

Mekanisert hogst i bratt terreng

Morten A. Nitteberg og Jørn Lileng

Forord

Dette prosjektet er finansiert av Utviklingsfondet for skogbruket, landbruksdepartementet og Norsk institutt for skogforskning (Skogforsk).

Ved siden av Skogforsk, som har hatt prosjektledelsen, har det vært flere samarbeidspartnere. En-To-Tre-Teknikk DA fra Sogn og Fjordane som er importør av Menzi Muck A71 har stilt velvillig opp og bidratt på flere områder. Mjøsen Skogeierforening har sørget for drifter til prosjektet og vært en pådriver underveis. FMLA Oppland har tilrettelagt veier og standplasser og vært en god samarbeidspartner. FMLA Sogn og Fjordane har også bidratt med mye kunnskap og informasjon. Kabeldrift A/S har vært driftsoperatør på kabelkrana og Menzi Muck maskinen. Landbruksdepartementet har sittet som observatør og deltatt aktivt i planleggingen av prosjektet og diskusjonene underveis. Torstein Lisland, Nils Olav Kyllø og Tore Bergstøl har gjennom sin lange erfaring og kompetanse innenfor taubaneteknikk vært viktige bidragsytere i gjennomføringen av prosjektet. I tillegg har Torstein Lisland vært involvert i opplæringsfasen av førerne og bidratt med mye detaljkunnskap gjennom hele prosjektperioden. Leif Kjøstelsen ved Skogforsk gjennomførte tidsstudiene av Menzi Muck A71. Jørn Lileng har stått som prosjektleder mens Morten A. Nitteberg har hatt ansvaret for den daglige driften og oppfølgingen av prosjektet.

Prosjektet har hatt en styringsgruppe bestående av:

Johannes Bergum	Mjøsen Skogeierforening.	Leder
Thorstein Iversen	FMLA Oppland.	Medlem
Erik Nilssen	FMLA Sogn og Fjordane.	Medlem
Asbjørn Moe	Kabeldrift A/S.	Medlem
John Helge Vårdal	En-To-Tre-Teknikk DA	Medlem
Dag Skjølaas	Landbruksdepartementet.	Observatør
Morten Nitteberg	Skogforsk	Sekretær

Ås, mai 2004

Morten A. Nitteberg

Jørn Lileng

Sammendrag

MORTEN NITTEBERG OG JØRN LILENG, 2004: Mekanisert hogst i bratt terreng. Rapport fra skogforskningen 8/04:1-23.

I Norge har det frem til i dag vært mest vanlig å vinsje heltrær eller stammer etter motormanuell felling og opparbeiding i taubanefeltet. Ved å mekanisere hogsten i taubanefeltet vil man kunne øke sikkerheten, redusere arbeidsbelastningen og øke produktiviteten. Dette vil bidra til mer lønnsom utnyttelse av skogressursene i bratt og vanskelig terreng.

I denne undersøkelsen ble en sveitsisk produsert hogstmaskin, Menzi Muck A71, beregnet for bratt og vanskelig terreng og en Owren 400 kabelkran studert. Hogstmaskinen har fire bevegelige armer med hydrauliske hjulmotorer og et lavt marktrykk.

Hogstmaskinen og kabelkranen ble i løpet av juli til november 2002 fulgt opp med driftsstatistikk og tidsstudier. Studiene foregikk i Gudbrandsdalen i terreng med over 40 % helning. I løpet av prosjektperioden ble det avvirket 4641 m³ fordelt på 11 drifter.

Målsetningen om en gjennomsnittlig produktivitet på 10 m³ per tjenestetime (T₀-time) ble ikke nådd i løpet av prosjektperioden. Men produktivitet utviklingen i siste halvdel av prosjektet og resultatene av tidsstudiene viser at Menzi Muck hogstmaskinen har potensial til å oppnå denne målsetningen.

Hovedårsaken til at målet ikke ble nådd var at Menzi Muck A71 hadde noen svakheter med konstruksjonen som blant annet medførte uforholdsmessig store maskintapstider samtidig som driftsapparatet rundt maskinen ikke fungerte optimalt. I følge produsenten er svakhetene med konstruksjonen forbedret i den nye modellen Menzi Muck A91.

Denne undersøkelsen viser at mekanisering av hogsten vil være et viktig steg for lønnsom og miljøvennlig utnyttelse av skogressursene i det bratte og vanskelige terrenget.

Nøkkelord: Bratt terreng, mekanisering, taubane, hogstmaskin, Menzi Muck.

Summary

Norwegian cable logging is commonly performed by winching whole trees after manual felling. By mechanising the harvesting in steep terrain, it is likely that labour safety and productivity will increase, while the manual work load will decrease. This will contribute towards a more profitable utilisation of wood resources in difficult and steep terrain.

To further investigate these possibilities a system consisting of a Swiss made Menzi Muck A71 harvester, designed for steep and difficult terrain, and Owren 400 cable crane were tested. The harvester has four movable legs with wheels that are driven by hydraulic motors. The machine has a low specific ground pressure.

From July to November 2002 the harvester and the cable crane were monitored through time studies and operational statistics. All the studies took place in Gudbrandsdalen in terrain where the inclination was higher than 40 %. During the project period the volume of harvested wood was 4641 m³ from eleven different sites.

The aim, for system profitability, was to exceed a productivity of 10 m³ per total working hour (T_o-hour). This aim was not achieved during this project period. However, the results from the second half of the project, and the results from the time studies showed that the Menzi Muck harvester has the potential to achieve this aim.

One of the main reasons why the target productivity was not reached was the considerable machine delay time, caused by weaknesses in the Menzi Muck's construction. (According to the manufacturer, these weaknesses have been eliminated in the new Menzi Muck A91). In addition, the study showed that the planning of the operation was not optimal.

The conclusion, from this study, is that mechanisation of harvesting operations in steep terrain may contribute to a sustainable and profitable utilisation of these forest resources.

Key words: Steep terrain, mechanizing, cable crane, harvester, Menzi Muck.

Innhold

Innledning.....	6
Problemstilling.....	7
Materiale og metode.....	7
Generelt.....	7
Maskiner og utstyr.....	8
Forberedelser og opplæring.....	11
Driftsstatistikk og tidsstudier.....	12
Økonomi.....	13
Resultater.....	14
Driftsstatistikk.....	14
Tidsstudier.....	17
Taubane – Owren.....	17
Hogstmaskin – Menzi Muck A71.....	18
Økonomi.....	20
Diskusjon.....	21
Konklusjon.....	22
Litteratur.....	23

Innledning

I siste skogmelding (Landbruksdepartementet 1998-99) redegjøres det for at (a) verdiskapning fra skogbaserte næringer skal økes og (b) skogsektoren skal bidra til å løse viktige miljøoppgaver. Skogindustrien har en sterk forankring i distriktene og er viktig for blant annet verdiskapningen og sysselsettingen lokalt. For å sikre en levedyktig skogindustri i Norge vil det i fremtiden være avgjørende med en jevn og stabil virkestilgang.

