

REDOGÖRELSE

FRÅN SKOGFORSK NR. 1 2007



Stråkröjning i praktisk drift 2005–2006

CORRIDOR CLEANING IN PRACTICAL OPERATIONS 2005–2006

Isabelle Bergkvist



Isabelle Bergkvist, jägmästare 1997. Anställd på Skogsforsk 2001. Ansvarig för skogsvårdsteknik. Tidigare arbetade hon på SÖDRA med bland annat planläggning och certifiering.

Abstract

The method of corridor cleaning or precommercial thinning involves a cleaning machine equipped with an extended-width cleaning head that cleans in corridors or strips 2–2.5 m wide in the stand. Motormanual cutters equipped with brush saws carry out selective cleaning in the intermediate zones between the corridors. The spacing between the corridors varies from 5 m in dense stands up to 10 m in more sparsely populated stands — where motormanual cleaning is simple and efficient. Trials with corridor cleaning were carried out in practical operations in the 2005 and 2006 cleaning seasons.

This method of cleaning is superior to that of mechanized cleaning carried out in earlier trials:

- The use of an extended-width cutting head reduces the time taken per stem cut
- The intermediate zones comprise 70–85% of the stand, which means that there is adequate scope for high-quality selection of main stems
- The number of damaged stems will not be any greater than in traditional motormanual cleaning
- Mechanized cleaning facilitates and increases efficiency in motor manual cleaning, and is therefore not seen to be a threat to motormanual workers
- Given that the machine does not need to encroach on more than 15–30% of the area, corridor cleaning can be carried out in more difficult terrain conditions than is possible in other mechanized methods.

If the method is to be widely adopted, energy-efficient, ergonomic machines (conceivably unmanned) with excellent off-road mobility will need to be developed.

Further, if the spacing in this method is adopted in scarification and planting operations as well, there will be plenty of scope in the future for rationalizing silviculture work in its entirety.

Ämnesord: Rökning, stråkrökning, mekanisering och skogsvård.

Omslag: Skogsforsk

Redaktör: Lars Åkerman

Ansvarig utgivare: Jan Fryk

Formgivning: Niclas Eklund

REDOGÖRELSE

Stråkröjning i praktisk drift 2005–2006

Corridor cleaning in practical operations 2005–2006

Isabelle Bergkvist

Innehåll

Innehåll	2	Contents	2
Sammanfattning	3	Summary	4
Inledning	5	Introduction	5
Målsättning	5	Objectives	5
Omvärldsanalys	5	Business intelligence and Market analysis	5
Metod	6	Methods	6
Maskinell stråkröjning	6	Mechanized corridor cleaning	6
Motormanuell röjning	6	Motormanual cleaning (precommercial thinning)	6
Resultat	7	Results	7
Maskinell röjning	7	Mechanized cleaning	7
Motormanuell röjning	8	Motormanual cleaning	8
Tidsåtgång och kostnad	11	Time consumption and costs	11
Diskussion	12	Discussion	12
Maskin	12	The machine	12
Alternativa maskiner	12	Alternative machines	12
Motormanuell röjning	13	Motormanual cleaning	13
Stråkröjningsmetoden	13	Corridor-cleaning method	13
Förplanering	13	Preplanning	13
Utvecklingspotential	13	Development potential	13
Slutsatser	15	Conclusions	15
Litteratur	16	Literature	16

Sammanfattning

Potentialen för stråkröjning är hög i ungskog. Metoden är relativt ny. Därför finns det möjlighet att utveckla både själva metoden och göra maskinerna billigare och effektivare. Dessutom öppnar metoden för synergieffekter genom hela skogsvårdskedjan. Radförband med dubbla plantrader och en maskinbredd mellan dessa ger billigare markberedning och plantering. Det blir då också möjligt att helt undvika de planterade stammarna.

Stråkröjning är en metod som innebär maskinell röjning i 2–2,5 m breda stråk och motormanuell selektiv röjning i mellanzonerna som lämnas 4–8 m breda. En sådan delmekaniserad metod har använts sedan början av 2000-talet i kanadensisk ungskog med goda resultat.

För att kunna utvärdera hur metoden fungerar i praktisk drift i svenska bestånd har en prototypmaskin röjt drygt 800 hektar under röjsäsongerna 2005 och 2006. Det har skett framför allt på Sveaskogs, SCA:s och Holmens marker.

För att metoden ska kunna konkurrera med traditionell röjning krävs uppskattningsvis en framryckningshastighet över 20 m/min. Den stråkröjda arealen på drygt 800 ha var fördelad på 63 bestånd. Maskinernas medelhastighet var 37 m/min. I några bestånd har hastigheten varit över 50 m/min. Stråkyteandelen har utgjort mellan 15 och 30 % av den röjda arealen. Mellanzonsbredden, i de delar som maskinröjts, har legat mellan 5 och 10 m. Tidsåtgången för att stråkröja ett hektar var ca 0,5 h, men det varierade med hur stor andel av arealen som täcktes av stråk.

Varken medelhöjd i beståndet eller stamtäthet påverkade maskinens framryckningshastighet. Däremot har terrängen inverkat. Framförallt berodde det på stora variationer i markförhållanden, vilket medförde osäkerhet hos förarna och försiktigare körning. Ibland tog sig helt enkelt inte maskinen fram överallt, utan fick backa och köra runt etc.

Som prototypmaskin användes en Treemme MM250B utrustad med en FAE grenkross från Tecura AB. FAE

grenkross är ett breddavverkande aggregat som arbetar med 2,5 m stråkbredd.

Under 2006 har en del tidsstudier av den motormanuella röjningen i mellanzonerna gjorts och jämförts med motormanuell röjning utan stråk. Vid studierna har ingen skillnad mellan metoderna kunnat påvisas. En analys visar dock att detta förmodligen beror på att fel studiemetod valts. Tidigare studier och uppföljning av den motormanuella röjningen har visat att det finns potential att öka prestationen i mellanzonsröjningen jämfört med traditionell motormanuell röjning. Anledningen till detta är att stråken ger möjlighet till:

- enklare planering
- effektivare fällning av stammar ut i stråken
- snabbare transporter i beståndet
- roligare arbete eftersom man upplever att det "händer något" även i mycket täta bestånd.

Tidsbesparingen för stråkröjningsmetoden jämfört med traditionell motormanuell röjning är från 15 % upp emot 50 % i täta bestånd. Ökar prestationen i mellanzonsröjningen med 20 % är metoden billigare redan vid stamantal runt 8 000 stammar per hektar.

Fortfarande brottas stråkröjning med en del inkörningsproblem. Bland annat är organisationen kring maskinen svår att lösa. Nuvarande maskiner kan inte köras mer än 3 timmar av samma förare, framförallt på grund av vibrationer. Den maskin som användes hade dessutom hög bränsleförbrukning med höga timkostnader som följd.

Summary

Corridor cleaning in young stands is relatively new and there is a great potential for developing not only the method itself, but also for bringing down the cost of machines, and making them more efficient. The method also offers synergy effects throughout the silvicultural chain. Line planting with double rows of seedlings, and the width of the machine in between, makes for cost-effective scarification and planting. It will also be possible to avoid the planted trees altogether.

Corridor cleaning involves mechanized cleaning in corridors 2–2.5 m wide, with motormanual selective cleaning being carried out in the intermediate zones, which are left to a width of 4–8 m. A semi-mechanized version of this method has been in operation – to good effect – in young stands in Canada since the beginning of year 2000.

To assess how well the method will work in practical operations in Sweden, we had a prototype machine in operation over an area exceeding 800 ha during the 2005 and 2006 cleaning seasons. This largely took place on forest land belonging to three Swedish forest enterprises: Sveaskog, SCA, and the Holmen group.

