



Prestation vid sönderdelning av GROT med olika typer av maskiner

*Performance for comminution of logging residues with different
types of machines*

Daniel Karlsson

**Arbetsrapport 290 2010
Examensarbete 30hp D
Jägmästarprogrammet**

**Handledare:
Iwan Wästerlund**

Sveriges lantbruksuniversitet
Institutionen för skoglig resurshushållning
901 83 UMEÅ
www.srh.slu.se
Tfn: 090-786 81 00



ISSN 1401-1204
ISRN SLU-SRG-AR-290-SE

Prestation vid sönderdelning av GROT med olika typer av maskiner

Performance at comminution of logging residues with different types of machines

Daniel Karlsson

Examensarbete i skogshushållning med inriktning mot teknologi, 30hp

Jägmästarprogrammet

EX0492

Handledare: Iwan Wästerlund, SLU, Institutionen för skoglig resurshushållning, teknologi

Examinator: Ola Lindroos, SLU, Institutionen för skoglig resurshushållning, teknologi

Innehåll

Sammanfattning.....	4
Abstract.....	5
1 Bakgrund	6
2 Mål.....	7
3 Sönderdelningsprinciper.....	8
3.1 Trumhugg	8
3.2 Skivhugg.....	8
3.3 Kross.....	8
3.4 Valskrossar- och långsamtgående krossar	8
3.5 Hammarkvarn	8
4 Marknadsöversikt	9
5 Material och metoder.....	13
5.1 Maskiner	13
5.2 Bruks 805.....	13
5.3 Peterson Lycksele	13
5.4 CBI Töva	14
5.5 CBI Östersund.....	14
5.6 Willibald Åsele	14
5.7 Peterson Vindeln.....	15
5.8 Torrhalt	15
5.9 Fraktionsfördelning.....	15
5.10 Ekonomikalkyl.....	15
5.11 Råvara	16
6 Resultat.....	17
6.1 Kärlighetsanalys	20
6.2 Fraktionsfördelning på producerat material	21
6.3 Analyser av produktionstiden	21
7 Diskussion	24
7.1 Andra studier att jämföra med	25
7.2 Vad är huvudresultaten när man ser till helheten.....	25
7.3 Slutsatser.....	26
Referenslista	27
Muntliga referenser.....	27
Elektroniska dokument	27
Bilaga 1. Formler använda i studien	29
Bilaga 2. Arbetschema i fält.....	31
Bilaga 3. Resultat från maskinerna i fältstudien	32
Bilaga 4. Ekonomisk kalkyl på de olika maskinerna	39

Förord

Ett stort tack till entreprenörerna och förare vid fältarbetet för studien.
Examensarbetet ingår i projektet GROT II, som drivs av Efokus AB.

Sammanfattning

Det finns ett behov av produktivetsdata och kostnadsunderlag för de maskiner som sönderdelar GROT. Bristen på studier om sönderdelningsmaskiner för GROT försvårar systemanalyser.

Fyra olika maskiner med tre olika typer av sönderdelningsteknik studerades vid sex olika testtillfällen under vinterförhållande. Tre till elva studier á 9,5- 30,7 minuter gjordes på varje maskin. Material från alla proven sållades för bestämning av fraktionsfördelning. Från studierna togs prov för bestämning av fukthalt. I studien mättes hur många kg råvikt som producerats, hur lång tid försöket tog och hur stor del av tiden som maskinen arbetade. Antalet krancykler som åtgick för att mata maskinen räknades också.

Maskinerna producerade mellan 55 och 168 MWh/h. Kostnaden för sönderdelningen varierade mellan 14,4 och 17,8 kr/MWh utom i ett fall där kostnaden blev 25 kr per MWh. Fraktionsfördelningen var tämligen lika mellan maskinerna. I analysen av drifttiden var entreprenörslaget med Willibald 4800 anmärkningsvärda genom att ha mer än 80% aktiv tid. Vid studien var det även minst antal krancykler per minut för att mata Willibald 4800 maskinen. Organisationen kring en sönderdelningsmaskin verkar ha stor betydelse för produktion av sönderdelat GROT-material per tidsenhet.

Nyckelord: Krossning, flisning, fraktionsfördelning, tidsstudie, ekonomi.

Abstract

There is a need for productivities data and data for different types of machines for comminution of logging residues. The lack of data and studies on GROT comminution makes it difficult to evaluate different chains for handling of residue fuels and make system analyses.

Four types of machines with three different working principles were compared at six studies during winter conditions. Three to eleven trials during 9.5 to 30.7 minutes were made on each machine. Samples from the produced material at each study were sieved to determine the size distribution of the comminuted material. Samples were also taken from the studies for determination of moisture content. The production per time unit (ton/h) was measured and how much of the time that the machine was working effectively. The number of crane cycles that were used for feeding the machine was also counted.

The machines produced between 55 and 168 MWh / h. The cost for comminution was calculated for each machine and it ranged between 14.4 and 17.8 SEK/MWh except one case reaching 25 SEK/MWh. Size distribution of comminuted material showed no significant difference between the machines. The analysis of effective working time by the operating time the team around the Willibald 4800 machine was remarkable by having only 20% idle time. The performance around the Willibald 4800 machine was also remarkable by having the least number of crane cycles per minute to feed the machine.

Keywords : Crushing, chipping, size distribution, time study, economy.

1 Bakgrund

Sönderdelningsmaskiner för GROT (GRenar Och Toppar) har förekommit på marknaden under lång tid. Trots det, är det är få moderna studier gjorda där olika sönderdelningsprinciper har jämförts (jfr Liss 1999). De olika typerna av maskiner har en tämligen dåligt känd produktion per tidsenhet och då möjligen endast för själva flishuggen under optimala förhållanden. Detta påverkar många systemjämförelser då viktiga datauppgifter saknas. En bidragande orsak är problemet att mäta hur mycket maskinen producerar beroende på att en våg eller annan mätutrustning är svår att applicera på ett enkelt sätt.

Ett stort problem när man vill ha data på flismaskiner, är att det är stor skillnad på produktivitet för endast flishuggen och hela maskinsystemet (flishuggen plus maskinerna som matar till och från flishuggen). I en projektrapport (Stridberg, 1987) anges kapaciteten för maskinsystemet till 30 m³s/h (kubikmeter stjälp/timme) för en Bruks 800 flishugg. En maskin i modernare utförande har kapaciteten på 60-70 m³s/h (Bruks 805) (Galfvensjö 2008, pers. medd.). I denna studie ska maskiner med olika typer och principer på sönderdelning av GROT jämföras för att få en uppfattning om vad sönderdelningsprincipen betyder för produktiviteten. Det är inte variationen för den enskilda maskinen som ska undersöka. Rapporten ska ge en förståelse för varför produktivitetssiffrorna är så varierande och kunna ange inom vilket intervall produktiviteten finns.

Det vanligaste skogsbränslet som sönderdelas för värmeverk är GROT (Liss 2001). När GROT har legat ute en sommar och torkat kallas den brun GROT (bruna barr). Färsk GROT direkt från hygget benämns grön GROT. Energiförbrukning vid sönderdelning av brun GROT är ca 5 % högre än för grön GROT (Liss, 1987).

