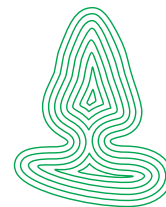


Rapport
fra Skog og landskap

23/2013



skog+
landskap

NORSK INSTITUTT FOR
SKOG OG LANDSKAP

GROT FRA TAUBANE

Mengder, håndtering og transport

Eirik Nordhagen, Leif Kjøstelsen, Simen Gjølshø & Helmer Belbo



GROT FRA TAUBANE

Mengder, håndtering og transport

Eirik Nordhagen, Leif Kjøstelsen, Simen Gjølshø & Helmer Belbo

ISBN: 978-82-311-0203-8

ISSN: 1891-7933

Omslagsfoto: Tømmerdrift i taubaneterreng i Fyldalen i Ørsta kommune, Møre og Romsdal.

Foto: Eirik Nordhagen, Skog og landskap

Norsk institutt for skog og landskap, Pb. 115, NO-1431 Ås

FORORD

Fylkesmannen i Møre og Romsdal fikk sammen med Fylkesmannen i Sogn og Fjordane sommeren 2008 innvilget støtte fra Landbruks- og matdepartementet til bioenergiprojektet "Biostigen". Prosjektet har som målsetting å bidra til utvikling av effektiv logistikk og lønnsomme verdikjeder knyttet til uttak av råstoff til biobrensel fra skog, kulturlandskap og vegkanter. Norsk institutt for skog og landskap har, via prosjektet CenBio (Bioenergy Innovation Centre) engasjert seg i prosjektet. CenBio er delfinansiert fra henholdsvis Forskningsrådet (193817/S60), deltagende forskningsinstitusjoner og industripartnere.

På Vestlandet med utfordrende driftsteknikk og areal med bæresvak mark, blir hogstavfallet ofte nyttet til barlegging av driftsveger ved ordinær maskinell drift. Potensialet for innhøsting av grot er derfor større ved taubanedrifter der trærne kvistes ved bilveg.

Rapporten tar for seg mengde, håndtering og transport av grot fra en taubanedrift i Ørsta kommune i Møre og Romsdal og en taubanedrift i Gaular kommune i Sogn og Fjordane.

Skog og Landskap vil takke Fylkesmannen i Møre og Romsdal og Sogn og Fjordane, Allskog, T.Frivik Taubanedrift AS, Fjordane Bioenergi, Nesje Transport AS, prosjekt Ørstaskogen og lokale skogeiere for godt samarbeid. Takk også til medarbeiderne ved Skog og landskap.

Ås, oktober 2013

Eirik Nordhagen, Leif Kjøstelsen, Simen Gjølshjøl & Helmer Belbo

SAMMENDRAG

Grot fra taubanedrifter er et potensielt energisortiment. Mengden grot fra taubanedrifter er undersøkt i denne rapporten. Mermassen eller mengden grot fra to taubanedrifter på Vestlandet var i størrelsesorden 25–28 % av avvirket tømmerkvantum. Med en biomassefunksjon ble mengden grot fra en taubanedrift i Ørsta beregnet til 2,7 tonn tørrstoff per dekar.

Uttak av grot fra taubanedrift er interessant fordi grener og topp følger treet til bilvei eller opparbeidingsplass. Det kreves dermed ikke noen form for ekstra transport for å få grot til bilvei. En utfordring ved uttak av grot fra taubanedrifter er at arealet for å samle opp og lagre grot på standplass ofte er begrenset.

Normalt vil grot bli ryddet unna bilveien og deponert i umiddelbar nærhet til standplass. På denne måten blir ikke grot tatt vare på som en ressurs. Undersøkelsen viste at det var en forskjell på vanlig rydding av grot og stabling av grot i hauger ved skogsbilveien. Vanlig rydding av grot tok 15 sekunder per tre, mens stabling av grot tok 23 sekunder. Dette påvirket imidlertid ikke produksjonen negativt, ettersom man på standplass hadde en del ledig tid hvor man ventet på at nye trær ble vinsjet inn fra bestandet.

