

Vägtransport av lös och buntad grot

Delrapport inom projektet
"Samverkan för utveckling och förädling av regionens
outnyttjade skogsresurser"

Sollefteå november 2006

Magnus Näslund, Energidalen i Sollefteå AB



Förord

I denna rapport redovisas vägtransportdelen i Energidalens Mål 1-projekt " Samverkan för utveckling och förädling av regionens outnyttjade skogsresurser". Arbete har utförts under 2006. Ett varmt tack riktas till Jämtkraft och Westerbergs Åkeri AB, vilka stått för huvuddelen av indatamaterialet samt låtit författaren delta i det dagliga arbetet, till övriga som hjälpt till med data- och faktainsamling, samt till övriga i projektgruppen.

Sollefteå november 2006

Magnus Näslund

Sammanfattning

Kostnaden för vägtransport är en stor del av totalkostnaden i en hanteringskedja för grot. I denna rapport beräknas denna kostnad, med utgångspunkt i lastdata och tidsåtgång.

Ur ett indatamaterial som består av nettovikter, torrhalter, torrvikter och energiinnehåll på lösgrot och buntar har medelvärden beräknats. Medelnettovikten för ett lass lösgrot är i storleksordningen 22-23 ton för leveranser till Jämtkraft i Östersund, och 19,2 ton för leveranser till Korsnäs Frövi. Energiinnehållet per lass ligger i storleksordningen 50-60 MWh till Jämtkraft och 45 MWh till Frövi.

Jämförelse mellan leveranser från olika fordon visar ingen anmärkningsvärd skillnad.

Jämförelse över säsongen på leveranserna till Jämtkraft visar på trend mot sjunkande lastvikter och energiinnehåll längre fram i perioden 1 december till 31 maj.

Uppdelning av indata materialet i torrhaltsintervaller visar att transporteffektiviteten är högre ju torrare materialet är.

Buntarna visar betydligt högre nettovikter än lösgrot. För buntleveranserna är medelvikten 31,7 ton och energiinnehållet i medeltal 75 MWh.

Tidsåtgången har delats upp i delmomenten landsvägskörning, skogsvägskörning, lastning, lossning samt övrig tid. Medelhastigheterna har uppmätts till 75 respektive 38 km/h för landsväg och skogsvägskörning, men mätningen skedde vid optimala väder- och väglagsförhållanden och visar därför för höga hastigheter. Tidsåtgången för lastning och lossning av lösgrot har uppmätts till 49 resp. 18 minuter, och för buntar 26 resp 17 minuter (exkl. inmätning). "Övrig tid" har uppmätts till 6 minuter per vända.

Grot av enbart barrträ ger högre prestation vid lastning och tyngre lass än barrträdgrot blandat med löv.

De totala transportkostnaderna för lös grot, utifrån antaganden om kostanderna för fordonet, har beräknats till 31,5 SEK/råton för lastning, lossning och övrig tid, 0,62 SEK/km, råton för körning på landsväg och 1,07 SEK/km, råton för körning på skogsväg.

Vid transport av buntar blir kostnaderna lägre, dels på grund av högre lastvikter och dels tack vare effektivare lastning. Med samma förutsättningar har kostnaden för bunttransport beräknats till 16,3 SEK/råton för lastning, lossning och övrig tid, 0,44 SEK/km, råton för körning på landsväg och 0,75 SEK/km, råton för körning på skogsväg.

Abstract

The cost for road transport is a significant part of the total cost in a supply chain for forest residues. In this report a calculation is made of the transport cost, based on data of loads and time demand.

Out of a material consisting of net loads, dry matter content, dry matter weight and energy content is average values calculated. The average net load for a deliverance of loose residues is around 22-23 tonne for deliveries to Jämtkraft and 19,2 tonne to Korsnäs Frövi. The energy content per delivery is 50-60 MWh to Jämtkraft and 45 MWh to Frövi.

A comparison between vehicles shows no significant difference.

A comparison over the season on the material from Jämtkraft shows a trend of decreasing net loads and energi contents during the period December 1st to May 31st.

The material has been divided into cathegories of different dry matter content, which shows that the transport efficiency is higher when th material is more dry.