Energiåtgången vid sönderdelningen ökar markant med diametern på det som sönderdelas medan trädslaget har en mycket liten påverkan på effektåtgången vid sönderdelningen (Liss, 1987).

2 Mål

Målet var genom produktionsstudier att bestämma ungefärliga produktionskostnader för fyra olika maskiner med tre olika principer för sönderdelning av GROT.

Produktiviteten mäts i form av ton/h (råvikt) och MWh/h (energi innehåll) samt att flisen sållas för kvalitetsbedömning. Produktionskostnaden i kr/MWh och kr/ton beräknas med ledning av resultat från studierna. En marknadsöversikt på utrustning mobil utrusning för sönderdelning av GROT genomfördes också.

Vid studierna intervjuades maskinförarna om maskinens användbarhet till GROT sönderdelning och driftsäkerhet.

3 Sönderdelningsprinciper

3.1 Trumhugg

I trumhuggarna sitter oftast två knivar rakt i manteln på en gjuten roterande trumma. Veden matas in mot trumman i dess rotationsriktning och under trummans centrum. Huggens inmatningsöppning kan göras lika bred som huggtrumman. Trumhuggen är ursprungligen konstruerad för voluminösa, svårmatade material, varför den lämpar sig därför väl för t.ex. GROT. Mellan trumman och inmatningsbordet finns ett justerbart motstål. De mellanrum som bildas mellan trumman och motstålet påverkar storleken hos flisen och kan medge att föroreningar trillar emellan och inte kommer in till knivarna, dvs. ger en minskad risk att knivarna hugger i föroreningar (Stridberg 1987).

3.2 Skivhugg

Skivhugg består av en metallskiva med två eller fyra knivar monterade i öppningar som är radiellt placerade från skivans mitt. Skivan monteras upprättstående och materialet matas in snett mot skivan. Skivhuggarna förekommer för biobränslen men är den dominerade tekniken för att hugga stamved på cellulosaindustrierna (Liss 1987, Stridberg 1987).

3.3 Kross

Vid krossning av material är det en horisontellt monterad trumma med rader av tänder, som bearbetar materialet. Utformningen och placeringen av dessa tänder varierar mellan fabrikat och användningsområde för maskinen.

Krossmaskinerna är genomgående stora maskiner med hög kapacitet. De används på stora terminaler där stora volymer skall bearbetas på samma gång. Exempel på material som krossas i maskinen är sopor, rivningsavfall och skogsbränslen (Anon. 2008b).

3.4 Valskrossar- och långsamtgående krossar

Valskrossar har en horisontellt monterad vals med tänder på som roterar mot och genom ett flikigt mothåll. Materialet läggs ovanpå valsen och hamnar under valsen när det är krossat och transporteras ut. Det som karakteriserar maskinen är att valsen roterar långsamt, t ex. 30 varv/minut. De används i störst utsträckning till att krossa sopor. Materialet blir grovt som vedträn i de största fraktionerna.

3.5 Hammarkvarn

En hammarkvarn påminner om en kross i uppbyggnaden men har till skillnad från den löst sittande slagor på trumman vilka bearbetar materialet (Anon. 2008a).

4 Marknadsöversikt

I tabell 1 till 4 visas en översikt av olika maskintyper för sönderdelning av skogsbränsle och i tabell 5 även av siktar. De olika maskinerna har ofta olika användningsområden och vissa passar bättre för GROT och andra för träddeklar. En sikt separerar ett material i ett antal olika storleksintervall. Referenser för marknadsundersökningen är MaskinNet (Anon., 2009a), LantbruksNet (Anon., 2009b), Bioenergitidningen (Anon., 2009c), samt Elmia Wood Mässkatalog (Anon., 2009d).

Tabell 1. Marknadsöversikt över krossar i Sverige

Table 1. Market overview of crushers in Sweden

Fabrikat	Beskrivning	Försäljare
CBI	Sex olika storlekar som slår neråt	Allan Bruks AB www.allanbruks.se
Doppstadt	Fyra olika storlekar	OP System www.opsystem.se
Morbark Peterson	Två typer och 10 olika modeller. Fyra olika storlekar, arbetar uppåtslående.	Kiesel www.kiesel.se Kiesel www.kiesel
Progrind (Precision Husky)	Tre olika storlekar, 6 olika storlekar på toppmatade krossar.	Precision Nordic AS www.precisionnordic.no
Rotochopper	Tre olika typer	Seacoast trading www.seacoasttrading.se
Vermeer	Tre storlekar på toppmatade och fem storlekar på horisontellt matade.	S&H Teknik www.shteknik.se

Tabell 2. Marknadsöversikt över långsamtgående krossar i Sverige

Table 2. Market overview of slow-moving crushers in Sweden

Fabrikat	Beskrivning	Försäljare
CBI	Grovkvarn	Allan Bruks AB www.allanbruks.se
Doppstadt	Valskross tre olika storlekar.	OP System www.opsystem.se
Haas	Förkross	TESAB www.tesab.com/atervinning
Komptech	Tre storlekar för enaxliga, tre storlekar för tvåaxlig kross	Pon Equipment http://www.pon-cat.com/en/Pon-Power--Pon-Equipment/Pon-Equipment/Pon-Equipment-Sweden/Pon-Equipment-AB-Sverige/Komptech_1/
M&J	Tre olika storlekar	Allan Bruks AB www.allanbruks.se
Rentec	Tre olika storlekar	VB Maskin AB www.vbmaskiner.com

Tabell 3. Marknadsöversikt på mobila skivhuggar i Sverige*Table 3. Market survey on mobile disc chippers in Sweden*

Fabrikat	Beskrivning	Försäljare
ERJO	Trailermonterad	ERJO OSW AB //erjo-osw.se/
Jensen	Sex stycken storlekar på mindre maskiner som är traktor- eller dieseldrivna	EP Maskiner www.epmaskiner.com
Junkkari	Tre olika modeller som är traktordrivna	Nolima www.nolima.se
Linddana	Fyra olika storlekar, både traktor- och dieseldrift.	FTG Cranes AB www.ftgforest.com
Morbark	Sju olika storlekar	Kiesel www.kiesel.se
NHS	Sex olika storlekar som är traktordrivna.	Trejon www.trejon.se
PC	En traktordriven och en med egen drift	TREJON www.trejon.se
Peterson	Tre olika storlekar	Kiesel www.kiesel.com
Progrind (Precision Husky)	Fyra olika storlekar	Precisiona Nordic AS www.precisionnordic.no
Silvatec	En storlek för rundved	Silvatec Skovmaskiner A/S www.silvatec.dk
TS	Två olika modeller	TS Produktion AB www.tsproduktionab.se
Vandaele	Åtta olika storlekar som är traktor- eller dieseldrivna.	Lantmännen Maskin

Tabell 4. Marknadsöversikt på mobila trumhuggar i Sverige*Table 4.* Market survey on mobile drum chippers in Sweden