Grot kan transporteres ut samtidig med utkjøringen av rundtømmer. I denne studien ble grot transport med en vanlig tømmerbil med karmen. Fire lass ble studert og gjennomsnittslasset veide 6,4 tonn. Det kostet om lag 389 kr per tonn tørrstoff, eller 88 kr per MWh for å få transportert grot 50 km. De små lassene gjør at kostnadene blir svært følsomme for transportdistansen. Hvis groten kan lagres et sted langs skogsvegen, slik at transporten blir redusert til eksempelvis 10 km, blir transportkostnaden redusert med ca. 70 %. Bedre tilpasset utstyr, spesielt grot-grip i kranen, vil antageligvis også øke både lessetempo og lass-størrelsen og dermed senke kostnadene for grot-flytting.

Nøkkelord:

Bioenergi, skogsbrenselproduksjon, taubaneterreng, grot, transport

Andre aktuelle publikasjoner fra prosjekt:

Belbo, H & L. Kjøstelsen, utkjøring av ukomprimert heltrebiomasse fra vegkantrydding. Opddragsrapport 19/2009, Skog og landskap.

Belbo, H. & L. Kjøstelsen. 2012. Bunting av vegkantvirke. Ås: Norsk institutt for Skog og landskap.

INNHold

Forord	ii
Sammendrag	iii
Termer og forkortelser	v
1. Innledning	1
1.1. Mengde av grot.....	1
1.2. Håndtering av grot	1
1.3. Grot som brenselressurs	2
1.4. Problemstilling	2
2. Materialer og metoder	3
2.1. Bestand og materiale	3
2.2. Maskiner og arbeidsmåter.....	4
2.3. Mermassen	4
2.4. Håndtering og transport av grot	5
3. Resultater og diskusjon	6
3.1. Mengde grot.....	6
3.2. Biomassefunksjoner og estimering av grotmengde	6
3.3. Opparbeiding av grot	7
3.4. Transport av grot	7
4. Diskusjon	9
4.1. Mengde grot.....	9
4.2. Håndtering av grot	9
5. Konklusjon	10
5.1. Grotmengder.....	10
5.2. Kostnader for flytting av grot til midlertidig lager/terminal	10
Referanser	11

TERMER OG FORKORTELSER

MWh 1 megawatttime = 1000 kilowattimer

lm³ Løskubikkmeter, lassvolum

t ts Tonn tørrstoff

kg tsKilo tørrstoff

1. INNLEDNING

1.1. Mengde av grot

Hele 34 % (15,6 mill. m³) av hogstmodent volum på Vestlandet¹ befinner seg i terreng som er brattere enn 50 % (Granhus et al., 2012). Stammebiomassen på taubaneareal i hogstklasse V er på Vestlandet estimert til om lag 6,5 mill. tonn tørrstoff (t ts), mens grot er beregnet til 3,5 mill. t ts (Løken, 2012). Mermassen utgjør dermed over 50 % tillegg til stammevirke. Marklunds funksjoner er utviklet med tanke på beregninger av biomasse til bioenergiformål (Marklund, 1988a). I skogreisingsstrøk på Vestlandet er det lite kunnskap om den faktiske mengden med grot fra drifter med kabelkran på hogstmoden plantet gran.

1.2. Håndtering av grot

Hele treet blir i utgangspunktet transportert opp eller ned til standplass. Standplassene er relativt små og arealet for akkumulering av grot, i tillegg til stammevirket er begrenset (fig. 1). Ved hauglegging i tre meter høye stakker vil arealbehovet være 3-6 m² per tonn tørrstoff (Hartsough, 2010). På trange standplasser vil grot være til hinder for effektiv håndtering av rundvirke, og vil derfor bli ryddet til side som hogstavfall.



Figur 1. Arealet for å samle opp og lagre grot er begrenset langs skogsbilveier i bratt terreng. Fyldalen 2011. Foto: Eirik Nordhagen.

