

1/00



# Rapport

fra skogforskningen

Norsk institutt for skogforskning, Høgskolevn. 12, 1432 Ås  
Institutt for skogfag, NLH, Postboks 5044, 1432 Ås

## Skogsdrift med snøscooter

- Trekkrefter for ulike snøscootere
- Utstudsstudier
- Praktiske metodeforsøk

En delrapport fra prosjektet: Skogbehandling og driftssystemer tilpasset boreal regnskog og verneskog



Øystein Dale og Morten Nitteberg

## Rapport fra skogforskningen

- ✓ **Rapport fra skogforskningen** inneholder førstegangs publiserte artikler beregnet på norske og nordiske lesere
- ✓ Tabell- og figurtekster skrives på norsk
- ✓ Sammendrag skrives på norsk
- ✓ Engelske manuskripter eller omfattende arbeider med mye grunn-data kan publiseres i en underserie - *Supplement*.

Norsk institutt for skogforskning (NISK) er utgiver av serien, i et samarbeid med Institutt for skogfag, NLH.

Tilrettelegging av manus for trykking, ajourhold av abonnenter, innkreving av abonnementsavgift, distribusjon av heftene og lagerhold skjer på NISK. Bestilling av abonnement og enkelt-eksemplar av seriene skjer til NISK.

Redaktør for serien er forskningsdirektør Bjørn R. Langerud, NISK

En forfatterinstruks er tatt inn på siste omslagsside.

Layout og sats: Karin Westereng, NISK

ISBN 82-7169-923-7  
ISSN 0803-2858

Norsk institutt for skogforskning (NISK)  
Høgskoleveien 12,  
1432 Ås

Tlf.: 64 94 90 00  
Fax: 64 94 29 80  
E-post: [nisk@nisk.no](mailto:nisk@nisk.no)  
Internett: <http://www.nisk.no/>

*Forside: Fra forsøksdrift i Namskogan, Nord-Trøndelag*  
Foto: Ola Sørbagen

# Skogsdrift med snøscooter

- *Trekkrefter for ulike snøscootertyper*
- *Utstyrsstudier*
- *Praktiske metodeforsøk*

***En delrapport fra prosjektet : Skogbehandling og driftssystemer tilpasset boreal regnskog og verneskog***

Øystein Dale og Morten Nitteberg



### **Sammendrag**

I driftssesongen 96/97 ble det gjennomført en rekke pilotprosjekt for å vurdere egenskaper, utstyr og driftsmetoder for snøscooter. Måling av trekkraft ble utført i mars 97 i Namdalen i en periode med kaldt vær (-12 til -15 grader celsius) og i midten av mai på samme sted, men med en høyere temperatur. Høyeste gjennomsnittlig trekkraft ble oppnådd med Lynx 6900 med 60 cm bredt belte og høyprofilribber 2,96 kN. Effekten av løypepakking i mai (våt gammel vårsnø) var veldig liten, ca. 1,7%, mens i mars under meget gode kjøreforhold ble det oppnådd en trekkraftøkning opp til 30 %. Ved å legge på en tilleggsbelastning på 75 kg ( tilsvarer den belastningen en får ved å kjøre med lass) økte trekkraften i gjennomsnitt med 16 %.

To prototyper av lunnedrag, Proff og Variomatic ble testet for å finne trekkraftbehovet ved lunning under forskjellige driftsforhold og typer. Forsøket viste at doning med vektoverføring til scooteren ga økt trekkraft og dermed muligheten til å kjøre med større lass.

Det ble gjort metodeforsøk for å måle effekten av ulike måter å organisere det praktiske arbeidet på. To metoder ble fulgt opp, hogst og kjøring i en operasjon og forhåndshogst med utkjøring etterpå. Studiene ga klare indikasjoner på at det å skille mellom hogst og utkjøring var den mest effektive metoden. En viktig del av driftsmetoden er planlegging og løypepreparering, og som bør gjøres før hogsten starter. Dette vil lette hogstarbeidet betraktelig, og løypene vil få tid til å sette seg før utkjøringen starter.

*Nøkkelord: Snøscooter, verneskog, alternative hogstmetoder, trekkraft*

**Innhold**

1.0 Innledning.....	4
2.0 Metoder.....	5
2.1 Trekkraftmålinger .....	5
2.2 Utstyrstester .....	5
2.3 Praktiske metodeforsøk/tidsstudier.....	7
3.0 Resultater.....	8
3.1 Trekkraftmålinger.....	8
3.2 Utstyrstester.....	11
3.3 Praktiske metodeforsøk/tidsstudier.....	16
4.0 Diskusjon.....	20
4.1 Trekkraft .....	20
4.2 Utstyr.....	21
4.3 Driftsmetoder.....	22

## 1.0 Innledning

Snøscooteren har helt fra den ble introdusert i Norge i første halvdel av 60-årene blitt benyttet til lettere transporter i skogbruket. Bruken har ikke hatt så stort omfang når det gjelder tradisjonell tømmerdrift, men i enkelte distrikter har den vært benyttet til framkjøring av relativt store mengder bjørkeved som er tatt ut fra høyereliggende og avsidesliggende skog. Snøscooteren er en maskin med svært god framkommelighet og stor transporthastighet i veiløst terreng. Dette gjør bruken av disse maskinene spesielt interessant innen den del av skogbruket som drives i de marginale høyereliggende strøkene der grunnlaget for et tett veinett er lite og en samtidig har store snømengder og store utgifter til brøyting. Etter at forskriftene for drift i verneskogen opp mot fjellet har blitt strengere har også dette medført en økt interesse for bruk av alternative driftsmetoder. Utstyr for tømmerkjøring med snøscooter har hovedsakelig vært utviklet for framkjøring av ved og mindre tømmerdimensjoner. Etter hvert som snøscooteren har blitt sterkere og fått bedre framkommelighet har det også blitt mulig å bruke maskinen til framkjøring av tømmer. Praktiske erfaringer og forsøk har imidlertid vist at driftsmetoden har vært tung og arbeidskrevende. Det er spesielt pålessingen som har vært tung med de arbeidsmetodene og det utstyret som har vært benyttet. Utstyr for tømmerkjøring med snøscooter har hovedsakelig vært av doningtypen med fram- og bakdning etter samme prinsippet som doningene for hest. Det er imidlertid i de senere årene utviklet og prøvd flere nye varianter der en har bygget på prinsippene fra bøyle- og sulkydrag som ble utviklet for hest og lette traktorer i 50-årene.

Som et delprosjekt i prosjektet «Skogbehandling og driftssystemer tilpasset boreal regnskog og verneskog» med finansiering fra Utviklingsfondet for skogbruket ble det i driftssesongen 96/97 gjennomført en rekke pilotprosjekter for å vurdere egenskaper, utstyr og driftsmetoder for snøscooter. Det er resultater fra disse prosjektene som er tatt med i denne rapporten.

Prosjektet ble gjennomført i samarbeid med det lokale utviklingsprosjektet i Namsskogan kommune (tømmerdning for snøscooter), Norske Skog, Skogene Namdalen distrikt og Skogbrukets kursinstitutt, (SKI).

## 2.0 Metoder

### 2.1 Trekkraftmålinger

Formålet med trekkraftmålingene var å finne effekten av vektoverføring fra lass til snøscooter, pakking av løyper, ulike belte typer/bredder og maskinstørrelser. Målingene ble gjennomført to ganger under ulike snø- og temperaturforhold.