Fabrikat	Beskrivning	Försäljare
Ahwi	Två lastbilsmonterade modeller, en traktormonterad modell	EP Maskiner www.epmaskiner.com
Bruks	Tre olika storlekar i lite olika utförande.	Bruks www.bruks.com/en/Products/Mobile-chippers
CBI	Två olika storlekar på maskinen	Allan Bruks AB www.allanbruks.se
Chipset	Skotar- och skördarmonterad	Ljungströms AB www.ljungstroms.com
Doppstadt	Två olika storlekar	OP System www.opsystem.se
ERJO	Skotarmatad	ERJO OSW AB erjo-osw.se/
Heizohack	Åtta olika storlekar med traktor och dieseldrift	TECURA www.tecura.se
Jenz	Traktordrivna modeller, trumman är av öppen modell.	EP Maskiner www.epmaskiner.com
Kesla	Traktordriven med kran	Rosenqvist Maskin AB www.rosenqvistmaskin.se
Komptech	Två storlekar med traktor- eller egendrift från dieselmotor.	Pon Equipment http://www.pon-cat.com/en/Pon-Power--Pon-Equipment/Pon-Equipment/Pon-Equipment-Sweden/Pon-Equipment-AB-Sverige/Komptech_1/
Morbark	Tre olika typer	Kiesel www.kiesel.se
MUS-MAX	Två olika storlekar	Terminatorservice www.terminatorservice.se
Silvatec Chipper	Skördarmonterad flisare	Silvatec Skovmaskiner A/S www.silvatec.dk

Tabell 5. Marknadsöversikt på siktar i Sverige
Table 5. Market overview on sieves in Sweden

Fabrikat	Beskrivning	Försäljare
Backers	Stjärnsikt	TESAB www.tesab.com/atervinning
Doppstadt	Trumsiktar finns i fem olika storlekar som kan göras om till en stjärnsikt	OP System www.opsystem.se
Finlay	Trumsikt	TESAB www.tesab.com/atervinning
Komptech	Trumsikt finns i sex olika modeller, stjärnsikt finns i fem olika modeller och en modell av vindsikt.	Pon Equipment http://www.pon-cat.com/en/Pon-Power--Pon-Equipment/Pon-Equipment/Pon-Equipment-Sweden/Pon-Equipment-AB-Sverige/Komptech_1/
Terra Select	Stjärnsikt två modeller. Fyra modeller av vindsiktar. Fem modeller av trumsiktar.	VB Maskin AB www.vbmaskiner.com
TESAB	Vindsikt	TESAB www.tesab.com/atervinning

5 Material och metoder

5.1 Maskiner

De maskiner som ingick i studien redovisas i tabell 6.

Tabell 6. Studerade maskiner

Table 6. Studied machines

Typ/Storlek	Mellan	Stor	Antal försök
Trumhugg	Bruks 805 (450 hp)		1
Kross	Peterson (600 hp)	CBI 8400 (1050hp)	2+2
Hammarkvarn	Willibald (480 hp)		1

Två maskiner, Bruks och Willibald, studerades vid ett tillfälle. Peterson och CBI studerades vid två tillfällen, där det andra tillfället var på en annan ort och med andra förare. Maskinerna benämns Bruks 805, Peterson Lycksele, CBI Töva, CBI Östersund, Willibald Åsele och Peterson Vindelns.

5.2 Bruks 805

Vid testet mättes tiden det tog att fylla en 20 m³s balja på maskinen och hur mycket av denna tid som var effektivt sönderdelningsarbete, dvs. när det fanns material i huggen. Mätningarna började när det första materialet lades i huggtrumman och slutade när huggen hade arbetat klart och baljan var full. Materialet hölls sedan i sex stycken fliscontainrar (ca. 32 m³s). Maskintestet avslutades när dessa sex containrar var fulla. Varje balja på huggen vägdes med maskinens egen våg. Vägningen av containrarna gjordes vid värmeverket i Lycksele. Materialet blev vägt två gånger och fukthalt på materialet bestämdes i Lycksele. Bränslemätningen gjordes genom att avläsa före och efter varje balja hur många procent det hade minskat i bränsletanken. Antalet krancykler för att fylla varje balja räknades.

Maskinen var en Bruks 805 hugg med två knivar som var hälften så långa som trummans längd. Huggen var bara några månader gammal. Huggen var placerad på en Valmet 860.4 skotare som bärare och huggen drevs av en egen 450 hk motor. Två personer körde maskinen i separata skift. Förarna hade var sin bil där de förde med sig en dieseltank till maskinen.

Materialet var granbaserad och täckt GROT upplagd ca 100 meter från väg på ett hygge. Studien gjordes i december månad med temperaturer varierande mellan -18°C och -22°C.

5.3 Peterson Lycksele

Produktiviteten för Petersonmaskinen mättes som hur lång tid det tog att fylla en 32 m³s fliscontainer. Containrarna placerades under utmatningsbandet på krossen så att omlastning inte behövdes. Vägningen gjordes sedan av hela flisbilen, alltså tre stycken containrar på samma gång. Tiden som maskinen inte matade in något material mättes genom att ta tiden för perioden då matarhjulet var i sitt nedersta läge. Bränsleåtgången mättes genom att skriva av bränsleförbrukningsmätaren på maskinen. Antalet krancykler det behövdes för att fylla varje container med flis räknades.

Maskinen var en Peterson 4700 som lastades av en CAT materialhanterare med löst hängande timmergrip. Krossen var ca 3 år gammal. Materialet som var krossat kördes bort med en Volvo L60 lastmaskin. Entreprenören hade också med sig en lastbil med servicebod och rastkoja.

Studien gjordes på ett upplag där GROT från närområdet samlats ihop. Materialet var delvis hopfruset och täckt med snö, eftersom vältorna inte var täckta med någon skyddspapp efter transporten. Två personer arbetade samtidigt, varav den ene körde lastmaskinen och den andre materialhanteraren. De bytte arbetsuppgifter med varandra regelbundet.

Testet gjordes i slutet av januari med -32°C under studien.

5.4 CBI Töva

Produktivitetmätningen av CBI maskinen gjordes medan den stod och arbetade i ca 30 minuter, varefter produktionen avbröts. Materialet vägdes därefter av lastmaskinens våg när materialet kördes bort. Tre försökspass genomfördes, ej produktiv tid mättes när maskinen inte sönderdelade något vilket i det här fallet var när matarhjulet var längst ner. Bränsleförbrukningen uppskattades genom att mäta i tanken med en tumstock. Antalet krancykler räknades i varje prov.

Maskinen var en CBI 8400 Hog som matades med en materialhanterare med en löst hängande timmergrip. Materialet kördes undan med en Volvo L180 lastmaskin. Okrossat material kördes fram till krossen av stora terminaltruckar med timmergrip.

Materialet var GROT som körts till terminalen och var ej täckt med skyddspapp. Materialet låg osymmetriskt i stora vältor och hade frusit ihop kraftigt. Materialhanteraren och krossen kördes i separata tvåskift av en person. Körning av material från och till krossen sköttes av terminalens maskiner. Testet gjordes i slutet av januari med en temperatur på -8°C till -14°C .

5.5 CBI Östersund

Maskinen arbetade i 30 minuter varefter produktionen stoppades och materialet vägdes av lastmaskinen (motsvarande en Volvo L70-L90) som därefter körde bort krossat material. Tre sådana pass gjordes och tiden då matarhjulet var i bottenläget mättes. Detta tolkades även här som ett tecken på att maskinen inte hade något material att sönderdela under denna tid. Bränsleförbrukningen uppskattades genom att mäta i tanken med en tumstock. Antalet krancykler för att mata krossen med material registrerades.