Grot er en ressurs og per i dag et potensielt energisortiment. Uttak av biomasse fra bratt terreng på Vestlandet kan sammenlignes med utfordringer fra alpine strøk i Mellom Europa: Tilgjengelighet er begrenset av veistandard og infrastruktur og det er ofte

¹ Region 3 består av fylkene Rogaland, Hordaland, Sogn og Fjordane og Møre og Romsdal.

vanskelig å få tak i biomassen i vintermånedene pga. av mye snø (Spinelli et al., 2012). I mange tilfeller vil grot i taubaneterreng ligge uhensiktsmessig til for neste aktør i en fliskjede. Det kan være for bratt, for smalt, ugunstig tørkeplass eller at veien er utilgjengelig i vintermånedene. Grot må derfor i mange, kanskje de aller fleste, tilfeller transporteres bort samtidig med utkjøringen av tømmer til en hensiktsmessig oppsamlingsplass som ivaretar behovet for tørking og tilgjengelighet. Transport av grot i åpen tømmerbil på offentlig veg er ikke tillatt. Kvister og topper kan falle av, eller stikke ut av lasten. Vanligvis brukes biler med tette vegger for slik transport. For å hindre at grener faller ut ved transport finnes det også løsninger for å kle bankene med et nett (Sundström, 2010).

1.3. Grot som brenselressurs

Etter hvert som nye biobrensel anlegg etableres er det også et spørsmål om fliskvaliteten for grot egner seg for fyring i disse anleggene. Det er særlig fuktighet, andelen finstoff, forurensing og lange stikker som kan være en utfordring for dagens relativt små biobrenselanlegg i Norge. I Ørsta er det åpnet et fjernvarmeanlegg (Ørsta Eldhus) hvor grunnlasten skal dekkes opp med en flisfyringskjele på 2,5 MW. Det kan være aktuelt å brenne grot eller blande inn grot i annet brensel, gitt at kvaliteten på grotflisen er god nok.

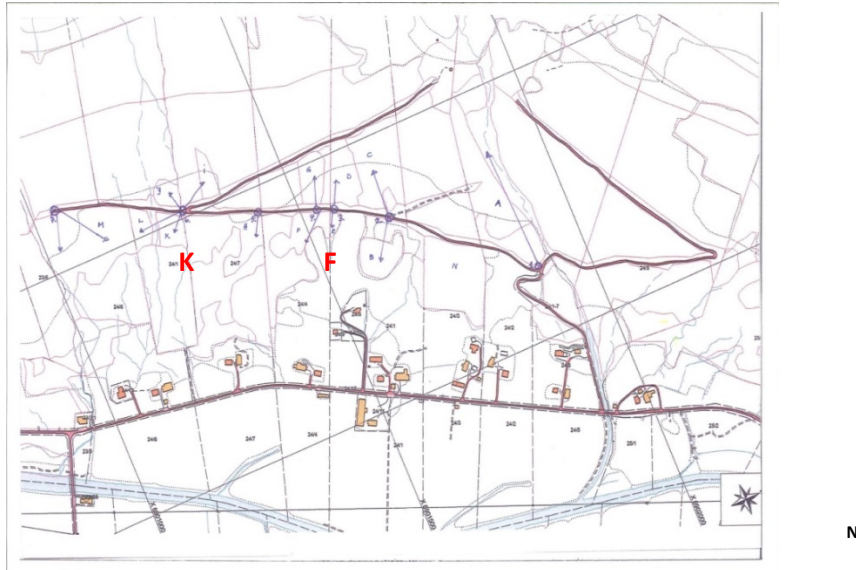
1.4. Problemstilling

Målsettingen med denne undersøkelsen var 1) å få et estimat på mengden grot fra taubanedrifter på Vestlandet og sammenligne dette med etablerte biomassefunksjoner, 2) finne ut hvordan grot-håndtering for videretransport påvirker prestasjonen i en taubane, og 3) å få et estimat på tidsforbruk og kostnader ved transport av grot fra taubane standplass til et bedre egnet lagringssted.