If this method is to be competitive as compared with traditional cleaning methods, we estimate that the machine would need to operate at a speed of at least 20 m/min. At the end of the trials, after which cleaning had been completed on roughly 830 ha in 63 stands, we found that the machine had operated at an average speed of 37 m/min, and, in some stands, had achieved speeds of up to 50 m/min.

Corridor cleaning accounted for 15–30 % of the treated area. The width of the intermediate zones in which cleaning was carried out by machine was 5–10 m. The time taken to clean 1 ha was approximately 0.5 h, but this varied with the proportion of the area covered by corridors.

Neither the mean height of the stand nor the stand density had any effect on the driving speed of the machine. However, the speed was affected by terrain conditions. This was largely because of wide variations in the ground conditions, which created uncertainty in the mind of the operator, and meant that the machine had to be operated more cautiously. At times, the machine was unable to negotiate

the ground at all, and was forced to reverse or drive around the impediment.

The prototype machine used was a Treemme MM250B equipped with an FAE branch crusher from Tecura AB. The FAE branch crusher was equipped with an extended-width cleaning head that operated in corridors 2.5 m wide.

A number of time studies on motormanual cleaning in the intermediate zones were conducted in 2006, and then compared with motormanual cleaning where there were no corridors. No differences were apparent between the methods. However, further analysis revealed that this was probably because the wrong study method had been used. Earlier studies and follow-up of motormanual cleaning found that there was scope for increasing the productivity of motormanual cleaning in the intermediate zones, as compared with traditional motormanual cleaning.

The main reasons for this were that the corridors made possible:

- Easier planning
- More cost-effective felling of trees in the corridors
- Faster extraction
- Greater job satisfaction as workers perceived that things were happening even in dense stands

The time saved in corridor cleaning, as compared with traditional motormanual cleaning, varies by 15–50 % in dense stands. If there are approximately 8 000 stems per hectare, a 20 % increase in productivity in the intermediate zone will render the corridor method more cost-effective.

The corridor-cleaning method has a number of teething troubles that need to be resolved; it is difficult to devise satisfactory organization around the machine and the machine used in the trials had a high level of fuel consumption, resulting in expensive operating costs.

Inledning

En växande andel orörd ungskogsareal och befarad framtida arbetskraftsbrist har ökat efterfrågan på högre effektivitet vid ungskogsskötsel. Under 2003 bildades därför en referensgrupp för ungskogsröjning med deltagare från större skogsföretag, skogsskötselentreprenörer, maskintillverkare och skoglig forskning. Referensgruppens syfte var att identifiera och studera alternativa metoder och teknik som skulle kunna effektivisera röjningen. I stora drag har metod och teknik sett likadan ut de senaste 50 åren. Röjning (och till stor del även plantering) görs fortfarande med manuell arbetskraft. Rationalisering och effektivisering förutsätter att åtgärderna delvis mekaniseras.

Under sommaren 2003 studerades de biologiska effekterna av geometrisk röjning i stråk. Stråkröjning är en delmekaniserad metod där maskinen används för att effektivt reducera stamantalet och underlätta för motormanuell selektiv röjning i mellanzonerna. Resultaten visade att stråkröjning var fullt jämförbar med traditionell motormanuell röjning vad avser antal och

fördelning av högkvalitativa stammar, i det framtida slutavverkningsbeståndet. Skadegraden ökade inte heller nämnvärt (Bergkvist m.fl. 2003). Studien av de biologiska effekterna följdes upp under sommaren 2004 med studier av tre alternativa maskintyper för maskinell röjning i stråk. Även dessa studier genomfördes i tre olika bestånd från Eskilstuna till Hallen i Jämtland. Metoden innebar 10–40 % billigare röjning oavsett maskin och aggregat (Bergkvist m.fl. 2004). För att kunna utvärdera hur metoden fungerar i praktisk drift i bestånd som är representativa för svensk ungskogsröjning har en prototypmaskin röjt drygt 800 ha under 2005 och 2006. Röjningen har skett på Sveaskogs, SCA:s, Holmens skogsmarker och i ett par bestånd på Bergvik Skog och Växjö stift.

Målsättning

Målsättningen med projektet var att:

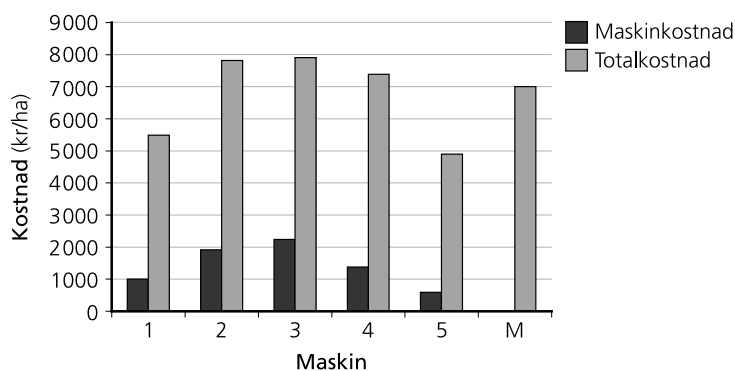
- göra en bedömning var och hur stråkröjning ska utföras
- ge förslag på metod för stråkröjning

vid olika beståndsförutsättningar

- göra en prestations- och kostnads-kalkyl för stråkröjning
- få en första uppfattning om prestationen vid motormanuell röjning i mellanzonerna.

Omvärldsanalys

I Kanada används stråkröjningsmetoden i praktisk drift sedan ett antal år. I provinsen Quebec utnyttjas 10–15 maskiner i stråkröjning beroende på säsong. Metoden är i stort sett densamma som vi använt i projektet, dvs. 2 m breda stråk med 5–8 m mellanzoner som röjs motormanuellt. Uppföljning av metoden i Kanada visar att maskiner som klarar framryckningshastigheter över 20 m/min leder till billigare och effektivare röjning än den traditionella motormanuella metoden (Figur 1). För den maskin som röjer stråk med framryckningshastigheten 35 m/min innebär metoden en kostnadsänkning på 30 % (Figur 1). I den motormanuella mellanzonsröjningen ökar prestationen med 15–20 % i och

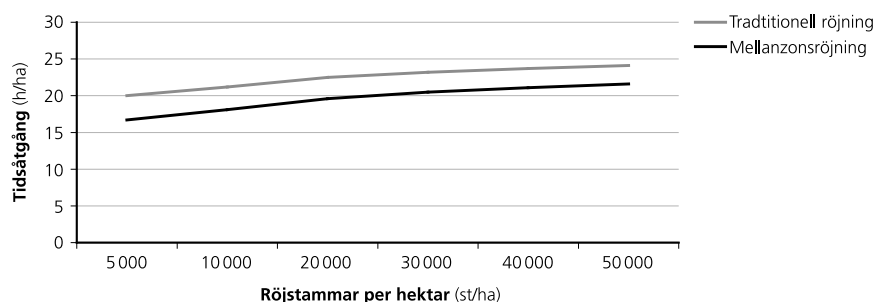


Maskin	Framryckningshastighet (m/min)
1	20
2	10
3	10
4	15
5	35

Figur 1. Siffror från kanadensisk uppföljning av stråkröjning. Kostnad för stråkröjningen med fem olika maskintyper (1–5) jämförd med traditionell motormanuell röjning (M). Tabellen t.h. visar de fem olika maskinernas medelframryckningshastighet, 10 till 35 m/min. Den snabbaste maskinen hade både lägst maskinkostnad och billigast röjning. Men även maskin 1 ger en billigare röjning än traditionell motormanuell röjning (St-Amour, 2007).

med enklare planering och förbättrad framkomlighet (Figur 2).