1. Mars 97. Nattetemperatur ca -25 °C, dagtemperatur fra -12 til -15 °C
2. Mai 97. Nattetemperatur ca -2 °C, dagtemperatur fra +4 til +8 °C.

Trekkraften ble målt ved å bremse ned snøscooterne ved hjelp av en bremse-scooter (to belter) som var belastet til en totalvekt på ca 600 kg med fører. Maskinene ble bremsed ned fra en hastighet på ca 20 km/t til de sto stille. Hver måling ble gjennomført med minimum fire gjentak. Føreren av maskinen som ble nedbremsed fikk instruks om å forsøke å opprettholde farten lengst mulig ved å gi mer gass og dermed øke effektuttaket og belte hastigheten.

Trekkraften ble målt under fire ulike driftsbetingelser:

- Standard maskin med fører. Pakket løype.
- Standard maskin med fører. Løs snø.
- 75 kg tilleggsbelastning på bagasjebrett. Pakket løype.
- 75 kg tilleggsbelastning på bagasjebrett. Løs snø.

Tabell 1. Maskiner som var med i forsøkene

Maskin	Motoreffekt	Vekt	Beltebredde	Belteprofil
Lynx 650 96mod	22 kW	280 kg	60 cm	18 mm
Lynx 5900 97mod	29 kW	240 kg	50 cm	23 mm
Lynx6900 97mod	29 kW	275 kg	60 cm	23 mm
Artic Cat 550* 97mod	57 kW	239 kg	41 cm	19 mm

\* Denne maskinen var bare med på første delen som ble kjørt i mars.

### 2.2 Utstyrstester

For å kunne måle trekkraftbehovet for å trekke ulike typer lunnedrag under forskjellige driftsforhold ble det bygget opp en snøscooter med en trekkrok som kan måle krefter i vertikalt og horisontalt plan. To prototyper av lunnedrag, Proff og Variomatic, ble benyttet til disse testene. De var utviklet i forbindelse med at Norske Skog Skogene Namdal distrikt hadde prøvedrifter med snøscooter i Namdalen vinteren 96/97.

Proff-lunnedraget hadde muligheter for innstillinger i flere posisjoner for å kunne variere vektoverføringen til snøscooteren, mens Variomatic hadde fjærer som ga en trinnløs økende vektoverføring til snøscooteren ved økende lassmotstand.

Følgende målinger ble gjennomført:

- Måling av trekkraftbehov ved halvslepene lass (bøyledrag) med ulik vektoverføring til snøscooter.
- Måling av trekkraftbehov ved bruk av bakdning (geit).
- Måling av trekkraftbehov for å trekke lassene i gang.
- Måling av skyvkrefter på snøscooter ved oppbremsing.

Målingene ble gjennomført i januar (stabilt vinterføre i Hurdal) og mai måned i Namsskogan. Målingene i mai måned ble gjennomført for å se på hvordan høy temperatur og dårlige snøforhold påvirket trekkraftbehovet. Formålet med testene var å få samlet inn data for å kunne gjøre konstruksjonsmessige styrkeberegninger på lunnedragene og vurdere vektoverføringsprinsipper og effekten av disse. Dataene kan også brukes til å beregne snøscooterens teoretiske framkommelighet ved motkjøring med lass.

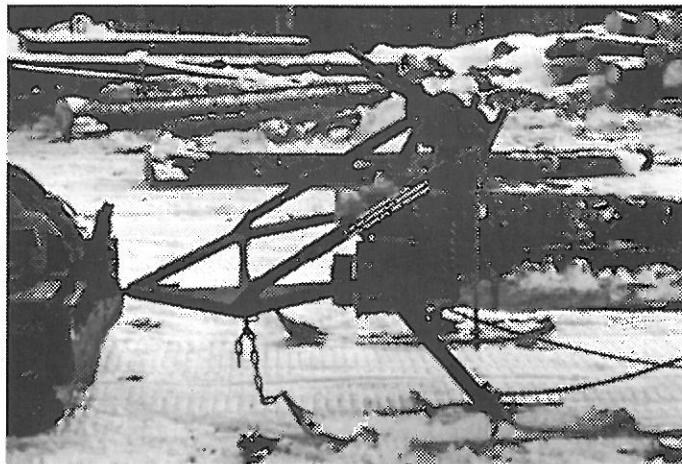


Fig. 1a. Bilde av Proff bøyledrag.



Fig 1b. Bilde av Variomatic bøyledrag.



Målingene i Hurdal ble gjennomført på snøpakket driftsvei som var benyttet til slepkjøring med stammelunner. Målingene som ble utført i mai ble imidlertid utført i forbindelse med praktiske snøscooterdrifter i Namdalen. Strekningene som ble benyttet under forsøkene ble på forhånd målt opp og seksjonert etter stigningsprosenten. Måledataene ble registrert ved hjelp av to strekkceller og lagret på en datalogger. Under målingene ble det forsøkt å holde en jevn hastighet på snøscooteren på ca 15 km/t.

### 2.3 Praktiske metodeforsøk/tidsstudier

Formålet med de praktiske metodeforsøkene var å dokumentere og måle effekten av ulike måter å organisere det praktiske arbeidet. Utgangspunktet var erfaringer fra tidligere forsøk og lokale erfaringer fra prøvedrifter i regi av Norske Skog Skogene Namdal distrikt i Namdalen i 96/97. Den praktiske metodeutviklingen ble ledet av en instruktør fra Skogbrukets kursinstitutt (SKI), og etter en innkjøringsperiode ble det foretatt tradisjonelle tidsstudier. Metodeutviklingen konsentrerte seg om følgende elementer.

- Forbedre hogstteknikk og tilpasse hogstopplegg til snøscooter
- Forbedre lesseteknikk og sammenføring (håndlunning).
- Arbeidsorganisering, testing av to driftsopplegg:
  1. Hogst og kjøring i en operasjon.
  2. Forhåndshogst og kjøring etterpå.

Tidsstudiene av de to ulike arbeidsoppleggene ble utført to steder med svært ulike terreng- forhold. I det første feltet var det bratt med en gjennomsnittlig helning på 25-50 % . For å lette arbeidet med hogsten og gjøre utkjøringen sikrere ble det merket og måket opp driftsveier på skrå ned lia. Hogsten ble deretter utført med basis i driftsveiene og elementer fra benkhogst/skråihogst ble benyttet for å få virket mest mulig konsentrert rundt veiene. De minste stakkene ble håndlunnet samtidig med hogsten. Avstanden mellom veiene var på ca 20-30 meter. Det andre feltet som det ble utført tidsstudier på hadde et svakt hellende terreng med en helning på 5-20 %. Her ble også veiene lagt ut på forhånd, men behovet for preparering med spade var beskjedent, og utkjøringsveiene ble lagt tettere med en avstand på 10-20 meter.

Tabell 2. Felldata for metodeforsøkene. m<sup>3</sup> med bark.

Felt	Høydeklasse	m <sup>3</sup> /daa	trær/daa	Midd. Dbh cm	m <sup>3</sup> /tre
1	1,25	23,3	64,4	21,6	0,85
2	1,02	23,5	85	21,2	0,52

Hogsten ble gjennomført som en relativ sterk gjennomhogst (fjellskoghogst), der det ble satset på en kombinasjon av naturlig foryngelse og suppleringsplanting.