2. MATERIALER OG METODER

2.1. Bestand og materiale

Stammemasse og kronemasse ble målt i tre bestander; et i Laukland (Sogn og Fjordane) og to i Fyldalen i Ørsta (Sunnmøre). Bestandet i Laukland var vanlig gran med middelhøyde 22,8 m, diameter i brysthøyde (dbh) 22 cm og med en stammetetthet på 105 trær per dekar. Bestandene i Fyldalen var 75–80 år gamle bestand med plantet gran. I bestand F var middelhøyden på 24,3 m, dbh 35 cm og stammetettheten 80 trær per dekar (fig. 2 og 3).



Figur 2. Bestand F og K med baneretning →, som ble studert i Fyldalen i Ørsta.



Figur 3. Avvirkning av 75 år gammel plantet granskog i Fyldalen i Ørsta. Foto: Eirik Nordhagen.

2.2. Maskiner og arbeidsmåter

Kabelkranen i Laukland var en Owren 400 med løpende bærekabel. En gravemaskin av typen Daewoo Doosan 225 LCV utstyrt med et Woody 60 opparbeidingsaggregat ble brukt til kvisting av stammene (fig. 4). Det ble oppgitt at denne typen kabelkran har en prestasjon på 6-8 m³ per time i denne type skog.



Figur 4. Opparbeiding av grot og rundtømmer i Laukland i Sogn og Fjordane. Foto: Leif Kjøstelsen.

Kabelkranen i Fyldalen var en Mounty 4000 fra Konrad Forsttechnik i Østerrike. Maks banelengde var 400 meter. Utstyret var montert på en sekshjulsdreven MAN lastebil. Hogstagggregatet var en Woody 60 fra samme produsent. I Fyldalen ble tømmerdrifta til dels kjørt som fallbane og løpekatten var en såkalt «Frivikliner» eller Liftliner 3000. Produksjonen av tømmer for denne type kabelkran er i Norge anslått til 40–50 m³ pr. dag inkludert reparasjon, flytting m.m. (Nitteberg, 2012).

2.3. Mermassen

For å bestemme mermassen ble total 38 trær veid med og uten kvist. I stammebiomasse er stammeved og bark opp til 5 cm toppdiameter inkludert. For grotbiomasse er kvist, nåler, bark og stammeved under 5 cm i diameter inkludert. 18 trær ble veid i Laukland og 20 trær i Fyldalen. Resultatene ble sammenlignet med Marklunds (1988b) biomassefunksjoner for gran, som er utviklet spesielt med tanke på beregninger av biomasse til bioenergiformål.

2.4. Håndtering og transport av grot

I Fyldalen ble transport av løsgrot tidsstudert for å estimere produktiviteten. En vanlig tømmerbil med karmen med innlagte stålplater ble benyttet til transporten (fig. 5). Prestasjonen for lessing, kjøring og lossing ble tidsstudert og 4 lass med grot ble veid. Fuktighet ble målt for å bestemme tørrstoff og energiinnhold. Kostnader er regnet ut per lass, per tonn tørrstoff og per MWh (kWh).



Figur 5. Tømmerbil med tette aluminiumskarmer og innlagte stålplater. Foto: Leif Kjøstelsen.

Effektiv brennverdi for et lass kan beregnes med følgende formel:

$$q_{ar} = 5,3 - \left(0,6781 * \frac{MC}{100 - MC} \right)$$

q_{ar} er effektiv brennverdi (kWh / kg ts) ved aktuell fuktighet,
5,3 er typisk brennverdi for helt tørt brensel,
MC er fuktinnhold i prosent av totalvekt.

Energiinnholdet i lasset bestemmes ved å multiplisere brennverdi med tørrstoffmengden (t ts).

I Laukland ble det gjennomført et mindre tidsstudie for å få en pekepinn på hvor mye ekstra arbeid det er å legge grot slik at den er tilgjengelig for videretransport. Tidsforbruket på de ulike arbeidsoperasjonene i forbindelse med opparbeiding av stammevirket og håndteringen av grot ble observert for 97 stammer.

