Funktionsytorna har t.ex. mycket olika lutning. Nettot från ”gran långa toppar” påverkas som tidigare nämnts inte så mycket av massavedspriset, men desto mer av priset på skogsbränsle. Därför lutar planet mest ut mot betraktaren. I ”gran normal”, däremot lutar planet mest nedåt vänster eftersom nettot med den metoden är mest känsligt för förändringar av massavedspriset. Notera att det endast är i området i borte vänstra hörnet av figurerna, d.v.s. där massavedspriset är lågt och bränslepriset är högt, som metoden med långa toppar ger ett högre netto per ha än metoden med normal toppkapdiameter.



Figur 4.
 Drivningsnetto från typbeståndet av gran. Metoden med långa toppar (övre) kunde inte konkurrera ut den normala bränsleanpassade metoden (mitten) annat än vid ett mycket lågt massavedspris i kombination med ett högt pris för skogsbränslet. Den undre grafen visar skillnaden mellan de båda metoderna (långa toppar – normal kapdiam.) Figuren gäller för de förutsättningar som rådde i studien.

I tidigare studier (t.ex. Persson 1992) har man ibland antagit ett högre pris för bränsleflisen från metoden med långa toppar. Orsaken har varit att kvaliteten ansågs bättre p.g.a. lägre andel finfraktioner. Å andra sidan medför den högre andelen stamved att densiteten sjunker, framför allt för gran. Dessutom hade vi en inte oväsentlig skillnad i fukthalt mellan metoderna. Det är därför inte självklart hur flisen från de olika metoderna ska värderas. En differentierad prissättning där man får bättre betalt för flis med hög vedandel ökar naturligtvis långa toppar-metodens konkurrenskraft.

I kalkylen som presenterades här antogs ett och samma pris för bränsleflisen oavsett metod. Om flisen från långa toppar antas betalas med 5 kr mer per m³s, d.v.s. 81 kr, förändras resultatet något. I granbeståndet förändras skillnaden i drivningsnetto från -1 846 kr/ha till +659 kr/ha (räknat som netto av långa toppar minus netto av normal diameter). I tallbeståndet – där metoden med långa toppar redan var något lite fördelaktigare – ökar skillnaden i drivningsnetto från 1 165 till 2 460 kr/ha.

Toppkapdiameter

Vilken toppkapdiameter som väljs inverkar kraftigt på det ekonomiska utfallet. Med de förutsättningar som rådde under studien finns sannolikt en optimal toppkapdiameter någonstans mellan de uppmätta toppkapsdiameterarna på ca 9 och 15 cm. I och med att stamprofiler samlades in från ett stort antal stammar under studien är det möjligt att teoretiskt räkna på hur avverkningskostnader och sortimentsutfall skulle bli vid olika toppkapsdiameterar. Resultaten från det arbetet kommer att redovisas separat vid ett senare tillfälle, eftersom det kräver en särskild ansats med bl.a. en del programmering.

Sammanfattande slutsatser

Utbytet av massaved förändrades påtagligt då långa toppar apterades. I granbeståndet minskade massavedsvolymen med 73 %, och i det talldominerade beståndet minskade volymen massaved med 33 %.

Prestationen vid avverkning var högst vid metoden med långa toppar, räknat i träd per timme. Uttryckt i m³fub per timme var prestationen högst vid normal toppkapdiameter. Prestationen vid skotning (m³f per timme), både av rundvirke och av trädrester, var högst i metoden med långa toppar. Det samma kunde konstateras för flisningen.

Kostnaden (kr/ha) berodde både på kostnad per enhet och volymen av aktuellt sortiment. Till följd av det större utbytet av skogsbränsle i metoden med långa toppar var kostnaden per ha för skotning av trädrester och flisning högst i de studieleden. För alla andra operationer erhöles lägre kostnader per ha i studieleden med långa toppar. Intäkterna från typbestånden var relativt lika oberoende av metod, varför respektive metods lönsamhet är starkt avhängig kostnaderna.

Dock är nettot från respektive metod olika känsligt för prisförändringar. Metoden med långa toppar är relativt okänslig för förändringar i massavedspriset, medan förändringar av bränslepriset ger kraftigare utslag. Det omvända förhållandet gäller för metoden med normal toppkapdiameter.

Metoden med långa toppar har sannolikt en större potential för effektivisering än den normala bränsleanpassningen, eftersom den senare används oftare av skördarföraren.

Metoden med långa toppar i kombination med ett stort antal sortiment är sannolikt mindre lyckad, eftersom skotningsprestationen torde påverkas negativt.

Att flisa trädrester och rötved direkt på hygget utan föregående trädrestskotning är en möjlighet att beakta när det gäller att sänka kostnaderna för metoden med långa toppar. Vid trädrestskotningen bör moment av städningsskarakter minimeras, både med tanke på bränslets kvalitet och på kostnaderna.

Referenser

- Berg, M., Brunberg, B., Brunberg, T., Nordén, B. & Sandström, T. 1996. Avverkning och skotning av nya massavedssortiment. Studier hos AssiDomän AB, Lindesberg. SkogForsk Stencil 1996-01-31, 10 s.
- Björkholm, G. Mellanskog, Västerås.
- Brunberg, B., Frohm, S., Nordén, B., Persson, J. & Wigren, C. 1994. Projekt skogsbränsleteknik – slutrapport. SkogForsk, Redogörelse nr 5, 69 s.
- Nylinder, M. 1979. Relationstal Träbränslen – Olja. Sveriges Lantbruksuniversitet, Inst. f. virkeslära, Rapport nr 110, 48 s.
- Persson, J. 1992. Grövre toppar i slutavverkning – studie hos Mellanskog våren 1992. SkogForsk, Stencil 1992-06-30.
- Persson, J. 1994. Rundvirke och skogsbränsle i slutavverkning – en studie hos SCA Skog AB, Luleå sf, 1993. SkogForsk, Stencil 1994-01-13, 34 s.
- SkogForsk. 1997a. Kalkyl – ett dataprogram för skogliga systemanalyser från stubbe till industri.
- SkogForsk. 1997b. Utbyte – ett dataprogram för utbytesberäkningar av timmer, massaved och skogsbränsle.
- Wigren, C. 1992. Uttag av trädrester efter slutavverkning med engrepps-skördare. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten, Resultat nr 8, 4 s.