Dersom den fremtidige avvirkingen i Norge skal opprettholdes på dagens nivå viser resultater fra både Lileng & Dale (2000) og Hobbestad (2002) at man sannsynligvis må over på vanskeligere og brattere driftsforhold blant annet på grunn av mangel på hogstmoden skog i det lette terrenget.

Aktiviteten i det vanskelige terrenget i Norge har sunket kraftig de senere årene. Siden toppåret 1989 frem til 2002 sank avvirkingen i det tilskuddsberettigede vanskelige terrenget fra omtrent 700 000 m³ til omtrent 128 000 m³. I samme periode sank avvirkingen med taubane fra omtrent 269 000 m³ til omtrent 69 000 m³.

Det er flere årsaker til denne reduksjonen, men noen av de viktigste skyldes blant annet forhold som reduserte tømmerpriser, høye driftskostnader, manglende interesse fra skognæringen for utviklingsarbeid og avvirking samt rekrutteringsproblemer knyttet til tungt manuelt arbeid og lav status.

Taubanedriftenes miljømessige fortrinn er blant annet reduserte tekniske inngrep i terrenget ved at man blir mindre avhengig av driftsveier. Videre unngås sporskader i terrenget fordi taubanen erstatter hjulgående terrengtransport. Dette fører igjen til mindre problemer med erosjon, avrenning av næringsstoffer og etableringen av ny skog.

Blant utfordringene med avvirking i bratt terreng er at innsynet til inngrepet er stort i hellende terreng. I tillegg vil det i en del tilfeller være spesielle miljøkvaliteter knyttet til disse områdene. I de siste årenes offentlige debatt har de positive miljøeffektene av taubanedriftene ofte kommet i skyggen av den negative publisiteten.

Tradisjonelt har det vært vinsjet heltrær eller stammer i Norge etter manuell felling i taubanefeltet. Heltrærne vinsjes til standplass der de blir kvistet og kappet. For å gjøre denne jobben er det mest vanlig å bruke eldre hogstmaskiner. På grunn av driftsopplegget og manglende bilvei til standplass brukes ofte godt brukte lassbærere for å transportere virke fra standplass til bilvei. Mye manuelt arbeid og flere enkeltmaskiner som skal betjenes fører til høye lønns- og driftskostnader for taubanedrifter.

I Norge viser erfaringer at gjennomsnittlig dagsproduksjon for taubanedrifter har ligget på omtrent 50 m³. Tidligere undersøkelser og erfaring har vist at Owren 400 kabelkran har en kapasitet på over 100 m³ per dag under gode forhold og med godt organiserte drifter. Ettersom taubanedriftene er avhengig av gode lysforhold begrenses arbeidstiden i vinterhalvåret til normal arbeidsdag.

Ved å mekanisere hogsten i taubanefeltet øker man sikkerheten og reduserer arbeidsbelastningen som igjen kan bidra positivt med tanke på rekrutteringen til taubanenæringen. Bruk av hogstmaskin kan øke taubanens produktivitet og redusere behovet for mannskap noe som igjen kan bidra til økt lønnsomhet. Ettersom de fleste hogstmaskintypene lager minimale skader på terrenget, og uttransporten av virke

fortsatt skal foregå med taubane, vil bruk av hogstmaskiner i det bratte og vanskelige terrenget ikke forringe de positive miljøeffektene av taubanedrifter.

Fordelen med hogstmaskin er også at den legger buntene nærmere strekket slik at gangtiden for stropperen reduseres. Når stokkene legges i bunt bruker man kun en stropp i motsetning til vinsjing etter manuell hogst der trærne ligger spredt og en trenger flere stropper. Tiden det tar å gå i sikkerhet vil også reduseres fordi buntene er kortere en heltrærne. Studier i Østerrike viser en økning i kapasiteten på taubanetransport på opp til 50 % ved transport av bunter i forhold til vanlig sortimentstransport. Lisland & Jacobsen (1998) viser også gode resultater med vinsjing av bunter i flatt terreng.

Mekanisering av hogsten i det bratte og vanskelige terrenget kan bli avgjørende for å utnytte skogressursene i disse områdene samtidig som det kan bedre lønnsomheten og øke rekrutteringen til næringen.

Problemstilling

- Teste ut hvordan en mekanisering av hogsten ved taubanedrifter kan bedre økonomien, redusere rekrutteringsproblemene og lette det tunge og risikofylte arbeidet i bratt terreng.
- Øke taubanenes gjennomsnittlige dagsprestasjon fra 50 til 75 m³ som følge av mekanisert hogst tilsvarende en gjennomsnittlig produktivitet på 10 m³ per tjenestetime (T₀).

Materiale og metode

Generelt

Ved Skogforsk ble det i 2000 kjørt et forprosjekt som var en gjennomgang av eksisterende hogstmaskiner for bratt og vanskelig terreng (Torgersen & Lisland 2000). Prosjektet ble gjennomført som en litteraturstudie og en studiereise i Europa. Under studiereisen deltok også en representant for det praktiske skogbruket. Torgersen og Lisland (2000) konkluderte med at for sikkert arbeid i områder med over 45-50 % stigning må en enten ha en hjulmaskin med skritteknologi eller en maskin med sikringsvinsj. Torgersen og Lisland (2000) anbefalte derfor å prøve ut en Menzi Muck A 71 eller Kaiser S2 Bergbiber sammen med en taubane under norske forhold.

Da prosjektet "Mekanisert hogst i bratt og vanskelig terreng" startet ble Menzi Muck A 71 valgt. Årsaken var at det allerede fantes en importør av denne maskinen i Norge, og at Kaiser S2 Bergbiber var en meget komplisert maskin og ikke var kommet lenger enn på prototypstadiet.

På grunn av de økonomiske rammene for prosjektet var det ikke hensiktsmessig å teste ut de mest ekstreme terreng- og driftsforholdene. Vi ønsket å studere de middels gode og bedre driftene i det bratte og vanskelige terrenget i Norge. Avvirkningen skulle fordeles mellom lassbærer- og taubaneterreng med hovedvekt på sistnevnte. Begge terrengetyper er nødvendig blant annet fordi den første delen av opplæringsfasen vil foregå i lett terreng. Det skulle være en jevn fordeling mellom barmarks- og vinterdrifter samt en god spredning mellom terrengklassene. Hoved-

tyngden av studiene var i områder med 40-60 % stigning. Bestokningen skulle være over 15 m³/daa og trestørrelse større enn 3-4 trær/m³.