Förutsättningarna för stråkröjningsmetoden är något bättre i Kanada än i Sverige. Kanada har större hyggesarealer och självföryngrade bestånd med 30–40 000 stammar/ha. Myndigheterna i Kanada ställer dock hårdare krav vad gäller t.ex. stråkbredder och stubbhöjder. Detta reducerar effektivitetsoökningen eftersom maskinstorleken är maximerad till 2 meters bredd. Därmed begränsas i de flesta fall även motorstorlek och effekt. Även effektiviteten i mellanzonsröjningen begränsas då tid måste läggas på att röja stubbar i stråken som är över 10 cm. Åtgärden



Figur 2. Tidsåtgången för den motormanuella röjningen i mellanzonerna jämfört med traditionell motormanuell röjning utan stråk. Den undre kurvan visar tidsåtgången i mellanzonen. I praktiken minskar tidsåtgången per hektar ytterligare eftersom stråken redan är röjda.

är förmodligen betydelselös eftersom alla studier som gjorts visar att stubbarna efter maskinröjning blir splittrade

och torkar ut. Uppslag av stubbskott är därför ytterst ovanligt.

Metod

Maskinell stråkröjning

Som basmaskin användes en Treemme MM250B. Treemme är en liten redskapsbärare, ca 5 m lång och 2,5 m bred. Vikten är ca 7,7 ton. Motoreffekten är 250 hk och maskinen är utrustad med hydrostatdrift där topphastigheten på lågväxeln är 11 km/h och på högväxeln 40 km/h. Aggregatet monteras på en arm ca 70 cm framför förarhytten. Armen är höj- och sänkbar vilket medför att stenar och andra hinder delvis kan undvikas. Aggregatet är en FAE grenkross från Tecura AB. Grenkrossen är ett breddavverkande hydrauliskt aggregat som ger ca 2,5 m stråkbredd.

Maskinen var utrustad med GPS och en mjukvara från Bracke Systems. Det gör att stråken kan följas i ett digitalt kartmaterial där sträcka och tid loggas. Föraren kan även använda sig av GPS-utrustningen när det gäller att hålla rätt avstånd mellan stråken.

Maskinen röjer 2,5 m breda stråk. Mellan stråken lämnas 5–10 m breda zoner som röjs selektivt motormanuellt. Större stenar och andra hinder undviks, men i övrigt sker stråkröjningen i raka rader i ett förutbestämt förband. Förbandet och mellanzonernas bredd anpassas till stamantalet i beståndet. I normala bestånd som har under 10 000 stammar/ha lämnas bredare mellanzoner och i tätare bestånd med över 15 000 stammar/ha lämnas smalare mellanzoner. Maskinen bör inte användas i bestånd under 5 000 stammar/ha eftersom där är den motormanuella röjningen effektiv och svår att konkurrera med.

Motormanuell röjning

Uppföljning av den motormanuella röjningen har genomförts under 2006. Samma metod användes som 1986, då det underlag för prestationsmål som ligger till grund för SLA-mallen (Lind-

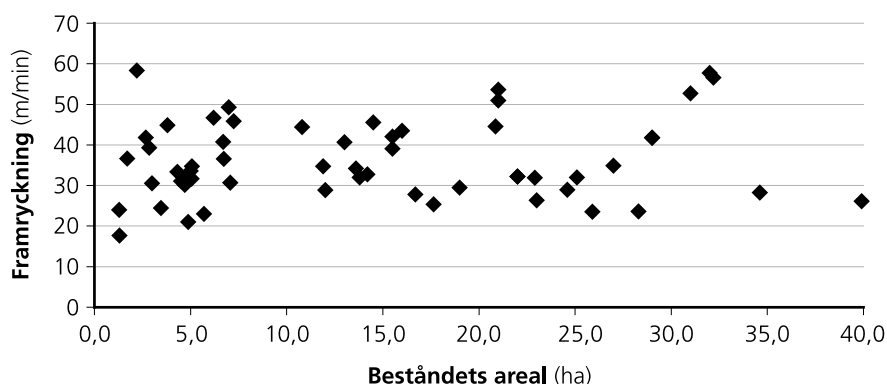
man, m.fl 1986) togs fram. Uppföljningsmetoden går i korthet ut på att en större provyta på ca 1 hektar, för vardera stråkröjningsmetod resp. traditionell selektiv röjning, läggs ut i ett röjningsbestånd. Stråken körs i den provyta som valts för stråkröjning och därefter läggs 10 mindre studieytor ut med varierande stamantal för resp. studieled. Motormanuell röjning genomförs enligt instruktion från markägaren på de båda provyrtorna och röjningen tidsstuderar under den tid som röklingan är innanför gränsen för en studieyta. Anledningen till att storytan delas i mindre studieytor är, att man vill utnyttja variation i stamantal och beståndshöjd för att se hur det påverkar prestationen. Röjaren röjer de båda studieleden oberoende av studieyrtorna och helt utan påverkan av tidsstudiemannen. Under röjsäsongen 2006 tidsstuderades 7 bestånd i södra och fyra bestånd i norra Sverige.

Resultat

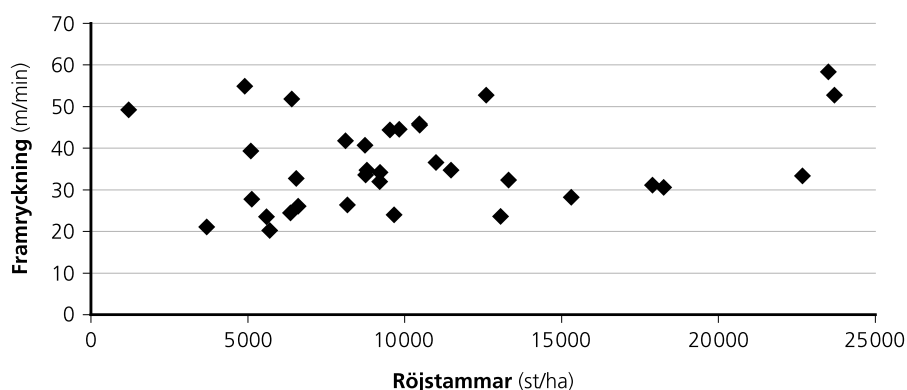
Maskinell rökning

Under 2005 ingick ca 830 hektar i stråkröjningsprojektet och under 2006 ytterligare 415 ha (Tabell 1). Arealen var fördelad på 26 objekt 2005 och 37 objekt 2006. På ett fåtal objekt kunde hela arealen stråkröjas, men i de flesta fallen begränsades metoden av dålig terräng (oftast för blött) eller för lågt stamantal. I genomsnitt kunde ca 77 % av arealen röjas med maskin 2005 och ca 67 % 2006. I praktiken innebär detta att ca 827 hektar röjts med stråkröjningsmetoden under projektets två rökningssäsonger (Tabell 1).

Några objekt som i stort sett lämnats orörda av maskinen samt objekt som körts med avvikande metod (t.ex. rökning av förvuxna fröplantager etc.) har ej följts upp och finns inte med i resultatet. Uppföljningen visar att medelframryckningshastigheten över de två röksäsongerna var 37 m/min. Hastigheten har dock varierat mellan 20 och 60 m/min (Figur 3) oberoende av beståndets storlek. I kommande avsnitt analyseras hur stamantalet, beståndshöjden och terrängen påverkar hastigheten. I de delar av bestånden som stråkröjts har avstånden mellan stråken varierat från 5 till 10 m. Stråkyteandelen har därmed varierat mellan 15 och 30 %. Tidsåtgången för att röja stråken på ett hektar var i genomsnitt 0,5 h.



