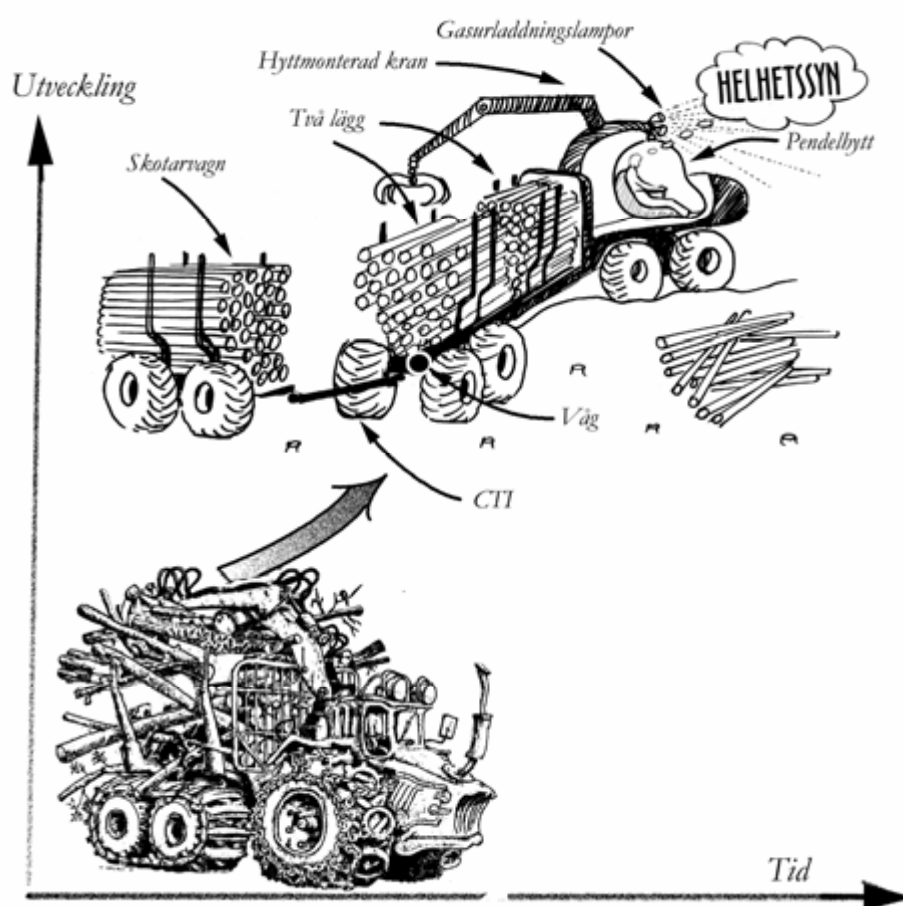


## Skotare – teknik och metod

En litteraturstudie

*Per Eriksson*



**Omslag: Skotarens utveckling**      **Illustratör: Från Skogforsk arkiv**  
**Foto. Skogforsk**

---

**SkogForsk – Stiftelsen Skogsbrukets Forskningsinstitut**

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

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

---

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

Forsknings- och försöksresultat från SkogForsk publiceras i följande serier:

**SkogForsk-Nytt:** Nyheter, sammanfattningar, översikter.

**Resultat:** Slutsatser och rekommendationer i lättillgänglig form.

**Redogörelse:** Utförlig redovisning av genomfört forskningsarbete.

**Report:** Vetenskapligt inriktad serie (på engelska).

**Handledningar:** Anvisningar för hur olika arbeten lämpligen utförs.

# Innehåll

Sammanfattning .....	3
Bakgrund .....	4
Syfte .....	4
Genomförande .....	4
Resultat .....	4
Maskin/teknik .....	4
Kostnadsberäkning .....	4
Kran .....	4
Manöversystem .....	5
Bränsle .....	5
Hydraulik .....	6
CTI (Central Tyre Inflation) .....	7
Vägbyggnad .....	7
Anpassning till avverkningsarbete .....	7
Avlägg .....	7
Vägstandard .....	8
Metod .....	8
Kapacitetsutnyttjande .....	11
Prestationsmätning .....	11
Körning .....	12
Planering .....	14
Avlägg .....	15
Sortering .....	15
Terrängtransport .....	18
Lastvikt, lastbärare .....	18
Utrymmesbehov .....	22
Körhastighet .....	22
Stabilitet .....	22
Marktryck, spårdjup .....	23
Framkomlighet, drageffekt .....	26
Arbetsmiljö .....	26
Förarkomfort/horisontering .....	27
Ljud .....	27
Sikt .....	27
Spakar .....	28
Diskussion och utvecklingsbehov .....	28
Teknik .....	28
Metod och planering .....	29
Skogsbilvägar .....	30
Arbetsmiljö .....	30
Referenser .....	31



## Sammanfattning

Utvecklingen av skotare och metoder för skotning har stagnerat de senaste två decennierna. Lastförmågan relativt maskinvikten har minskat och prestationen sjunkit. Däremot har framsteg gjorts inom områdena driftssäkerhet, ergonomi och miljö.

Denna studie är en lägesbeskrivning och pekar på utvecklingsmöjligheter för skotare och skotningsarbete. Materialet som studerats är studier och rapporter som härrör från sent 1960-tal till nutid.

Det är ett stort spann mellan många skogsmaskiners tillgängliga motoreffekt och faktiskt uttagen effekt vid arbete. Därför finns ett behov av att anpassa motorns storlek till faktiskt effektbehov och att fördela effekten för respektive arbetsmoment. Drivlinan bör kunna förbättras för att få en bränslebesparing. I nuläget förbrukas 60 % av bränslet vid körning. Skillnaden är liten i bränsleförbrukning mellan tom och lastad skotare. Hydraulsystemet i en skogsmaskin är effektkrävande. ITH har initierat ett projekt som syftar till att få fram effektivare hydraulmotorer. Försök har gjorts för att få en bränslebesparing vid kranarbete. Systemet som testades var inte i full funktion. Kostnaden för investeringen var också relativt hög. Eftersom kranarbetet utgör 40 % av bränsleförbrukningen, borde insatserna främst läggas på optimering av drivlinan.

CTI (Central Tyre Inflation) är ett sätt att anpassa lufttrycket i skotarens däck efter markens bärighet. I dag finns inget system i drift, varför vidareutveckling krävs.

För att optimera terrängtransporten till avlägget krävs att skogsbilvägar med på- och avfarter, samt att lämpliga avlägg byggs. För att effektivisera drivningsarbetet behövs en sammanställning av byggandet av skogsbilvägar.

Metoder för skotning samt samarbete och kommunikation mellan planerare, skördarförare och skotarförare har stor betydelse för totalkostnaden och resultatet för drivningen. En sammanställning av helheten behövs eftersom detta område är av hög prioritet.

Sorteringsarbete med skördare respektive skotare är relativt väl belyst, likaså effekter av samlastning. Även spårdjupstester är genomförda i stor omfattning. I nuläget finns inget behov av ytterligare studier.

I dag utnyttjas inte möjligheten att utnyttja skotarens maximala lastvikt till fullo. Det är därför av stort intresse att studera effekterna av: variabelt lastutrymme, dubbla lägg och påhängsvagn. De två förstnämnda modifieringarna i kombination med våg ger möjlighet att utnyttja skotarens maximala lastkapacitet och undvika överlast. Detta område är högprioriterat.

Medelkörhastigheten hos skotare i terräng och på väg är på samma nivå som för 20 år sedan. Man bör därför studera möjligheten att öka körhastigheten.

På arbetsmiljösidan finns bl.a. behov av fortsatt utveckling av förarens arbetsställning, horisontering av maskinen samt vibrationer, buller och sikt-förhållanden. Utveckling av effektivare belysning är under arbete.

## Bakgrund

De senaste decennierna har utvecklingsarbetet av skotare karaktäriserats av stiltje vad gäller förbättring av prestation, vikt- och lastförhållanden. Körhastighet och lastningstider ligger kvar på samma nivå som för 20 år sedan. Lastförmågan relativt maskinvikten har snarare minskat än ökat. Vad gäller driftssäkerhet, ergonomi och miljö har däremot flera framsteg gjorts de senaste åren (Myhrman, 1998).

För att ta vara på skotarens utvecklingsmöjlighet vad gäller prestation och kapacitet, startade SkogForsk 1998 ett delprojekt inom programmet Drivningssystem.

Arbetet inleddes med att systematiskt sammanställa befintlig kunskap om skotare vad beträffar teknik och metod.

## Syfte

Syftet med litteraturstudien är att redogöra för kunskapsläget i dag och att peka på utvecklingsbehov för skotare och skotningsarbete.

## Genomförande

Materialet som studerats är studier och vetenskapliga rapporter rörande skotningsarbete och härrör från sent 1960-tal till nutid. En viktig del i det fortsatta arbetet är att sätta in skotaren och metoder för skotning i ett helhetsperspektiv, där det totala drivningsarbetet effektiviseras. Reservation måste göras för att omfattningen av materialet inte är heltäckande. Det viktiga med studien är dock att syfta på framtida utvecklingsmöjligheter.

## Resultat

### *Maskin/teknik*

#### **Kostnadsberäkning**

1986 fanns ingen bra samlad statistik över kostnaderna för skotningsarbete (Jonsson, 1986). De kostnadsjämförelser redovisade i studien byggde på tidsstudier över skotningsarbete. Problemet att beräkna rätt kapitalkostnader var en viktig faktor i kostnadsjämförelsen. Varierande livslängd, räntenivå och penningvärdesförändringar innebär att kalkyler över kapitalkostnaderna kan ge mycket varierande resultat.

#### **Kran**

1980 gavs en instruktionshandbok ut om arbete med lång kran i gallring (Lindgren, 1980). Där presenteras olika arbetssätt vid arbete med en 10 m och en 15 m kran. I en redogörelse från 1994 gör SkogForsk en utvärdering av kranpetsstyrning (Löfgren m fl, 1994). Studier utfördes på en ÖSA 260 och en Kockum 83–35. Man kunde inte påvisas några statistiska säkra skillnader i prestation mellan konventionell styrning och kranpetsstyrning, men

däremot kunde man utläsa en viss tendens till fördel för kranspetsstyrning. Vidare fanns en antydning till lägre muskelaktivitet i en av de studerade musklerna och lägre subjektiv ansträngningsgrad vid kranspetsstyrning än vid traditionell dito. Resultaten visade sig vara så pass intressanta att BACHO Hydrauto AB tänkte sig fortsätta att lansera kranspetsstyrningen. I dagsläget har man ännu inte fått fram ett fungerande kranspetsstyrningssystem.