Maskinen var en CBI 8400 Hog och matades med en 29 tons grävmaskin utrustad med tiltrotator och rivningsgrip. Materialet som krossades var GROT som transporterats dit med lastbil och lagts i högar. Materialet var ej täckt, låg oregelbundet och var delvis hopfruset.

De var två personer som körde ihop varje skift. De bytte om hela tiden mellan gräv- och lastmaskinen. Testet gjordes i slutet av februari månad med en temperatur på -8°C .

5.6 Willibald Åsele

Maskinen arbetade i 30 minuter varefter lastmaskin körde bort materialet på samma gång som det vägdes med vågen på skopan. Tre 30 minuters pass gjordes så att tre mätvärden erhöles. Antalet gripar med lastmaskinen räknades.

Maskinen var en Willibald 4800 med ställbart såll och drift på hjulen. Maskinen lastades med en Volvo L70 med timmergrip. Materialet var GROT som låg i fina täckta vältor runt en stor plan. De körde med två skift där en person körde både lastmaskin och kross.

Krossningen skedde i början av mars månad med en temperatur på -10°C .

5.7 Peterson Vindeln

Petersonmaskinen krossade upp en hög med material direkt på marken som efteråt flyttades av lastmaskinen till container. Tre stycken containrar fylldes på det här sättet. Containrarna vägdes enskilt i Lycksele på värmeverket. Antalet gripar med material som lades i krossen för att fylla varje container räknades. Maskinen var samma som i Peterson Lycksele men det var en annan maskinförare som lastade krossen.

Materialet som krossades var tallbaserad GROT. Materialet låg upplagt och täckt runt en vändplan. Krossningen skedde under slutet av mars månad med en temperatur på -6°C .

5.8 Torrhalt

Bestämning av torrhalten gjordes genom egna mätningar, eller via bränslelaboratoriet och i vissa fall av värmeverken. En hink med material togs vid varje provperiod på maskinen. Egna prov torkades sedan i 95°C och 24h. Bränslelaboratoriet torkade sina prov enligt Svensk Standard 187170:3.

5.9 Fraktionsfördelning

Bestämning av fraktionsfördelningen gjordes av bränslelaboratoriet enligt Svensk Standard 187 174:2 från prover från respektive maskintyp.

5.10 Ekonomikalkyl

Kostnadsberäkning av produktion per maskin gjordes med ledning av Nordfjells (2006) kalkylmodell för skogsmaskiner (se bilaga 1) i enheterna MWh/h och ton/h. Energiinnehållet i de olika materialen bestämdes med ledning av Virkes Mätningens Rådets (VMR) formler (Anon. 1998). $H_{\text{net}} = h_{\text{eff}} \times (1 - A/100) \times T/100 - h_{\text{ång}} \times (1 - T/100)$,

Där:

H_{net} (MWh/ton) = nyttigt värmevärde per ton bränsle (råvikt)

H_{eff} (MWh/ton TS) = Effektivt värmevärde vid 25°C , värdets sätts till 5,33 för torrt material (TS)

$H_{\text{ång}}$ (MWh/ton) = ångbildningsvärme per ton vatten i bränslet, värdets sätts till 0,678

A (%) = askhalt i viktprocent av torrsubstansen (TS), värdet sätts till 2,2 %

T(%) = Torrhalt i viktprocent

Ingångsvärden för kostnads kalkylerna redovisas nedan:

Gemensamma kostnader:

- Diesel kostnad 9 kr/liter
- Systemtid 2000 h/år
- Restvärde 20 % av investeringen.
- Kalkylränta 4 %

- Ekonomisk livslängd 5 år
- Operatörslön 320 kr/h

Maskinspecifika kostnader:

- Dieselförbrukning (l/ton, l/MWh)
- Produktiviteten som ett medelvärde under studien (ton/h, MWh/h)
- Fasta underhållskostnader (kr/år)/Rörliga underhållskostnader (kr/h)
- Investeringsbelopp (kr)

5.11 Råvara

I studien användes enbart brun GROT. Ingen karakterisering av ingående material kunde göras, pga. svårigheten att göra en rättvis bedömning av olika högar.

6 Resultat

Antal studier, bränsleåtgång och produktiviteten för de olika maskinerna redovisas i tabell 7. I bilaga 3 redovisas grunddata som samlades in under fältförsöken.

Tabell 7. Resultatens medelvärden från fältförsöken

Table 7. Mean of the results from field trials

Maskin	Bruks 805	CBI:Töva	CBI:Öst.	Peterson:Ly	Peterson:Vi	Willibald
Antal studier	11	3	3	6	3	3
Drifttid min/studie	13,6	27	30,7	9,5	18,2	30
Avbrott min/studie	6,5	6	12,4	3	8	5,1
Bränsleåtgång l/h	51,1	196	78	77	67,8	33
Bränsleåtgång l/MWh	0,67	1,48	0,46	0,65	0,75	0,61
Krancykler st /serie	57,3	93,3	103	28,2	47,3	41,3
Prod, ton/h	23,3	87,2	117,9	63,7	32,5	23,6
Fukthalt, %	37,5	61,9	64,3	56,6	38,5	48,8
Prod, MWh/h	70,1	136,7	168,1	119,8	95,6	55,3
Prod, m ³ s/h	79,6	269,2	410,8	158,7	98,5	73,2

Antalet studier per maskin varierade mellan 3 och 11 beroende på situationen vid fältförsöken. Varje delstudie omfattade produktionsmätning under 7-32 minuter. Produktionsmängden per timme varierade mellan 23,5 och 118 ton med lägsta produktiviteten för hammarkvarnen (Willibald) och högsta för krossen (CBI). Bränsleförbrukningen mättes på ett enkelt sätt för att få en uppfattning om hur stor den är i praktisk drift. Motorstorlek och produktion påverkar klart bränsleförbrukningen. Baserat på dessa studier, verkar sönderdelningstekniken inte ha så stor inverkan på bränsleförbrukningen per ton eller producerad MWh, men organisationen vid arbetet gav stort utslag (jfr CBI Töva och CBI Östersund).

Nedan visas ett exempel hur kostnaden för maskinerna i tabell 8 räknats ut. Basfaktorerna i den vänstra listan sattes lika för alla maskiner och den högra listan är maskinberoende värden med Brukshuggen som exempel.