Figur 3. Framryckningshastigheten i samtliga bestånd.



Figur 4. Framryckningshastigheten i förhållande till stamtätheten i beståndet.

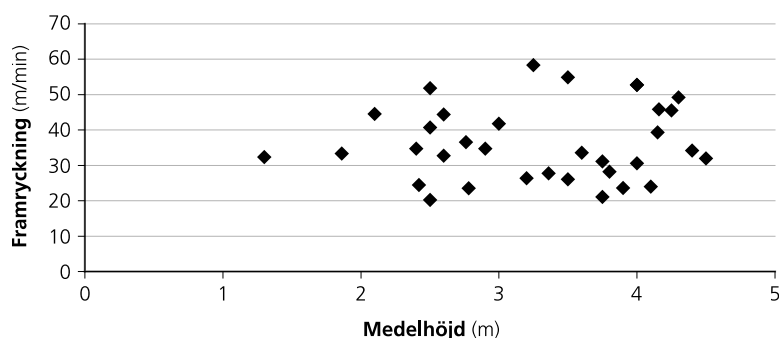
Analys

I traditionell motormanuell selektiv rökning påverkas prestationen negativt av ökat stamantal och högre beståndshöjd. Stråkrökning med den maskin som användes i projektet uppvisar

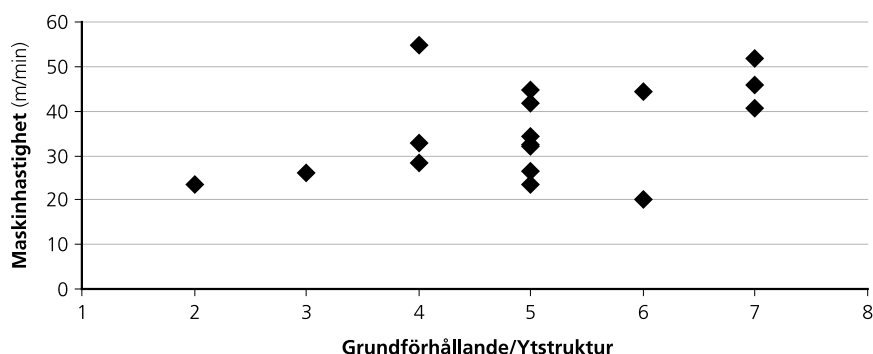
inget sådant samband. Framryckningshastigheten har inte påverkats av vare sig medelhöjd eller stamantal i de bestånd som körts (Figur 4 och 5). Förklaringen till detta är förmodligen att maskin och aggregat är tillräckligt

Tabell 1. Sammanfattning av röjd areal under 2005 och 2006. Maskinkostnaden är beräknad på timkostnaden 1 200 kr/h.

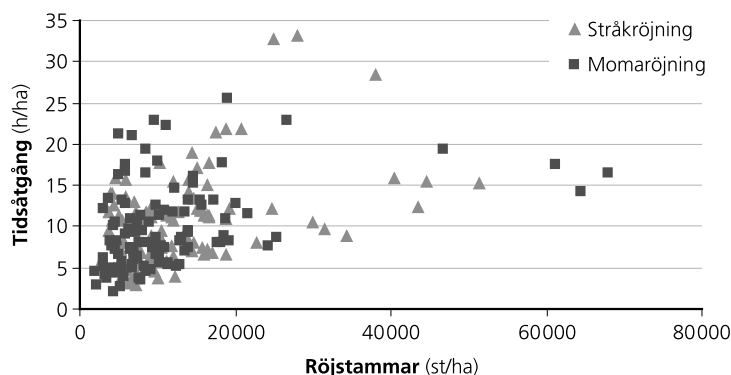
Säsong	Beståndsareal (ha)	Maskintid (h)	Stråkröjd areal (ha)	Del av total (areal)	Hastighet (m/min)	Kostnad maskin	
						Totalt (kr)	Stråkröjd areal (kr/ha)
2005	826	286	575	77 %	36	337 488	620
2006	415	117	256	67 %	38	140 880	589
TOTAL	1 234	402	827	71 %	37	477 288	605



Figur 5. Framryckningshastigheten i förhållande till medelhöjden i beståndet.



Figur 6. Framryckningshastighet vid olika terrängförhållanden. Värdet för grundförhållande (G) och ytstruktur (Y) är summerat på x-axeln, ju högre värde desto svårare terräng.



Figur 7. Tidsåtgången i samtliga studietor i mellanzonen respektive med traditionell motormanuell röjning vid olika stamantal.

kraftfulla för att inte påverkas av de stamantal och trädhöjder som är representerade i projektet.

På några av objekten samlades uppgifter om terrängen in (GYL – Grundförhållanden, Ytstruktur och Lutning). För att få en uppfattning om svårigheten i terrängen summerades värdet för grundförhållande (G) och ytstruktur (Y). Det visar då att ju högre värde desto stenigare och blötare förhållanden. GY-värdet jämfördes med framryckningshastigheten (Figur 6). Något samband mellan svårare terrängförhållanden och minskad hastighet kunde inte påvisas. Att maskinen verkar gå snabbare i sämre förhållandena kan bero på att man lyckats undvika de sämsta delarna av beståndet.

En annan förklaring är att ytstrukturen haft mycket mindre betydelse för framryckningshastigheten än man trodde från början. Enligt maskinförarna är det under barmarksperioden relativt enkelt att upptäcka och väja för större stenar. Det som påverkat hastigheten mest negativt är om beståndet innehåller surhål och blöta partier där risken för fastkörning är stor. Blöta partier är svåra att upptäcka från hytten och hastigheten måste sänkas. Eftersom marken mellan surhålen kan vara fastmark med god bärighet kan dessa bestånd vara klassade med bra, dvs. lågt, värde på grundförhållandet.

Motormanuell röjning

I Kanada innebär stråkröjningsmetoden 15–20 % prestationsökning av den motormanuella röjningen (Figur 2). Anledningen är enligt St-Amour (2005):

- enklare planering
- lättare att ta sig fram och fälla träd ut i stråken

- psykologiska effekter, eftersom man känner att det går bra även i riktigt täta bestånd.