Tidsstudiet ble gjennomført med registrering av disse deltidene:

### *Hogst*

1. Gang og klargjøring før felling (måking).
2. Felling, kvisting, kapping.
3. Håndlunning.

### *Kjøring*

1. Klargjøring (oppstarting av scooter/komme i posisjon for lessing).
2. Håndlunning.
3. Stopping.
4. Uttrekking av wire.
5. Innvinsjing.
6. Flytting under lessing.
7. Lasskjøring.
8. Avlessing.
9. Kjøring på velteplass.
10. Lunning/opprulling på velteplass.
11. Returkjøring

Under studiet ble hver stokk midtmålt og volum beregnet med bark. I tillegg ble diameter i brysthøyde målt. Kjøreavstanden ble registrert med bruk av kontinuerlig måletråd med telleverk.

## **3.0 Resultater**

### **3.1 Trekkraftmålinger**

Løypene som ble benyttet ble kjørt opp og pakket dagen før kjøringene startet. Trekkraft- målingene er bearbeidet på samme måte for å få mest mulig sammenlignbare målinger, men som figur 2 viser er målingene av en slik karakter at det i tillegg har vært nødvendig med en visuell grafisk framstilling og sjekking av måleresultatene før bearbeiding.

Etter vurdering av flere mål på trekkraften på maskinene ble disse parametrene valgt.

1. Max trekkraft i kN.
2. Hastighet før oppbremsing.
3. Gjennomsnittlig trekkraft fra hastigheten reduseres på grunn av nedbremsingen av bremsescooteren til punktet for maksimal trekkraft.

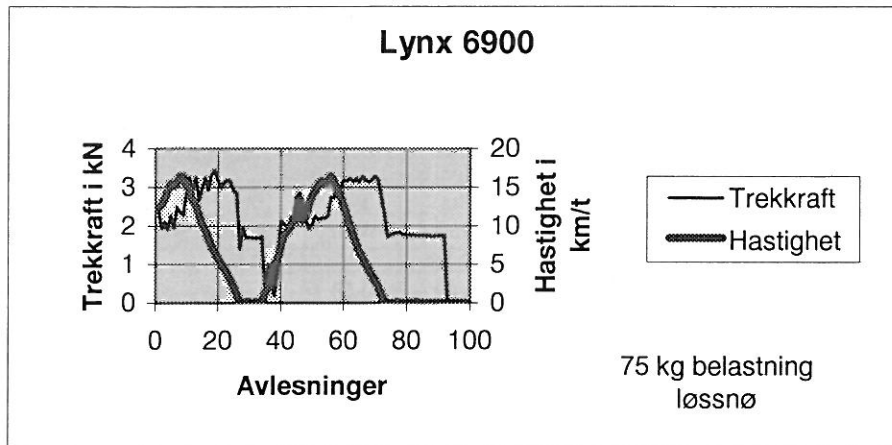


Fig. 2. Eksempel på måleresultat for hastighet og kraft før bearbeiding.

Tabell 3a. Trekraft i kN for Arctic Cat 550 og Lynx 5900, målt i mars 97.

	Arctic Cat 550, 41 cm belte				Lynx 5900, 50 cm belte			
	Løssnø		Pakket løype		Løssnø		Pakket løype	
	Be- lastning 0	Be- lastning 75 kg	Be- lastning 0	Be- lastning 75 kg	Be- lastning 0	Be- lastning 75 kg	Be- lastning 0	Be- lastning 75 kg
Max	2,59	2,96	2,82	3,11	2,72	3,31	3,04	3,52
Gj. snitt	1,88	2,25	2,49	2,7	1,95	2,37	2,68	2,74
km/t	18,5	19,1	23,3	24,7	20,0	19,5	24,1	23,5

Tabell 3b. Trekraft i kN for Lynx 650 og Lynx 6900, målt i mars 97.

	Lynx 650, 60 cm belte				Lynx 6900, 60 cm belte			
	Løssnø		Pakket løype		Løssnø		Pakket løype	
	Be- lastning 0	Be- lastning 75 kg	Be- lastning 0	Be- lastning 75 kg	Be- lastning 0	Be- lastning 75 kg	Be- lastning 0	Be- lastning 75 kg
Max	2,69	3,22	2,95	2,43	2,74	3,32	3,52	3,72
Gj. snitt	1,58	2,06	2,52	1,92	2,06	2,52	2,87	2,96
km/t	16,8	17,5	19,9	20,8	20,1	17,9	18,6	19,9

Føreforholdene under trekraftmålingene i mars var svært gode, og det var lett å pakke faste jevne løyper. Løssnøen var ca 35-40 cm dyp, med en total snødybde på ca 130 cm. Snøens konsistens var finkornet. Den målte trekraften er ved den benyttede metodikken høyere enn den som det er mulig å belaste maskinene med over lengre strekninger, og maskinene gravde seg ned og stoppet etter 25-50 m.

Under de eksisterende forholdene kunne en ta ut ca 75 % av den maksimale trekraften ved konstant hastighet 15-25 km/t.

Tabell 4a. Trekraft i kN for Lynx 5900 og Lynx 650, målt i mai 97.

	Lynx 5900, 50 cm belte				Lynx 650, 60 cm belte			
	Løssnø		Pakket løype		Løssnø		Pakket løype	
	Be- lastning 0	Be- lastning 75 kg	Be- lastning 0	Be- lastning 75 kg	Be- lastning 0	Be- lastning 75 kg	Be- lastning 0	Be- lastning 75 kg
Max	2,96	3,03	3,09	3,40	2,50	3,03	2,39	3,04
Gj. Snitt	2,61	2,64	2,61	2,77	1,83	2,52	1,95	2,50
km/t	17,49	16,15	17,00	16,79	17,37	16,64	15,54	16,06

Tabell 4b. Trekraft i kN for Lynx 6900 målt i mai 97.

	Lynx 6900, 60 cm belte			
	Løssnø		Pakket løype	
	Belastning 0	Belastning 75 kg	Belastning 0	Belastning 75 kg
Max	3,08	3,37	3,04	3,47
Gj.snitt	2,72	3,03	2,70	3,05
Km/t	15,64	16,46	16,18	15,33

Under trekraftmålingene i mai var føret grovkornet sammenseget vårsnø. Snøen var ganske fast også uten pakking. Resultatene fra målingene viser at forskjellen mellom kjøring på pakket løype og på upreparert snø var liten. Føreforholdene på våren endres fort i løpet av dagen når temperaturen stiger, og bæreevnen til snøen utenom de preparerte løypene vil ofte bli svært dårlig når sola har stått på i skråningene.

Tabell 5. Relative maksimale trekrefter målt i januar 97, referansen på 100 satt til Lynx 650 uten tilleggsbelastning på pakket løype.

	Løssnø		Pakket løype	
	Belastning 0	Belastning 75 kg	Belastning 0	Belastning 75 kg
Arctic Cat 550 (42 cm)	98	117	130	131
Lynx 5900 (50 cm)	102	123	140	143
Lynx 650 (60 cm)	82	107	100	131
Lynx 6900 (60 cm)	107	131	150	154

Tabell 5 viser at det er store forskjeller på trekraften både mellom de ulike snøscootertyper og under ulike driftsforhold for de målingene som ble gjort i mars. Variasjonen målt ut fra referansen (Lynx 650) er fra -18 % til +54 %.