Før Menzi Muck ble satt i drift kjørte vi en studie av taubanevinsjing med Owren 400. Vi så der spesielt på stroppekvaliteten og betydningen av den for produksjonen. Erfaringen fra denne forstudien og tidligere undersøkelser (Lisland og Jacobsen 1998) viser at det største potensialet for å øke taubanens produktivitet ligger i å effektivisere stroppearbeidet. Samtidig må lasstørrelsen være optimal i forhold til terrengprofil og pilhøyde. For å få dette til må hogstmaskinen legge stokkene i bunter så nærme strekket som mulig. Det betyr at strekket må planlegges og merkes før hogsten begynner. I forbindelse med stropingen ønsket vi å bare bruke en stropp. Dette var for å spare tid både ved stroping og avstroping. For å lette stropingen av buntene ble en to meter lang ”nål” brukt til å tre stropene under buntene.

Maskiner og utstyr

Hogstmaskinen som testes i prosjektet er Menzi Muck A71Harvester (Fig. 1, Tabell 1) som er produsert i Sveits. Denne hogstmaskinen er konstruert med utgangspunkt i Menzi Muck gravemaskin. Maskinen er bygd på en hovedramme med fire bevegelige armer. På hver arm er det montert et hydraulisk drevet hjul. Armene kan beveges både i vertikal- og horisontalplanet. Dette gjør at maskinen kan horisontalstilles i meget bratt terreng. Maskinen forflytter seg med hjuldriften opp til omtrent 30 % stigning. I brattere terreng brukes kranbommen i tillegg. Maskinen har også hydrauliske betjente støttelabber som presses ned i bakken for stabilisering. Maskinen i prosjektet var utstyrt med vinsj som kan brukes til å øke fremkommeligheten og sikre arbeidet.

Tabell 1. Tekniske data for Menzi Muck A71 Harvester.

Pris	Ca. 2 mill
Totalvekt	Ca. 9 tonn
Motor	Perkins 84kW
Framdrift	4 hydrauliske hjulmotorer
Aggregat	Woody 50(Konrad forstteknik)
Hjul	Trelleborg 600/55*26,5
Vinsj	Kyburz 8 tonn skogsvinsj



Fig.1. Menzi Muck A71.

Hogstaggregatet på Menzi Muck maskinen er et Woody 50 aggregat (Tabell 2) fra Konrad Forsttechnik i Østerrike. Aggregatet skiller seg fra andre aggregater ved at det har endeløs rotasjon og matevalsene kan vippes opp slik at hogstaggregatet kan brukes som en vanlig tømmerklo. Denne funksjonen var en stor fordel i dette prosjektet i og med at en skulle legge stokkene i bunter. Aggregatet har fire bevegelige og to faste kvistekniver. Målesystemet på aggregatet er et enkelt system med diameter og lengdemåling uten mulighet for lagring av stammedata, bare volum.

Tabell 2. Tekniske data. Woody 50 hogstaggregat.

Vekt	790 kg med rotator
Matehastighet	0-4 m/s
Diameter kvisting	50 cm
Gripediameter som tømmerklo	105 cm



Fig. 2. Woody 50 hogstaggregat.



Fig. 3. Owren 400.

Kabelkrana som ble brukt i undersøkelsen var en Owren 400, (Fig. 3, Tabell 3) som er konstruert av Owren A/S. Kabelkrana er montert på en Kockum 850 lassbærer for å gjøre den mobil utenfor bilvei. Krana er bygd opp med egen motor for drift av hydraulikken, nedfellbart tårn med en støttefot i bakken, samt fire bardunvinsjer. Owren 400 er bygget for løpende bærekabelsystem, noe som betyr at returline, trekkline og uttrekksline beveger seg under vinsjing. Den er også utstyrt med fast bærekabel på egen trommel.

Tabell 3. Tekniske data. Owren 400.

Totalvekt	24 000 kg
Motor	Deutz 134 kW
Trekraft	6000 kg
Linehastighet	0 – 8 m/ sek.
Maks vinsjlengthe	400 meter
Totalhøyde med tårn	12,8 meter

Forberedelser og opplæring

For å utnytte Menzi Muck maskinen på en best mulig måte ble det brukt to førere i prosjektet. Maskinen var så krevende å kjøre at det var en fordel å kunne dele opp dagen og rotere på arbeidsoppgavene i den første perioden. I tillegg var man mindre sårbar ved sykdom og fravær.

For å oppnå best mulig resultater i prosjektet fikk både driftsmannskapet og prosjektledelse et oppfriskningskurs i taubaneteknikk av taubanekonsulent Nils Olav Kyllø. Kurset gikk over fire dager og tok for seg sikkerhetsforskrifter, planlegging av taubanedrifter, generell monteringssteknikk, stropping, krefter og effekter i taubanesystem, bruk og vedlikehold av ståltau, miljømessige hensyn ved taubanedrifter og litt om prestasjoner, prissetting og økonomi.

For at Menzi Muck førerne skulle få best mulig opplæring i maskinen ble de sendt på fjorten dagers opplæring på Menzi Muck fabrikk i Sveits, og aggregatprodusenten i Østerrike. Førerne fikk en gjennomgang av mekanisk, hydraulisk og elektrisk oppbygging av maskinen. Service og vedlikeholdsrutiner ble også gjennomgått, i tillegg til grunnleggende bruk av maskinen.

I første halvdel av juni 2002 hadde maskinførerne fjorten dager med praktisk opplæring og trening på Askvoll i Sogn og Fjordane. Hensikten var at førerne skulle bli kjent med maskinen uten å ha noe press på seg i forhold til produktivitet. Programmet ble lagt opp av importøren En To Tre Teknikk DA. Treningen bestod av kjøring på offentlig vei, montering av aggregat og graveskuff, terrengkjøring og hogst i bratt terreng.