Ekonomisk livslängd(år): 5	Investeringsbelopp (kr): 2 600 000
Kalkylränta (% 100): 0,04	Restvärde (kr): 520 000
Drivmedelskostnad(kr/l): 9	Dieselförbrukning(l/ton): 2
Systemtid(h/år): 2 000	Produktion(ton/h): 22,73
Förlön (kr/h): 320	Rörlig underhållskostnad(kr/h): 162,28

Kostnaderna beräknades på följande sätt med Brukshuggen som exempel:

Amorteringsfaktorn: $(0,04 \times (1+0,04)^5) / ((1+0,04)^5 - 1) = 0,2246$

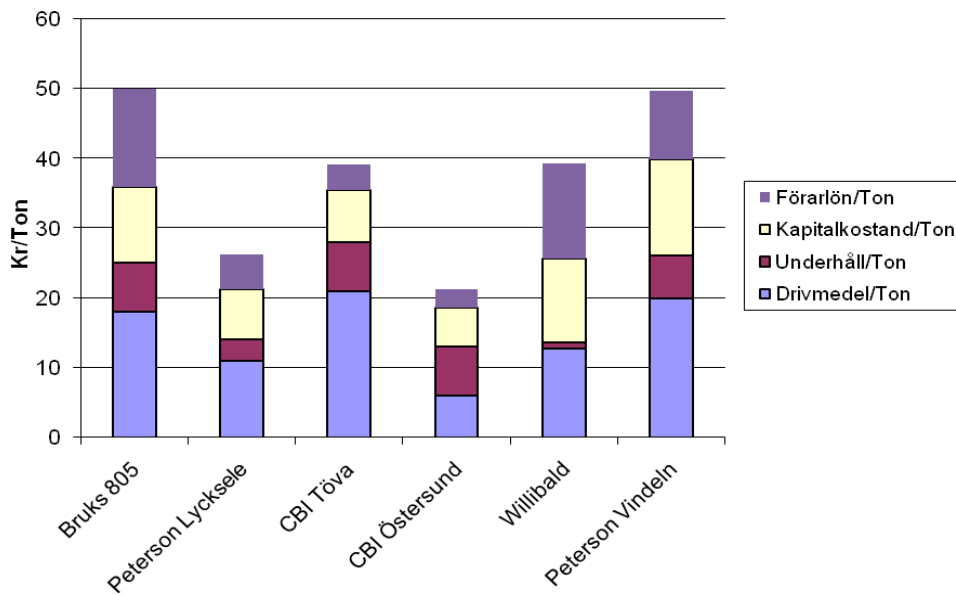
Restvärdets nuvärde: $520\,000 \times (1+0,04)^{-5} = 427\,402$ kr

Kapitalkostnad: $(2\,600\,000 - 427\,402) \times 0,2246 = 488\,024$ kr
 Rörlig kostnad: $162,28 + (9 \times 22,73 \times 2) + 320 = 891,4$ kr/h
 Fasta kostnader: $(488\,024) / 2\,000 = 244$ kr/h
 Total kostnad: $244 + 891 = 1\,135,4$ kr/h
 Kostnad per ton: $1\,135,4 / 22,73 = 50$ kr/ton

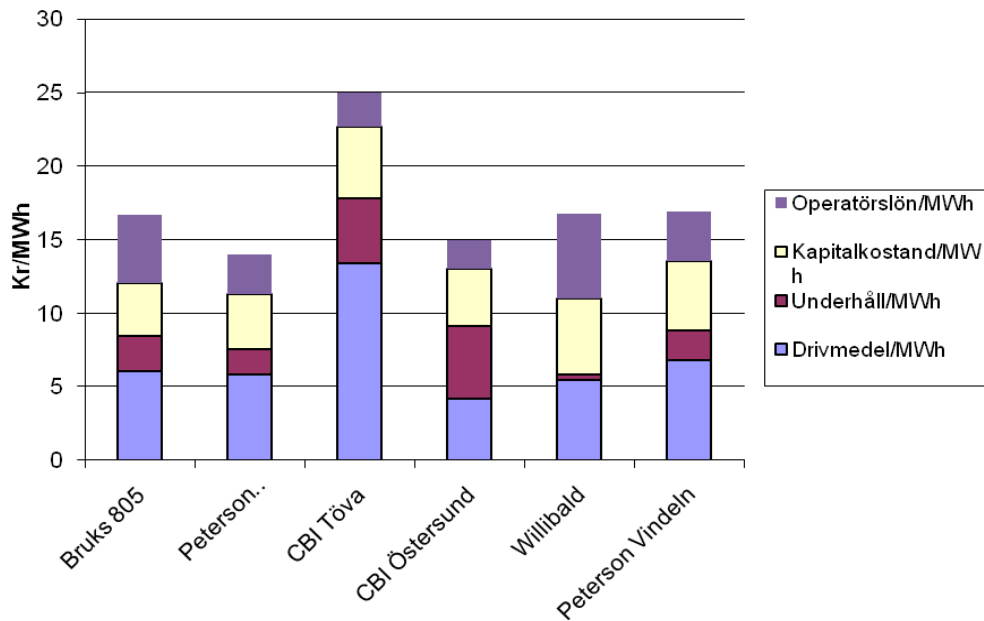
Tabell 8. Ekonomisk kalkyl för produktionen för testade maskiner

Table 8. Economic calculation of cost for production of the comminuted wood fuel for the machines in the test

Maskintyp	Bruks 805	CBI:Töva	CBI:Öst.	Peterson Ly	Peterson:Vi	Willibald
Investering, kr	2 600 000	7 007 000	7 007 000	4 800 000	4 800 000	3 050 000
Kapitalkostnad, Kr/ton	10,74	7,54	5,58	7,07	13,88	12,11
Underhåll, kr/år				400 000	400 000	36 800
Underhållskostnad, kr/ton	7,14	7	7	3,92	7,7	3,17
Drivmedel, kr/ton	18	20,97	5,99	10,92	19,89	12,80
Operatörslön, kr/ton	14,08	3,67	2,71	5,02	9,86	13,54
Summa kr/ton	49,95	39,18	21,28	27,02	51,33	41,63
Summa kr/MWh	16,68	24,98	14,92	14,37	17,43	17,79



Figur 1. Kostnaden per producerad ton för respektive maskin.
Figure 1. The cost per produced ton for each machine.



Figur 2. Kostnad för sönderdelning per MWh för varje maskin.
Figure 2. The cost for comminution per MWh for each machine.

Vid en jämförelse mellan kostnad per producerad ton och per MWh (figur 1 och 2) syns ett märkligt samband. De tre maskinerna som var billigast i enheten Kr/ton är inte det i enheten Kr/MWh. De tre maskinerna är också de som stod på terminal och krossade material indränkt i snö och is. Två av dem borde också därigenom varit hämmade i sin produktion eftersom materialet var både hopfruset och främst att materialet låg huller om buller.