The bundled residues gives higher net loads than loose residues. For the diliveries of bundles the average net load is 31,7 tonne and the average energy content 75 MWh.

The demand of time has been separated into main road transport, forestry road transport, loading, unloading and extra time. The average speed has been measured to 75 km/h on main roads and 38 km/h on forestry roads. As the measurement was made under good weather and road conditions, these values are higher than the real speeds. The time demand for loading and unloading has been measured to 49 resp. 18 minutes for loose residues ,and 26 resp. 17 minutes for bundles. Extra time has been measured to 6 minutes per transport.

Pure coniferous residues gives higher loading rates and heavier loads compared to coniferous residues mixed with leaf tree residues.

The total transport cost for loose residues, based on assumptions of the vehicle costs has been calculated to 31,5 SEK/tonne raw matter for loading, unloading and extra time, 0,62 SEK/km, tonne raw matter for main road transport and 1,07 SEK/km, tonne raw matter for forestry road transport.

The costs for transport of bundled residues, is less costly, due to heavier loads and more efficient loading. Under the same conditions as above, the total cost for transport of bundled residues has been calculated to 16,3 SEK/tonne raw matter for loading, unloading and extra time, 0,44 SEK/km, tonne raw matter for main road transport and 0,75 SEK/km, tonne raw matter for forestry road transport.

Innehåll

INLEDNING	10
Bakgrund	10
Syfte och målsättning	10
METOD	11
Lastvikter	11
Tidsåtgång	12
Transportkostnad	12
Transportkostnad upparbetat material	12
RESULTAT OCH DISKUSSION	13
Lastvikter	13
Lösgröt	13
Buntar	15
Tidsåtgång	16
Lösgröt	16
Buntar	17
Transportkostnad	18
Transportkostnad upparbetat material	20
Diskussion	22
REFERENSER	23

Inledning

Bakgrund

I Mellannorrland är behovet av fastbränsle ökande, till stor del beroende på installationer av bibränslebaserad kraftvärme. Eftersom allt industriellt avfall redan är uppbokat kan denna ökning bara tillgodoses genom avverkningsrester (grot) eller genom import. Bruttotillgången på avverkningsrester i Mellannorrland är avsevärt större än det behov som vi känner till idag, och tillgångarna är i stort sett jämnt fördelade över regionen. Behovet är däremot koncentrerat till ett fåtal platser, där större delen av förbrukningen sker idag och kommer att ske inom överskådlig framtid. Därför finns ett behov av transporter, och transportkostnaden är en av faktorerna som avgör hur stor del av tillgångarna som är ekonomiskt tillgängliga.

Kostnaden för vägtransport beror i huvudsak på tre faktorer, det enskilda lassets energinnehåll, tidsåtgången samt fordonets fasta och rörliga kostnader.

Syfte och målsättning

Målsättningen med studien har varit att kostnadesberäkna transporter av lös och buntad grot, genom bestämning av dessa tre faktorer. Resultaten ger en bild av vad transportkostnaderna består i, och kan användas vid analys och jämförelse av olika systemlösningar.

Metod

Lastvikter

Indata till analysen har utgjorts av nedanstående fyra serier med inmättningsdata.

- ca 1050 lösgrotsleveranser till Jämtkrafts kraftvärmeverk i Östersund under perioden 041201 till 050531
- ett drygt 100-tal buntleveranser till Jämtkraft under perioden 041201 till 050531
- ca 1300 lösgrotsleveranser till Jämtkraft under perioden 051201 till 060531
- ca 1700 lösgrotsleveranser till Korsnäs Frövi AB under perioden 050701-060731.

Nettovikter under 15 ton lösgrot och 20 ton buntar har tagits bort från materialet, eftersom de inte representerar fulla lass. Dessutom innehåller materialet till Korsnäs Frövi leveranser som gjorts med andra fordon än grotbil. Dessa har identifierats genom avvikande taravikt och tagits bort ur materialet.

Nettovikten för varje leverans bestämdes genom vägning före och efter avlastning.

Fukthalten är bedömd enligt respektive mottagares rutiner för detta. Jämtkraft har utvecklat sitt system för fukthaltsbedömning mellan säsongen 04/05 och 05/06. Siffrorna är därför inte direkt jämförbara med varandra.