Driftsstatistikk og tidstudier

I løpet av perioden fra juli til november 2002 ble det samlet inn driftsstatistikk fra elleve felt i Gudbrandsdalen (Tabell 4). Denne driftsstatistikken består av arbeidstider, tapstider, kubikkmeter, temperaturer, vær- og snøforhold. Arbeidstidene ble delt inn i tjenestetid (T_0) og grunntid (E_{15}). T_0 -tiden defineres som hele den tiden som brukes til å gjennomføre selve hogsten pluss alle tapstidene. Virketiden (E_0) vil si den effektive tiden som brukes på selve hogstarbeidet. Grunntiden (E_{15}) vil si virketiden inkludert alle tapstidene under 15 minutter. Tapstider over 15 minutter inngår dermed ikke i grunntiden. Tapstiden ble delt inn i maskintapstid, person-tapstid, forsøktapstid, reparasjon, flytting, måltider og annet.

Tabell 4. Drifter i prosjektet.

Drift nr	Maskinmålt m^3	Sted	Måned
1	370	Gausdal	Juli
2	74	Gausdal	Juli
3	264	Gausdal	Juli
4	110	Gausdal	Juli
5	315	Gausdal	Aug
6	257	Gausdal	Aug
7	114	Gausdal	Aug
8	1335	Fåvang	Sept/okt
9	824	Ringebu	Okt/nov
10	800	Øyer	Nov
11	180	Øyer	Nov
Sum	4641		

Både taubanen og Menzi Muck maskinen ble tidsstudert (Tabell 5). Slike studier gir produktiviteten i fastkubikkmeter per effektiv time (fm^3/E_0 -time). Tidsstudier foregår over forholdsvis korte tidsrom og er svært arbeidskrevende. Tidsstudiene av taubanen ble gjennomført både etter manuell og maskinell hogst.

På Menzi Muck hogstmaskinen ble det foretatt fem tidstudier mens det av Owren 400 kabelkran ble utført to tidstudier, ett med manuell hogst og ett med mekanisert hogst. Alle studiene av Owren 400 kabelkran ble utført under fallbanekjøring. Det ble brukt en Koller løpekatt som er konstruert for fallbanekjøring.

Tabell 5. Registrerte parametere ved tidstudie av taubane og Menzi Muck..

Owren 400		Menzi Muck A71	
Lassdata	Deltider	Tre/Feltdata	Deltider
Nummer	Returkjøring	Dbh	Gripe
Retur meter	Heiseline ut	Flytting meter	Felle
Heiseline meter fra strekk	Stropping	Stigning	Kviste
Stokker antall	Gå i sikkerhet	Treslag	Lunne
Strekk nummer	Heiseline inn	Antall stokker	Rydde
	Lasskjøring	Kjøreretning	Klargjøre
	Heiseline ned ved avstropping	Feil	Flytte
	Avstropping	Kapp meter	Maskintapstid
	Maskintapstid		Persontapstid
	Persontapstid		Arbeidtapstid
	Arbeidtapstid		Forsøktapstid
	Forsøktapstid		

Økonomi

Det ble ikke samlet inn kostnadstall for Menzi Muck maskinen i denne undersøkelsen. På grunn av dette ble det tatt utgangspunkt i tidligere undersøkelser fra ordinære hogstmaskiner under de økonomiske beregningene. Lileng (2004) samlet inn regnskapstall fra tre ordinære hogstmaskiner. Gjennomsnittlige driftskostnader, lønnskostnader samt andre kostnader utgjorde for disse hogstmaskinene henholdsvis omtrent 400 000, 500 000 og 100 000 kroner per år. Det forutsettes at Menzi Muck maskinen vil ha de samme driftskostnadene og lønnskostnadene som hogstmaskinene studert av Lileng (2004). Kapitalkostnadene til Menzi Muck maskinen beregnes ut i fra pris, antall år, restverdi og en kalkulasjonsrentefot. Menzi Muck maskinen har en pris på 2 millioner kroner. Med utgangspunkt i resultat fra Lileng (2001) forutsettes det at maskinen byttes ut etter 5 år med et årlig verditap på 15 %. Det gir en restverdi i underkant av 890 000 kroner. Kalkulasjonsrentefoten settes til 5 %.

Formelen for årlig kapitalkostnad:

$$K = \left(I - \frac{R}{(1+p)^n} \right) \cdot a \quad \text{der} \quad a = \frac{p(1+p)^n}{(1+p)^n - 1}$$

K = årlig kapitalkostnad (kr)

I = kjøpesum (kr)

R = salgsværdi (kr)

n = antall år

p = kalkulasjonsrentefot

a = amortiseringsfaktor (Beregner renter og avskrivninger på et beløp som skal nedbetales i løpet av n antall år med en kalkulasjonsrente lik p)

Kostnadstallene og driftsstatistikken brukes til å beregne timepriser og kostnader per kubikkmeter. Det gjøres også følsomhetsanalyser for å finne hvilken produktivitet Menzi Muck maskinen bør ha for å oppnå et tilfredsstillende økonomisk resultat. Hogstmaskinkostnadene ble stipulert til 75 kr/m³.

Resultater

Driftsstatistikk

De åtte første driftene var på barmark mens de tre siste var på snø. Snødybden, som ble registrert daglig, varierte fra 10 til 50 cm med et gjennomsnitt på 23 cm. I 73 % av registrerte tilfeller var snødybden mellom 20 og 30 cm slik at snøforholdene ikke var til nevneverdig hinder for driftene. Værforholdene ble også registrert og det var kun 12 % av dagene hvor været var slik at mannskapet følte at det hindret arbeidet litt.

Den totale produksjonen i forsøksperioden fra juli til november var på 4641 m³. Driftene varierte fra 74 til 1335 m³ med et gjennomsnitt på 422 m³. Den totale tiden som ble brukt på denne produksjonen var 1092 timer fordelt på 688 grunntimer (E₁₅) og 403 tapstimer. Tapstiden utgjorde 38 % av tjenestetiden (Tabell 6). Maskintapstid var den av tapstidene som utgjorde den største andelen med 18 % av tjenestetiden. Gjennomsnittlig produktivitet for hele forsøksperioden var henholdsvis 4,3 m³/T₀-time og 6,7 m³/E₁₅-time. Gjennomsnittlig dagsprestasjon var på 43 m³ (Tabell 7). Gjennomsnitt tjenestetid per dag var 10,3 timer hvor gjennomsnittelig tapstid utgjorde 4,2 timer.

Tabell 6. Tidsforbruk for alle drifter.

Drift	Antall dager	Tjenestetid (T ₀ -timer)	Grunntid (E ₁₅ -timer)	Tapstid (timer)	Tapstid %
1	6	87	52	35	40
2	3	22	12	10	44
3	9	118	57	60	51
4	3	38	25	13	35
5	11	120	69	51	43
6	7	76	51	25	33
7	3	25	12	13	53
8	27	284	184	100	35
9	16	159	97	62	39
10	11	137	109	28	21
11	2	28	21	7	24
Sum/gj. snitt	98	1092	688	403	38

Tabell 7. Produktivitet for alle driftene.