Tabell 6. Relative maksimale trekkrefter målt i mai 97, referansen på 100 satt til Lynx 650 uten tilleggsbelastning på pakket løype.

	Løssnø		Pakket løype	
	Belastning 0	Belastning 75 kg	Belastning 0	Belastning 75 kg
Lynx 5900 (50 cm)	134	135	134	142
Lynx 650 (60 cm)	94	129	100	128
Lynx 6900 (60 cm)	140	156	138	156

Tabell 6 viser at det også for målingene som ble gjort i mai var store forskjeller på trekkraften for de ulike scootertypene, men det var svært liten forskjell på trekkevnene under ulike driftsforhold for de to maskinene med høy belteprofil (Lynx 5900 og 6900).

### 3.2 Utstyrstester

Utstyrstestene konsentrerte seg om måling av trekkraftbehovet ved kjøring på pakkete løyper med og uten bakdning ved varierende stigningsforhold. For å få stor trekkraft på snøscooteren var den tilleggsbelastet opp til en totalvekt på ca 550 kg.

Figur 3 viser trekkraftbehovet for et lass på 862 kg når lasset ble kjørt halv-slepene (bøyledrag) og når det ble påkoblet bakdning (geit).

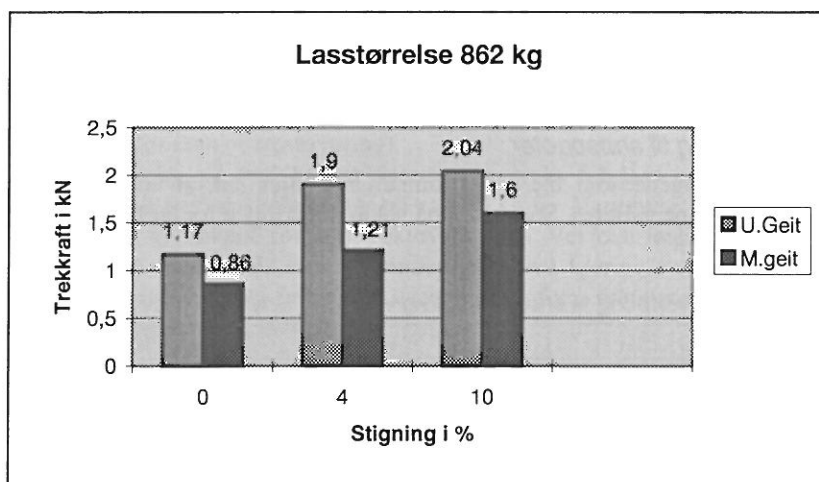


Fig. 3. Målte krefter i trekkrok ved kjøring i 15 km/t i horisontal retning med og uten geit.

I strekningen som var flat var den vertikale belastningen på trekkroken 81 kg med geit og 98 kg uten geit. Trekkraftbehovet ( figur 3) var i gjennomsnitt 39 % høyere uten, enn med geit, med en variasjon fra 28-57 %.

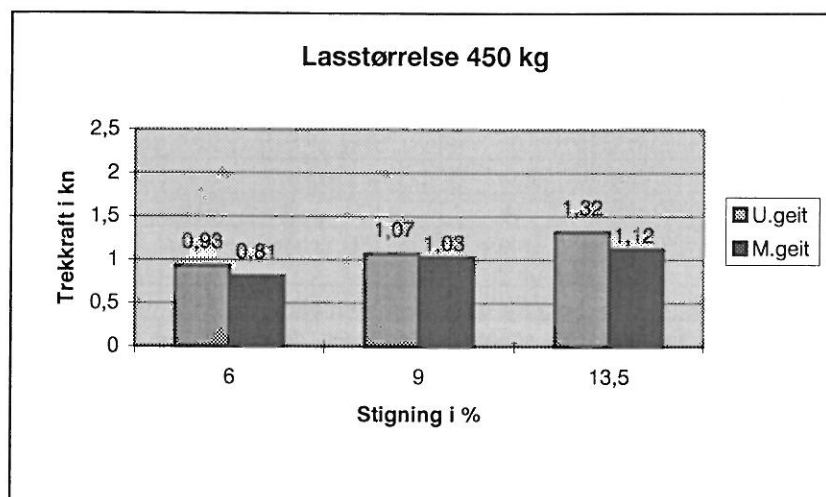


Fig. 4. Målte krefter i trekkrok ved kjøring i 15 km/t i horisontal retning med og uten geit.

Trekraftbehovet (figur 4) var i gjennomsnitt 12 % høyere uten geit, enn med, og en variasjon fra 4-18 %. Effekten av å benytte bakdoning (geit) er mindre for små lass, da egenvekten av bakdoningen (65 kg) blir relativt stor i forhold til den vekten som den skal bære (ca 200 kg).

#### *Vektoverføring til snøscooter*

Et av lunnedragene som ble testet kunne innstilles slik at vektoverføringen til trekkroken kunne varieres. Størrelsen på vektoverføringen for en lasstørrelse på 544 kg er vist i tabell 7.

Tabell 7. Vektoverføring til snøscooter i kg ved ulike innstillinger av lunnedrag. (Proff)

Stigning i %	Stor vektoverf.	Liten vektoverf.
0	59	21
4	50	15
10	37	6

Figur 5 viser den målte trekraften ved kjøring av et lass på 544 kg uten bruk av bakdoning når lunnedraget var innstilt på stor og liten vektoverføring til trekkrok.

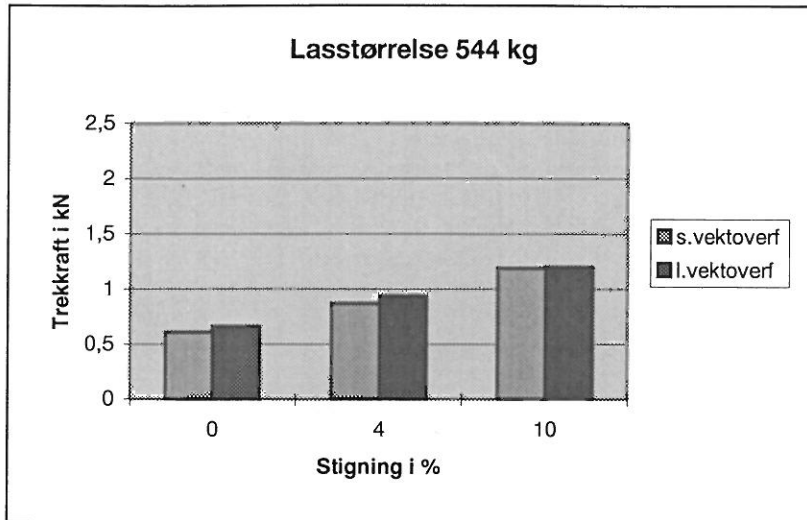


Fig. 5. Målte krefter i trekkrok ved kjøring i 15 km/t i horisontalplanet med stor og liten vektoverføring til snøscooter. Lasstørrelse 544 kg.