### **Manöversystem**

1981 utförde Skogsarbeten en studie för att undersöka skillnader mellan olika hydraulventilsystem för kranmanövrering (Ahlgren m fl, 1982). Fem skotare ÖSA 260 försågs med var sin typ av ventil. Man kunde utläsa från studien att konstanttryckssystemen erbjöd den regelnoggrannhet som krävdes för krankörning. De lastkännande systemen sänkte effektbehovet med upp till 50 %. Utformningen av dåtidens styrspakar ansågs vara olämpliga. Sedan dess har mycket utvecklingsarbete lagts ner på spakar och utvecklingen har gått mot minispakar. I dagens maskiner används nästan uteslutande lastkännande system.

### **Bränsle**

I ett PM angående bränsleförbrukningens betydelse redovisas kortfattat var Skogssverige stod 1982 (Bengtsson, 1982). Bränsleförbrukningen mättes vid olika delmoment under en arbetscykel.

De faktorer som hade mest inverkan på bränsleförbrukningen var: förare, objektstorlek och terrängförhållanden. Studier har visat att mellan två förare kunde bränsleförbrukningen för samma maskin under motsvarande skotningsarbete variera mellan 13,5 l/h och 21,9 l/h.

Sondell redogjorde för olika maskiners bränsleförbrukning vid terrängkörning (Sondell, 1979). Mindre skotare (Bruunett Mini 578F, Rottne Blondin 750 och Lokomo 909) drog 8–10 l/h och övriga (FRYAB kombi, Skotten 758, Kockum 84–31, Volvo BM 913, Valmet 886, Kockum 850, ÖSA 260 och Volvo BM 9510), 14–21 l/h.

I Bengtssons studie ifrågasattes behovet av stora motorer i dagens maskiner. Den nominella effekten vid skotning var 42 %. Naturligtvis behövs större effektuttag vid toppbelastningar, men frågan är hur mycket?

Det är förmodligen under en relativt liten del av drifttiden som motorns maximala effekt tas ut (Hallonborg, 1982). Pilotstudier har visat att ett högt varvantal hos motorn ger starkt ökad bränsleförbrukning. Hallonborgs studie knyter an till Bengtssons observationer.

Det bör därför finnas vissa möjligheter att minska motorns bränsleförbrukning genom att hålla varvtalet nere och istället öka det uttagna momentet. Den maximala motoreffekten kan åstadkommas på olika sätt. En mindre motor kan ges samma maximala effekt som en större genom att man förser den med turboaggregat. En sådan lösning ger lägre bränsleförbrukning vid

vanligen förekommande effektuttag och gör det samtidigt möjligt att tidvis ta ut stora effekter utan att bränsleförbrukningen ökar i motsvarande grad.

I en dansk studie redovisar man att det största antalet skogsmaskiner tidigare var utrustade med mekaniska transmissioner (Böllehuus, 1992). Dessa transmissioner hade en god verkningsgrad på ca 85 %. De var billiga att framställa, lätta att reparera och hade en lång livslängd. Hydrostatiska transmissioner har ökat i andel p.g.a. bättre egenskaper för att få en mer variabel körhastighet och en mindre ryckig igångkörning under stor belastning. Hydrostatiska motorer var däremot dyrare att framställa och reparera och hade kortare livslängd. Verkningsgraden låg på endast 65–80 %. Bränsleförbrukningen var också 19–25 % högre för den hydrostatiska än för den mekaniska.

Trots ett högre pris för maskiner med hydrostatiska motorer har de vunnit mark, bl.a. på grund av en bättre förarergonomi.

Den största bränsleförbrukningen sker vid terrängtransporten, varför utveckling av en väl fungerande mikroprocessorstyrd mekanisk transmission i kombination med hydrostatisk transmission vore en reell möjlighet. Denna typen av transmission är i dag den vanligast förekommande. Med en sådan transmissionstyp kan man erhålla en bränslebesparing med 20–40 %.

Eftersom nästan allt drivs hydrauliskt på skogsmaskiner är det framför allt hydraulsystemet som bör åtgärdas för att minska bränsleförbrukningen (Löfgren & Brunberg, 1997). På en skotare svarar kranen för ca 40 % och körning för ca 60 % av bränsleförbrukningen vid normala terrängtransportavstånd.

Lars Bruun har utvecklat ett system som minskar energibehovet vid krankörning. Enligt Bruun kan man minska bränsleförbrukningen med ca 30 %. Hittills har ingen jämförande studie kunnat genomföras, men ekonomiska kalkyler visar att det knappast går att tjäna in investeringen enbart till följd av lägre bränsleförbrukning (Löfgren & Brunberg, 1997).

Erfarenheter från olika bolag visade att i vissa fall skedde en bränslebesparing och i andra fall kunde någon sådan ej uppmätas. Fel och ineffektivitet kunde också påvisas.

Vid körning drog skotaren nästan lika mycket bränsle (l/h) med som utan last. De stora insatserna på att minska bränsleförbrukningen borde således inriktas på optimering av drivlinan (transmission, motor, växellåda).

## Hydraulik

Undersökningar på SkogForsk har visat att effektförluster uppmätts i hydraulsystemen på skogsmaskiner. Institutet för tillämpad hydraulik (ITH) i Örnsköldsvik har därför initierat ett arbete där man skall kartlägga de möjligheter som finns till effektivisering av hydraulsystemen på skogsmaskiner. Projektet vid ITH under 1998 har arbetsnamnet: ”Effektivare skogsmaskiner”.



## **CTI (Central Tyre Inflation)**

För att undvika spårbildning och öka virkets åtkomlighet i skogen fordras däck med lågt marktryck hos skogsmaskinerna (Löfgren m fl, 1996; Löfgren, 1997). Ett sätt är att sänka lufttrycket i däcken. Konstant lufttryck medför dock risk för t ex däckskador i stenig terräng. CTI är ett system där däckens lufttryck kan anpassas till markens beskaffenhet och övriga körförhållanden. Resultatet från studierna med en FMG 250 visade bl.a. att man fick:

- sänkning av spår djup med 45 % mellan högsta och lägsta tryck
- ökad överskottsdragkraft med lägre tryck i däcken
- minskad bränsleförbrukning med 20 % vid körning med lågt tryck på mjukt underlag och med 10 % vid körning med högt tryck på hårt underlag
- minskning av vibrationer i hytt med lägre lufttryck

Dessutom gjordes följande iakttagelser.

- förarna uppskattade möjligheten att anpassa lufttrycket till rådande förhållanden
- det tog alldeles för lång tid att fylla däcken från en nivå till en högre
- maskinen upplevdes mjukare med lägre lufttryck

En bättre anpassning till praktiska förhållanden efterlystes innan systemet kunde rekommenderas för operativ drift. För att CTI-systemet skall kunna bli mer tillgängligt på alla skogsmaskiner krävs att skogsmaskiner redan vid tillverkningen är anpassade för CTI. Även själva CTI-systemet behöver anpassas för skogliga ändamål.

## **Vägbyggnad**

### **Anpassning till avverkningsarbete**

1997 genomförde SkogForsk en enkät hos skotarförare i syfte att kartlägga problematiken med dagens skotningsarbete och skotare (Löfgren, 1997):

- Vägbyggnaden planeras ofta utifrån vägbyggarens synpunkter. Man glömmer ofta ett viktigt syfte med vägen, vilket är att minska terrängtransportavståndet och därmed kostnaden för virket vid industrin.
- Vid skotning åt små markägare får man ta vad som finns. Markägarna planerar utifrån att lastbilen skall få plats att vända sitt släp.
- Vid vägbyggnaden skall man tänka på att ordna lämpliga av- och påfarter med jämna mellanrum, annars tvingas skotaren köra omvägar eller plocka stenblock för att komma ut på hygget. Förr byggdes ofta vägar med schaktblad och stenblock lämnades längs sidorna.
- Oftast gör man billigast möjliga väg som går att få.

### **Avlägg**

SkogForsk beskriver i sin handledning om skogsbilvägar hur service, underhåll och upprustning bör utföras (Jonsson m fl, 1992). Man poängterar här att avlägg bör byggas så att en virkesbil kan lasta utan att övrig trafik hind-

ras. På större vägar placeras avläggarna i anslutning till mötesplatser. Förstärkta traktorvägar och utanför vändplatser är bra platser för avlägg om de uppfyller kraven för väganslutningar.

### **Vägstandard**

SkogForsk byggde i studiesyfte en skogsbilväg tillsammans med SVS i Västerbotten, AssiDomän, Graninge AB och MoDo Skog AB i Balsjö, Västerbotten (Löfroth, 1995). Provvägen belades med stenrik överbyggnad. Om man ser denna vägbyggnadsprincip ur ett skotningsperspektiv, torde slitaget av skotningsarbeten bli mindre på en väg med en stenrik överbyggnad än på en konventionell väg.

### **Metod**

Dyra skogsmaskiner måste utnyttjas för att vara lönsamma. Den vanligaste orsaken till att entreprenörer slutar, näst dålig hälsa, är ekonomin i företaget (Lidén, 1996). Det är därför av stor vikt att man använder sig av rätt metod för att få en bra ekonomi i drivningsarbetet. Med rätt metod kan både företagets lönsamhet förbättras, samtidigt som man kan hålla konkurrenskraftiga kostnader på avverknings- och skotningsarbetet.

En mycket viktig del när man har kommit fram till vilken metod som kan vara bäst för aktuellt ändamål, är att ta tillräckligt lång tid på sig att utprova metoden. På Nya Zeeland studerades hur lång tid det tog att lära sig att hantera skördare och skotare i praktisk drift (Parker m fl, 1996). Den högsta produktivitetshöjningen kom efter 30 dagar för skördare och 70 dagar för skotare. Produktiviteten påverkades av ersättningsnivå, terrängförhållanden och tekniska förbättringar.

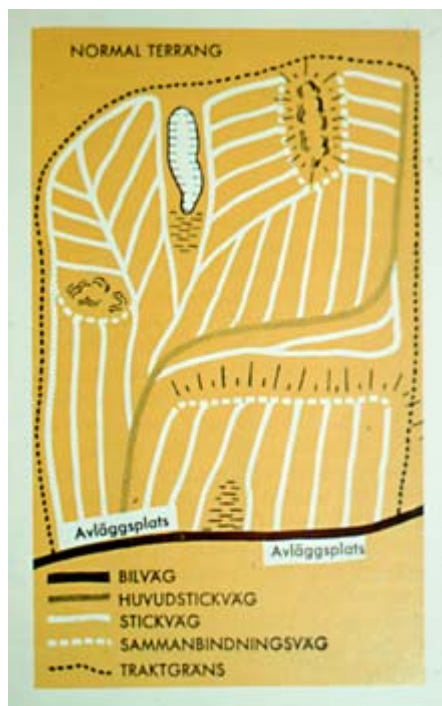
Erfarenheter från SkogForsk visar att det tar ca ett år att lära upp en skotarförare till en normal nivå i Skandinavien. Skillnaden mellan skotar- och skördarförare är att skördarföraren relativt snabbt kommer till en normal prestationsnivå som ligger nära maximal nivå, medan skotarföraren ofta har en lång utvecklingsväg från normal nivå upp till maximal nivå.