Drift	Maskinmålt m ³	m ³ /T ₀ -time	m ³ /E ₁₅ -time	m ³ /dag
1	370	4,3	7,1	46
2	74	3,4	6,1	25
3	264	2,2	4,6	29
4	110	2,9	4,4	37
5	315	2,6	4,6	29
6	257	3,4	5,0	37
7	114	4,6	9,7	38
8	1335	4,7	7,3	49
9	824	5,2	8,5	33
10	800	5,9	7,4	73
11	180	6,4	8,5	90
Sum/gj. snitt	4641	4,3	6,7	43

De to første driftene var i relativt lett terreng med en produktivitet på 6 - 7 m³/E₁₅-time. Når maskinen begynte å operere i brattere og vanskeligere terreng sank produksjonen til 4 - 5 m³/E₁₅-time på de neste fire driftene. På de tre siste driftene økte produktiviteten og var 9,7 m³/E₁₅-time på sitt høyeste (Fig. 4). De to siste driftene har en forholdsvis høy dagsprestasjon og lav andel tapstid i forhold til de andre. Av 98 driftsdager var det 9 dager med null kubikkmeter produsert noe som utgjør omtrent 9 % (Fig. 5 og Fig. 6).

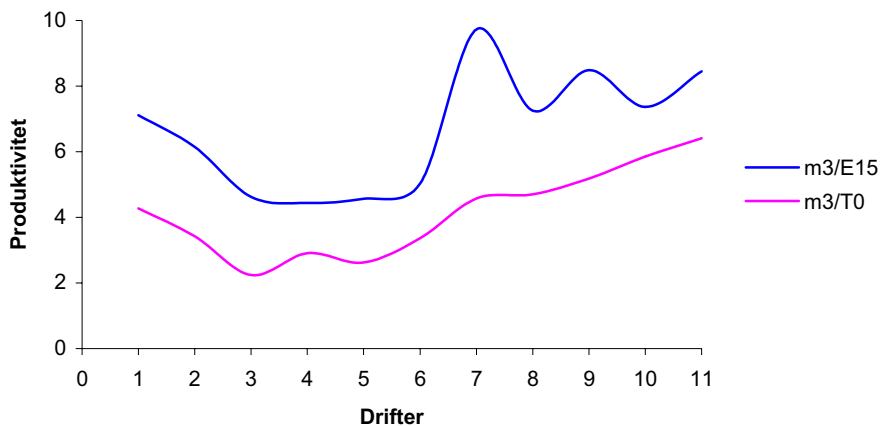


Fig. 4. Gjennomsnittlig produktivitet i m³ per grunntime (E₁₅-time) og m³ per tjenestetime (T₀-time) for alle driftene.

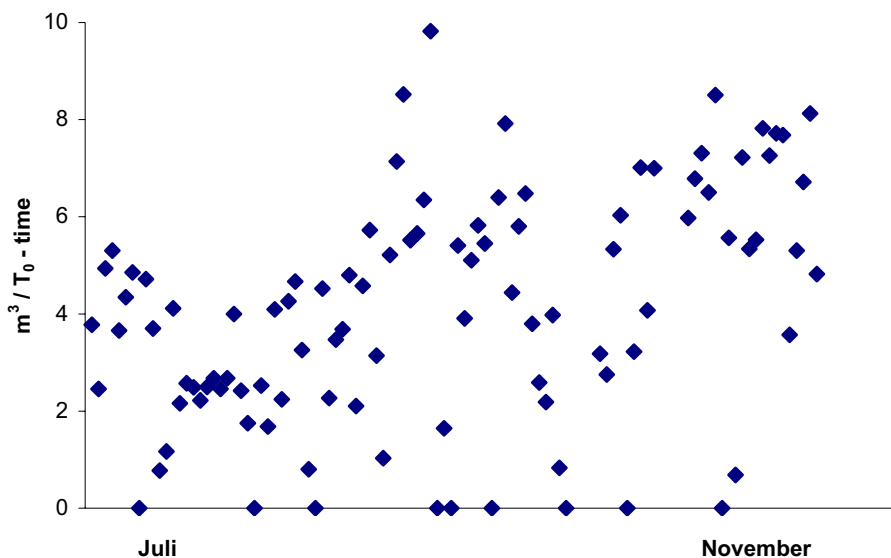


Fig. 5. Utviklingen av Menzi Muck A71 gjennomsnittlige prestasjon i m^3 per tjenestetime (T_0 -time) i forsøksperioden fra juli til november 2002.

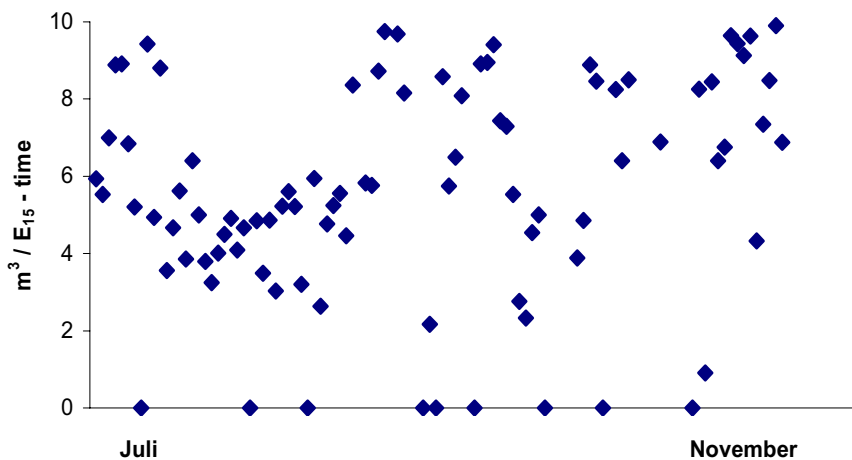


Fig. 6. Utviklingen av Menzi Muck A71 gjennomsnittlige prestasjon i m^3 per grunntime (E_{15} -time) i forsøksperioden fra juli til november 2002.

Tidsstudier

Taubane – Owren 400

Den første tidsstudien var av taubanevinsjing etter *manuell hogst*. Ved 100 og 300 meter vinsjing for disse driftene utgjorde stroppesekvensen henholdsvis 60 % og 50 % av totaltiden per lass. Med stroppesekvens menes her tiden fra heiselina senkes til det ferdige lasset er heist opp til løpekatten. Hvis stroppesekvensen reduseres med 20 % ved 100 meter vinsjing øker produktiviteten med 2,3 lass per time. I løpet av en arbeidsdag på 7,5 time vil dette utgjøre opptil 18 lass. Med en gjennomsnittlig lasstørrelse på 1 m³ vil økningen bli 18 m³ per dag (Tabell 8).