Momentindelning, skördare

Körning	Körning mellan uppställningsplatser. Momentet startar när hjulen börjar snurra och avslutas när hjulen stannat.
Kran ut	Börjar när en topp släppts eller när hjulen stannat. Avslutas när aggregatet befinner sig 0,5 m från trädet.
Positionering – avskiljning	Börjar när aggregatet befinner sig 0,5 m ifrån stammen och avslutas när trädet är avskilt och dras från stubben.
Fällning – intagning	Börjar när trädet har avskilts från stubben och avslutas när matarrullarna börjar snurra för upparbetning.
Kvistning – kapning	Börjar när matarrullarna börjar snurra för upparbetning. Momentet registrerades separat för varje bit.
Topp	Tiden från att sista biten kapats tills toppen släppts ur aggregatet. I ”långa toppar” innefattade även momentet läggning av topp eller småträd i trädresthögen.
Kran in	Förekommer ibland efter ”topp” och före ”körning”.
Övrig verktid	Tid som ingår i arbetet, men som inte kan hänföras till något av ovanstående moment, t.ex. tillrättaläggning av virkesbit i hög.

Momentindelning, skotare

Start	Momentet just innan körning. Det kan t.ex. vara tiden som förflyter mellan kran in och körning. Föraren kanske vänder sig och varvar upp motorn innan han kör iväg.
Lasskörning	Körning i terräng eller på väg med fullt lass mot avlägg. Momentet börjar när sista gripen lagts på lasset och hjulen börjar snurra. Huskyn är momentet sedan kopplat till körsträckan med fullt lass.
Tomkörning	Körning i terräng eller på väg utan lass från avlägg ut på hygget. Momentet avslutas när lastningen påbörjas. Kopplat till körsträcka som ovan.
Körning	Körning under lastningsarbete. Momentet startar när hjulen börjar snurra och avslutas när hjulen stannar.
Kran ut	Börjar normalt efter körning eller kran in. Slutar när gripen berör första biten/högen.
Gripning	Börjar när gripen berör en hög, och avslutas när högen börjar tas in mot lasset.
Kran in	Börjar när virkeshögen lyfts från marken och avslutas när sista biten släppts på lasset.
Sortering på lass	Övrig verktid. Annan tid som är till gagn för arbetet, men som inte hör till något annat moment, t.ex. sortering på lass.
Sortering på marken	Sortering/plockning av virkesbitar på marken.
Övrig verktid	Tid som ingår i arbetet men som inte kan föras till något av momenten ovan.
Lossning	Tidsåtgången för lossningsarbete.
Körning	Körning under lossning. T.ex. förflyttning mellan virkesvältor vid avlägg.

Momentindelning, flisare

Kran ut	Kran ut (tom grip) för att hämta material. Startar när kranen börjar röra sig och avslutas när gripen berör materialet.
Gripning	Gripning av material. Från det att gripen vidrör materialet tills materialet lyfts från vältan/marken.
Kran in	Från att materialet lyfts från marken tills det är i intaget och kan släppas.
Flisning	Väntan (med tom grip) på att flisaggregatet ska ta in t.ex. långa toppar.
Väntan m. material i grip	Väntan (med full grip) på att det ska bli fritt i intaget.
Framflyttning	Förflyttning av maskinen mellan uppställningsplatser.
Tippning	Tid för tippning av flis (2 tippningar) i skytteln.
Övrig verktid	Övrig tid till gagn för arbetet, men som ej kan planeras eller beskrivas som enskilt moment.
Tomkörning	Körning (tom) mellan skyttel och vält.
Lasskörning	Körning (full) mellan vält och skyttel.

Regressionssamband

Följande regressionssamband har använts vid normeringen av skördarstudierna:

Kvistning/kapning

$$KVKA = K + A \cdot VOLY$$

där

KVKA är tidsåtgången i cmin för kvistning/kapning

VOLY är medelstamvolymen i dm³fub

Värdena på K och A framgår av nedanstående tabell:

	Gran 5 cm	Gran 14 cm	Tall 5 cm	Tall 14 cm
K	7,312	4,145	12,07	5,040
A	0,038	0,036	0,031	0,034

För samtliga A gäller att $p < 0,01$.

Positionering/avskiljning

$$POSA = K + A \cdot DIAM$$

där

POSA är tidsåtgången i cmin för positionering/avskiljning

DIAM är medeldiametern (aritmetisk) i cm.

Värdena på K och A framgår av nedanstående tabell:

	Gran 5 cm	Gran 14 cm	Tall 5 cm	Tall 14 cm
K	2,48	1,25	3,19	3,14
A	0,270	0,395	0,294	0,260

För samtliga A gäller att $p < 0,01$.

Fällning/intagning

$$\text{FÄLL} = K + A \cdot \text{VOLY}$$

där

FÄLL är tidsåtgången i cmin för fällning/intagning

VOLY är medelstamvolymen i dm³fub

Värdena på K och A framgår av nedanstående tabell:

	Gran 5 cm	Gran 14 cm	Tall 5 cm	Tall 14 cm
K	5,53	4,92	4,63	3,56
A	0,0090	0,0083	0,0056	0,0115

För samtliga A gäller att $p < 0,01$.