SkogForsk erfar även att skogsmaskinförare som valts ut och fått en grundlig förarutbildning från början, även efter lång tid håller en högre prestationsnivå än genomsnittsförarna. Det betyder att entreprenörsföretag, men även uppdragsgivare bör engagera sig och ställa krav i rekryteringsskedet.

Under vintern 1969–70 gjordes en metod- och organisationsstudie av skotning i syfte att erhålla bättre underlag för att kunna effektivisera transporten (Eld, 1970). För att utnyttja produktionskapaciteten och hålla transportkostnaderna på en låg nivå fordrades förutom en hög utnyttjandegrad att drivningarna planlades och verkställdes på ett för maskinen gynnsamt sätt. Denna studie visade att så inte alltid var fallet. Den utmynnade i en check-listeform för lokal användning på enskilda företag:

### 1. Detaljplanläggningen

Ett större hänsynstagande till skotarens möjligheter och traktorförarens arbetssituation kunde på vissa trakter vara produktionsfrämjande. Det gällde särskilt stickvägssystemets utformning samt kvaliteten på uppsamlingsvägar som var förhållandevis hårt belastade. Avläggets utformning har varit undermåliga på ett par trakter.



**Figur 1.**  
**Planlagd trakt.**

### 2. Information

Resultatet av en drivning torde vara beroende av att samtliga berörda är informerade om varandras görande och krav. Så hade endast i undantagsfall varit fallet. Skisser är ett medel för att få information om trakten. Sådana har funnits på de flesta trakter, men endast ett fåtal av traktorförarna utnyttjade skissen. En noggrann översyn och lämpliga åtgärder på informationsidan gav utrymme för effektivisering samt förhindrade missförstånd och missnöje.

### 3. Maskinen

Kranen var i några fall i dålig kondition bl.a. på grund av inre läckage i hydraulsystemet. Det framkom också att några kranar arbetade avsevärt snabbare än tillverkarens rekommendationer, beroende på borttagna strypbrickor och ändrade ventilinställningar. Det ansågs viktigt att kontrollera kranens funktion och kondition med jämna mellanrum.

### 4. Föraren

Föraren var den viktigaste faktorn för hög transportprestation. Speciellt hans planering av det egna arbetet och krankörningstekniken har avgörande betydelse.

Beträffande planeringen av arbetet brast det ofta i valet av transportsortiment och valet av lämpliga transportvägar med lass mm. Detta resulterade i långa tider för lastning och körning under lastning, låga transporthastigheter och ibland små lass. Orsaken var ofta informationsbrist om traktens förhållanden.

Beträffande krankörningstekniken visade följande beteenden samband med lastningstiden.

- Gripnings- och lossningsteknik under lyftcykeln. Kortaste tiden hade den förare som grep respektive lossade virket under samtidig upplyftning av gripen.
- Motorvarvtalet under lyftcykeln. Förare som arbetade på högt – fast eller varierande – motorvarvtal hade kortare lastningstider än förare som arbetade på låga varvtal.

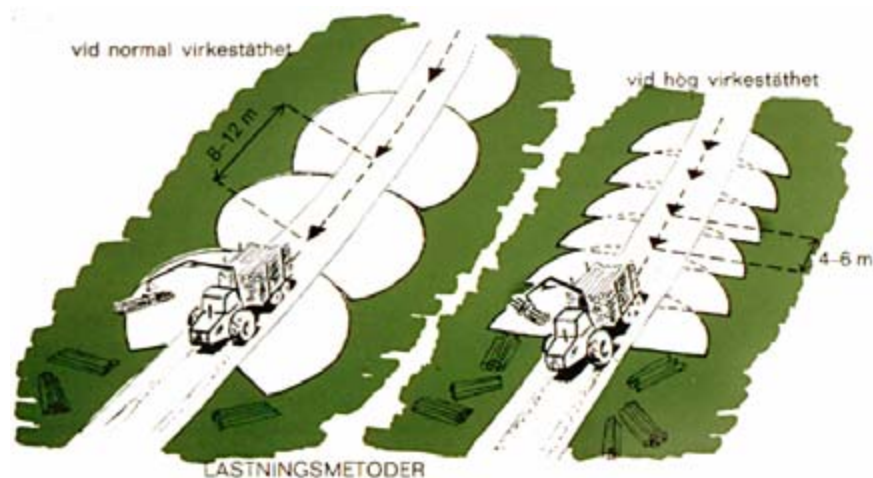
För lossningsarbetet är förarens beteende i dessa avseenden tillsammans med kranens kapacitet helt utslagsgivande för tidsåtgången.

### 5. Traktmiljön

Väsentliga faktorer beträffande lastningsarbetet var lyftvolymen, virkets placering längs stickvägen samt virkets uppläggning. Den som direkt kunde påverka dessa variabler var huggaren. Variationen mellan olika huggare var stor. Stora effektiviseringsvinster uppnås genom att virket läggs upp och placeras mer lättåtkomligt för skotaren.

Planläggare och traktorförare har mycket att lära av varandra vad gäller att på så korta köravstånd som möjligt ge traktorföraren ökade möjligheter att köra med hög hastighet och stora lass. Mycket av slutsatserna från Eld (1970) håller fortfarande efter anpassning till dagens förhållanden

1984 gjorde Skogsarbeten en mer allmän och instruktiv handledning (Brunberg m.fl., 1984). Där behandlas skotning efter motormanuell avverkning.



Figur 2.  
Lastningsmetoder vid olika virkestäthet.

## Kapacitetsutnyttjande

Enligt SkogForsks drivningsenkät (Nordlund, 1993) förutspåddes en ökning av skotarkapaciteten från ca 24 000 till ca 30 000 m<sup>3</sup>f ub/skotare och år. Det innebär en ökning på 26 % från 1993 till 1996. Ökningen beräknades till stor del bero på ökat maskinutnyttjande och inte enbart effektivisering. Eftersom ingen drivningsenkät är utförd efter 1993, vet vi inte om ovanstående prognos stämde. Enligt uppgifter från storskogsbruket i norra Sverige, utnyttjas skotare i dag i tvåskift och skotar årligen 40 000 – 50 000 m<sup>3</sup>f ub.

## Prestationsmätning

I en sammanställning från 1971 beskrivs terrängens inverkan på transportmaskinernas framkomlighet och prestation (Johansson m.fl., 1971). Det är en beskrivning av hur en modell för tidsstudieanalys är uppbyggd. Prestationsprognoser för maskinarbeten utförs för skilda ändamål. När det gäller prognos av terminaltider erhålls genom tidsstudier, eller på annat sätt, tillräckligt god uppfattning om gällande samband och genomsnittliga tidsåtgångar. Att prognostisera transporttiderna var mer komplicerat och varierade med många olika faktorer, främst:

- maskintyp
- maskinmärke
- vägtyp
- väglängd inom resp vägtyp vid tom/lasskörning
- terrängtyp (GYL)
- med/motlut
- fuktighetsförhållanden
- tjälningförhållanden
- snöförhållanden
- lasstorlek
- linjeföring (horisontell och vertikal)
- terrängbrutenhet
- brukningseffekt på vägen
- förarens vana vid aktuell väg
- planeringsförhållanden vad avser t ex vägsträckning
- metod för verkets bearbetning och servering

Naturligtvis påverkade även föraren transporttiden på olika sätt.

Prestationsnormer för maskinarbeten är i allmänhet företagsspecifika (Bergstrand, 1989). Inom företagen strävade man efter att använda enhetliga normer. Mellan företag var det däremot ofta stor skillnad på normerna. En allmän presentation av tidsåtgången kunde se ut enligt följande:

$$\text{Tidsåtgång} = \text{Tid för körning} + \text{Tid för terminalarbete} + \text{Övrig verktid.}$$

I aktuell studie jämfördes Storas, Skogssällskapet och SLA Norrs prestationsnormer med varandra. De jämfördes även med information från Skogsarbetens och andra institutioners arbetsstudier.

Under 1983/84 utfördes ett arbete med syfte att aktualisera tidigare underlag för prestationsmål för skotning (Bergstrand, 1985). Sammanställningen av studieresultaten skedde inom en referensgrupp av arbetsledare och bortsätare på Korsnäs Marma AB. Slutresultatet blev bl.a. en mall för beräkning av vändatiden. Mallen har bl.a. följande egenskaper.

- Den gav tidsåtgången för var och en av vändatidens viktigaste komponenter; lastning, lossning, körning under lastning, körning basväg, körning stickväg samt övrig verktid.
- De viktigaste förutsättningarna bakom målsättningen var: högstorlek, lasstorlek, avstånd, hastighet och antal överfarter.
- Beräkningsmodellen tog hänsyn till antalet sortiment. Det påverkade dels högstorleken, dels antalet överfarter.

Gullberg (1997) vill se metoden för prestationsmätning ur en annan synvinkel. I stället för att använda sig av rent uppmätta tidsstudiedata (induktiv ansats), framhävs en modell som baseras på teorier och logiskt härledda samband och allmänna lagar (deduktiv ansats). Den induktiva ansatsen har två betydelsefulla begränsningar:

1. Tidigare studier kan inte utnyttjas på ett effektivt sätt. Ett stort datamaterial måste inhämtas vid varje enskild studie.
2. Det saknas ofta en koppling mellan framtagna modell och allmänna teorier och lagar. Livslängden kan vara kort då modifiering av maskin eller metod kan medföra att hela modellen måste bytas ut.

Modellarbetet baserades på och influerades av ett flertal tidigare arbeten. Beräkningar baserade på modellen visade att skillnaderna mellan olika maskinstorlekar varierar betydligt beroende på förutsättningarna. T ex den ökade tidsåtgången per m<sup>3</sup> för minsta studerade traktor med griplastvagn gentemot största skotare var 250 % vid stora virkeshögar, svår terräng och långt köravstånd. Vid små högar, lätt terräng och kort köravstånd var däremot ökningen 67 %.

## **Körning**

1973 genomförde Skogsarbeten tillsammans med Nordiska Skogsarbetsstudiernas Råd (NSR) ett projekt som berör terrängfaktorernas inverkan på hastigheten hos skotare (Asserståhl, 1973).

Olika maskintypers framkomlighet och prestation vid terrängkörning påverkades av ett flertal faktorer, bl.a.:

- teknisk konstruktion
- motorstyrka
- förarens skicklighet och tolerans gentemot skakningar och vibrationer
- transportsträckans linjeföring och förarens vana vid aktuell väg
- terrängförhållanden
- snö- och tjälningförhållanden
- lasstorlek

Undersökningen belyser hur hastigheten påverkades av: *ytstruktur, lutningsförhållanden och kombinationer av dessa faktorer.*

Den metod som visade sig vara mest användbar förklarade 50–65 % av den totala spridningen i hastigheten för en maskintyp under barmarksförhållanden. Anmärkningsvärt var att individuella maskiner kunde ligga på så olika nivåer att de objektivt klassade terrängfaktorerna Y och L endast förklarade 20–30 % av hastighetens variation. Faktorer som förarskicklighet, förarens tolerans gentemot skakning och vibration, vägarnas linjeföring mm tycktes därmed kunna betyda minst lika mycket för hastigheten som variationer i terrängförhållanden.