Energiinnehållet har ingått i indatamaterialet för Korsnäs Frövi och Jämtkraft 05/06. För lösgrots- och buntleveranserna till Jämtkraft 04/05 har det beräknats enligt (Lehtikangas, 1998):

$$W_{\text{eff}} = (19,7 - 2,44 * (100 - Th) / Th) * 0,278 * m_t \text{ [MWh]}$$

där

Th = torrhalt [%]

m_t = torrsvikt [ton]

Beräkningen är gjord för varje leverans.

För leveranserna säsong 04/05 är fordonet specificerat. Lösgrotleveranserna är gjorda av fyra olika fordon, och bunt leveranserna av tre. Lastvikterna från dessa har jämförts med varandra, för att se om det är skillnader mellan fordonen.

Medelvärden på lastvikter, torrhalter, torrsvikter och energiinnehåll på lösgrotsleveranserna till Jämtkraft har även beräknats för 10-dagarsintervaller, för att undersöka om det funnits synliga årstidsvariationer.

Leveranserna har även delats upp efter torrhalt, för att undersöka sambandet mellan den och transporteffektiviteten.

Tidsåtgång

Data över tidsåtgången vid grottransport har samlats in genom en tidsstudie av en grotbil i arbete. Tidsåtgången har mätts för lastning och lossning, och medelhastigheten har beräknats för transport på skogsväg och landsväg. Lassets nettovikt har registrerats vid inmätning där även fukthalten bedömts. Materialet som har lastats och körts betecknades som grot av gran, men har i varierande grad innehållit träddelar av i första hand löv. Materialets betydelse för lastvikten och tidsåtgången vid lastning har analyserats.

Information om tidsåtgången för bunthantering har tagits från en parallell studie (Engblom, 06).

Transportkostnad

Kostnadsberäkningarna har gjorts utifrån muntliga uppgifter och egna antaganden. Den genomsnittliga årskostnaden för värdeminskning och ränta har beräknats genom sambandet (Bergknut et.al- 1981):

$$\text{Årskostnad} = (\text{investering} - \text{restvärde}/(1+\text{ränta})^{\text{livslängd}}) * \text{ränta}/(1-(1+\text{ränta})^{-\text{livslängd}})$$

Kostnaden har summerats med övriga fasta kostnader till en total fast årskostnad, som sedan räknats om till en timkostnad utifrån antagen utnyttjandegrad.

De rörliga kostnaderna har lagts till och tillsammans med tidsåtgången och medelhastigheterna har totalkostnaden för lastning/lossning och körning på landsväg och skogsväg beräknats. Med uppgifterna om lastvikter har transportkostnaderna beräknats i formen SEK/tonkm och SEK/MWh,km.

Transportkostnad för upparbetad material

Som jämförelsematerial har även transportkostnaden för upparbetad material beräknats. Muntliga uppgifter och egna antaganden ligger till grund för beräkningen, som utförts på samma sätt som ovan.

Resultat och diskussion

Lastvikter

Lösgrot

Efter borttagande av nettovikter under 15 ton, och leveranser som ej gjorts med grotbil, återstod ett material av ca 3000 leveranser. Medelvärden och standardavvikelser för resp. mätserie har beräknats för nettovikt, torrhalt, torr vikt och energiinnehåll.

Tabell 1. Översikt medetvikter och standardavvikelse (SD) av lösgrot

		Jämtkraft säsong 04/05	Jämtkraft säsong 05/06	Korsnäs Frövi 05/06
Antal leveranser		956	1183	864
Nettovikt (ton)	medel	23,0	22,1	19,2
	SD	4,5	3,8	3,4
Torrhalt (%)	medel	54,5	50,7	52,6
	SD	5,6	5,9	10,3
Torr vikt (ton)	medel	12,5	10,7	10,0
	SD	2,6	2,2	2,2
Energiinnehåll (MWh)	medel	61,4	49,1	45,2
	SD.	13,4	11,3	12,0

En mindre skillnad i nettovikt kan konstateras mellan de olika säsongerna på Jämtkraft, medan materialet från Korsnäs Frövi visar på något lägre nettovikter (tab 1). Torrhalterna för alla ligger mellan 50 och 55%. Eftersom leveranserna till Jämtkraft säsong 04/05 har de högsta värdena på både nettovikt och torrhalt blir torrvikten och därmed även energiinnehållet markant högre. Energiinnehållet per leverans är ca 25% bättre säsongen 04/05 än 05/06.