Det ble også testet et lunnedrag (Variomatic) med variabel vektoverføring ved hjelp av fjærer (figur 1b). Det kunne ikke påvises noen forskjell i trekkraftbehovet mellom lunnedraget med fast vektoverføring (Proff, figur 1a) og det med fjærende variabel vektoverføring. Egenvekten av lunnedragene ga en trekkrokkbelastning på 30 kg for Variomatic og 37 kg for Proff ved innstilling for stor vektoverføring (26 kg ved innstilling for liten vektoverføring).

Ved en lasstørrelse på 862 kg gir summen av vekt for lass og egenvekt av lunnedrag en statisk trekkrokkbelastning på ca 100 kg for Variomatic og ca 110 kg for Proff når den er innstilt for stor vektoverføring. Vektoverføring til trekkrok minsket imidlertid raskere når lassmotstanden økte ved kjøring i stigning for det faste lunnedraget, enn det med fjærende variabelt drag, fordi doningen med fjærende variabelt drag hadde et lavere trekkpunkt.

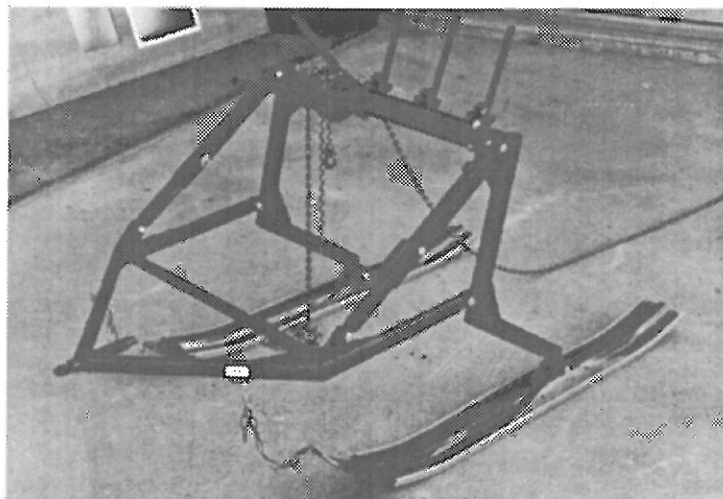


Fig. 6. Eksempel på lunnedrag med variabel vektoverføring med fjærende stag på drag (videreutvikling av Proff, figur 1a).

#### *Trekraftbehov for å dra lasset i gang*

Kraftbehovet for å komme i gang med lasset er beregnet som gjennomsnittlig kraft i horisontalretningen i de første 1,5 sekundene. For et lass på 450 kg med Proff doning (lunnedrag og geit) varierte forholdet mellom startkraft og gjennomsnittlig trekraftbehov i fart fra 1,65-1,83. Innenfor måletidsrommet for igangkjøringen ble det målt max.-verdier fra 2,4-3,1. Lassene ble ikke akselerert med større hastighet enn det som var nødvendig for å få en oppstart uten sluring på variatoren på snøscooteren.



## Bremsekrefter

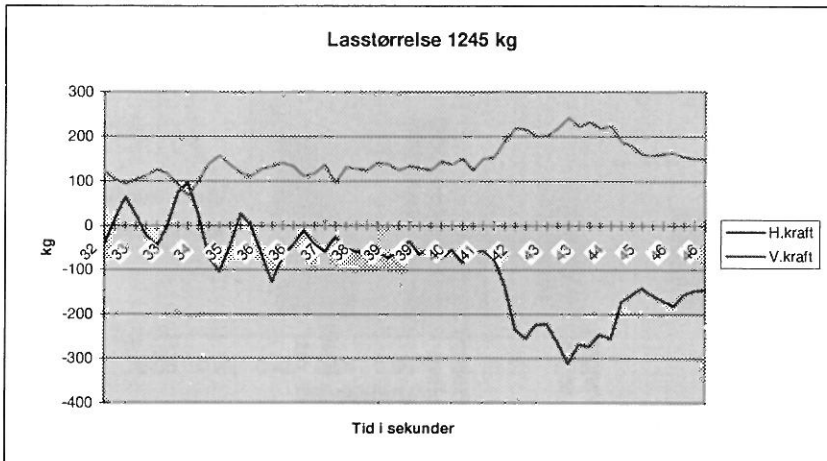


Fig. 7. Krefter i trekkrok ved kjøring i utforbakke med et fall på 13,5 %. Oppbremsing fra 41 sekunder. Proff med geit. Kjørehastighet ca 15 km/t.

## Friksjonskoeffisienter

Friksjonskoeffisienten er beregnet ut fra de dataene fra utstyrstestene som ble kjørt i januar og i mai. I testene i januar ble det benyttet ski av stål, men under testene i mai ble det også forsøkt ski med plastbelegg.

Beregning av koeffisienter:

*Horisontal posisjon:*

$$\text{Friksjonskoeffisienten} = \text{Trekraft} / \text{Vekt av objektet.}$$

*På skråplan:*

$$\text{Friksjonskoeffisienten} = (\text{Trekraft} - (\text{Vekt} * \sin \text{stigningsvinkel})) / (\text{vekt} * \cos \text{stigningsvinkel}).$$

Koeffisienten er beregnet ut fra kjøring med 1095, 883, 862 og 450 kg tunge lass fordelt på 26 målestrekninger med logging av data fire ganger i sekundet.

Friksjonskoeffisienten for kjøring med lunnedrag og slepende lass er ut fra målingene beregnet til 0,135 i gjennomsnitt for pakket finkornet nysnø i januar -10°C og til 0,21 for gammel våt grovkornet snø i mai, +7 °C. Det var ingen signifikant forskjell mellom lunnedragene så lenge føret var det samme.

For kjøring med bakdøning varierte den samlede friksjonskoeffisienten svært lite, og er beregnet i gjennomsnitt for kjøringene i januar og mai til 0,065 med en variasjon på 0,06-0,07. For de enkelte kjørestrekningene varierte de beregnede

friksjonskoeffisientene mellom 0,03-0,09 på grunn av rykninger i draget under kjøring. Bruk av bakdoning vil kunne redusere trekkraftbehovet med ca 30-50 % .

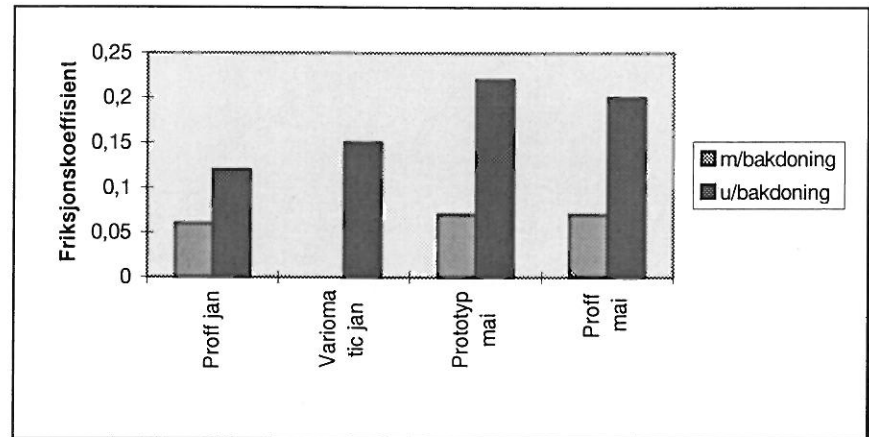


Fig. 8. Beregnede friksjonskoeffisienter for kjøring med og uten bakdoning i januar og mai.