Det var således omöjligt att med utgångspunkt från enbart maskintyp, årstid, ytstruktur och lutning fastställa några absoluta nivåer för körhastigheten.

Följande kunde dock utläsas.

1. Alla avvikelser i terrängförhållanden från plan mark och lätt ytstruktur medförde en sänkning av körhastigheten.
2. Kombinationen lutning och ytstruktur reducerade hastigheten mer än lutning och ytstruktur var för sig.
3. God linjeföring, vana vid aktuell väg och lång transportsträcka medförde högre körhastighet.
4. Körhastigheten vid stickvägskörning påverkades mindre av försämrade terrängförhållanden än hastigheten vid basvägskörning.
5. Skillnader i hastighet mellan maskiner av samma konstruktionstyp, men med olika motorstyrka, minskade vid stickvägskörning, försämrad ytstruktur och ringa motlut.
6. Skillnader i hastighet under svåra terrängförhållanden mellan maskiner med samma motorstyrka, men olika konstruktionstyp (t ex pendelaxel kontra stel framaxel), antydde att förarnas förnimmelse av skakning och vibration kan reducera körhastigheten.

Sondell (1979) redovisar emellertid i en studie att högsta körhastighet erhöles av skotare vid 10–20 % medlut. Sattes tidsåtgången för körning på Skogsarbetens testbana till 100 % för de största skotarna (Valmet 886 K, KS 850, ÖSA 260 och BM 9510), blev tidsåtgången för de medelstora skotarna (BM 913, Skotten 758 och KS 84–31) 113 % och för de små skotarna (Bruunett och Lokomo 909) 181 %.

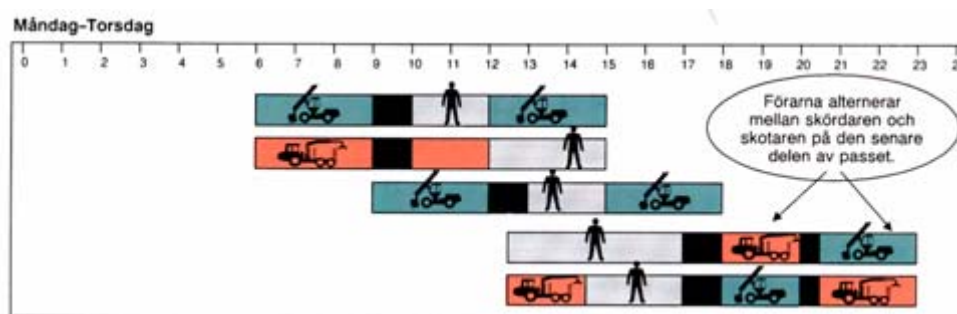
Vid skotning av trädrester kan man med fördel använda vanliga skotare, gärna med smärre anpassningar av grip och lastutrymme (Larsson, 1982). Skotning av trädrester var vid studietillfället, ur ekonomisk synvinkel, en lönsam verksamhet i Mellansverige. Någon skillnad i skotningskostnad efter olika skördarter har inte konstaterats. Det blev heller inte väsentligt billigare att skota färska trädrester.

## Planering

Fem avverkningslag hos SCA studerades i syfte att se hur skotningsarbetet fungerar på lag- och beståndsnivå (Andersson, 1993). Två huvudproblem påvisades i skotningsarbetet:

1. Skotningsarbetets status och hur orkar man planera för, uppmärksamma och motivera även skotarförarna?
2. Variationen i resursbalans mellan skördaren och skotaren på olika trakter.

Genom att skapa avverkningslag med arbetsväxling mellan skördaren och skotaren, inlemmades skotningsarbetet som en del i produktionsarbetet. I ett fungerande lag som arbetar med arbetsväxling minskade risken för stora skogslager och mycket övertidsarbete.



**Figur 3.**  
**Skiftschema för avverkningslag.**

I Löfgrens (1997) lägesbeskrivning av skotare framkommer en del viktiga påståenden av skotarförare samt utvecklingsmöjligheter:

Ansvaret för planeringen bör ligga på lagen; har man egna lag där förarna roterar mellan skotare och skördare sker ofta en dialog om hur man skall utföra ett effektivt skotningsarbete. Det blir en förbättring i drivningsarbetet när alla kör skotare och skördare; skillnad på uppläggning av virket märks mellan förarna.

Vissa entreprenörer menade dock att om man har stora lag, sliter alla i hygget, vilket medför att man förstör planeringen för varandra. I södra Sverige är objekten ofta små och skördaren och skotaren sällan på samma objekt. Där sker sällan gemensam planläggning av avverkningen.

Enligt vissa förare bör skotning börja längst bakifrån med mindre lass. Bärighet, motlut samt att man ej skall köra med fullt lass längsta vägen, talar för att man inte lastar fullt längst bort.

Redan vid körning ut planerar man körningen och lastningen tillbaka. Dessutom bör man ej lasta något annat än sparsamt förekommande specialsortiment.

Vissa förare kör sortimentrent, vilket innebär körning flera gånger i samma spår. Ju fler sortiment, desto mer försvåras en rationell hantering av virket.



Virket bör läggas i fiskbensmönster med spetsen i skotarens körriktning. Timret snett utåt och massaveden vinkelrätt från stickvägen. I gallring bör man sträva efter så raka vägar som möjligt.

### **Avlägg**

När det gäller avlägg konstaterade Löfgren (1997):

Vägbyggnaden planeras ofta utifrån vägbyggarens synpunkter. Man glömer ofta ett viktigt syftet med vägen, vilket är att minska terrängtransportavståndet och därmed kostnaden för virket vid industrin.

Eftersom vägar byggs enbart med tanke på lastbilarna, blir följderna ofta stora diken vid avläggen. Detta gör att skotarna ofta får lägga virke i diken för att kunna komma fram. De får ibland köra på skrå för att hitta lämplig ut- och påfart till avlägget. Vid vägbyggnaden bör man därför tänka på att ordna lämpliga på- och avfarter med jämna mellanrum.

Vägar byggda med schaktblad har ofta stenblock längs sidorna. Man måste plocka sten eller åka omvägar för att komma ut på hygget.

Oftast gör man billigast möjliga väg som går att få; Vid skotning åt små markägare får man ta vad som finns. Markägarna planerar utifrån att lastbilen skall få plats att vända sitt släp. Få planerar plats för virket på avlägget. Man får anpassa sig efter situationen. Dessutom är avläggen inte planerade för arbetsvagnar.

### **Sortering**

Rundvirke kan sorteras med många metoder och på många platser i drivningskedjan. Vilken metod och vilken plats som är lämpligast beror framför allt på antalet sortimentsgrupper och virkeskoncentrationen på avverkningstrakten (Olsson, 1981).

Eftersom många faktorer påverkar är det ofta svårt att med noggrannhet fastställa sorteringskostnaden. En undersökning genomförd på Billerud AB belyser merkostnaden för sortering när skotaren samlar i slutavverkning (Sandberg, 1984). En ökning från ett till två massavedssortiment gav, utslaget på hela volymen, en kostnadsökning på 6,60 kr/m<sup>3</sup>f. Motsvarande ökning från ett till tre, gav en kostnadsökning på 12,05 kr/m<sup>3</sup>f. För timmer var kostnadsökningen inte så stor; 1,50 kr/m<sup>3</sup>f respektive 6,60 kr/m<sup>3</sup>f. Vid körning av sortrena lass blev kostnadsökningen betydligt mindre.

Där drivningskostanden beräknades på uttag av olika typer av sortiment, kunde vid en analys följande resultat utläsas (Thelin, 1992). Då trädde ut togs ut erhöles högsta prestationen och lägsta avverkningskostnaden. Att aptera två massavedssortiment tog inte längre tid än att följa normala apterings- och leveransbestämmelser. För skotningen var resultaten de omvända mot avverkningen; när trädde ut togs ut blev skotningen dyrare än när enbart rundvirke avverkade. Dessutom påvisades att ju klenare ett sortiment var, desto dyrare blev skotningen.

En annan studie utfördes av SCA och Skogsarbeten i syfte att få en grov uppfattning om hur olika noggrann sortering av virke i skogen påverkar skotningsprestationen i slutavverkning (Bjurulf, 1991).

Tre försöksled studerades. Skördarens och skotarens relativa tidsåtgång föll ut enligt följande tabell för respektive alternativ:

Tabell 1.

Studieled, procent av normal tidsåtgång

Maskin	Sortering	Normal	Produktion
Skördare	118	100	87
Skotare	90	100	108

Förarsynpunkter: Vid instruktionen prioritera produktion går det inte att ha en hög koncentration under en längre tid för skördarföraren; Skördaren får illa och skotningen blir lidande. Skotarföraren tyckte det var tröttande att skota efter studieled prioritera produktion. Det sliter dessutom på grip och kran att reda ut dåliga högar.

Instruktionen prioritera sortering tycktes vara överdriven då det blev alltför kostsamt att sortera så noga med skördaren. Skördarföraren kunde tänka sig att sänka sorteringskravet en del och därigenom höja prestationen något. Det skulle antagligen inte märkas i grov skog, men i klen skog skulle det kanske betyda 2–4 träd mer per timme.



**Figur 4.**  
**Vem skall sortera virket – skördaren eller skotarens?**

Generellt hade maskinlaget inställningen att skördarföraren skall prestera någorlunda bra högar för att det efterkommande skotningsarbetet skall gå lätt. Laget såg helheten som viktig, eftersom de då kunde arbeta på ett sådant sätt att både skördaren och skotarens hade sysselsättning hela tiden. Detta bekräftar i en kanadensisk studie från Nova Scotia (Gingras & Godin, 1997), där den bästa produktiviteten uppnåddes om skördaren utförde en initial sortering, jämfört med att fullständigt lita till skotarförarens sorteringsförmåga.

1992 gjordes en annan studie hos SCA av den sk sorteringsklassen som även den visade på hur uppläggnings av virke påverkar skotningsprestationen (Bjurulf, 1992). Vid arbete med tvågreppsskördare ökade tidsåtgången med 1–2 % för varje ytterligare sortimentsgrupp som utsorterades.

Ingen större ökning av tidsåtgången kunde konstateras vid engreppsskördaravverkning när fler sortientsgrupper utsorterades i skog.

Sortering vid skotning beror, vid sidan av rena maskin- och föraregenskaper, på följande faktorer om föraren lastar sortimentrent:

1. Högstorlek
2. Volymandel svåra högar (framförallt blandade högar)
3. Avstånd mellan högar av samma sortiment



**Figur 5.**  
**Svåra högar påverkar skotningsprestationen avsevärt.**

Tidsökningen per ytterligare avläggssortiment var lägre i studien än i ”sorteringsklossen”. Skotarstudierna gjordes på trakter med bra terräng och med en duktig förare, varför en rättvis ”sorteringskloss” bör ha ett något större spann än vad studieresultaten visar.