I materialet från Jämtkraft säsong 04/05 ingår leveranser från 4 fordon. Medelvärden på leveranserna för de olika fordonen är:

Tabell 2. Jämförelse mellan fordon

Fordon	Antal leveranser	Nettovikt medel (ton)	Torrhalt medel (%)	Torrvikt medel (ton)	Energiinnehåll medel (MWh)
1	262	23,8	56,1	13,3	63,2
2	259	22,3	52,1	11,1	53,8
3	340	23,3	52,8	12,3	57,8
4	95	22,1	62,3	13,8	67,3

Den enda anmärkningsvärda skillnaden mellan fordonen är att nr 4 har levererat avsevärt torrare bränsle än de andra, men står för en liten del av leveranserna. Någon större skillnad mellan olika fordon eller förare verkar därför inte föreligga.

För att undersöka fördelningen över säsongen har leveranserna till Jämtkraft 04/05 och 05/06 delats upp i 10-dagarsintervall. Därefter har medelvärdet på nettovikt, torrhalt, torrvtik och energiinnehåll beräknats för resp. period.

Tabell3. Lastvikternas förändring över säsongen

Period	Antal lass	Nettovikt (ton)	Torrhalt (%)	Energimängd (MWh)	Torrvtik (ton)
1201-1210	140	23,33	53,62	58,24	12,34
1211-1220	196	23,65	54,53	60,68	12,79
1221-1231	119	23,37	56,93	63,14	13,17
0101-0110	118	23,55	54,18	57,34	12,22
0111-0120	152	24,54	54,14	59,01	12,61
0121-0131	162	23,76	48,10	48,44	10,75
0201-0210	161	22,15	51,24	50,87	10,99
0211-0220	96	21,23	51,13	48,50	10,49
0221-0228	103	20,97	50,46	47,63	10,32
0301-0310	173	20,00	50,99	46,38	10,00
0311-0320	131	21,25	52,37	50,90	10,89
0321-0331	203	21,35	52,01	50,66	10,86
0401-0410	128	25,13	51,20	58,89	12,66
0411-0420	101	21,93	51,93	51,77	11,10
0421-0430	61	20,50	52,13	47,82	10,28
0501-0510	26	19,34	60,38	56,32	11,60
0511-0520	29	21,36	53,93	53,55	11,34
0521-0531	40	24,46	47,48	50,59	11,18

Trenderna visar, med ett fåtal undantag, på en sjunkande nettovikt över säsongen. Även torrhalterna är generellt sett lägre tidigare i perioden, vilket medför att torrvtiken och energiinnehållet minskar över perioden. Anledningen till detta är rimligen att den grot som körs in på senhöst och tidig vinter har hunnit torka innan inkörning. Inslagen av färsk grot blir sedan högre mot slutet av januari och under resten av perioden. De höga torrhalterna i maj förklaras med att då sker inkörning av grot som lagrats sedan föregående år efter landsväg, för att minimera skogsvägstransporterna.

För att undersöka sambandet mellan torrhalt och nettovikt, torrvtik och energiinnehåll har leveranserna till Jämtkraft 04/05 och 05/06 delats upp i olika torrhaltsintervall. Därefter har medelvärdet på nettovikt, torrhalt, torrvtik och energiinnehåll beräknats för resp. intervall.

Tabell 4. Lastvikternas förändring beroende på torrhalt

Torrhalt (%)	Antal lass	Nettovikt (ton)	Energiinnehåll (MWh)	Torr vikt (ton)
40-44	51	26,23	45,25	10,48
45-49	672	22,44	44,90	10,01
50-54	459	21,68	49,50	10,70
55-59	606	23,59	61,48	12,93
60-64	175	21,35	61,04	12,59
65-70	164	20,86	66,09	13,39

Tabell 4 visar inget entydigt samband mellan torrhalt och nettovikt, men torrvtiken och energiinnehållet, och därmed även transporteffektiviteten, ökar med högre torrhalt.