6.1 Känslighetsanalys

Tabell 9. Produktionskostnadens känslighet för de olika kostnadsposterna om de ändras $\pm 20\%$
Table 9. Effects of 20 % changes in costs for different parameters on the total production cost

Maskintyp/ Kr/MWh	Bruks	CBI:T	CBI:Ö	Peterson Lycksele	Peterson Vindeln	Willibald	Medel	Normal -Medel
Normal kostnad	16,68	24,98	14,92	13,95	16,90	16,77	17,37	
Systemtid +20 %	16,01	24,18	14,27	13,05	15,77	15,85	16,92	0,845
Systemtid - 20 %	17,57	26,19	15,90	15,31	18,60	18,15	18,62	- 1,253
Diesel förb.+ 20%	17,88	27,66	15,76	15,12	18,26	17,87	18,76	- 1,392
Diesel förb. -20 %	15,48	22,31	14,08	12,78	15,55	15,68	15,98	1,387
Produktivitet +20%	15,30	23,79	13,95	12,60	15,21	14,89	15,96	1,41
Produktivitet -20 %	18,74	26,77	16,38	15,98	19,44	19,60	19,48	- 2,118
Underhåll +20 %	17,16	25,89	15,91	14,29	17,32	16,84	17,9	- 0,535
Underhåll - 20 %	16,20	24,09	13,94	13,62	16,49	16,70	16,84	0,527

Sammanställningen i tabell 9 visar att det är produktiviteten som har störst betydelse för sönderdelningskostnaden. Detta är naturligt då vi har många fasta kostnader för sönderdelningen som kapitalkostnad och operatörskostnad som är oberoende av hur mycket man producerar. Den som ger näst störst utslag är drivmedelskostnaden. Anmärkningsvärt att en ensam utgiftspost har så stor utslagskraft i kalkylen. Det är stora motorer som används i alla de här maskinerna.

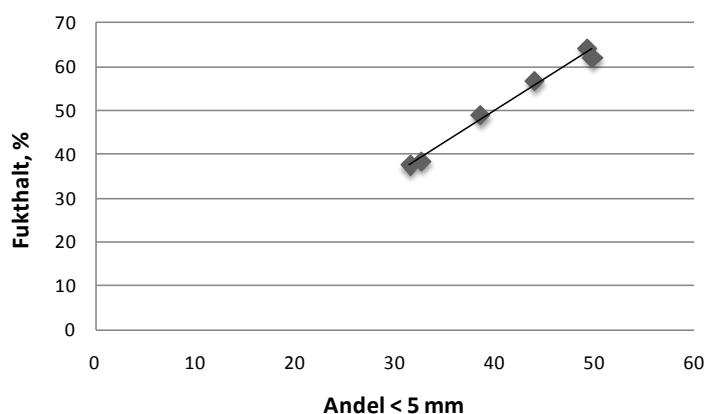
6.2 Fraktionsfördelning på producerat material

Tabell 10. Materialets fraktionsfördelning (%) för de maskiner som har testats
Table 10. Particle size distribution of the material produced by the machines in the tests

	Fraktionsfördelning				
	>45 mm	45-15 mm	15-5 mm	5-3 mm	<3 mm
Bruks 805	4	32	32,5	15,6	15,9
Peterson Lycksele	0,3	12,1	37,8	22,7	27,1
CBI Töva	0	16,8	34	16,9	32,3
CBI Östersund	3	23,4	29,6	17,8	26,2
Willibald	7,5	25,6	34,2	15,3	17,4
Peterson Vindeln	1	25,3	35,1	19,4	19,2

Analysen av fraktionsfördelningen (tabell 10) visar att alla maskinerna givit liknande resultat, och att skillnaderna mellan olika maskiner är större än skillnaden mellan olika försök med samma maskintyp. Sannolikt beror det på att maskinerna har olika tekniska lösningar för sönderdelningen.

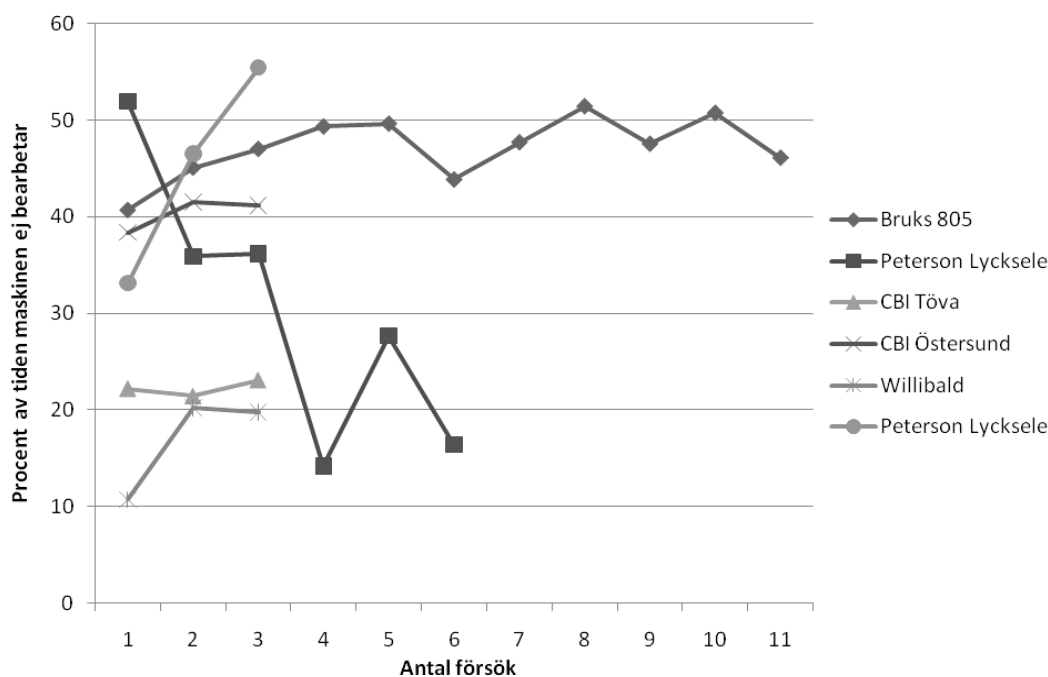
Redovisar man fukthalten och finandelen (figur 3) tillsammans syns ett samband mellan ökande finandel vid ökande fukthalt. Det är möjligt att materialet är sprödare vid ökande fukthalt och krossas hårdare när det är fruset.



Figur 3. Finandel < 5 mm och fukthalt hos flisen från de olika maskinerna.
Figure 3. Share of fines and moisture content of chips from the various machines.

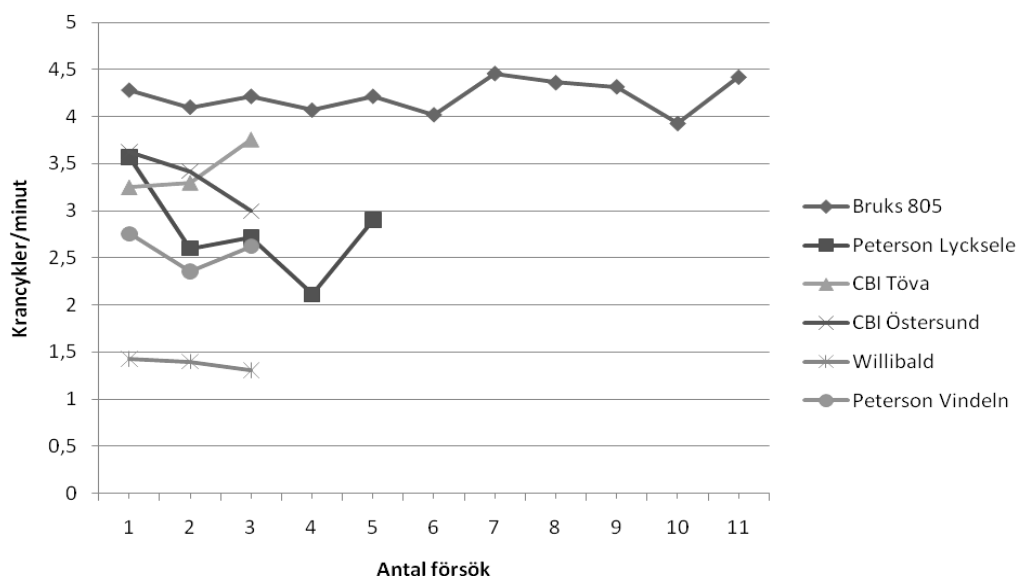
6.3 Analyser av produktionstiden

I figur 4 visas andel av driftstiden på sönderdelnings utrustningen som den inte bearbetade något. Störst inaktiv tid hade Bruks 805 som var inaktiv under nästan ca 45 % av driftstiden. Minst inaktiv tid förekom vid studien på Willibald maskinen som var inaktiv under ca 20 % av sin driftstid.