Tabell 8. Stroppesekvensens effekt på taubanens produktivitet ved 100 meter vinsjing.

Redusert stroppesekvens	0 %	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %
Stroppesekvens (cmin)	219,1	197,2	175,3	153,4	131,5	109,5
Totaltid (cmin/lass)	355	333,4	311,5	289,5	267,6	245,7
Lass per time	16,9	18	19,2	20,7	22,4	24,4
Økning i lass per time	-	1,1	2,3	3,8	5,5	7,5

Den andre tidsstudien var av taubanevinsjing etter *mekanisert hogst*. Prestasjonen dag 1 var 5,8 m³/E₀-time med gjennomsnittlig lasstørrelse på 0,5 m³. Tilsvarende resultat for dag 2 var en prestasjon på 11 m³/E₀-time med gjennomsnittlig lasstørrelse på 1 m³. Årsaken til den kraftige økningen av produktiviteten i dag 2 skyldes at tidsforbruket per lass var omtrent det samme når lasstørrelsen ble øket til det dobbelte (Fig. 7). For å beregne lasstørrelse ble et utvalg på 54 stokker volumberegnet. Gjennomsnitt stokkvolum var 0,147 m³.

Resultatene fra studien av taubanevinsjing av bunter etter mekanisert hogst viste at stroppesekvensen i gjennomsnitt utgjorde 43 % av tjenestetiden ved 170 m vinsjing. Det er 10 - 15 % lavere enn vi registrerte på studiet etter manuell hogst. I tillegg til dette reduserte vinsjing av bunter med kappet virke antall fastkjøringer betraktelig. Hvis lasset treffer en hindring snur det seg bare rundt. For at det skal fungere må lasset stropes mellom midten og 1/3 inn fra enden. Under tidsstudiene brukte taubanen en Koller løpekatt som ikke kan senke lasset under innkjøringen til velta. På grunn av dette klarer man ikke å rette inn lasset slik at stokkene ble liggende på kryss og tvers på velta. Dette kompliserer den videre behandlingen av stokkene.

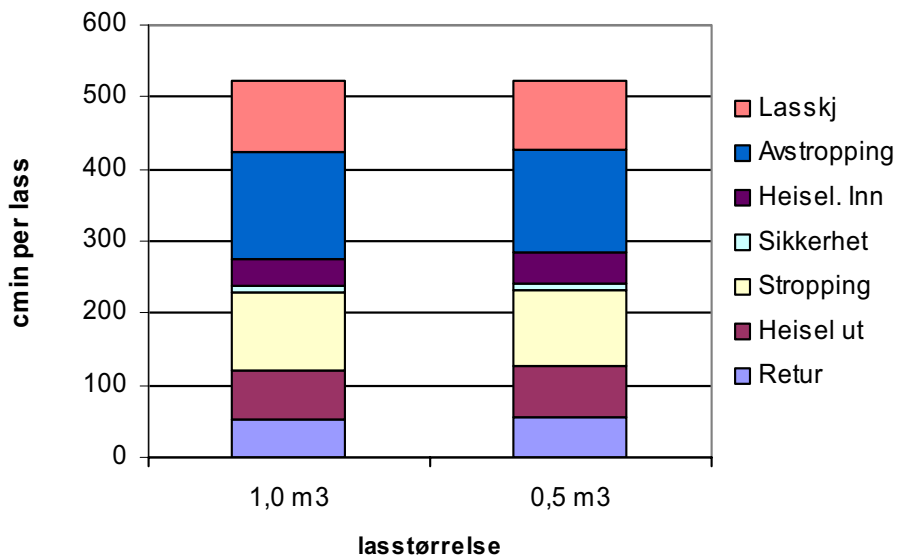


Fig. 7. Gjennomsnittlig tidsforbruk per lass ved taubanevinsjing med varierende lasstørrelse.

Hogstmaskin – Menzi Muck A71

Det ble gjennomført tre tidsstudier på barmark og to på snødekt mark. Snødybden var omtrent 20 cm og dermed uten nevneverdig hinder for maskinen. Under hogsten var det forholdsvis mye snø på trærne. Dette hindret hogstarbeidet på grunn av redusert sikt som følge av snø og dugg på frontruta.

Produktiviteten for de fem ulike feltene under tidsstudiene av Menzi Muck hogstmaskinen varierte fra 9,5 til 20,9 m³/E₀-time med et gjennomsnitt for alle på 16,6 m³/E₀-time. Gjennomsnittlig trestørrelse for alle fem tidsstudiene var 509 liter. Resultatene indikerer en sammenheng mellom kubikkmeter per dekar (bestokning) og produktivitet (Tabell 9). Sammenhengen mellom produktivitet og trestørrelse viser en høy korrelasjon ($R^2=0,87$). Det vil si at 87 % av variasjonen i produktiviteten kan være knyttet til variasjonen i trestørrelse. Etter hvert som trestørelsene blir større øker spredningen i produktiviteten (Fig. 8).

Omtrent en tredjedel av den effektive tiden (E₀) går med til rydding og flytting. Kvistingen tar 39 % av effektiv tid mens 4 % av tiden brukes til å legge i bunt. Den resterende tiden (25 %) går med til griping og felling (Fig. 9).

Tabell 9. Tidsstudiedata for Menzi Muck A71.