3. RESULTATER

3.1. Mengde grot

Volum, vekt og mermasse for de veide trærne er satt opp i tabell 1. Volum med bark ble beregnet med Baugers (Bauger, 1995) funksjon for gran, Vestlandet (D >5 cm), plantinger (Funksjon G1).

Tabell 1 – Gjennomsnitt, min og maks verdier

	Laukland, Sogn og Fjordane	Fyldalen, Møre og Romsdal
	N=18 trær	N=20 trær
Stammevolum (m ³)	0,639 (0,207 – 1,399)	0,984 (0,109 – 2,427)
Hele treet (t)	0,530 (0,136 – 1,396)	0,891 (0,085 – 2,332)
Stamme (t)	0,424 (0,109 – 1,088)	0,686 (0,065 – 1,707)
Grot (t)	0,106 (0,023 – 0,308)	0,205 (0,020 – 0,625)
Mermasse grot (%)	24,9 (8,8 – 41,9)	27,9 (11,0 – 45,4)

Note: t er tonn rå biomasse, alle tall er inklusive bark.

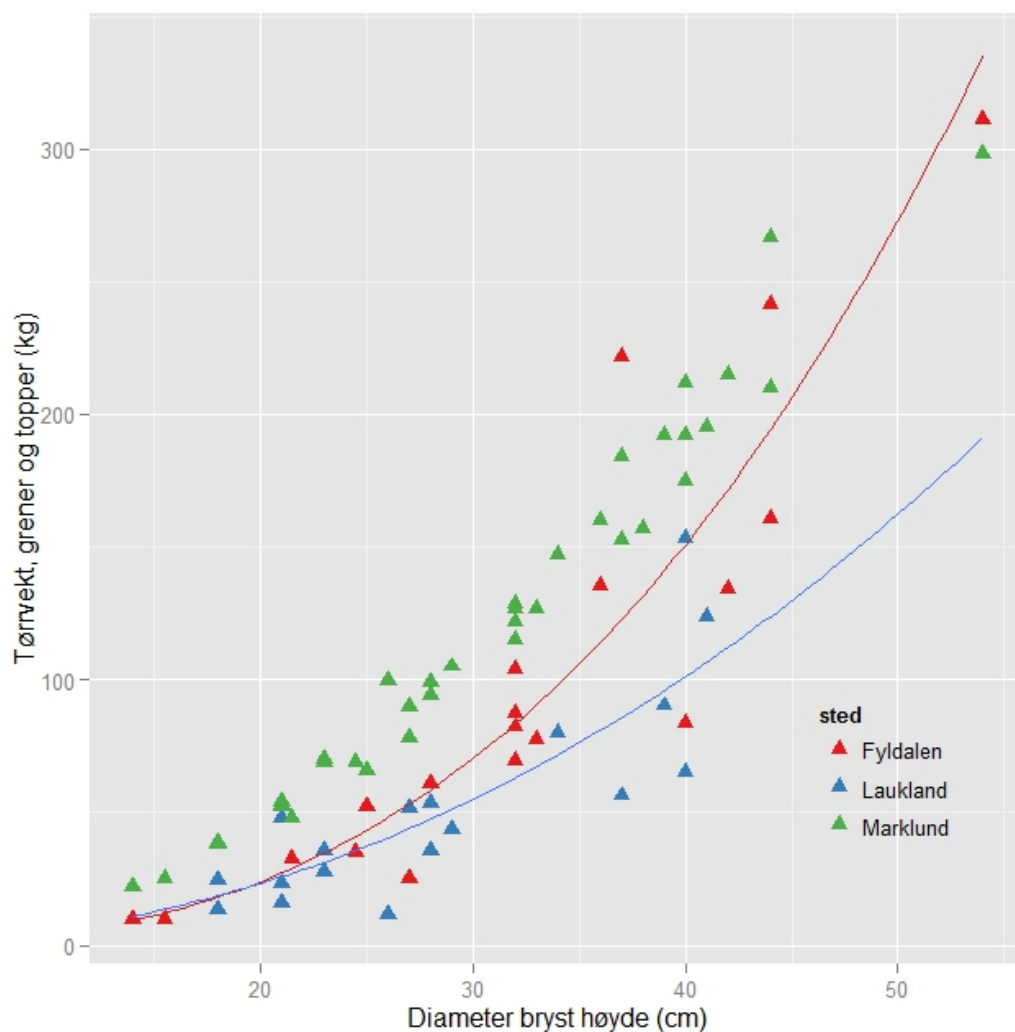
Prosentandelen topp og kvist i forhold til nyttbart stammevirke utgjorde henholdsvis 28 % i Fyldalen og 25 % i Laukland.