På det ene lunnedraget som ble testet i mai (prototyp figur 6) var det plastbelegg på skiene. Under kjøring ble det ikke registrert forskjell på friksjonskoeffisientene for ski med og uten plastbelegg.

### 3.3 Praktiske metodeforsøk/tidsstudier

#### Hogst

Resultatene fra tidsstudiene i de to studerte feltene viste ingen signifikant forskjell på tidsforbruket for hogst mellom forhåndshogst, og hogst og utkjøring samtidig. I felt 1, som var svært bratt og vanskelig, tok hogsten for begge metodene i gjennomsnitt 18,3 min/m<sup>3</sup> (virketid) med en middeldimensjon på 0,85 m<sup>3</sup>/tre. I felt 2 med et lett terreng var tidsforbruket til hogst for begge metodene i gjennomsnitt 23,3 min/m<sup>3</sup> (virketid) med en middeldimensjon på 0,52 m<sup>3</sup>/tre. Snødybden i begge feltene var mellom 1 og 1,5 meter og det måtte måkes før felling.

Funksjonslinjen er beregnet ut fra funksjonen:

$$\text{Tid i minutter pr tre} = 3,72 + 15,07 \cdot \text{volum i m}^3.$$

Funksjonen er beregnet ut fra de trærne som ble forhåndshogd både i felt 1 og 2. Det er et begrenset materiale som ligger bak funksjonen og den gir bare en indikasjon for tidsforbruket.

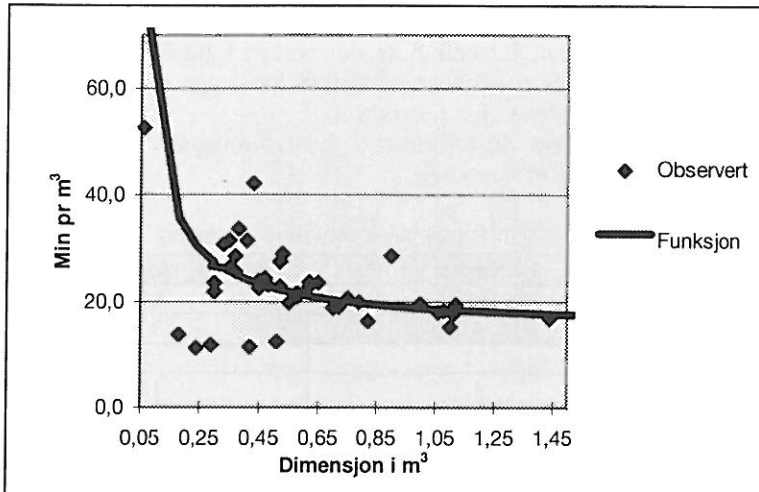


Fig. 9. Minutter pr. m<sup>3</sup> for hogst ved ulike dimensjoner (virketid).

### Utkjøring

Lasstørrelsen var i gjennomsnitt 15 % større når tømmeret var hogd på forhånd sammenlignet med når det ble hogd og kjørt samtidig av samme person. Volum pr lass var i gjennomsnitt 0,93 m<sup>3</sup> i felt 1 når tømmeret var hogd på forhånd og 0,75 m<sup>3</sup> i felt 2. Ved hogst og kjøring samtidig var lasstørrelsen 0,82 m<sup>3</sup> i felt 1 og 0,64 m<sup>3</sup> i felt 2. Lasstørrelsen i felt 1 var størst på grunn av at her var det bratt utforkjøring i lassretningen og i tillegg grov skog. I felt 2 var det mindre skog enn i felt 1, svak helning i lassretningen med noen flate partier og i tillegg en liten motkjøring opp til veltepass.

Tabell 8. Tidsforbruk i min/m<sup>3</sup> (virketid) for de ulike deltidene til lessing.

	Forhåndshogd		Hogst og kjøring samtidig	
	Felt 1	Felt 2	Felt 1	Felt 2
Klargjøring	1,04	1	5,96	3,52
Håndlunning	4,2	4,2	3,62	2,58
Stropping	3,7	0,84	2,39	1,06
Innvinsjing	0,74	2,65	0,91	2,47
Flytting	0	0,45	0,24	0,12
Sum	9,68	9,14	13,12	9,75

Klargjøringstiden før lessingen kunne starte utgjør en betydelig del av tidsforbruket når det ble hogd og kjørt samtidig. Scooteren må settes igjen i sikker avstand fra hogstområdet, hentes og kjøres i posisjon for pålessing. Dette er en form for hjelpetid som ikke direkte er produktiv. Tidsforbruk til håndlunning under lessing er større når virket er hogd på forhånd, men forskjellen er liten i felt 1 med

vanskelig terreng. For deltidene stropping og innvinsjing er det ingen signifikant forskjell mellom driftsmetodene. I tabell 8 er det beregnet tidsforbruk pr. m<sup>3</sup> i gjennomsnitt for metodene. Det er benyttet middeltall for begge metodene for de deltidene der det ikke kunne påvises ulikt tidsforbruk.

Beregnet ut fra tabell 9 var tidsforbruket i gjennomsnitt 29 % høyere for lessingen når det ble hogd og kjørt samtidig.

Tabell 9. Beregnet tidsforbruk i min/m<sup>3</sup> for de ulike deltidene til lessing.

	Forhåndshogd	Hogst og kjøring samtidig
Klargjøring	1,02	4,74
Håndfunning	4,2	3,1
Stropping	2	2
Innvinsjing	1,7	1,7
Flytting	0,2	0,2
Sum	9,12	11,74

### Avlessing

Avlessingstiden var i gjennomsnitt 4,15 minutter pr m<sup>3</sup> når det ble kjørt ut forhåndshogd tømmer og 5,23 minutter pr m<sup>3</sup> når det ble hogd og kjørt samtidig.

Lasstørrelsen var mindre når det ble hogd og kjørt samtidig og dette var årsaken til økningen i tidsforbruket til denne deloperasjonen. Tømmeret ble sortert i massevirke og skurtømmer, opprulling i velte ble forsøkt redusert til et minimum.

### Kjøring

Under metodestudiene ble det brukt en Lynx 650 1996 modell med 60 cm belte og en prototype av et lunnedrag fra Gjersviks mekaniske verksted.

Kjørehastigheten ble beregnet for hvert lass og gjennomsnittlig kjørehastighet for hele forsøksperioden var 13 km/time med lass og 10 km/time for kjøring uten lass. Hastigheten varierte med løypetrasseens stignings- og vanskelighetsgrad. I det bratte terrenget var det hensynet til sikkerhet som begrenset kjørehastigheten med lass. Returkjøringen var bratt og tung i det vanskelige feltet og dette reduserte hastigheten under returkjøringen kraftig. Kjørehastigheten økte ved økende lunneavstand da en større andel av lasskjøringen da ble en slags basveikjøring med gode løypeforhold.