Tidsstudie nr	1	2	3	4	5
Feltdata					
Dato	05.09.02	26.09.02	30.09.02	13.11.02	28.01.03
Kjøreretning	Ned	Ned/Opp	Opp	Opp	Ned
Høydeklasse	1,5	1,6	1,6	1,8	1,6
Bestokning (m ³ /daa)	42,0	39,7	39,7	51,1	30,8
Produksjon					
Stuert volum (m ³)	125,8	66,3	77,5	71,6	44,7
Grunntid i timer (E ₀ -time)	6,3	4,0	4,8	3,4	4,7
Produktivitet (m ³ /E ₀ -time)	20,1	16,5	16,2	20,9	9,5
Tid (min/tre)	1,6	1,8	2,5	2,2	1,7
Volum/tre (m ³)	0,53	0,50	0,69	0,76	0,27

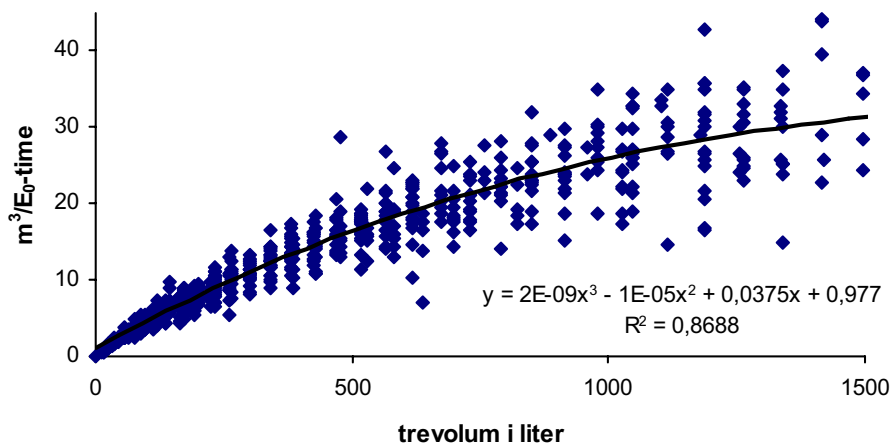


Fig. 8. Tidsstudiedata som viser sammenhengen mellom produktivitet og trestørrelse for Menzi Muck A71.

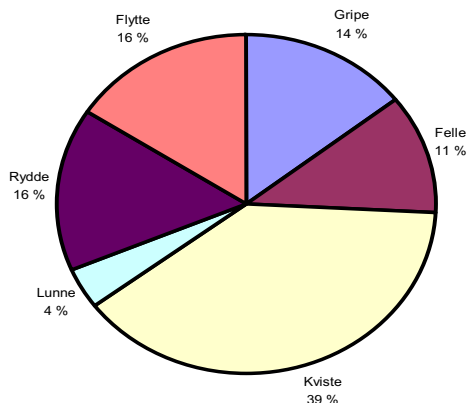


Fig. 9. Fordeling av deltid ved hogst med Menzi Muck A71.

Økonomi

Som nevnt tidligere var totalproduksjonen i forsøksperioden 4641 m³. Tjenestetiden (T₀) som ble brukt på denne produksjonen var 1185 timer fordelt på 692 grunntimer (E₁₅) og 493 tapstimer.

Prisen på Menzi Muck maskinen settes til 2 millioner kroner og vi forutsetter en brukstid på fem år. Videre forutsettes en verdireduksjon på 15 % per år som gir en restverdi etter fem år på 890 000 kroner (Tabell 10).

Med en kalkulasjonsrentefot på 5 % gir forutsetningene overfor en årlig kapital-kostnad i overkant av 300 000 kroner. De resterende kostnadene (driftskostnader, lønn og diverse) ble satt til 1 million kroner. Dette gir en årlig totalkostnad på 1,3 millioner kroner. Ettersom den innsamlede driftsstatistikken foregikk over 6 måneder halveres de årlige kostnadene før de brukes i de videre kalkylene (Tabell 11).

Tabell 10. Forutsetninger for beregning av kapitalkostnadene for Menzi Muck A71.

	Forutsetninger
Innkjøpspris	2000 000
Forventet antall år	5
Restverdi	890 000 (15% verdireduksjon per år)
Kalkulasjonsrentefot	5%

Tabell 11. Oversikt over de forutsatte kostnadene til Menzi Muck A71.

	kr/år	Forsøksperiode 6 mnd
Kapitalkostnader	300 000	150 000
Driftskostnader	400 000	200 000
Lønn	500 000	250 000
Diverse kostnader	100 000	50 000
Sum	1 300 000	650 000

Disse forutsetningene sammen med driftsstatistikken gir en timepris på henholdsvis 548 kr/ T_0 -time og 939 kr/ E_{15} -time.

For å forsvare den stipulerte hogstkostnaden til Menzi Muck maskinen på 75 kr/ m^3 måtte hogstmaskinens produktivitet vært minst 7,3 m^3/T_0 -time eller 12,5 m^3/E_{15} -time som gir et resultat lik null.

Diskusjon

Opprinnelig var planen at Menzi Muck hogstmaskinen skulle operere sammen med taubanen i ett år og at de siste månedene skulle foregå i Sogn og Fjordane. På grunn av problemer som oppstod underveis ble den praktiske delen av prosjektet redusert til seks måneder. Dette medførte at prosjektet ikke ble gjennomført på Vestlandet. Hovedårsaken til disse problemene var at taubaneentreprenøren ikke oppnådde forventet produksjon og dermed dårlig økonomisk resultat. Det ble gjennomført tiltak for å øke produksjonen til taubanelaget uten at dette ga gode nok resultater. Ettersom førerne på Menzi Muck maskinen var ansatt hos taubaneentreprenøren sluttet også disse når kontrakten ble avsluttet. Fordi opplæring av nye Menzi Muck førere både er kostbar og langvarig valgte man å avslutte den praktiske delen av prosjektet.

Når man tolker resultatene i denne undersøkelsen må man være oppmerksom på at Menzi Muck A71 er en meget krevende maskin å operere. Dette er en helt ny maskintype i Norge og erfaringer fra Sveits og Østerrike viser at man trenger opp til 1000 maskintimer for å bli en dyktig fører. Da innsamlingen av driftsstatistikken i prosjektet startet hadde førerne bare fjorten dagers trening med denne maskinen. I løpet av undersøkelsen kjørte maskinføreren som sto for mesteparten av hogsten med Menzi Muck maskinen omtrent 700 maskintimer. I tillegg til dette hadde ikke maskinen full effekt i store deler av prosjektperioden. Dette skyldes innkjøring og justeringsproblemer på det hydrauliske systemet som blant annet medførte redusert effekt på fremdrift og hogstaggreat.

I utgangspunktet var det lagt opp til å starte med drifter i lett terreng og øke vanskelighetsgraden utover i prosjektet. Entreprenøren valgte imidlertid forholdsvis raskt å bevege seg opp i bratt og vanskelig terreng. Ettersom førerne hadde liten erfaring med maskinen førte det til at produktiviteten i denne perioden ble lavere enn forventet. Dette bidro igjen til at den gjennomsnittlige produktiviteten i hele forsøksperioden også ble lavere enn forventet.

Resultatene fra driftsstatistikken for Menzi Muck maskinen viser en positiv trend utover i forsøksperioden med hensyn til produktivitet. I den siste driften hadde maskinen en produktivitet på 6,4 m^3/T_0 -time. Da var førerne fortsatt ikke ferdig utlært med hensyn til de erfaringene man har gjort i Sveits og Østerrike. Hvis førerne hadde fortsatt denne positive utviklingen ved å få mer erfaring med maskinen ville man sannsynligvis nærmet seg eller nådd målsetningen i prosjektet på 10 m^3/T_0 -time.