3.2. Biomassefunksjoner og estimering av grotmengde

Figur 6 viser diameter i brysthøyden mot tørrvekten (kg ts) for grot for de veide trærne i tabell 1. Med diameter (dbh) og høyde på trærne ble tørrvekten også beregnet med Marklunds funksjoner. Fuktinnholdet for grot ble målt til 50 % av råvekt ved veietidspunktet.

Den totale grotmengden på trærne i Fyldalen var 1936 kg tørrstoff, mens Marklunds funksjoner indikerte 2500 kg tørrstoff. Den totale grotmengden fra trærne i Laukland var 950 kg ts, mens Marklunds funksjoner ga 1985 kg ts.

Ved å måle dbh på 4 prøveflater i bestand F i Fyldalen ble mengden grot estimert med funksjonen i modellen i fig. 6 til om lag 2,7 tonn tørrstoff per dekar.



Figur 6. Diameter i bryst høyde mot tørrvekten av grener og topper for gran i Fyldalen og Laukland.

3.3. Opparbeiding av grot

Opparbeiding av et tre tok omtrent 2 minutter (2,07 min) i gjennomsnitt. Ordinær rydding av kvist tok 0,25 min, mens stabling av grot for videretransport tok 0,38 min (per tre). Forskjellen var ca. 8 sek. pr tre. Produksjonen i Laukland var 12–13 m³ opparbeidet tømmer per time.

3.4. Transport av grot

Tariffen for lastebiltransport kan bestå av en kombinasjon av gjennomgående timelønn og et tillegg per kjørte kilometer (Grønland, 2011). Timepris er satt til 506 kr per time og kjøring til 9 kr og 20 øre per km. Det er justert for prisvekst og et ekstra tillegg for kjøring i forhold til modellen (Grønland, 2011) med basisår 2010. Transporthastigheten ble satt til 50 km/t.

Tidsforbruk og kostnader ved transport av grot til tørkeplass/terminal ved forskjellig transport-avstand er satt opp i tabell 2.

Tabell 2. Tidsforbruk og kostnader ved transport av grot

Transport avstand (km)	10	30	50
Terminaltid per lass (min)	20,21	20,21	20,21
Kjøring per lass (min)	24,00	72,00	120,00
Sum per lass (min)	44,21	92,21	144,21
Terminal kostnad per lass (kr)	170	170	170
Kjøring per lass tur - retur (kr)	184	552	920
Sum kostnader per lass (kr)	354	722	1090

Note: Terminaltid er på- og avlessing, kranarbeid, taps tid m.m.

Fukttinnholdet ved utkjøringstidspunktet ble målt til 56,1 %. Gjennomsnittlig størrelse på lasset var 6,378 tonn, eller 2,8 tonn tørrstoff per lass. Effektiv brennverdi med en fuktighet på 56,1 % er 4,43 MWh per tonn tørrstoff. Kostnader per tonn tørrstoff og MWh er satt opp i tabell 3.

Tabell 3. Kostnader per tonn tørrstoff og MWh for transport av grot

Transport avstand (km)	10	30	50
Sum kostnader per lass (kr)	354	722	1090
Tonn tørrstoff per lass (t ts)	2,8	2,8	2,8
Sum kostnad per tonn tørrstoff (kr)	126	257	389
Kostnad per MWh (kr)	28,4	57,9	87,8



Figur 7. Opplesing av grot i Fyldalen. Foto: Leif Kjøstelsen.