Buntar

Efter borttagande av vikterna under 20 ton återstod 109 leveranser (tabell 5):

Tabell 5. Översikt lastvikter av buntar

	Nettovikt (ton)	Torrhalt (%)	Torrsvikt (ton)	Energiinnehåll (MWh)
Medel	31,7	51,3	16,3	75,8
Standardavvikelse	2,8	3,3	1,8	9,0

Jämfört med lösgrot (tabell 1) har buntleveranserna avsevärt högre medelnettovikt, 31,7 ton jämfört med 22-23, trots att torrhalten är jämförbar. Detta motsvarar en ökning på över 30 %. Buntarna är tillverkade med Fiberpactekniken.

Buntleveransernas fördelning över perioden, samt månadsvisa medelvärden visas nedan:

Tabell 6. Lastvikternas förändring över säsongen

Månad	Antal leveranser	Medelnettovikt (ton)	Torrhalt medel (%)	Torrsvikt medel (ton)	Energiinnehåll medel (MWh)
December	28	31,4	50	15,7	72,7
Januari	1	34,3	50	17,15	79,40
Februari	1	27,9	70	19,53	97,90
Mars	46	31,5	50,8	16	74,3
April	26	32	51,9	16,6	77,6
Maj	7	33,4	55,7	18,6	88,5

Bortsett från januari och februari, som bara representeras av en leverans vardera, så finns det en svag trend av ökade nettovikter och torrhalter. Tillsammans bidrar detta till en uppenbar trend av ökade torrsvikter och energiinnehåll under perioden december till maj.

Tre fordon har stått för leveranserna. Deras resp. medelnettovikter redovisas i tabell 7.

Tabell 7. Jämförelse mellan fordon

Fordon	Antal leveranser	Medelnettovikt (ton)
1	33	30,5
2	22	32,3
3	54	32,1

Någon anmärkningsvärd skillnad mellan fordonen verkar inte föreligga.

Tidsåtgång

Lösgrot

Mätvärden från sju turer har utgjort arbetsmaterial för att beräkna tidsåtgången. Fordonet i studien är ett trädelsekipage försett med skogskran med dubbelt utskjut. Kranen har risgrip och dubbelverkande gripcylinder, vilken utnyttjas till komprimering av riset under lastningen. Släpet är försett med skjutbord. Ekipagets taravikt är ca 32 ton och lastvolymen 140 m³.

Tidtagning av körningen på lands- respektive skogsväg gav följande resultat:

Tabell 8. Tidsåtgång vägtransport av grot

Tur	Sortiment	Landsväg		Skogsväg	
		Sträcka (km)	Tid (min)	Sträcka (km)	Tid (min)
1	Träddelar löv	158	114	-	-
2	Grot	96	76	2	12
3	Grot+ träddelar löv	50	42	-	-
4	Grot + träddelar löv	228	176	29,4	44
5	Grot	132	120	21,5	26
6	Grot + litet inslag träddelar löv	120	92	48	75
7	Grot + träddelar löv	40	40	-	-

Mätningarna ger medelhastigheten 68 km/h. Vid separation av landsvägstransport och skogsvägstransport var medelhastigheterna 75 km/h på landsväg respektive 38 km/h på skogsväg. Mätningarna skedde under goda väder- och väglagsförhållanden, och hastigheterna kan därför justeras ned till 70 resp 30 km/h för att vara representativa för hela året.

Tidsåtgången för lastning och lossning visas i tabell 9, tillsammans med övrig tidsåtgång. Dessutom visas inmättningsresultatet för resp. leverans. Lastning innefattar tiden från att lastbilen anländer till vältan tills den lämnar vältan, inklusive tid för att vända bilen. Ibland har krävts en flyttning av bilen för att komma åt tillräckligt med material. Lossningstiden innefattar inmätning och tippning på terminal. Övrig tid innefattade väntetider vid mötesplatser, vändplatser, in- och utpassage vid inmätning samt ett däckbyte.