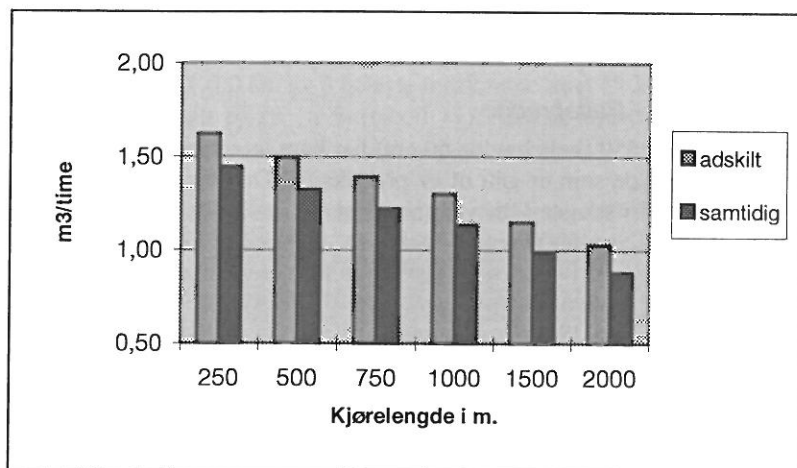


Fig. 10. Kjøreprestasjoner i m<sup>3</sup> pr virketime for hogging og kjøring som to adskilte operasjoner og hogging og kjøring samtidig.

Ved en kjørelengde på 500 m var prestasjonene ca 13 % høyere for metoden med hogging og kjøring i to adskilte operasjoner enn når det ble hogd og kjørt samtidig. Årsaken til denne produktivitetsforskjellen skyldtes både redusert lessetid og større lass. Lassstørrelsen var i gjennomsnitt ca 15 % større når det ble kjørt etter at tømmeret var ferdig hogd. Det ble dessverre ikke anledning til å studere bruk av bakdning i løpet av tidsstudieperioden.

#### Løypepreparering

For å kunne kjøre store lass uten fare for fastkjøring må løypene pakkes før en starter utkjøringen. Dersom terrenget i hogstfeltet er så bratt at en må kjøre på skrå av helningen må en ofte spa ut en løypetrasse for at en skal kunne komme fram på en sikker og grei måte. I løpet av dette metodestudiet var det ikke mulig å tallfeste tidsforbruket til denne arbeidsoperasjonen, men erfaringsmessig vil en måtte regne med at dette arbeidet vil kunne utgjøre opptil en 25-30 % av arbeidstiden.

## 4.0 Diskusjon

### 4.1 Trekkraft

#### *Snøscootertype - Beltebredde*

Dataene for Lynx 650 (beltebredde 60 cm) har bare interesse som referanse da dette er en snøscootertype som er gått ut av produksjon. Den ble valgt som referanse på grunn av at det driftslaget som var med i studiene brukte denne typene scootere (1995 modeller). Lynx 6900 representerer en moderne trekkmaskin og har både en belteutrustning og et drivverk som gjør at en kan ta ut relativt store krefter både i startøyeblikket og under lasskjøring. Lynx 650/5900/6900 har en motoreffekt på henholdsvis 22, 32 og 29 kW og to gear i tillegg til variatoren. Artic Cat 550 (95-modell) er en helt annen snøscootertype som ikke bare har smalere belte, men også en motor med større effekt (57 kW) og et drivverk som er konstruert for et annet hastighetsområde enn det en vanligvis kan benytte til tung lasskjøring i skogen. Den gjennomsnittlige maksimale trekkraften var størst for Lynx 6900 med 60 cm belte både på fast løype, i løs snø og med og uten tilleggsbelastning. I gjennomsnitt var den maksimale trekkraften ca 6,7 % høyere enn for Lynx 5900 med 50 cm belte. Artic Cat 550 med 41 cm bredt belte hadde ca 6,3 % lavere gjennomsnittlig maksimal trekkraft enn Lynx 5900. Referansemaskinen Lynx 650 har i gjennomsnitt 17,3 % lavere trekkraft enn Lynx 5900, men ved kjøring på pakket løype med en tilleggsbelastning på 75 kg som er forhold tilnærmet lik de en har ved lasskjøring er trekkraften bare 8,4 % lavere. En beltebredde på 60 cm er å foretrekke for å oppnå best mulig trekkraft, men snøscootere med bredt og langt belte kan være tunge å manøvrere i skrått og vanskelig terreng.

#### *Løypepakking - Tilleggsbelastning*

Effekten av å kjøre på pakket løype var gjennomsnittlig 28 % økning av trekkraften. Effekten av å kjøre på pakket løype er størst når maskinene ble testet uten tilleggsbelastning. Effekten av å belaste maskinene med 75 kg var i gjennomsnitt 17,5% økning av trekkraften. Tilleggsbelastningen på 75 kg representerer en vektøkning på scootere med fører på ca 20-25 % avhengig av scootertype. Økningen i trekkraft på grunn av økt bruttovekt på maskinen er i gjennomsnitt litt mindre enn vektøkningen og dermed den forventede teoretiske økningen av trekkevn til snøscooterne. Lynx 650 med lav belteprofil skiller seg ut da den i utgangspunktet har relativt dårlig beltegrep, og får derfor en stor effekt av tilleggsbelastning (30 %).

Tabell 10. Effekter av løypepakking på målt trekkraft i % for målingene i mars og mai.

Maskin	Mars		Mai	
	Belastning 0	Belastning 75 kg	Belastning 0	Belastning 75 kg
Arctic Cat 550 (42 cm)	33	12	-	-
Lynx 5900 (50 cm)	37	16	0	5
Lynx 650 (60 cm)	22	22	6	-1
Lynx 6900 (60 cm)	40	18	-1	0
Gjennomsnitt	33	17	1,7	1,5

For kjøringene i mai på gammel vårsnø viser tabell 9 at effekten av pakking var svært liten (1,6%). Snøen var seget sammen og hadde en konsistens som gjorde at den ikke lot seg pakke. Effekten av å belaste maskinene med 75 kg ga en økning av trekkraften i gjennomsnitt på ca 16 % (tabell 11), som er tilnærmet likt for det en oppnådde under kjøringene i mars.

Tabell 11. Effekter av tilleggsbelastning (75 kg) på målt trekkraft i % for målingene i mars og mai.

Maskin	Mars		Mai	
	Løssnø	Pakket løype	Løssnø	Pakket løype
Arctic Cat 550 (42 cm)	19	0,8	-	-
Lynx 5900 (50 cm)	21	2	1	6
Lynx 650 (60 cm)	30	31	38	28
Lynx 6900 (60 cm)	22	3	11	13
Gjennomsnitt	23	12	16,5	15,7

#### 4.2 Utstyr

Både trekkraftmålingene og utstyrstestene viser at bruk av doninger/bøyledrag med vektoverføring til snøscooter gir økt trekkraft og muligheter for større lass. Ved kjøring i nedoverbakke er det også viktig at det blir overført tilstrekkelig vekt til beltet slik at bremskraften blir stor nok til at kjøringen blir sikker. Ved bruk av bakdoning vil dette være enda viktigere, da skyvkraften fra lasset vil kunne bli stor i forhold til vekten på snøscooteren. Under utprøvingen av de ulike lunnedragene med fast og variabel vektoverføring var det ikke mulig å påvise forskjeller i trekkraftbehovet, men det vil være nødvendig at doninger med fast vektoverføring kan justeres slik at de kan tilpasses driftsforhold, lasstørrelse og snøscootertype. Vektoverføringen til snøscooteren bør ikke være større enn nødvendig for å redusere belastninger på belteunderstell og for å unngå at snøscooteren blir tung og vanskelig å kjøre på grunn av dårlig styring.