1993 gjordes en studie hos SCA i syfte att undersöka hur tillägg av ett respektive två små sortiment påverkar den totala tidsåtgången för skotningsarbetet. Påverkan på skördarbetet studerades också (Bjurulf, 1993). Sorteringsklossen, som nämnts ovan, tar enbart hänsyn till huvudsortimenten på en avverkningstrakt. I prestationsnormen behandlas volymmässigt små sortiment separat.

På avverkningstrakten tog man ut fyra huvudsortiment; talltimmer, grantimmer, granmassaved och sulfatmassaved. Tall- och grantimmer låg blandat efter skördarbetet. Det fanns alltså tre sorteringsgrupper i skog och fyra på avlägg.

Första sortimentet som undersöktes var stamblock uppgående till 4,8 % av totalvolymen. Skördarföraren blandade de färgmärkta stamblocken med resten av timret. Det andra sortimentet var krent löv som utgjorde 2,2 % av volymen.

Skördarstudien antydde att mertiden för att aptera fram stamblock var nästan försumbar, men att aptera och frisortera klen löv gav ett visst tidsstillägg.

I studien innebar uttag av stamblock en extratid för skotningsarbetet på 7,3 G0-cmin/m<sup>3</sup>f ub, utslaget på hela volymen. Motsvarande siffra för det klena lövsortimentet var 4,5 G0-cmin/m<sup>3</sup>f ub.

En sammanfattning av ovanstående studier hos SCA, visar hur kombinationer av antal sortiment i skogen och på avlägg påverkar tidsåtgången för sortering med skotare (Brunberg, 1993). Tidsåtgången för sortering följer den tidigare indelningen i normala sortiment och småsortiment. Generellt uttryckt är tidsåtgången för sortering av de normala sortimenten högre än för småsortimenten och påverkas främst av antalet sortiment i skogen och på avlägg.

För småsortimenten kan grundorsaken till sorteringssvårigheterna vara olika. Vid tillämpningen bör de dock kunna behandlas på samma sätt. Ett sådant synsätt skulle innebära att mertiden för sortering av ett småsortiment skulle vara ca 6 G0-cmin/m<sup>3</sup>f ub.

SkogForsk har tillsammans med SLU och AssiDomän gjort en studie i virkessortering vid AssiDomäns förvaltning i Lindesberg (Berg m.fl., 1996). Syftet var att kartlägga konsekvenserna av att vid slutavverkning dela upp massaveden i flera nya sortiment.

Både avverkningen med engreppsskördare (Rottne 5000 EGS 600), och skotningen tidsstuderades. Skördarstudierna angav en prestationssänkning om 1 % per extra utsorterat sortiment. För skotarstudien (Valmet 862) gav utsorteringen av ett extra sortiment en sänkning av prestationen med 4 %. Skotarföraren hade normalt sex sortiment att skota, medan det i studien som mest ingick åtta olika sortiment.

Därmed erhöles en extra kostnad för både avverkning och skotning om ca 1,0 kr/m<sup>3</sup>f ub och sortiment. Fördelningen av denna kostnad var sådan att 0,2 kr/m<sup>3</sup>f ub berodde på avverkningen medan resterande 0,8 kr/m<sup>3</sup>f ub häreörde från skotningen. Denna kostnad avser hela volymen. Utslaget på ett enstaka sortiment blir kostnaden väsentligt större.

## **Terrängtransport**

### **Lastvikt, lastbärare**

Lastförmågan relativt maskinvikten har snarare minskat än ökat över tiden (Myhrman, 1998). Det är i dag ett problem inom områden med kortvirkesmetoder att utnyttja skotarens lastarea och lastkapacitet på ett kostnadseffektivt sätt. I de delar av landet där man sorterar ut 2,5 m kubb, kan inte lastkapaciteten utnyttjas fullt ut. Det medför en högre kostnad för skotning av virket. Denna tendens bekräftas av en brittisk rapport (Forestry Commission, 1980). Där konstaterades att uttransport av timmer tog kortare tid än tremeters massaved. Tvåmeters massaved tog däremot längre tid att skota ut än tremeters.

### ***Variabel eller utökad lastarea***

Dagens skotare når sällan upp till den egentliga lastkapaciteten. Lastarean är förhållandevis liten. Orsaken är att maskintillverkarna inte vill riskera att maskinen överbelastas vid något tillfälle. En studie av en Timberjack 1210 skotare genomfördes hos Modo (Cederlöf, 1997). Lastbäraren byggdes om genom breddning och höjning av lastutrymmet. Lastarean ökades från 4,9 till 5,7 m<sup>2</sup>. I studien ökades lastvolymen med 2,15 m<sup>3</sup>f ub vid skotning av tremeters massaved. För massaveden är det således lastarean som är begränsande på en konventionell skotare, och det är nästan fem ton upp till max lastvikt. För timmer ökades lassen med i snitt 1,7 m<sup>3</sup>f ub per lass. På timmersidan är det i dag maxvikten som sätter begränsningen. Med den ombyggda maskinen och vid rådande förhållanden beräknades besparingen bli ca 61 000 kr per år eller 1,40 per m<sup>3</sup>f ub.

SCA Skog AB utrustade en Timberjack 1210 med variabel lastarea och ett vågsystem i syfte att utnyttja lastkapaciteten optimalt (Löfroth, 1996). Lastarean kunde ökas med 10 % från 4,9 m<sup>2</sup> till 5,4 m<sup>2</sup>.

I en preliminär teoretisk beräkning av ökad lastarea, utvärderades en ökad lastarea på en Timberjack 1210 från 4,9 till 5,7 m<sup>2</sup> (Brunberg, 1998). Enligt tillverkaren skall den lasta 14 ton.

Vid korta transportavstånd (<100 m) innebar tekniken ökade kostnader. Längre avstånd (>100 m) innebar en viss besparing, som ökade med transportavståndet. Vid ett medeltransportavstånd på 300 m är förtjänsten ca 0,5 kr/m<sup>3</sup>f ub. Vid utvärderingen av den möjliga kostnadssänkningen bör beaktas att breddning av skotaren inte var rekommendabel i gallring.

1997 testade SkogForsk tillsammans med MoDo ett lastutrymme på skotare som kan varieras i både höjd och bredd (Brunberg & Christoffersson, 1998). Det är Hydrovåg som står för konstruktionen. Testmaskinen var en Timberjack 1110. Olika arbetsmetoder studerades. En där stöttornas höjd reglerades med hjälp av kranen och en metod där lastutrymmets bredd ökades. Lastarean var densamma i båda fallen. I förhållande till konventionell skotning var ingen av metoderna snabbare. Förarens upplevelse av de höj- och sänkbara stöttorna var dock att utrustningen underlättade arbetet och att ett bredare lass gjorde maskinen stabilare.

### ***Påhängsvagn***

1995 gjorde SCA en studie som undersökte om möjligheten att öka lastvikten på träddelsskotare (Persson, 1995). I detta fall gällde det en extra lastvagn tillverkad av Forsbergs Mekaniska. Vagnen var inte driven men utrustad med bogghjul. Vagnens dragkrok var reglerbar i längd så att vagnen kunde dras in mot skotaren vid lastning. Prestationsökningen i lätt terräng vid 400 m terrängtransportavstånd beräknades till 13–15 %. Med antagandet att vagnen kostar 150 000 kr beräknades kostnadssänkningen till 23 kr/G15 timme, motsvarande 5–6 % enligt kalkylförutsättningarna.



**Figur 6.**  
**Påhängsvagn för skotare.**

Foto: Tillverkaren

I skrivande stund arbetar SkogForsk och Modo med studier av påhängsvagn på skotare. I första hand görs jämförelser av tidsåtgång och kostnader vid skotning i slutavverkning med och utan lastvagn. Preliminära resultat visade att tiden för lastning och lossning ( $\text{min}/\text{m}^3\text{f ub}$ ) ökade. Tiden för terrängkörning ( $\text{min}/\text{m}^3\text{fub}$ ) minskade och körhastigheten i terräng ( $\text{m}/\text{min}$ ) minskade. Lastvolymen ökade med 86 %.

### ***Två lägg***

Dagsverksåtgången vid terrängtransport var 1970 ca  $0,02 - 0,03 \text{ dv}/\text{m}^3\text{sk}$ . En sänkning av åtgångstalen kan åstadkommas bl.a. genom att höja transportkapaciteten (lassvolym  $\times$  hastighet) (Duus-Otterström & Myhrman, 1970). En studie genomfördes med en ÖSA 970. Studien innefattade pålastning och lasskörning av två lägg om 3 m massaved.

I medeltal ökade tidsåtgången med 13 % vid lastning av två lägg jämfört med ett lägg. Ökningen låg huvudsakligen i momenten lossning och tillrättläggning. Ökningen berodde troligen på att föraren hade svårt att se det bakre lägget vid högre lass och på att kranen måste vikas ihop mycket för att nå främre lägget. Det främre lägget måste lastas något före det bakre för att få änddragning.

En ökning av körhastigheten uppnåddes i och med två lägg. I snitt var två lägg med  $20 \text{ m}^3\text{f}$  resp  $25 \text{ m}^3\text{f}$  20 % resp 13 % snabbare att köra än ett lägg om  $20 \text{ m}^3\text{f}$ . Den högre hastigheten var möjlig p.g.a. lägre stjälpriisk med lägre last. Den ökade hastigheten fick stor inverkan vid längre transportavstånd. I god terräng blev skillnaden i körhastighet liten.

Studiematerialet visade stor spridning mellan olika förare, vilket gjorde det svårt att bedöma skillnaden mellan skotning med ett och två lägg.

### **Vågar**

De viktigaste påverkande faktorerna för skotningskostnaden är lastvikten och köravståndet. Skillnaden i skotningskostnad mellan full lastvikt och 2 tons underlast kan uppgå till 10 % på ett skotningsavstånd av 350 m. SCA Skog AB utrustade en Timberjack 1210 med variabel lastarea och ett vågsystem med lastceller monterat i lastbankarna på skotaren (Löfroth, 1996). Vågsystemets noggrannhet förväntades vara bättre än förarens vid bedömning av lastvikten. Vågsystemet bestod av 6 st lastceller (PM100) monterade under de tre lastbankarna på skotaren. Systemet visade aldrig större avvikelse än 10 kg. Viktskillnaden mellan skotarvågen och kontrollvågen vid de fyra testerna varierade mellan 0,8 % och 2,5 %. Skotarvågen visade generellt lägre värden jämfört med kontrollvågen. Avskrivningstiden för en 50 000 kr våg var beräknad till ca 17 000 G15 timmar. Det innebär en kostnadsökning med 4 kr/timme. För att kompensera ökningen krävdes en produktionsökning på ca 0,3 m<sup>3</sup>fub/timme. Ett vågsystem gav en förväntad produktionsökning samt minskade risken för överlast. Erfarenheter från SCA med skotarvåg var följande.