Tabell 9. Tidsåtgång lastning, lossning och övrig tid

Tur	Sortiment	Lastnings-tid (min)	Lossnings-tid (min)	Resultat inmätning				Övrig tid (min)
				Rå vikt (ton)	Torrhalt (%)	Torr vikt (ton)	Energi (MWh)	
1	Träddelar löv	54	20	19,7	48	9,5	45,0	-
2	Grot	46	15	21,3	60	12,8	64,3	14
3	Grot+ träddelar löv	25 ¹	14	9,4	50	4,7	22,6	-
4	Grot + träddelar löv	55	18	16,4	65	10,7	54,6	13
5	Grot	49	25	22,8	65	14,8	75,9	5
6	Grot + litet inslag av träddelar löv	42	19	16,8	65	10,9	55,9	3 (+25 minuter för däckbyte)
7	Grot + träddelar löv	37 ¹	14	17,6	45	7,9	36,9	6

1) Ej fullt lass

Medelvärde för tidsåtgången för lastning är 49 min, baserat på de fulla lassen.

Medelvärde för tidsåtgången för lossning är 18 min.

Medelvärde för övrig tid är 6 min/tur. Däcksbytet har inte tagits med i beräkningen.

I tabell 10 nedan görs en jämförelse av produktiviteten mellan turer som innehållit med varierande inslag av träddelar löv. Tur 2 och 5 innehöll i det närmaste enbart grot av barrträd. Tur 6 innehöll ett mindre inslag av lövträddelar och turerna 1,3 och 4 innehöll ett större inslag lövträddelar. Tur 7 har inte tagits med, eftersom materialet var svårt att kategorisera.

Tabell 10. Prestationsjämförelse vid lastning

Sortiment	Tur	Prestation lastning			Lastvikt		
		råton/min	ton TS/min	MWh/min	råton	ton TS	MWh
Grot	2, 5	0,46	0,29	1,47	22,05	13,80	70,10
Grot + lite träddelar	6	0,40	0,26	1,33	16,80	10,92	55,90
Grot + träddelar	1, 3, 4	0,35	0,19	0,91	18,05	10,06	49,76

Materialet är litet för att dra slutsatser om, men visar tydliga tendenser att lastningen är betydligt mer effektiv ju mindre inslaget av lövträddelar är. Skillnaden i dessa mätningar är att lastning med träddelar tar drygt 60% längre tid, mätt i MWh/min.

Även lastvikterna tenderar att vara avsevärt högre med ett mindre lövinslag. I energi räknat är skillnaden här drygt 40%.

Buntar

Hastigheterna som är beräknade för lösgrot kan antas gälla även för bunttransport, liksom "övrig tid".

En studie av bunthantering (Engblom,06) visade att lastningstiderna var avsevärt kortare än för lösgrot, nämligen 26 min/lass. Lossning med kran tog i genomsnitt 17/min/lass, exkl. invägning.

Transportkostnad

Kostnaden för ett grotfordon har beräknats enligt tabell 11. Kostaderna är baserade på muntliga uppgifter och egna antaganden.

Tabell 11. Specifikation av kostnader för grotfordon

Investering	
Grotbil med kran (SEK)	4 000 000 ¹
Livslängd (år)	6
Restvärde (%)	15
Kalkylränta (%)	6
Användning	
Utnyttjad tid (h/år)	4 000
Drivmedel	
Körning (l/mil)	5 ¹
Lastning/lossning (l/h)	7 ¹
Pris (SEK/l)	8
Övriga fasta kostnader	
Skatt (SEK/år)	40 000
Försäkring (SEK/år)	50 000
Lön inkl soc.avg. (SEK/år)	950 000
Administration	100 000
Övrigt (telefon, garage etc.) (SEK/år)	75 000
Övriga rörliga kostnader	
Däckslitage (SEK/mil)	5
Service o reparation (SEK/mil)	15
Övriga pålägg	
Vinst och risk (%)	7

¹) Muntlig uppgift (Westerberg)

Detta ger en genomsnittlig kostnad för värdeminskning och ränta på 756 105 SEK/år.

Tillsammans med övriga fasta kostnader och pålägg blir den totala fasta kostnaden 2 109 082 SEK/år, och utslaget på den utnyttjade tiden blir kostnaden 527 SEK/h.

De rörliga kostnaderna inkl. pålägg kan summeras till 64,2 SEK/mil vid körning, och 59,9 SEK/h vid kranarbete.