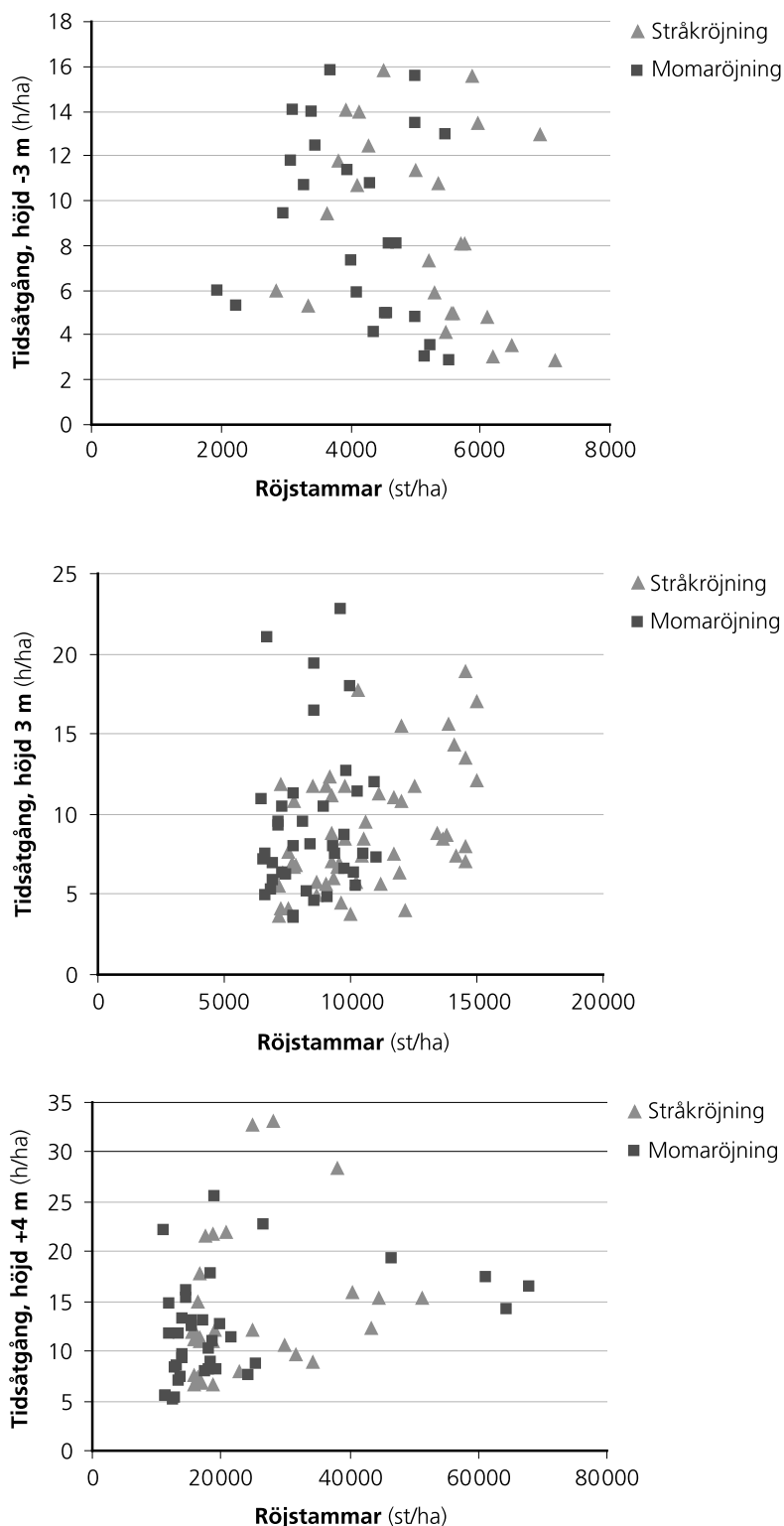
Dessutom är det något färre stammar att röja i mellanzonen p.g.a. kalytan i stråken, eftersom målsättningen är samma stamantal efter röjning oavsett metod.

Planeringen måste dock anpassas till stråken och förmodligen måste man till viss del även anpassa teknik och metod. Sammantaget innebär detta att stråkröjningsmetoden måste trimmas in en tid. Røjarna måste också lära sig metod och teknik för att prestationshöjande faktorer i den motormanuella röjningen ska kunna utnyttjas fullt ut. Det finns även en liten risk att metoden påverkar erfarna røjare negativt, särskilt i glesare bestånd med sluttande terräng. Erfarna røjare har inte lika stor fördel av enklare planering som oerfarna. I sluttande terräng kan den riktning i beståndet som maskinföraren valt för stråken skilja sig från den riktning røjaren ser som optimal.

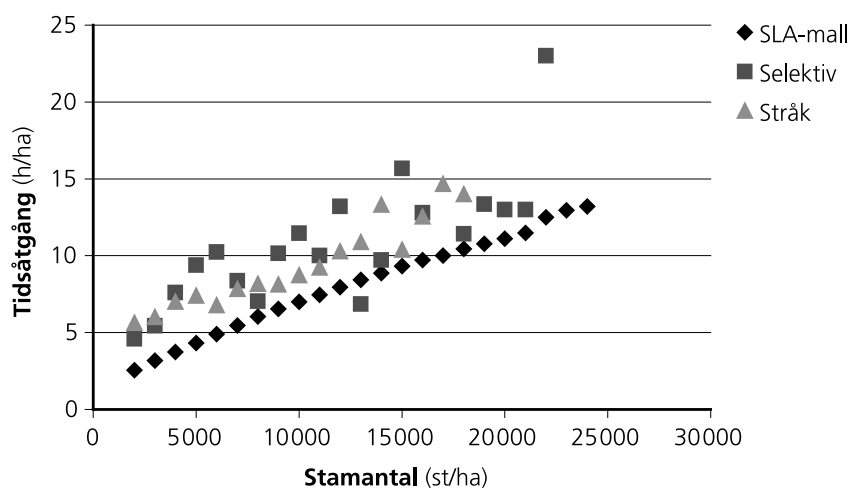
Analys

Åren 2005 och 2006 genomfördes studier i Sverige av den motormanuella mellanzonrøjningen. De visade att inget uppenbart samband fanns mellan stamantal och prestation (Figur 7).

Tidsåtgången för att röja ett hektar motormanuellt (avser endast tidsåtgången i mellanzonen för stråkrøjningsmetoden) varierar stort oavsett metod och beståndsförhållanden. Studietorna varierade en del i höjd, men en uppdelning i olika höjdklasser ger i stort sett samma spridning av resultatet (Figur 8, 9 och 10). Tidigare studier på Skogforsk och dåvarande Skogsarbeten som gjorts, bland annat underlaget till SLA-mallen (Lindman m.fl. 1986), har



Figur 8, 9 och 10. Tidsåtgång i förhållande till antalet røjstammar vid mindre än 3 m, 3–4 m och +4 m medelhöjd.

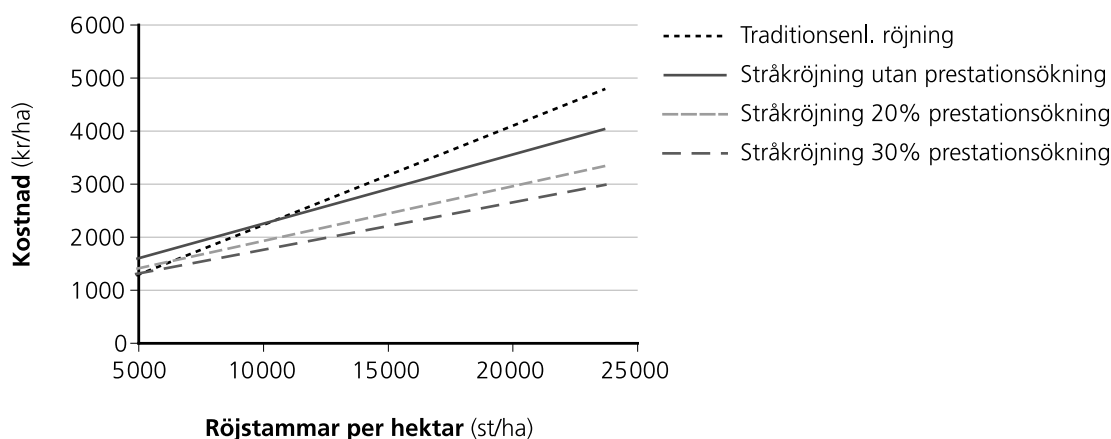


Figur 11. Medelvärde för tidsåtgången i studieytorna för varje stamklass i de två olika studieleden jämfört med tidsåtgången enligt SLA-mallen.

Tabell 2. Procentuell kostnadsnivå för stråkröjning vid olika prestationsökningar och stamantal. Traditionell motormanuell röjning motsvarar 100 %.