Figur 4. Procent av tiden som sönderdelningsutrustningen inte bearbetade material.
Figure 4. Percentage of time that comminution equipment did not process the material.

Figur 5 visar hur många gripar med material i minuten som stoppades i sönderdelningsmaskinen. Som mest var det mellan 4 - 4,5 gripar i minuten med Brukshuggen som matades av en Valmet skotare. Det hänger ihop med att den har en liten lätt kran som snabbt kan flyttas och en relativt liten grip. I botten på figur 4 är en Willibald som matades av en L70 lastmaskin. Willibalden har ett relativt stort matarbord för sin kapacitet som passar bra mot lastmaskinens storlek på lass och besöksfrekvens.



Figur 5. Antalet kranacyklar per minut för inmatningen till sönderdelningsmaskinen.
Figure 5. The number of crane cycles per minute to feed the comminution machine.

En sak som imponerar med resultaten från figur 4 och 5 är att lastmaskinen klarade att hålla Willibalden med arbete så stor del av tiden. En annan sak som syns tydligt är att Bruks maskinen behöver en ny typ av inmatningsbord. Brukshuggen studerades i ett annat tillfälle när den flisade färsk ved och då var materialet så pass långt att huggen arbetade under hela tiden medan föraren tog fram ett nytt knippe material med gripen. Under körningen med Brukshuggen i det här försöket var materialet oftast för kort, vilket berodde på ihopfrysning och att det var skört att hantera i kylan (-18°C). I många fall var materialet yvigt eller behövde hjälp in i matarhjulen av gripen vilket gjorde att föraren inte kunde hämta nytt material istället.

7 Diskussion

Vid arbetet med att bestämma värdena på torrhalten användes temperaturen 95°C och 24h torktid. Det verkar inte varit lyckat eftersom majoriteten av torrhaltsvärden är högre än Bränslelaboratoriet och värmeverkens. Slutsatsen är att proven inte blev helt torra vilket gjorde att torrhalten blev högre än vad den egentligen var. Detta gjorde att Bränslelaboratoriets värden användes för resultatberäkningarna.

I maskinkostnadskalkylerna ingår ingen kostnad för försäkring. Kanske borde vissa av maskinerna utrustas med två bränsletankar så att man kunde använda grön diesel. GROT vältorna skulle på många ställen behöva ligga närmare en skogsbilväg. Det skulle också behövas någon form av underlag till vältorna så de inte ligger nere i dikena och blockerar vattenflödet eller blir fuktig.

Före testen planerades att containrar skulle användas i försöken för att få bra siffror på m³s. Men efter första testet visade det sig att det var väldigt svårt att uppskatta innehållet i en container som var halvfull på samma gång som en chaufför ville åka iväg. Det är också svårt att uppskatta hur mycket det är i en halvfull skopa när lastmaskinen kör bort materialet. Därför är siffrorna som finns i den här studien en ungefärlig uppskattning av volymen m³s.

I studien med Bruks 805 fylldes i två fall baljan på hyggena uppskattningsvis bara till hälften. Det första fallet berodde på att högen med GROT var slut. I det andra fallet var det för att näst sista containern inte rymde mera. I testet med Bruks maskin, användes lika mycket tid till tömning av baljan som för krossning med 100 m från väg. En annan placering av vältorna skulle ge en bättre flisningsekonomi.

Willibald krossen hade drift på hjulen så att den kunde åka framåt och göra en sträng bakom sig. Ett mycket smidigt system som gjorde det rationellare för operatören.

Vid studien med CBI på Töva användes stora terminaltruckar på terminalen vilka körde fram material till krossen. Truckarna stod och balanserade på framhjulen för att kunna slita loss stycken med GROT ur högen för att köra fram till krossen. Materialhanteraren som matade krossen placerade GROT stycket i krossen eller skakade loss mindre stycken som gick lättare in.

Vid studien med CBI i Östersund hade snö gjort att matarhjulet inte kom ner i sitt nedersta läge vilket gjorde att den drog i sig material utan att det märktes. Detta gör att andelen produktiv körtid kan vara större än vad som är mätt. Gripen på den grävmaskin som användes här var så kraftfull att den kunde skära sig kakor av den hopfrusna GROT:en och lägga i krossen. Detta underlättade markant deras hantering av isigt GROT material.

Bland krossarna är det maskintyper som slår materialet uppåt som är mest lämpade för sönderdelning av GROT. När materialet slås uppåt ramlar en del föroreningar ur från inmatningsbordet medan en nedåtsläende trumma har lättare för att sättas igen sig. Krosstypen som slår nedåt är det möjligt att montera en huggtrumma i stället för en kross.

Transportbanden i en kross är ett sorgebarn. De ska helst vara av stål som i Willibald maskinen, där både in och utmatningsbandet är av stål. De verkar bli betydligt driftsäkrare jämfört med transportband av gummi. Största problemet med transportband av gummi är att de fryser fast och att kramsnö fastnar under transportbandet och kilar fast dem. Vissa

krossar är dåliga på att mata in material, och svåra att öppna matarhjulet över GROT högar på transportbandet så att de kommer in i maskinen. Ibland puttar matarhjulen bara materialet framför sig utan att huggen kan greppa det. De borde även finnas mer fast belysning på maskinerna för till exempel utmatningsbandet och inmatningshjulet. Mest förvånande är att de stora maskinerna har driftproblem på minst en timme varje dag utöver att de behöver minst en halv timmas service under varje skift. Varför har man inte central smörjning på maskiner för sju miljoner? Vilka maskiner är lämpliga för inmatning av krossarna så att inte personalen utsätts för mycket damm?

Få av maskinerna sönderdelar GROT året runt. De större maskinerna används större delen av sommaren till att krossa sågverksrester, telefonstolpar. etc. Får maskinerna sysselsättning året runt kan de specialisera sig mer och bli effektiva.