- Maskinens lastkapacitet utnyttjades bättre
- Förarna tog inte för stora timmerlass, vilket förmodligen sparar maskinen.
- Underlag för diskussioner med tillverkaren om ev överlast under garanti-perioden.
- Produktionsmätning skulle vara möjlig med vissa förändringar.

För att utnyttja maximal lastvikt utrustades testskotaren med variabelt lastutrymme. Lastarean kunde ökas med ca 10 % från 4,9 m<sup>2</sup> (13,7 ton) till 5,4 m<sup>2</sup> (15,1 ton).



**Figur 7.**  
**Vågarnas placering på skotare.**

Om man med hjälp av vägning av flis kan öka ett fordonets nettolast med i genomsnitt ett ton, skulle det ha ett värde motsvarande drygt etthundratusen kronor per år (Nordén, 1992). Tester gjordes på följande maskiner: Siba 980, flihhugg monterad på en Valmet 892, skotare försedd med en

16 m<sup>3</sup> flisbalja samt en Bruks 1002 flishugg monterad på en Valmet 886 skotare med en 17 m<sup>3</sup> flisbalja.

### **Utrymmesbehov**

Transport av träddelar ställer särskilda krav på maskinerna och medför bl.a. att utrymmesbehovet ökar (Borg & Myhrman, 1983). När virkeslängderna ökar, ökade utrymmesbehovet i kurvorna olika beroende på maskinens egenskaper. En maskin med styrleden mitt emellan axlarna krävde mer utrymme än en maskin med leden långt fram. En maskin med styrleden långt fram kan åstadkommas, antingen genom att styrleden flyttas fram eller genom att bakleden förlängs. Förlängning av bakleden var att föredra, trots att hjulbasen då ökar.

Skogshögskolan utformade en beräkningsmetod, för att se hur mycket man kunde spara i stickvägsbredd, genom att förändra maskinutformningen hos olika maskiner (Håkansson, 1977). T ex studerades Snorren. Där konstaterades att om ramleden flyttas bakåt på skotaren blir sårspårningen mindre. Minskningen i stickvägsbredd blev då 0,29 m vid maximal styrvinkel.

### **Körhastighet**

1972 gjordes fältstudier över medelhastighetens beroende av olika terrängfaktorer vid skotning med SMV-21-S (Orth, 1972). Körhastigheten hos dagens skotare visar inte på någon högre medelhastighet, utan ligger kvar på samma nivå som för 20 år sedan (Myhrman, 1998).

En finsk studie visar på att kostnaden för drivning ökar markant vid ett snödjup över 75 cm p.g.a. lägre körhastighet (Vaisanen, 1969). Vid ett snödjup över 75 cm var kostnaden 20 % högre än den för ett snödjup under 75 cm.

### **Stabilitet**

Från skotningens begynnelse till 1970-talet ökade kraven på prestation och framkomlighet i allt brantare och stenigare terräng. Därmed ökade också problemen med fordonsstabilitet (Lindberg, 1976). Redogörelsen belyser ramstyrda fordons sidostabilitet ur olika synvinklar för att ge underlag för framtida förbättringar. Höga krav på säkerhet kunde medföra att delar av landet blev tekniska impediment. Ramstyrda fordon med vridled eller pendelaxel hade komplicerade stabilitetsytor och stjälpningskanter. Fordonskonstruktionen hade stark inverkan på sidostabiliteten i olika fall. I en separat stencil redogjordes för en metod att beräkna ett fordons stabilitet under statiska och dynamiska förhållanden.





**Figur 8.**  
Stabiliteten var många gånger sämre på gårdagens skotare.

### **Marktryck, spårdjup**

En jämförelse gjordes mellan tre små skotare; Gremo 604, Norcar 490 och Bruunett Mini 678F (Ericsson m.fl., 1987). Alla skotare kördes med 500 mm breda däck enligt Skogsarbetens normala rutiner för mätning av spårdjup. Skotarna var lastade till 75 % av möjlig lastförmåga. Gremo hade 5,20 tons last, Bruunett Mini och Norcar hade 5,85 tons last. Spårdjup mättes efter första och andra överfarten och är inkluderade i tabell 2.

Maskinernas vikter utan last visade sig vara större än de tjänstevikter tillverkarna uppgett. Det kan delvis förklaras av att de var extrautrustade, men huvudorsaken torde vara felaktiga uppgifter från tillverkarna; Norcar var 7 % tyngre, Bruunett 9 % och Gremo 35 % tyngre.

Alla tre skotarna hade så kort lastutrymme att timmerlassets tyngdpunkt hamnade bakom boggicentrum. En lastad Bruunett hade i stort sett jämnt fördelat marktryck mellan fram- och bakdel. De båda andra maskinerna hade väsentligt högre marktryck bak. Trots detta erhöles små skillnader i spårdjup mellan de lastade maskinerna. Olastad hade Bruunett mycket högre marktryck fram än bak. Det gav urslag i spårdjupsprovet, där Bruunett klarade sig sämst. Detta kan möjligen indikera att marktrycket hos de främre hjulen har större betydelse för spårbildningen än marktrycket hos de bakre.



**Figur 9.**  
**Stort lass och smala hjul ökar spårbildningen. Alternativet kan vara 700 mm däck eller CTI.**

Ytterligare spårdjupsprov är utförda vid skilda tillfällen: 1985 genomfördes en spårdjupstest på sex skotare tillsammans med Stora Skog i Tierp (Sondell, 1986). Här jämfördes också Bruun Twoo-band med konventionella skotarihjul. Bruun Twoo är ett i tvärled stelt gummiband som går på varje boggisida runt fyra standard lastbilshjul. Bandet är sträckt så att marktrycket under däckan fördelas över en större yta.

Resultaten visar att Bruunett Mini 678, ÖSA 250 med 8 hjul och hårda gummiband samt Bruun Compact hade i nämnd ordning minsta spårbildningen på raksträcka. Sämst var Valmet 862. Spårdjup i kurva visade på samma placering, men med större åverkan. Upp till 2–3 överfarter visade sig Bruun Compact lämna minsta åverkan. Kanten av spåren hade rivits upp och ytlagret rörts om i alla spår utom där Bruunett Mini gått. Denna konstruktionen var således den mest skonsamma mot marken.

1991 testade Skogsarbeten spårdjupet på skotaren Bruun 7620F (Karlsson & Myhrman, 1991). Den var utrustad med ett styrbart boggisystem, SBS. Kördes skotaren utan SBS, ökade spårdjupet kraftigt vid kurvtagning. Reducerade maskinens radering gick det med andra ord att minska spårdjupet markant.

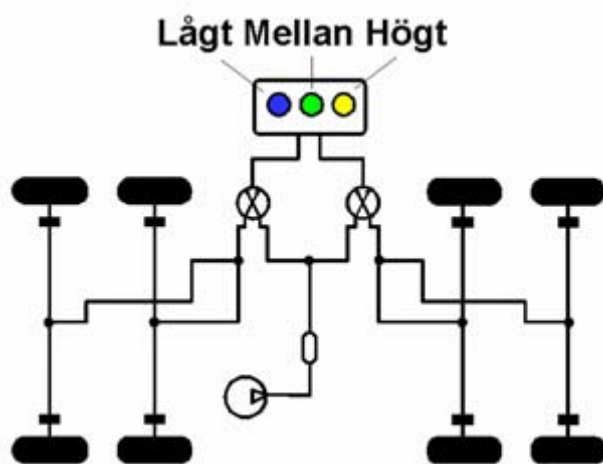
1991 utfördes ett prov med bredare däck på FMG 810 och FMG 1210. Referensmaskin var FMG 678 Mini (Myhrman, 1992). Däcken var av 600-, 700- och 800-bredd och av Trelleborgfabrikat. Resultaten visar att FMG 810 sannolikt var skonsammare mot underlaget än FMG 678 Mini. Fler prov efterlystes för att kunna göra ett säkert uttalande. Breda däck gav ett väsentligt lägre spårdjup.

Nedan finns en tabell som sammanställer resultaten från ovanstående studier.

Tabell 2.  
Spår djup, cm. Sammanställning av studier 85–91. Antal överfarer inom parentes.

Däckbredd, mm	Skotartyp	
	liten	mellan
500	10–13 (2)	
600	4,5–10,6 (9)	5–7 (2) 8,2–17,6 (9)
700	6,0 (9)	
800		2,5–4 (2) 4,7–7,3 (9)

För att minimera spårbildningen vid terrängkörning testade SkogForsk en ÖSA 250 utrustad med CTI (Central Tyre Inflation) (Löfgren m.fl., 1994). Det innebär att skotarföraren kan reglera lufttrycket efter markens bärighet. Skotaren testades med 600 och 800 mm däck. Resultaten visade att spår djupet var 40–50 % mindre vid lågt däcktryck jämfört med högt. Samma relation visades vara mellan 800 och 600 mm däck.



Figur 10.  
Principskiss på Central Tyre Inflation – CTI.

Ett annat sätt att minimera risken för markskador är att motverka oönskad slirning genom att utveckla transmissionen. SLU gjorde en studie på en NORCAR 490, där transmissionen byggts om och kompletterats (Asplund, 1996). Transmissionen hade fyra hydraulkretsar, en för varje boggi. Det fanns fyra hydraulpumpar som vardera försörjde två parallellkopplade hjulmotorer. Mellan de fyra kretsarna sitter fyra flödesbegränsningsventiler, så att olja kan flöda från en krets till en annan då dessa är öppna. Pumparnas ställtal samt största oljeflöde genom ventilerna kan ställas in individuellt från en styrdator.

Styr signaler till de fyra hydraulpumparna beräknas genom att mäta hjulvarvtalen, beräkna medelhastigheten för maskinen, samt mäta styrvinkeln. Hjulen kommer då att rotera i ungefär rätt hastighet. Om hjulen i en boggi tappar fästet och börjar slira kommer kretsen att endast kunna förbruka olja från de andra kretsarna upp till den gräns som sätts av ventilerna.

Körning på stickväg visade att transmissionen kunde användas under realistiska förhållanden. Över ett fuktigt parti körde maskinen fast då tillåtet hydraulflöde genom ventilerna var 15 % av motsvarande pumpflöde. För 8 % inställning kunde maskinen ta sig fram.

### **Framkomlighet, drageffekt**

En jämförelse gjordes mellan tre små skotare; Gremo 604, Norcar 490 och Bruunett Mini 678F (Ericsson m.fl., 1987). Skotarnas egenskaper vid körning i brant terräng testades i en backe med 23 % lutning. Lasten var 5,6 ton timmer. Provet utfördes både vid körning framåt och bakåt, upp och ner i backen. Mitt i backen fick maskinerna stanna och starta på nytt. Gremo och Bruunett klarade provet utan problem. Inga tendenser till slirning förekom. Norcar kom upp när den körde framåt. När skotaren backade började lastbäraren slira och maskinen blev stående mitt i backen. Norcar har endast två hjulmotorer på traktordelen. Med fyra motorer bör framkomligheten öka.