Metod och prestationsnivå					
Stamantal	5000	10000	15000	20000	25000
Stråk. utan prestationsökn.	121	100	93	88	84
Stråk. 20 % prestationsökn.	107	91	78	75	70
Stråk 30 % prestationsökn.	100	86	69	67	62

gett ett klart samband mellan stamantal, höjd och tidsåtgång. Trots att en liknande metod använts vid denna studie, finns inget egentligt samband mellan dessa faktorer. Det går inte heller att se några skillnader mellan de olika metoderna (Figur 7–10). Figurerna visar att en stor del av studieytorna har gett kraftigt avvikande värden; hög tidsåtgång vid låga stamantal och mycket låg tidsåtgång vid högre stamantal. Anledningen till dessa avvikande värden kan vara att studieytorna var relativt små vilket innebär stora kanteffekter. Kanteffekterna kan t.ex. vara svårigheter att bedöma om en stam är innanför eller utanför ytan vilket får stor betydelse om ytan är liten och därför innehåller få stammar. Alternativt kan anledningen till avvikelserna vara en stor variation mellan stammarna i en yta. Eftersom medelstammen räknas kan två ytor med samma medelstam skilja sig mycket i svårighet. Ett tredje alternativ är att det är för få ytor i varje stamklass (tusental röstammar) och därför har extremvärdena stor påverkan. Ett sätt att jämna ut förhål-



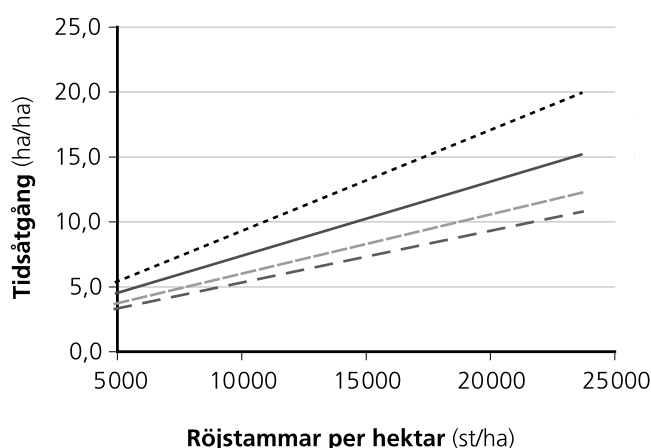
Figur 12. Kostnaden för stråkröjning och traditionell motormanuell röjning enligt bortsättningsmall. Prestationsökningen vid motormanuell röjning av mellanzoner är 0 %, 20 % och 30 % med traditionell motormanuell röjning.

landena är att jämföra medelvärden för tidsåtgången i varje stamklass (Figur 11). I figuren har tidsåtgången per hektar på studieytorna jämförts med SLA-mallen. Trots att medelvärden i varje stamklass beräknats, varierar värdena stort jämfört med vad SLA-mallen ger speciellt för den traditionella metoden motormanuell röjning. Det visar att extremvärdena har stor inverkan på resultatet. Tidsåtgången för båda metoderna är dessutom hög jämfört med SLA-mallen och det är oklart vad detta beror på.

Det är inte möjligt att dra några slutsatser ur dessa studieresultat. Vid kommande studier kommer en alternativ metod att användas vid tidsstudier av den motormanuella röjningen. Sannolikt kommer hela provytan att användas utan uppdelning i studieytor för respektive studieled.

Tidsåtgång och kostnad

Hypotesen är fortfarande att det finns en stor potential för att öka prestationen i den motormanuella röjningen i stråkröjningsmetoden. De skickligaste röjarna har förmodligen störst nytta av stråken i riktigt täta bestånd, medan medelröjaren kan utnyttja fördelen av lättare planering och framkomlighet i alla typer av bestånd. I Figur 12 och 13 har den faktiska tidsåtgången för maskinen vid olika stamtätheter summerats med tiden för motormanuell röjning enligt SLAs bortsättningsmall. Den motormanuella röjningen har antagits öka 0 %, 20 % och 30 % i effektivitet. Resultatet jämförs med traditionell motormanuell selektiv röjning i motsvarande bestånd enligt samma mall. Maskinkostnaden är kalkylerad till 1 200 kr/h och den motormanuella röjningen till 240 kr/h. Bestånden har olika terrängförhållanden och olika



Figur 13. Tidsåtgången för traditionell motormanuell röjning enligt bortsättningsmall jämfört med stråkröjning förutsatt att mellanzonsröjningen ökar med 0 %, 20 % och 30 %. Se legend i figur 12.

Tabell 3. Faktisk och procentuell tidsåtgång, h/ha resp. procent vid olika prestationsnivåer jämfört med traditionell röjningsmetod.

Metod och prestationsnivå						
Stamantal		5 000	10 000	15 000	20 000	25 000
Traditionell selektiv		5,5	9	13	16,5	21
Stråk. utan prestationsökn.		4,5	7,5	10	13	16
Stråk. 20 % prestationsökn.		3,9	6	8	10,5	12
Stråk. 30 % prestationsökn.		3,5	5,5	7,2	9	10,5
Traditionell selektiv		100	100	100	100	100
Stråk. utan prestationsökn.		82	83	77	79	76
Stråk. 20 % prestationsökn.		71	67	62	64	57
Stråk. 30 % prestationsökn.		64	61	55	55	50

medelhöjd varför kostnader och tidsåtgång varierar en del. Trenderna för de olika metoderna är dock tydlig vilket framgår i Figur 12 och 13.

Vid stamantal lägre än ca 5 000 stammar/ha är det billigast att röja motormanuellt. Om prestationsökningen är 30 % i mellanzonsröjningen ligger brytpunkten vid 5 000 stammar/ha. Även om det inte blir någon prestationsökning i mellanzonsröjningen är stråkröjningsmetoden

billigast vid stamantal över ca 10 000 stammar per ha (Figur 12 och Tabell 2). Tidsåtgången och därmed arbetskraftsbehovet är knappt 20 % lägre redan vid 5 000 stammar per hektar även utan prestationsökning. Vid 25 000 stammar per hektar görs röjningsarbetet på halva tiden med stråkröjningsmetoden om prestationen kan ökas med 30 % i mellanzonsröjningen (Figur 13 och Tabell 3).

Diskussion

Maskin

Den prototypmaskin som använts i projektet har haft vissa begränsningar. Nackdelar har till exempel varit högt marktryck med fastkörning som följd, dålig förarmiljö med höga vibrationsnivåer, hög bränsleförbrukning och ett mycket högre timpris än vad som inledningsvis antogs.

Fördelen med maskinen är framförallt det kraftfulla trumaggregatet. Aggregatets effekt är tillräcklig för att framryckningshastigheten inte ska begränsas av gamla avverkningsstubbar eller grövre stammar i beståndet. Framryckningshastigheten begränsas inte heller av täta eller höga bestånd. Dessutom är det en stor fördel att stammarna bryts sönder och hamnar under maskinen i stråket, vilket medför att motormanuellröjningen inte begränsas av röjda stammar i mellanzonen.

Alternativa maskiner

Det hade varit en klar fördel om man som basmaskin kunnat utnyttja en maskin som redan används i svenskt skogsbruk, både med tanke på tillgång till maskiner och reservdelar. Ett alternativ kunde vara att använda någon form av förarlös maskin (Figur 14). Ergonomin i en röjmaskin är dålig vilket talar för en förarlös maskin. En sådan borde fungera rent tekniskt eftersom ingen selektiv bedömning av stammarna måste göras i stråken. Maskinen borde kunna styras helt av en GPS i kombination med ett system som varnar och väjer för hinder.