För en medelhastighet på 70 km/h blir den totala kostnaden 14,0 SEK/km vid körning på landsväg.

För en medelhastighet på 30 km/h blir totala kostnaden 24,0 SEK/km vid körning på skogsväg.

Totalkostnaden vid lastning och lossning uppgår till 587 SEK/h, och för övrig tid 527 SEK/h.

Räknat på tidsåtgången 49 minuter för lastning, 18 minuter för lossning och 6 minuter övrig tid blir totalkostnaden för detta 708 SEK/lass för lösgrotshantering.

Räknat på tidsåtgången 26 minuter för lastning, 17 minuter för lossning, 5 minuter för inmätning och 6 minuter övrig tid blir totalkostnaden för detta 522 SEK/lass för bunthantering.

I tabell 12 är den totala transportkostnaden för lösgrot beräknad på ett medellass med nettovikten 22,5 ton och energiinnehållet 55 MWh, och för buntar på ett medellass med nettovikten 32 ton och energiinnehållet 76 MWh.

Tabell 12. Totala transportkostnader lösgrot och buntar

	Lösgrot		Buntar	
	SEK/råton	SEK/MWh	SEK/råton	SEK/MWh
Lastning, lossning och övrig tid	31,5	12,9	16,3	6,9
Körning landsväg (kilometerkostnad)	0,62	0,25	0,44	0,18
Körning skogsväg (kilometerkostnad)	1,07	0,44	0,75	0,32

Transportkostnad upparbetat material

Kostnaden för transporter av ubbarbetat material har beräknats enligt tabell 13. Kostnaderna är baserade på muntliga uppgifter och egna antaganden. På grund av skillnader i båda lastvikt och lastningstid redovisas både fordon med kran och skopa och fordon utan kran.

Tabell 13. Specifikation av kostnader förtransport av upparbetat material

Investering	Flisbil	Flisbil med kran och skopa
Inköp fordon (SEK)	2 300 000 ¹	3 000 000 ¹
Livslängd (år)	6	
Restvärde (%)	15	
Kalkylränta (%)	6	
Användning		
Utnyttjad tid (h/år)	4 000	
Drivmedel		7
Körning (l/mil)	5	
Lastning/lossning (l/h)	7 ¹	
Pris (SEK/l)	8	
Övriga fasta kostnader		
Skatt (SEK/år)	40 000	
Försäkring (SEK/år)	50 000	
Lön inkl soc.avg. (SEK/år)	950 000	
Administration	100 000	
Övrigt (telefon, garage etc.) (SEK/år)	75 000	
Övriga rörliga kostnader		
Däckslitage (SEK/mil)	5	
Service o reparation (SEK/mil)	15	
Övriga pålägg		
Vinst och risk (%)	7	

¹) Muntlig uppgift (Staland)

Med samma beräkningsgång som ovan blir kostnaderna

Tabell 14. Beräknade transportkostnader

	Flisbil	Flisbil med kran och skopa
Genomsnittlig årskostnad för värdeminskning och ränta (kr)	434 761	567 079
Total fast kostnad per år (kr)	1 649 761	1 782 079
Total fast timkostnad (kr)	412	445
Rörliga kostnader vid körning (kr/mil)	64,2	64,2
Rörliga kostnader vid lastning/lossning (kr/tim)	59,9	59,9
Totalkostnad för skogsvägskörning, 30 km/h. (kr/mil)		223
Totalkostnad för landsvägskörning, 70 km/h. (kr/mil)	127	132
Totalkostnad vid lastning och lossning (kr/tim)	501	537
Totalkostnad vid lastning och lossning (kr/tim)	441	477

I tabell 15 är den totala transportkostnaden beräknad på ett medellass med nettovikten 33 ton för flisbil och 30 ton för flisbil med kran och skopa. Tidsåtgången för lastning är antagen till 20 min för flisbil (lastas med lastmaskin på terminal) och 45 min för flisbil med kran och skopa. Lossningstiden är antagen till 10 minuter för flisbil och 20 minuter inkl. inmätning för flisbil med kran och skopa. Ett tillägg på 6 min "övrig tid" per vända har gjorts för båda fordon, i enlighet med analysen av grotttransporter.