Morenius (1980) studerade överskottsdragkraften hos olika skotare (Bruunett, Blondin, Lokomo 909, BM 913, FRYAB, Skotten 758, KS 84–31, BM 9510, Valmet 886, ÖSA 260 samt KS 850) vid olika hastigheter. Överskottsdrageffekten beräknades som produkten av hastighet och kraft.

### **Arbetsmiljö**

I skrivande stund är efterföljaren till Ergonomisk checklista för skogsmaskiner under utarbetning. Den heter *Nordiska ergonomiska riktlinjer för skogsmaskiner* och den skall ge råd i ergonomiska frågor till tillverkare, köpare och brukare av skogsmaskiner. Dessa råd är avsedda att stimulera till utveckling av säkra, lätt tillgängliga och enkelt brukbara skogsmaskiner genom att anpassa dem till människans förutsättningar.

En finsk undersökning belyser olycksrisken vid underhållsarbeten. Skotarförare spenderade 10–15 % av arbetstiden till underhåll (Vayrynen, 1982). Olycksrisken ökade med graden av mekanisering. På skogsmaskiner stod andelen olyckor vid underhållsarbeten i genomsnitt för 30 % av totalt andel olyckor. För jordbrukstraktorer var andelen endast 10 %, men över 60 % för skotare, processorer och skördare. Förbättrade arbetsförhållanden i hytten har inte lett till säkrare underhållsarbete.

Ett annat problem är belastningsskador hos maskinförare. I början av 1990-talet hade åtminstone 50 % av andelen förare subjektiva besvär i framförallt nacke och axlar (Eriksson, 1995). Trots betydande ergonomiska förbättringar på skogsmaskiner under 1980-talet har belastningsskador bland maskinförare inte minskat i omfattning. För att åtgärda dessa problem krävs att det sätts in åtgärder inom områdena teknik och individ samt arbetsorganisation. De tekniska åtgärder som rekommenderades var intrimning av hydraulsystem och rampfunktioner, minispakar, automatisering av kran- och aggregatstyrning samt förbättrad sikt och arbetsställning. Bland individinriktade åtgärder föreslogs åtgärder som underlättar blodcirkulationen i muskulaturen, t ex fysisk träning och aktiv avslappning. Inom området arbetsorganisa-

tion rekommenderades arbetsrotation, där idealet var att maskinbyten bryts av manuella arbeten. En arbetsvidgning där maskinföraren får mer ansvar för arbetsuppgifter som tidigare skötts av arbetsledare var också exempel på arbetsorganisatoriska åtgärder.

I dagsläget går trenden mot ett större ansvarstagande och en arbetsbreddning hos skogsentreprenörerna. Många skogsföretag driver även en avverkningspolicy där arbetsrotation bland maskinförarna är en förutsättning.

### **Förarkomfort/horisontering**

I Löfgrens (1997) lägesrapport framkom följande vad gäller förarkomforten. Fjädringskomforten upplevdes dålig i hytten. Avdämpad hytt i någon form är ett måste i framtiden. Helt horisonterad maskin var ett önskemål. Sidovridna arbetsställningar bör undvikas. Föraren upplevde det som trångt när stolen skulle vridas. En vridbar hytt/stol som följer med kranens rörelser efterlystes. Bättre inställningsmöjligheter efterfrågades, gärna med elektronik. Dock tyckte man att det i dag byggs för mycket utrustning i förarstols-höjd.

En utvärdering utförd av Skogsarbeten visar på positiva resultat med fjädrande, dämpande hyttupphängning (Zylberstein, 1981). Resultat visade att en typ av upphängning kunde ge en sänkning av accelerationsnivån på förarstolen i storleksordningen 20–25 %. De båda upphängningsanordningarna som testades, ansågs avsevärt bättre än den stumma med avseende på helkropps vibrationer. Dock isolerades föraren från maskinen med dessa typer av upphängningar, vilket påverkade manöverbarhet och körbarhet negativt.

SkogForsk har tillsammans med MOOG Norden AB, Valmet Logging, Luleå Högskola och Korsnäs AB med bidrag från Arbetsmiljöfonden och NUTEK utvecklat, testat och utvärderat ett system för aktiv dämpning av en hytt på en skotare Valmet 892 (Löfgren, 1994). Resultaten visar att vibrationsnivån reducerades med ca 50–60 % och att körhastigheten ökade med 10 %. Föraren upplevde hyttedämpningen som klart positiv.

Erfarenheter från dagens pendelhytter visar att det går att kombinera komfort med god manöverbarhet och körbarhet.

### **Ljud**

Ljudnivån i hytten upplevdes som hög även om man ligger inom normerna. Ljuden från motor och hydraulik bör kunna minskas (Löfgren, 1997).

### **Sikt**

I och med att kranen är placerad på bakvagnen, försämras sikten väsentligt. Pelaren och slangar tar bort mycket sikt. Att ha kranen placerad på taket skulle innebära fördelar för föraren. Bättre sikt och en minskad infällning av kranen vid lastning/lossning är ett par fördelar. Bland nackdelarna finns risken för störande vibrationer i hytten och att tyngdpunkten höjs.

Invändiga backspeglar efterlystes. De gör att man kan flytta skotaren utan att man behöver vrida på huvudet.

### **Spakar**

Ett stort problem hos skogsmaskinförare är att de drabbas av belastningsbesvär i nacke och axlar. Bidragande faktorer till detta problem är att förarna intar en låst arbetsställning samt utför repetitiva manövrörelser med armar och händer. Sveriges Lantbruksuniversitet lät tillverka en manöverpanel för att erbjuda skotarförare en mer omväxlande arbetsställning (Nåbo, 1990). Manöverpanelen kunde placeras i knät eller på annat önskvärt ställe.

Resultaten visar att:

- Det går att manövrera kranen med en panel liggandes löst i knät.
- Uppmätta muskelspänningar är i samma storleksordning som vid kranarbete med ”kattskallar”.
- Förarna arbetade långsammare med den nya manöverpanelen.
- Förarna var ovana med att använda den nya panelen p.g.a. för lite träning.

Nåbo rekommenderade att manöverpanelen borde utvärderas i praktisk drift.

## **Diskussion och utvecklingsbehov**

Det har i denna studie framkommit flera områden som bör ägnas uppmärksamhet i fortsatta utvecklingsarbeten. Framförallt är det två av dessa områden som i vidare utvecklingsarbete bör prioriteras, nämligen:

- Lastkapaciteten relativt vikten på skotare har minskat över tiden, varför det är av hög prioritet att utveckla skotare som kan utnyttja lastkapaciteten fullt ut.
- Metoder för skotning samt samarbete och kommunikation mellan planerare, skördarförare och skotarförare har stor betydelse för totalkostnaden och resultatet för drivningen. Däremot är det ofta i dessa fall som det brister, varför det finns ett stort behov av att sammanställa kunskaper om kommunikation som rör skotningsplaneringen.

### **Teknik**

Det är ett stort spann mellan många skogsmaskiners effekt och det faktiska effektuttaget vid arbete. Därför finns ett behov av att anpassa motorernas storlek till faktiskt effektbehov. Även analys och fördelning av effekt till respektive arbetsmoment behöver undersökas närmare.

Det står inte mycket nämnt om transmissioner i litteraturmaterialet. Det kan ändå utläsas att bränslebesparingar bör kunna göras genom att förbättra drivlinan, eftersom ca 60 % av bränslet går åt vid körning.

Till dags dato har ingen ingående forskning bedrivits om hydraulmotorer i Sverige. ITH har initierat ett projekt vid namn ”Optimal verkningsgrad hos hydraulmotorer”. Arbetet skall bl.a. leda till bränslebesparingar vid användande av hydraulmotorer. Denna typen av utveckling är angelägen att stödja och följa.

Effekten av användning av CTI vid dålig bärighet pekar på mycket positiva resultat. Utveckling av ett fungerande och kostnadsrelevant system är därför viktigt.

Lastkapaciteten relativt vikten på skotare har minskat över tiden, varför detta är ett viktigt utvecklingsområde. Ett antal utförda studier är under utarbetande för att öka lastkapaciteten på skotare. Många gånger utnyttjas inte max tillåten lastvikt p.g.a. för litet lastutrymme. Investeringskostnaden för ombyggnad och våg för att kontrollera att maxvikten inte överskrids, måste givetvis vara lägre än vinsten.

En påhängsvagn efter skotare kan öka skotningskapaciteten. Studier är under utförande varför inga resultat kan redovisas ännu.

Två lägg innebär att man kan lasta en större volym av korta sortiment på skotaren, alternativt att man med samma lastvolym kan sänka tyngdpunkten och därmed öka hastigheten. Det är intressant att utföra fler studier av två lägg.

Tester av vågar på skotare har utförts i syfte att maximalt utnyttja lastkapaciteten. Erfarenheter var bl.a. att maskinens lastkapacitet utnyttjas bättre och att alltför tunga timmerlass undviks. Utvecklingen borde drivas mot att fabriksmontera vågar på ett antal skotartyper. En viktig bit att studera är skotarens stabilitet då man ändrar på lastutrymmets utformning.

## **Metod och planering**

På metodsidan pekar undersökningar på att de metoder som praktiseras är långt ifrån enhetliga hos landets skotarförare. Det finns därför ett behov av att sammanställa de metoder som leder till ett effektivare arbetssätt vid olika förhållanden. En gemensam faktor är bl.a. vikten av information, både mellan arbetsledare och maskinförare samt mellan skördar- och skotarförare. Under 1998 kommer SkogForsk att sammanställa en handledning och en film om skotningsmetodik.

Mycket tyder på att planering av skotningsarbetet och kommunikationen mellan planerare, skördarförare och skotarförare är av största vikt för att få en effektiv skotning. Det är däremot ofta i dessa fall som det brister. Det finns därför ett stort behov av att sammanställa kunskaper om kommunikation som rör skotningsplaneringen.

Prestationsnormer för maskinarbeten är i allmänhet företagsspecifika. Storas prestationsunderlag från 1992 har den största upplösningen. Det finns ett behov av att uppgradera denna norm i takt med att skotarna och metoderna för skotning förändras.

De studier som är gjorda på sortering pekar på att man varken skall överdriva eller underarbeta sortering med skördaren för att få en kostnadseffektiv skotning. Detta område är relativt väl studerat och är inte för tillfället i behov av ytterligare studier.

Körhastigheten hos dagens skotare visar inte någon högre medelhastighet, utan ligger kvar på samma nivå som för 20 år sedan. Utveckling för att öka medelhastigheten bör studeras. Variabelt lastutrymme kan t.ex. leda till att tyngdpunkten kan sänkas vid behov och därmed öka medelhastigheten. En förändring av lastutrymmets utformning kan å andra sidan försämra stabiliteten hos skotaren, varför denna parameter inte får glömmas i en utvärdering. Även dämpning och horisontering av skogsmaskiner bör leda till högre körhastighet.