Trumaggregatet har en hel del fördelar som tidigare nämnts, men det är kraftkrävande och därför dyrt. Andra alternativ kan vara slätterbalkar eller skivaggregat (Figur 15). Breddavverkande aggregat är förmodligen



Figur 14. Besten – en radiostyrd avverkningsmaskin som skulle kunna tillverkas i röjningsutförande, dvs. en mindre maskin med röjaggregat i stället för kran. Foto Johan Heurgren.



Figur 15. Lundbergare med aggregatet Röjarskivan x3. Foto: Berndt Nordén

att föredra eftersom man inte vinner något på det kranupphängda aggregatets möjlighet till selektivt urval.

Motormanuell röjning

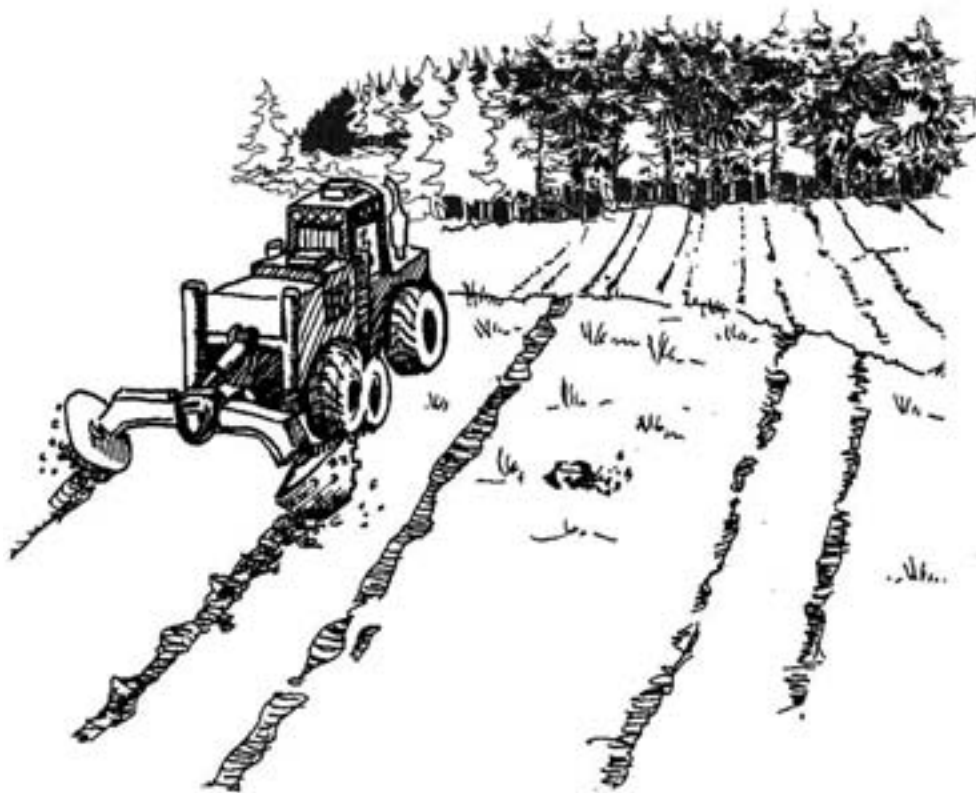
Ytterligare studier krävs för att kunna dra slutsatser om hur stråken påverkar den motormanuella röjningen. En prestationsökning i den motormanuella röjningen är dock nödvändig för att metoden ska ha någon genomslagskraft.

Stråkröjningsmetoden

Ett problem med tidigare försök att mekanisera röjningen var de många begränsningar som fanns i beståndsvalet. Hittills har stråkröjningsmetoden fungerat i ett betydligt bredare spektrum av bestånd, men det finns ändå beståndstyper som ska undvikas:

- Vid låga stamantal (< 5 000 röjstammar/ha) kan metoden svårtligen konkurrera med motormanuell röjning.
- Metoden ska företrädesvis användas i förstaröjningar och lövröjningar. I en andraröjning är huvudstammarna redan utställda. Det minskar urvalsmöjligheterna i röjningen och det tvingande uttaget i stråken kan ge ett bestånd med för få huvudstammar efter röjning.
- Maskinen har en hyfsad terrängframkomlighet och behöver dessutom bara ta sig fram på 20–30 % av arealen till skillnad mot en selektiv metod där maskinen måste ta sig fram över hela beståndet.

I riktigt svår terräng har maskinen svårt att ta sig fram och dessa bestånd bör undvikas. Begränsningar av metoden kan också göras inom beståndsavsnitt



Figur 16. Radförband, billigare markberedning och plantering ger möjlighet för stråkröjningsmaskinen att röja mellan plantraderna och undvika skador på planterade stammar. Illustration: Peter Bergman.

med t.ex. blockrik terräng eller blöt markstatus.

Förplanering

Det kan vara en fördel att förplanera de bestånd som ska stråkröjas. Planeringen kan utföras antingen av uppdragsgivaren eller av röjlaget. En noggrann inventering av bestånden ger kunskap om vilka delar av beståndet som bör undantas från den maskinella röjningen. Det kan vara där markerna är för blöta eller steniga och vid för låg stamtäthet. Med förplanering erhålls dessutom säkrare

beståndsdata och därmed bättre förutsättning för en bra bortsättning.

Mycket information kan samlas in i samband med slutavverkningen av ett bestånd. Informationen omvandlas då till digitala beståndsdata som sedan kan utnyttjas och kompletteras genom hela skogsvårdskedjan från markberedning, plantering, röjning och gallring.

Utvecklingspotential

Metoden har en stor utvecklingspotential. Resultaten i studier och uppföljning är lovande, men det kommer att krävas en tids inkörning av ett flertal

aktörer för att se de slutliga möjligheterna till billigare och effektivare röjning. Utöver metodens potential finns även möjlighet att anpassa hela skogsvårdskedjan. Tidigare har man studerat effekterna av att markbereda och plantera i radförband. Detta har visat sig ge både billigare markberedning och plantering (Lindman m.fl. 1985). Radförbanden skulle dessutom

kunna anpassas efter stråkröjningen så att maskinen får plats mellan plantraderna och därigenom helt undvika att röja planterade stammar (Figur 16). Betalningsförmågan för skogsbränsle ökar och man börjar inom skogsbruket även se på möjligheten att ta ut skogsbränsle i röjning och tidig gallring. Uttag av skogsbränsle i röjningsskog har i pilotstudier visat sig vara lönsamt

i bestånd med runt 10 000 stammar per hektar. Förutsättningen är då att uttaget görs i stråk och att det finns ett effektivt sätt att samla ihop materialet och transportera det till bilväg (Rytter m.fl. 2006).

Slutsatser

- För att kunna sänka kostnader och öka effektiviteten i ungskogsröjning krävs förmodligen någon form av mekanisering. Stråkröjning har i studier och uppföljning visat sig ha stor utvecklingspotential.
- Maskinen utnyttjas på ett effektivt sätt för att underlätta för den motormanuella röjningen i mellanzonerna, där möjligheten till selektivt urval av huvudstammar bibehålls.
- Metoden har visat sig orsaka en låg andel skadade stammar (i nivå med traditionell motormanuell röjning (Bergkvist m.fl. 2003)). Dessutom har studier visat att timmerproduktionen i beståndet inte påverkas negativt av metoden jämfört med traditionell röjning.
- I tidigare mekaniseringsförsök har man helt ersatt den motormanuella röjningen med en maskin. Stråkröjningen innebär att maskinen används som ett komplement till den motormanuella röjningen och metoden är därför lättare att ”sälja” in för entreprenörer och uppdragsgivare.
- Stråkröjningsmetoden ställer mindre krav på beståndsförutsättningar än andra maskinella metoder.