Når det ble benyttet bakdoning var den samlede friksjonskoeffisienten ca 30-50 % lavere enn ved kjøring av halvslepene lass. Bruk av bakdoning (geit) vil derfor være helt nødvendig dersom en skal kjøre store lass over lengre strekninger med motkjøring. Ved lange transportavstander som har motkjøring vil lasstørrelsen bli for liten ved kjøring av halvslepene lass. Det ble testet ski med plastbelegg, men det kunne ikke påvises noen forskjell på trekkraftbehovet. Forklaringen er trolig at det ved kjøring av halvslepene lass ble registrert en samlet friksjonsmotstand fra ski og de slepende stakkene. En klarte dermed ikke å skille ut forskjellen. All erfaring med utstyr for snøscooter tilsier imidlertid at plastbelegg vil være å anbefale under de fleste snøforhold, og spesielt viktig for å gjøre det lettere ved igangkjøring ved tunge lass.

### 4.3 Driftsmetoder

Metodestudiene ga klare indikasjoner på at det vil være mest effektivt å skille mellom hogst og kjøring. Utkjøring av forhåndshogd tømmer ga i gjennomsnitt for tidsstudiene en økning av lasstørrelsen på 15 %, som vil ha størst betydning ved lange transportavstander. Dersom det er samme person som skal hogge og kjøre vil det også av hensyn til arbeidsbelastning/arbeidsmiljø være en fordel å skille mellom hogst og kjøring. En veksling mellom arbeid der en blir svett og varm og snøscooterkjøring der en blir nedkjølt er ikke heldig. Det kan likevel være riktig å veksle på arbeidsoppgavene i løpet av dagen, men da mellom arbeidsskiftene, slik at disse ulempene kan unngås. For å gjøre skogsarbeid med snøscooter til en effektiv og attraktiv arbeidsmetode, vil det være svært viktig at hogst og sammenføring av virket blir utført ved bruk av moderne hogstteknikker. Metodeforsøkene viste at en tillemping av strenghogst, skrålhogst med basis i preparerte løyper lettet arbeidet, gjorde pålessingen mer effektiv og økte lasstørrelsen.

Planlegging og løypepreparering er en viktig del av driftsmetoden, og bør gjøres før hogsten starter. Dette vil lette hogstarbeidet, og løypene vil få tid til å sette seg før utkjøringen starter. Ved drift i bratt terreng vil det både med hensyn til sikkerhet og arbeidsbelastning være best å legge utkjøringsveiene skrått, i terrenget, selv om dette vil medføre en del måking.

Tidligere studier av snøscooterdrifter der det har blitt benyttet tradisjonelt utstyr med fram og bakdoning har kommet fram til et tidsforbruk på 34 og 15,5 min/m<sup>3</sup> for pålessingen, ved lasstørrelser på 0,76 og 1,4 m<sup>3</sup> pr lass. For utkjøring av forhåndshogd tømmer viste studiene et tidsforbruk på ca 9,12 min/m<sup>3</sup> når det ble benyttet lunnedrag av bøyletypen og framkjøring av halvslepene lass. Bruk av bøyledrag med kjettingtaljer til inntrekking og lessing av tømmeret har medført en betydelig effektivisering av arbeidet og gjort arbeidet lettere. Disse resultatene gjelder for utkjøring av grovt tømmer, men ved utkjøring av mindre dimensjoner vil forskjellen trolig bli mindre. Bruk av bakdoning vil øke tidsforbruket til lessing og vil derfor bare være aktuelt ved lang og tung lasskjøring der det vil være nødvendig å redusere det nødvendige trekkraftbehovet for å opprettholde lasstørrelsen.



## Rapport fra skogforskningen

### Utkommet i 1999:

- 1/99: Per Otto Flåte og Bohumil Kucera: Virkesegenskaper til mellom-europeiske og norske granprovenienser plantet i Østfold.
- 2/99: Stein Magnesen: To proveniensforsøk med engelmansgran på Vestlandet.
- 3/99: Halvor Solheim: Sporespredning hos rotkjuke (*Heterobasidion annosum*) i Rana og Saltdal.
- 4/99: Øystein Dale og Morten Nitteberg: Målenøyaktighet for diameter og lengde-registreringene på hogstmaskiner.
- 5/99: Kjell Vadla: Virkesegenskaper hos bjørk, osp og gråor i Troms.
- 6/99: Stein Magnesen: Forsøk med nordlig sitkagran-provenienser på Vestlandet.
- 7/99: Tron Eid og Svein Ola Moum: Bestandsuavhengig bonitering og nøyaktighet.
- 8/99: Tron Eid og Petter Økseter: Bestandsuavhengig bonitering og konsekvenser.
- 9/99: Ingvald Røsberg og Dan Aamlid: Program for terrestrisk naturovervåking. Overvåking av jordvann - Årsrapport 1998.
- 10/99 Ketil Kohmann: Overlevelse og utvikling av ulike plantetyper av gran under ulike forhold i Oppland, Hedmark, Sør- og Nord-Trøndelag.
- 11/99 Dan Aamlid, Svein Solberg, NISK, Gro Hysten, NIJOS, Kjetil Tørseth, NILU: Skogskader og skogovervåking i Norge. Årsrapport for Overvåkingsprogram for skogskader 1998 (*Forest damage and forest monitoring in Norway - Annual report of The Norwegian Monitoring Programme for Forest Damage 1998*).
- 12/99 Knut Solbraa: Barkdekking i eldre furuskog og tilføring av kloakkslam og fullgjødning i furuforyngelser.
- 13/99 Kjell Vadla: Finérutbytte og -kvalitet hos stammekvistet og ikke stammekvistet furu, bjørk og osp.
- 14/99 Tone Groeggen: Skogoppsynets overvåkingsflater. Vitalitetsregistreringer 1999.

- 
- **Supplement 7:** Vadla, K.: Verdiøkning og lønnsomhet ved stammekvisting. (En litteraturstudie).
  - **Supplement 8:** Eid, T. og Hobbestad, K.: AVVIRK-2000 - et Edb-program for langsiktige investerings-, avvirknings- og inntektsanalyser i skog.
  - **Supplement 9:** Nersten, S., Eid, T., Heringstad, J.: Økonomiske tap på grunn av elgskader beregnet eiendomsvis.
  - **Supplement 10:** Framstad, K.F. : Langsiktige miljøverknader av skogpolitiske verkemiddel - Simulert og optimert ved hjelp av modellen Gaya-JLP  
*Long-run Environmental Effects of Forest Policy Measures - Simulated and Optimized by the Model Gaya-JLP*
  - **Supplement 11:** Nersten, S., Hedegart, M.: Lønnsomheten av juletrehogst i hogstklasse II.
  - **Supplement 12:** Christiansen, E., Kucera, B.: Resin pockets in Norway spruce wood are not caused by the bark beetle *Ips typographus*.
  - **Supplement 13:** Nilsen, P. Skoggjødning i Norge. Et litteraturstudium over forsøksresultater fra fastmarksgjødning
  - **Supplement 14:** Wit, H. A. de, Kvindesland, S.: Carbon stocks in Norwegian forest soils and effects of forest management on carbon storage.