4. DISKUSJON

4.1. Mengde grot

I denne undersøkelsen var den faktiske mermassen om lag 25–28 % av avvirket tømmerkvantum. Marklund's funksjoner for gran overestimerte grotmengden med 29 % i Fyldalen og med over 100 % i bestandet i Laukland (fig. 6). Noe av forskjellen kan forklares ved at en del grener, kvister og topper rives av og blir igjen i hogstfeltet. Det er med andre ord ikke praktisk mulig å samle inn all grot fra en kabelkrandrift. Stammetetthet, voksested og alder på trærne er også faktorer som i stor grad bestemmer mengden grener og kronestørrelse (Repola, 2009). Det er derfor ikke urimelig at Marklund's biomassefunksjoner generelt vil overestimere grotmengden for plantet gran på Vestlandet, hvor trærne ofte er lange og står tett, og derfor har relativt kort krone.

Ved bruk av enkle biomassefunksjoner kan en også anslå mengden grot fra et bestand eller tre ved å måle dbh på trær på en eller flere prøveflater (West, 2009). Med biomassefunksjonen for bestand F i Fyldalen ble f.eks. grotmengden i beregnet til 2,7 tonn tørrstoff per dekar. Arealet i bestand F var 6 dekar og det ble det dermed akkumulert om lag 16 tonn tørrstoff. I følge Hartsough (2010) vil det kreve et areal på 48–96 m². I Fyldalen var hogstkran og hogstaggregat montert på samme chassis som vinsjetårnet. Med dette systemet ble det fort et plassproblem og det var derfor nødvendig å kjøre ut grot samtidig med tømmeret.

Opplegget i Laukland med egen basmaskin for taubanen og gravemaskinmontert hogstaggregat gir en betydelig større askjonsradius for hauglegging av grot langs skogsbilveien.

4.2. Håndtering av grot

Arbeidsstudien i Fyldalen indikerte at det vil ta noe lengre tid å legge opp grot i haug sammenlignet med å rydde grot fra oppstillingsplassen. Men dette hadde ingen betydning for den totale produktiviteten ettersom hogstmaskinen i begge tilfeller måtte vente en del på nye trær fra kabelkranen.

Transportløsningen som ble prøvd ut i Møre og Romsdal var en enkel tømmerbil med løse stålkarmar i tillegg til de påmonterte (fig 5 og 7). De løse karmene ble lagt inn langs bankene for å øke høyden. Alternativt kan en også benytte aluminiumskarmar eller nett (Sundström, 2010). Med slike løsninger kan tømmerbiler dermed utnyttes til transport av både rundvirke, bunter og løsgrot. Bruk av nett på tømmerbiler har ikke vært testet i Norge.

Det ble benyttet en vanlig tømmerklo til opplasting av grot. Det er en fordel hvis tømmerbilen benytter en type tømmerklo som er egnet for både grot og rundtømmer. Dette kan effektivisere håndteringen og samtidig minske faren for forurensingen av grot med grus, sand og jord ved opplasting (Eliasson and Nordén, 2006).

Transporten av grot kostet om lag 389 kr per tonn tørrstoff eller omlag 88 kr per MWh (8–9 øre/kWh) ved en transportlengde på 50 km. Ved å doble lasten ved bruk av henger vil en redusere kostnadene med om lag 40 %. Samtidig vil en kort kjøreavstand redusere kostnadene betydelig (Tabell 4 og 5).

Et alternativ til utkjøring av grot er bunting. Bunting innebærer en ekstra operasjon i forsyningskjeden og er dermed en tilleggskostnad. Lastebilmonterte buntemaskiner har vært utprøvd på grot i Alpine strøk i Mellom-Europa. Kostnaden ble beregnet til 232 kr per tonn tørrstoff. Denne ekstra kostnaden kan spares inn ved mer effektiv transport, lagring og flising (Spinelli et al. 2012).