- Det finns möjlighet att anpassa markberedning och plantering efter stråkröjningskonceptet och därigenom sänka kostnader i hela skogsvårdskedjan.
- Maskinell röjning i stråk är förmodligen det effektivaste och billigaste sättet att ta ut skogsbränsle ur röjningar om det skulle bli aktuellt i större skala.

För att metoden ska bli accepterad krävs förmodligen att stråkröjningen kan användas på större delen av röjningsbestånden inom ett område. Det ger förmodligen en bättre effektivitet och organisation kring metoden. Vissa bestånd kommer då att röjas med vinst, en del utförs till samma kostnad som traditionell röjning och förmodligen måste även en del förlustbestånd accepteras. Sett över en röjsäsong finns det dock stora möjligheter för stråkröjningen att sänka kostnaderna och öka arealen röjning.

Det finns en del saker att arbeta vidare med:

- Den motormanuella röjningen måste studeras vidare rörande prestationsskillnader mellan ett stråkröjt bestånd kontra ett oröjt.
- Under en femårsperiod 2006–2010

kommer kvalitetsutveckling och tillväxt studeras i ett samarbetsprojekt mellan SLU och Skogforsk.

- Metoden måste utvecklas i praktisk drift för att den fulla potentialen ska kunna exploateras.

Det krävs alltså vidare engagemang från skogsbruk, tillverkare och skogsvårdsentreprenörer för att ta fram maskiner och röjningsarealer, samt utveckla metoden och därigenom åstadkomma en billigare och effektivare ungskogsröjning.

Litteratur

- Anon. 2002. Skogsdata 2002, aktuella uppgifter om de svenska skogarna från Riksskogstaxeringen. Rapport, SLU. Umeå
- Davidsson, A. 2002. Utvärdering av granplantering i rektangelförband jämfört med kvadratförband. Examensarbete, SLU inst. för skogsskötsel. Umeå.
- Franklin, C. Lloyd, T. 1997. Mechanized precommercial strip thinning of Loblolly pine in North Carolina, Report, USDA Forest Service, North Carolina
- Glöde, D. Bergkvist, I. 2003. 30 år med maskinell röjning. Redogörelse nr 4, Skogforsk, Uppsala.
- Hedin, I, B. 1982. Five case studies of precommercial thinning in British Columbia and Alberta, Technical note no 62, FERIC, Vancouver.
- Kaivola, A. 1996. Trends in the tending of young stands and its mechanisation in Finland, Report no 2, Skogforsk, Uppsala.
- Lindman, J. Näslund, B, Å. Olsson, P. Samuelsson, H. 1985. Radförband. Redogörelse nr 8, Skogsarbeten, Kista.
- Mitchell, J, L. St-Amour, M. 1995. Silvana selective/ Ford Versatile cleaning machine working in Western Canada, Technical note nr 225, FERIC, Vancouver.
- Pettersson, F. 2001. effekter av olika röjningsåtgärder på beståndsutvecklingen i tallskog. Redogörelse nr 4, Skogforsk, Uppsala. ISSN 1103-4580.
- Pettersson, N. 1986. Korridoröjning i självsådd tallungskog, Report no 17, SLU, Garpenberg.
- Reynolds, R, D. 1997. Evaluation of a GPS navigation system in mechanized precommercial strip thinning. Field note no 98, FERIC, Vancouver.
- Ryans, M. 1988. Mechanized precommercial thinning methods, Special report, FERIC, Vancouver.
- St-Amour, M. 1998a. A trial of the Gyrotrac brushcutter in precommercial strip thinning, Field note no 113, FERIC, Vancouver.
- St-Amour, M. 1998b. Evaluation of the Brushco 742C Brushcutter in precommercial strip thinning, Field note no 102, FERIC, Vancouver.
- St-Amour, M. 2007. Semi-mechanized precommercial strip thinning. A practical operations guide. Feric Advantage Vol. 8 No. 1. ISSN 1493-3381

TIDIGARE REDOGÖRELSE FRÅN SKOGFORSK

2001

- Nr 2 von Hofsten, H., Petersson, M. & Örlander, G.: Mekaniska snytbaggesskydd – påverkan på rot- och skottutveckling hos gran.
- Nr 3 Högberg, K.-A. & Jansson, G.: Odlingstester av tallfröplantager i södra Sverige.
- Nr 4 Pettersson, F.: Effekter av olika röjningsåtgärder på beståndsutvecklingen i tallskog.

2002

- Nr 1 Norin, K.: Upphandling och försäljning av entreprenadtjänster i skogsbruket – en diskussion om affärskoncept som stöder drivningssystemens utveckling.
- Nr 2 Möller, J. J., Sondell, J., Lundgren, C., Nylinder, M. & Warensjö, M.: Bättre diametermätning i skog och industri.
- Nr 3 Hallonborg, U. & Granlund, P.: Virkesbehandling med engreppsskördare.
- Nr 4 Gyllemark, M.: Provenienser av svartgran (*Picea mariana* [Mill.] B.S.P.) i södra och mellersta Sverige.
- Nr 5 Glöde, D. & Strömmer P.-G.: Norrskogsgallring – utveckling, förankring och implementering av ett gallringskoncept.
- Nr 6 Högbo, L. & Jacobson, S.: Kväve 2002 – en konsekvensbeskrivning av skogsgödsling i Sverige.
- Nr 7 Möller, J. J., Sondell, J. & Arlinger, J.: Virkesvärdestest 2001 – Apteringsfrågor.

2003

- Nr 1 Hallonborg, U.: Maskinsågkedjor i praktisk drift.
- Nr 2 Aulén, G. & Gustafsson, L.: Skogliga naturvärdesregioner för södra Sverige.
- Nr 3 Pettersson, F.: Effekter på beståndsutvecklingen och ekonomin av olika förstagallringsåtgärder i tallskog – Redovisning av försöksresultat och synpunkter på dagens röjnings- och gallringsverksamhet.
- Nr 4 Glöde, D. & Bergkvist, I.: 30 år med maskinell röjning – summering av utförd FoU och analys av framtida potential.

2004

- Nr 1 Utvecklingskonferens 2004.
- Nr 2 Werner, M. & Heurlin Karlsson, L.: Skånska strövområden – vistelse, preferenser och värderingar.
- Nr 3 Brunberg, T.: Underlag till produktionsnormer för skotare.
- Nr 4 Rytter, L.: Produktpotential hos asp, björk och al.
- Nr 5 Kroon, J. & Rosvall, O.: Optimal produktion vid nordflyttning av gran i norra Sverige.

2006

- Nr 1 Kroon, J. & Rosvall, O.: Flyttningseffekter hos vit- och svartgran i norra Sverige
- Nr 2 Skogforsk: Utvecklingskonferens 2006, dokumentation.
- Nr 3 Granlund, P.: CTI på virkesfordon.
- Nr 4 Karlsson, B.: Trakthyggesbruk med gran och självföryngrad björk, en jämförande studie
- Nr 5 Karlsson, B.: Trakthyggesbruk och kontinuitetsskogsbruk med gran, en jämförande studie

Skogforsk arbetar för ett långsiktigt, lönsamt skogsbruk
på ekologisk grund. Vår verksamhet består av tillämpad FoU,
uppdrag och kommunikation av ny kunskap.



SKOGFORSK

Uppsala Science Park, 751 83 Uppsala
Tel. 018-18 85 00 Fax. 018-18 86 00
E-post. skogforsk@skogforsk.se
www.skogforsk.se

© Skogforsk 2007
ISSN 1103-4580