Dagens skotare är i regel bättre utrustade än gårdagens för att klara terrängtransport med liten markpåverkan. Vidareutveckling av CTI, svängande boggi och bredare däck bör främjas.

### **Skogsbilvägar**

En översyn av vägbyggnadsmaterial, vägstandard och vägbyggnadssätt som är anpassade till att få optimala drivningsförhållanden är önskvärt. Placering av avlägg, avfarter, uppställningsplatser är frågor som måste utredas.

För att få bästa ekonomi på skotningsarbetet bör man genomföra en översyn och sammanställning av hur avlägget skall planeras .

### **Arbetsmiljö**

Inom området arbetsmiljö finns det framförallt ett utvecklingsbehov av horisontering av maskin och arbetsställning. Även vibrationer och ljudnivå i maskinen anses i dag vara högre än lämpligt och bör minskas. Aktiv hytt-dämpning är ett bra spår att gå vidare med. För att få en så effektiv skotning som möjligt är även sikten av stor betydelse. I dag upplevs kranpelare och grind som störande sikthinder och därför bör utvecklingen inriktas mot att minimera dessa. Utveckling av effektivare belysning är under arbete.



## Referenser

- Ahlgren, T., Brundin, L., Jonsson, B., Löfroth, C., Morenius, B. & Myhrman, D. 1982. Manöversystem för hydraulkranar. Skogsarbeten. Redogörelse nr 6.
- Andersson, G. 1993. Skotningsarbete vid fem arbetslag – SCA Sundsvalls skogsförvaltning. SkogForsk. Stencil 1993-02-19.
- Asplund, C. 1996. Utprovning av en helhydrostatisk transmission med passiv slirningskontroll. SLU, Inst f skogsteknik. Uppsatser och Resultat nr 289.
- Asserståhl, R. 1973. Terrängtransport med skotare Analys av terrängfaktorerers inverkan på hastigheten. Skogsarbeten. Redogörelse nr 2.
- Bengtsson, P. 1982. Bränsleförbrukningens betydelse. Skogsarbeten. Stencil 1982-03-22.
- Berg, M., Brunberg, T., Nordén, B. & Sandström, T. 1996. Avverkning och skotning av nya massavedssortiment. SkogForsk. Stencil 1996-01-31.
- Bergstrand, K-G. 1985. Underlag för prestationsmål för skotning. Skogsarbeten. Redogörelse nr 7.
- Bergstrand, K-G. 1989. Jämförelse av prestationsnormer för skotning. Skogsarbeten. PM 1989-12-21.
- Bjurulf, A. 1991. Pilotstudie – sorteringsklossen – en studie av hur olika körsätt av en tvågreppsskördare påverkar skotningsprestationen. Skogsarbeten. Stencil 1991-12-10.
- Bjurulf, A. 1992. Små sortiment – en studie av hur uppläggnings av virke påverkar skotningsprestationen. SkogForsk. Stencil 1992-10-07.
- Bjurulf, A. 1993. Små sortiment – en studie av hur små sortiment påverkar den totala skotningsprestationen på en avverkningstrakt. SkogForsk. Stencil 1993-06-14.
- Borg, P. & Myhrman, D. 1983. Skotarens utrymmesbehov vid trädskörning. Skogsarbeten. Redogörelse nr 3.
- Brunberg, B., Gårdh, R. & Lindgren, P. 1984. Skotning efter motormanuell avverkning. Skogsarbeten.Handledning.
- Brunberg, T. 1993. Mertid för sortering med skotare. SkogForsk. Stencil 1993-09-06.
- Brunberg, T. 1997. Tidsfunktioner för avverkning, skotning och flisning. SkogForsk. Stencil 1997-01-24.
- Brunberg, T. 1998. Kostnader och intäkter med utrustning för bättre lastutfyllnad hos skotare. SkogForsk. Preliminärt internt arbetspapper 1998-02-23.
- Brunberg, T & Christoffersson, P. 1998. Skotning av virke med olika lastbärrutrustning på Timberjack 1110. SkogForsk. Stencil 1998-02-20.
- Böllehuus, E. 1992. Skovmaskiners transmissionssystemer. Lantbruksministeriet Forskningscebtret for Skov & Landskab. Skovbrugsserien Nr 6.

- Cederlöf, T. 1997. Effektivare utnyttjande av en skotares lastkapacitet. Skogsmästarskolan. Examensarbete nr 1997:23.
- Duus-Otterström, O. & Myhrman, D. 1970. Studier av lastning och körning med ett och två lägg på ÖSA 970. Skogsarbeten. Stencil 1970-06-15.
- Eld, L-E. 1970. Metod- och organisationsstudier av kortvirkestransport med skotare. Skogsarbeten. Redogörelse nr 17.
- Ericsson, M., Myhrman, D. & Eickhoff, K. 1987. Små skotare i gallring. Skogsarbeten. Resultat nr 19.
- Eriksson, G. 1995. Belastningsskador bland skogsmaskinförare i Norden Fakta och åtgärder. Redogörelse nr 4.
- Forestry Commission. 1980. The Mini Bruunett 578F forwarder. Forestry and British Timber. 1980., 9: 8; 1 pl. Technical Note, Forestry Commission/HGTAC No. 28.
- Gingras, JF. & Godin, A. 1997. Sorting for quality with cut-to-length system. Technical-Note –FERIC. No. TN-255.
- Gullberg, T. 1997. Tidsåtgångsmodell för skotning. SLU, Inst f skogsteknik. Uppsatser och Resultat nr 297.
- Hallonborg, U. 1982. Bränsleförbrukning och effektuttag hos skogsmaskiner. Skogsarbeten. PM 1982-03-18.
- Håkansson, S-G. 1977. Utrymmesbehov för skotare i gallring. Skogshögskolan. Inst f skogsteknik. Rapporter och Uppsatser nr 114.
- Johansson, G. & Orth, L. 1971. Terrängens inverkan på transportmaskinernas framkomlighet och prestation. Skogsarbeten. Stencil 1971-03-18.
- Jonsson, T., Larsson, M., Löfroth, C. & Filipsson, S. 1992. Skogsbilvägar service, underhåll, upprustning. SkogForsk.Handledning.
- Jonsson, Y. 1986. Kostnader för skotare och skotning. Skogsarbeten. PM 1986-04-17.
- Karlsson, L. & Myhrman, D. 1991. Spårdjupsprov 1990. Skogsarbeten. Resultat nr 5.
- Larsson, M. 1982. Skotning av trädrester efter avverkning med skördare. Skogsarbeten. Resultat nr 26.
- Lidén, E. 1996. Entreprenörer i storskogsbruket 1986-1996 – omfattning, entreprenörsskap, arbetsvillkor, avgångar. SkogForsk. Resultat nr 13.
- Lindberg, T. 1976. Sidostabilitet hos ramstyrda fordon. Skogsarbeten. Redogörelse nr 1.
- Lindgren, P. 1980. Lång kran i gallring. Skogsarbeten. Handledning.
- Löfgren, B., Attebrant, M., Landström, M., Nordén, B. & Petersson, N F. 1994. Kranspetsstyrning – en utvärdering. SkogForsk. Redogörelse nr 1.
- Löfgren, B. & Brunberg, T. 1997. Åtgärder för att minska bränsleförbrukningen vid kranarbete. SkogForsk. Arbetsrapport nr 381.

- Löfgren, B., Landström, M. & Nordén, B. 1994. CTI för terrängtransporter i skogsbruket. SkogForsk. Stencil 1994-10-24.
- Löfgren, B., Landström, M. & Nordén, B. 1996. CTI för terrängtransporter i skogsbruket. SkogForsk. Resultat nr 25.
- Löfgren, B. 1994. Aktiv hyttedämpning. SkogForsk. Stencil 1994-05-27.
- Löfgren, B. 1997. Kravspecifikation för CTI-system på skogsmaskiner. SkogForsk. Utkast 1.1. Stencil 1997-12-18.
- Löfgren, B. 1997. Lägesbeskrivning – utvecklingsbehov skotare. SkogForsk. Diskussionsunderlag.
- Löfroth, C. 1995. Balsjövägen – provväg med stenrik överbyggnad. SkogForsk. Redogörelse nr 8.
- Löfroth, C. 1996. Högre lastvikt på skotare – pilotstudie av lastceller som skotaryåg hos SCA SKOG AB. SkogForsk. Stencil 1996-08-15.
- Morenius, B. 1980. Tekniska data om skotare. Skogsarbeten. Redogörelse nr 5.
- Myhrman, D. 1992. Spårdjup för FMG 810 och FMG 1210 med olika däckalternativ. Skogsarbeten Stencil 1992-01-15.
- Myhrman, D. 1998. Teknikutveckling i dagens system. SkogForsk Utvecklingskonferens. Redogörelse nr 5.
- Nordlund, S. 1995. Drivningsenkät 1993. SkogForsk. Arbetsrapport 309.
- Nordén, B. 1992. Studie av vågar monterade på flisskördare. SkogForsk. Stencil 1992-09-08.
- Nåbo, A. 1990. Manöverpanel för styrning av skogsmaskiner. SLU, Inst f skogsteknik. Uppsatser och Resultat nr 166.
- Olsson, P. 1981. Sortering av rundvirke. Skogsarbeten. Ekonomi nr 13.
- Orth, L. 1972. Studie över medelhastighetens beroende av olika terrängfaktorer vid skotning med SMV-21-S hos Uddeholm AB. Skogsarbeten. PM 1972-10-18.
- Parker, R., Kirk, P. & Sullman, M. 1996. Report New Zealand Logging Industry Research Organisation. 21: 29.
- Persson, J. 1995. Skogsbränsle från gallring – studie av skotning av bränsléträdeldar med extra vagn hos SCA Skog AB. SkogForsk. Stencil 1995-02-09.
- Sandberg, J. 1984. Vad kostar sorteringen av timmer och massaved. Sveriges lantbruksuniversitet. Skogsmästarskolan. Examensarbete.
- Sondell, J. 1979. Körhastighet och bränsleförbrukning för skotare i terräng och på väg. Skogsarbeten. Redogörelse nr 8.
- Sondell, J. 1986. Spårdjupsprov med medelstora skotare. Skogsarbeten. Resultat nr 11.

- Thelin, A. 1992. Drivningskostnader och virkesintäkter vid uttag av olika sortiment av massaved och träddelar vid slutavverkning av gran. Skogsarbeten. Stencil 1992-03-04.
- Vaisanen, U. 1969. Effect of stand difficulty factors on harvesting costs. Tied., Metsäteho, Tiedote No. 283.
- Vayrynen, S. 1982. Occupational accidents in maintenance of heavy forest machinery. Journal of Occupational Accidents. 4: 2-4, 175.
- Zylberstein, M. 1981. Fjädrande – dämpande upphängning av hytt på skogsmaskin Jämförelse mellan stum upphängning och upphängning typ MTAB och KGA på skogsmaskin. Skogsarbeten. Stencil 1981-12-10.