En studie på bunting av vegkantvirke i Møre og Romsdal viste også at buntekostanden ligger i størrelsesorden 230–340 kr per t ts (50–70 kr/MWh) (Belbo and Kjøstelsen, 2012).

Tømmerbiltransport med bunter av grot og heltre ble i samme undersøkelse anslått til 260 kr per t ts (53 kr per MWh) ved en transportavstand på 50 km. Bunting og transport var totalt dyrere (105 – 125 kr/ MWh) enn transport av løsgrot (88 kr per MWh).

5. KONKLUSJON

5.1. Grotmengder

Marklunds biomassefunksjoner overestimerte grotmengden med nesten 30 % i denne studien. Tross at studiematerialet er relativt lite, virker dette å være et rimelig fornuftig resultat. Dette kan bety at tidligere anslag på potensialet for grot på Vestlandet (for eksempel Løken 2012) kan være noe overdrevet.

5.2. Kostnader for flytting av grot til midlertidig lager/terminal

Tilgjengelig areal for å legge opp grot i en kabelkrandrift er begrenset. I mange tilfeller må derfor grot kjøres ut samtidig med rundtømmeret om det skal la seg gjøre å ta vare på denne ressursen.

Flytting av grot til et midlertidig lager eller terminal er en aktuell løsning for å utnytte grot fra taubaneareal. Bunting av grot er et alternativ, men det er mer kostnadseffektivt å transportere grot ut samtidig med tømmeret. Det er fortsatt flere mulige løsninger som kan effektivisere denne metoden ytterligere, blant annet bruk av gripklo designet for formålet og aluminiumskarmer eller nett i stede for stålplater.

Avstanden fra hogst til lager (tørkeplass, terminal eller industriområde) har stor innflytelse på kostnadene, og en god plassering av lageret med tanke på logistikk og tørkeforhold vil derfor være avgjørende for økonomien.

REFERANSER

- Bauger, E. (1995). Funksjoner og tabeller for kubering av stående trær: furu, gran og sitkagran på Vestlandet. Ås, Skogforsk.
- Belbo, H. and L. Kjøstelsen (2012). Bunting av vegkantvirke. Ås, Norsk institutt for skog og landskap.
- Eliasson, L. and B. Nordén (2006). Fyra studier av A-gripen. Uppsala, Skogforsk.
- Granhus, A., G. Hylen, et al. (2012). Skogen i Norge: statistikk over skogforhold og skogressurser i Norge registrert i perioden 2005-2009. Ås, Norsk institutt for skog og landskap.
- Grønland, S. E. (2011). Kostnadsmodeller for transport og logistikk. Oslo, Transportøkonomisk institutt.
- Hartsough, B. R. (2010). The supply chain, *in* R. Spinelli, ed., Guidelines for the development of a forest chips supply chain model, GAL Prealpie Dolomiti, Belluno.
- Løken, Ø. (2012). Den totale biomassen av trær i Norge. Ås, Norsk institutt for skog og landskap.
- Marklund, G. (1988a). Biomass functions for pine, spruce and birch in Sweden., Swedish University of Agricultural Sciences: 75.
- Marklund, L. G. (1988b). Biomassafunktioner för tall, gran och björk i Sverige. Rapporter - Skog. Umeå, Sweden, Swedish University of Agricultural Sciences, Department of forest survey 75.
- Nitteberg, M. (2012). Personlig meddelelse, 25.6.2012.
- Repola, J. (2009). "Biomass Equations for Scots Pine and Norway Spruce in Finland." Silva Fennica **43**(4): 625-647.
- Spinelli, R., N. Magagnotti, et al. (2012). "A supply chain evaluation of slash bundling under the conditions of mountain forestry." Biomass & Bioenergy **36**: 339-345.
- Sundström, N. (2010). Nät ger effektivare transport av grot, Forum Sveaskog (5).
- West, P. W. (2009). Tree and Forest Measurment. Germany, Springer-Verlag. **2nd ed.:** 190.