Statistikken viser at tapstidene har vært høye for Menzi Muck maskinen sammenlignet med ordinære hogstmaskiner. I Lileng (2001) sitt materiale utgjorde de totale tapstidene 25 % av tjenestetiden (T_0). For Menzi Muck maskinen utgjorde maskintapstidene en stor del av den totale tapstiden på 38 %. Mangelfull organisering av apparatet rundt hogstmaskinen var også en viktig årsak til de høye

tapstidene. Det er flere årsaker til de høye maskintapstidene i dette prosjektet. På Menzi Muck maskinen var det for mange reparasjoner som skyldes konstruksjon som ikke var god nok, samtidig som det var mange småreparasjoner. Fire dager hvor maskinen er fjernet fra arbeidsplassen for større reparasjoner er fjernet fra materialet. Aggregatet var konstruert slik at slangebytte tok uforholdsmessig lang tid. Mye av maskintapstidene skyldes også at servicen og vedlikeholdet ofte ble utført av begge førerne samtidig som ett ledd i opplæringen. Begge førerne førte dermed tapstid slik at disse tidene ofte ble høyere enn nødvendig. Inntrykket fra dette studiet var også at vedlikehold og ettersyn tok mer tid enn for ordinære hogstmaskiner. Årsaken til dette er at et uhell i bratt og vanskelig terreng kan få alvorligere konsekvenser enn i normalt terreng.

I de økonomiske kalkylene er det forsøkt å gjøre forutsetningene om kostnader, restverdi, antall år og kalkulasjonsrentefot så realistiske som mulig ved å ta utgangspunkt i erfaringstall fra tidligere undersøkelser ved Skogforsk. Til tross for dette bør man ta høyde for at endringer av disse forutsetningene gir andre resultat enn det som presenteres. Dersom eksempelvis summen av de årlige kostnadene reduseres med 100 000 kroner ville driftskostnadene reduseres med 11 kr/m³, gitt at de andre faktorene holder seg uendret. Tilsvarende vil en økning av antall driftsår fra 5 til 7 redusere driftskostnadene med 7 kr/m³. En økning av kalkulasjonsrentefoten til 7 % gir en økt driftskostnad på 4 kr/m³. Dette viser at forholdsvis små endringer i kalkulasjonsgrunnlaget gir tydelige utslag på resultatene.

Konklusjon

Erfaringene fra prosjektet viser at Menzi Muck er en interessant maskin med tanke på mekaniseringen i det bratte og vanskelige terrenget. Målsetningene i prosjektet om Menzi Muck maskinens produktivitet ble ikke nådd. Men resultatene fra tidsstudiene og den positive produktivitetsutviklingen utover i prosjektet viser at hogstmaskinen har et potensial som tilfredsstiller målsetningene. Menzi Muck A71 hadde noen svakheter med konstruksjonen som blant annet medførte uforholdsmessig store maskintapstider. Dette er i følge produsenten forbedret i den nye modellen Menzi Muck A91. Prosjektet har også vist at mekaniseringen er helt avhengig av et godt organisert driftsapparat for å fungere optimalt.

Det er vanskelig å rekruttere folk til det tunge og risikofylte arbeide i bratt og vanskelig terreng. En viktig faktor for å utnytte skogsressursene i disse områdene i framtiden vil være å gjøre dette arbeidet mer attraktivt og lønnsomt. Dette prosjektet er et ledd i denne utviklingen der resultatene viser at det er grunn til å arbeide videre med mekaniseringen i det bratte og vanskelige terrenget. I tillegg til selve mekaniseringen bør utviklingen av hele bratt terreng teknologien fortsette med tanke på å redusere kostnadsnivået og bedre lønnsomheten.

Litteratur

- Hobbelstad, K. 2002. Framtidig virkestilgang. Rapport fra skogforskningen 7/02. Norsk institutt for skogforskning. Ås. 20 pp.
- Landbruksdepartementet 1998-99. Verdiskapning og miljø – muligheter i skogsektoren (Skogmeldingen). St meld nr 17.
- Lileng, J. & Dale, Ø. 2000. Aktivitetsnivå i vanskelig terreng i Norge. Rapport fra skogforskningen 9/00. Norsk institutt for skogforskning. Ås. 31 pp.
- Lileng, J. 2001. Skogsmaskiner – kostnader, kalkyler og økonomikontroll. Rapport fra skogforskningen 3/01. Norsk institutt for skogforskning. Ås. 43 pp.
- Lileng, J. 2004. Driftsstatistikk, tidsstudier og regnskapstall for skogsmaskiner. Norsk institutt for skogforskning. Ås. Upublisert.
- Lisland, T. & Jacobsen, H. 1998. Sluttrapport fra prosjekt: Bruk av kabelkran på bæresvak mark. Oppdragsrapport 12/98. Norsk institutt for skogforskning. Ås. 36 pp.
- Torgersen, H. & Lisland, T. 2000. Mekanisering i bratt og vanskelig terreng. Oppdragsrapport 12/00. Norsk institutt for skogforskning. Ås. 30 pp.

Rapport fra skogforskningen

Utkommet i 2004:

- 1-04 *Peder Gjerdrum: Fuktrelasjoner for kommersiell bartrelast*
- 2-04 *Even Bergsens, Hans Fredrik Hoen, Knut Veisten og Petter Økseter: Konsekvenser på virkesproduksjon av endrede transportkostnader – fra FAS til CIF*
- 3-04 *Ketil Kohmann og Nils Lexerød: Proveniensforsøk med svartor (*Alnus glutinosa* Gaertn.) i Norge.*
- 4-04 *Ole Martin Bollandsås, Hans Fredrik Hoen og Anders Lunnan: Nullområder i skogbruket – en prinsipiell betraktning.*
- 5-04 *Ole Martin Bollandsås, Hans Fredrik Hoen og Anders Lunnan: Nullområder i skogbruket – vurdering av driftskostnader og miljøverdier*
- 6-04 *Geir I. Vestøl, Olav Høibø, Sander Lilleslett og Harald Myhre: Fysiske og mekaniske egenskaper til rundtømmer og firkant av furu fra høyereliggende skog.*
- 7-04 *Nils Lexerød & Tron Eid: Potensielt areal for selektive hogster i barskog - en kvantifisering basert på Landsskogtakseringens prøveflater*