Tabell 15. Totala transportkostnader upparbetad material

	Flisbil SEK/råton	Flisbil med kran och skopa SEK/råton
Lastning, lossning och övrig tid	9	21
Körning landsväg (kilometerkostnad)	0,39	0,44
Körning skogsväg (kilometerkostnad)	0,64	0,74

Diskussion

Med lastvikter på i genomsnitt 22-23 ton, och fordonsvikter i storleksordningen 32 ton finns utrymme för förbättringar. Enligt Brunberg et.al. (1994) kan hela lastkapaciteten utnyttjas om materialet komprimeras med en kran med dubbelverkande lyftcylinder. Gripen kan då tryckas ned i materialet i stängt läge för att sedan öppnas och pressa ihop materialet. Detta arbetssätt användes även i denna studie, men utan att uppnå de i Brunberg et. al. (1994) redovisade lastvikterna.

Buntning som komprimeringsmetod gör att hela lastkapaciteten kan utnyttjas.

Att torrare material ger bättre transporteffektivitet är föga förvånande, och även i denna studie visas att så är fallet.

Vid transport av lösgrot ger grot och träddelar av löv sämre lastvikter än grot av barr, på grund av lövrisets mer voluminösa karaktär.

Lastningen utgör en ganska stor del av totala tidsåtgången vid lösgrotstransport, särskilt när transportavstånden är korta. Brunberg et. al. (1994) redovisar lastningsprestationer på upp emot 1000 kg/min, vilket vida överstiger denna studie där prestationen ligger i storleksordningen 400 kg/min. Även lastningsprestationen försämras av lövinslag. Detta beror inte enbart på volymiteten, utan även på att det ingick långa toppar som föraren fick ägna tid åt att bryta av.

Vid lastning av lösgrot var förarna noggranna med att inte lämna material kvar vid vältnen. Detta upptog en avsevärd del av lastningstiden och innebar även en risk för föroreningar. Hela vältnerna bör vara placerade inom kranens räckvidd för att lastningen ska vara effektiv.

Lastning av buntar var markant mer effektiv jämfört med lastning av lösgrot.

Transportkostnaderna är relativt grovt beräknade, av anledningen att det är faktorer som dels varierar individuellt, dels förändras snabbt. Upplägget med en ren timkostnad, som sedan ska adderas till specifika kostnader för de olika arbetsmomenten respektive körning på skogs- och landsväg ger en bild av var kostnaderna finns, även om det är andra kriterier som styr det pris transportköparen betalar.

En annan redovisning av transportkostnader finns i Lönner et.al.(1998). Resultaten är liknande de i denna rapport, men har ej separerats mellan skogsväg och landsväg.

Väghållningskostnader, såsom plogning, sandning och återställning har inte tagits med i studien. De kan ge en avsevärd kostnadsökning, särskilt vid mindre objekt.

Transportkostnaderna för buntar är betydligt lägre än för lösgrot. De kan bli ännu lägre om de sker med mindre kostsamma fordon. Det är ändå tveksamt om denna effektivisering är tillräcklig för att kompensera kostnaden för det extra moment som buntningen innebär. Tillsammans med andra förbättringar i hanteringen, och på längre avstånd kan dock kostnaden eventuellt kompenseras fullt ut.

Lägst transportkostnader uppnås vid transport av upparbetat material, med fordon utan kran, framför allt beroende på en lägre fordonskostnad samt högre lastvikter.

Referenser

Litteratur och rapporter

Bergknut, Per et.al. 1981. Investering i teori och praktik. Studentlitteratur.

Brunberg, Bengt et.al. 1994. Projekt Skogsbränsleteknik – slutrapport, Skogforsk

Engblom, Gabriel. 2006. En studie över grothöjningen med en terminal som mellanled, SLU

Lehtikangas, Päivi. 1998. Lagringshandbok för trädbränslen, SLU

Lönner, Göran et.al. 1998. Kostnader och tillgänglighet för trädbränslen på medellång sikt. SLU

Muntliga

Westerberg, Jimmy, C J Westerbergs Åkeri, Dvårsätt.

Staland, Jakob, Skogsåkarna