7.1 Andra studier att jämföra med

I en studie gjord av Edman (2009) använde man sig av en liknande maskin som i den här studien. Det var en CBI 8400 som matades av en CAT M322C MH materialhanterare. Studien handlade om GROT-buntar och under en halv dag studerades sönderdelning av GROT- buntarna. För brun GROT redovisades en produktivitet på 118 råton /G₀-tim och 372 MWh/G₀-tim vid en torrhalt på 62,4%. Samma typ av maskin som användes i Edmans (2009) arbete har också studerats av Eriksson (2008). Produktiviteten på den maskinen var då 108 råton /G₀-tim för buntar och 73 råton /G₀-tim för lös-GROT. Resultaten från Erikssons (2008) studie baserades på tre dagars arbete för lös-GROT och två dagar för buntar. I föreliggande studie hamnade produktiviteten på 87,2 - 117,9 råton/h vilket är mer eller lika med ovan nämnda undersökningar. Enheten vid jämförelsen mellan studierna är ton/h, vilket gör att förekomsten av snö och is kan göra jämförelsen orättvis. Samtliga studier är dock gjorda vintertid vilket kan minska felen i jämförelsen.

Edman(2009) använde i sin studie en fast kostnad på 4000 kr/tim för krossen och materialhanteraren vid beräkning av kostnaderna. I föreliggande studie beräknades kostnaden för krossen till mellan 2500 och 3400 kr/tim beroende på bränsleförbrukningen. I Liss (2003) studie gjordes en beräkning av kostnaden på en flisskördare. Uppbyggnaden av den kalkylen är identisk med föreliggande studie. Den största skillnaden är att kostnaden för en basmaskin finns med i Liss kalkyl. Det som skiljer annars är att dagens bränslepris och personalkostnader har stigit och att en lägre kalkylränta har använts.

7.2 Vad är huvudresultaten när man ser till helheten

Denna studie tyder på att kostnaden för sönderdelning är tämligen lika mellan olika maskiner och ganska oberoende av teknik och maskinstorlek. Däremot skiljer det mycket i produktivitet per timme. I tabell 9 har känsligheten för de olika utgiftsposterna jämförts. Den utgiftspost som gav störst utslag är produktionen. De poster som gav minst utslag var underhåll och sedan systemtid. Enligt denna analys bör fokus ligga på att producera så mycket som möjligt när maskinen är i drift. I fältjobbet för den här rapporten mättes hur stor del av arbetstiden som maskinen arbetade med sönderdelning. Det är ett enkelt verktyg som även bör användas av entreprenörer för att se om de finns outnyttjad potential i produktion hos maskinen.

Finns det två personer som jobbar tillsammans så sätter de press på varandra och ett klimat för förbättringar/ produktions effektiviseringar. De syns tydligt i testen av CBI maskinerna, där det var en operatör på den ena maskinen och två på andra maskinen. Blandar man unga

och gamla så får man både energi och erfarenhet i en produktiv mix. Låter man operatörerna utvecklas och testa fram innovationer med uppbackning från ledningen får man en viktig positiv anda i arbetet. Organisationen av skiftgången är viktigt för att hålla en bra dialog och förståelse mellan ledning och operatör.

Något för framtida studier är att undersöka närmare hur arbetet bör organiseras för att få en optimal bemanning och organisation kring sönderdelningsmaskinerna. Det kan vara från arbetstider och skiftgång till vad som gör arbetsgruppen effektiv och lärande. I dagsläget verkar många maskiner hanteras på ett inoptimalt sätt. Intressant är att det inte verkar finnas några större ekonomiska fördelar med att stå på terminal och flisa jämfört ute vid en skogsbilväg. Vidare att en stor maskin inte är bättre än flera små om man bara ser till kostnaden för sönderdelningen.

7.3 Slutsatser

Studien har gett följande slutsatser:

- Uppmätt produktiviteten varierade mellan 73 och 411 m³/h eller 23 till 118 råton/h under vinterförhållanden med maskinerna Bruks 805, CBI 8400, Peterson och Willibald.
- Fukthalten i materialet varierade mellan 38 och 64 %, och andelen finfraktioner (< 5 mm) blev hög, 32 - 50 %, och ökade med ökad fukthalt.
- Trots olika produktiviteten blev kostnaden för producerad MWh tämligen oberoende av maskinens storlek eller sönderdelningsteknik och beräknades till 14,4 – 17,8 kr/MWh utom vid en studie.
- Organisationen runt maskinen påverkar produktionskostnaden kraftigt vilket syns i fallet med CBI där dålig organisation gav en nästan dubbelt så stor produktionskostnad.

Referenslista

Dalström, J. 1977. Flisning av klena träd. Projekt helträdsutnyttjande. Forskningsstiftelsen skogsarbeten Stockholm.

Edman, T. 2009. Buntning av grot med lastbilsmonterad utrustning. Institutionen för skoglig resurshushållning, teknologi, SLU, Umeå. Arbetsrapport nr 251. Examensarbete.

Eriksson, P. 2008. Upparbetning av tre olika sortiment; GROT, brännved och buntar. SLU, Skogsmästarskolan, Skinnskatteberg. Arbetsrapport nr 7. Examensarbete.

Liss, J-E. 1987. Effektbehov och energiförbrukning vid produktion av bränseflis med lantbrukstraktormonterade huggar. SLU, Garpenberg. Institutionen för skogsteknik Rapport nr 173. ISSN: 0348-4599

Liss, J-E 1999. *Trädbränslen*. –Små- och storskaliga drivningsystem. Skogsindustriella institutionen högskolan Dalarna, Borlänge. Arbetsdokument nr 3. 1999.

Liss, J-E 2001. *Trädbränslen från skogen*. –teknik för skörd. Skogsindustriella institutionen högskolan Dalarna, Borlänge. Arbetsdokument nr 1. 2001

Liss, J-E 2003. *Kostnadsjämförelse mellan buntsystem och traditionellt flissystem vid uttag av skogsbränsle*. Skogsindustriella institutionen högskolan Dalarna, Garpenberg. Arbetsdokument nr 4. 2003.

Nordfjell, T. 2006. Kalkylmodell för skogsmaskiner. Inst. f skoglig resurshushållning, SLU, Umeå. Stencil.

Stridberg, S. 1987 Sönderdelning, transport och eldning av energiskogsved. Praktiska försök under vintern 1985/86. Statens energiverk. Solna. Projektrapport 87/3

Muntliga referenser

Galfvensjö, Ola. Bruks AB e-brev september 2008

Galvensjö, O. Bruks AB Telefon maj 2009

Hedman J., Hedman & söner AB 2009

Johansson M., Keifel AB 2009

Tillander, Allan Bruks AB 2009

Nilsson T., VP- Maskin AB 2009

Elektroniska dokument

Anon., 1998. Virkesmätningsrådet. Allmänna och särskilda bestämmelser för mätning av biobränslen. <http://www.virkesmatning.se/Admin/html/vmr/html/pdf/biobrans.pdf>

Anon., 2008a. CBI (Continental Biomass Industries) Hemsida. [online] Tillgänglig: <http://www.cbi-inc.com/countries/swedish.aspx> [2008-12-04]

Anon., 2008b. VB Maskiner AB Hemsida. [online] Tillgänglig: <http://www.vbmaskiner.com/maskin.asp?maskin=60> [2008-12-04]

Anon., 2009a. MaskinNet Sverige AB Hemsida. [online] Tillgänglig:
<http://www.maskinnet.se/maskinnet/kategori/utrustning.php?kid=11&aid=118>
[2009-11-22]

Anon., 2009b. LantbruksNet Sverige AB Hemsida. [online] Tillgänglig:
<http://www.lantbruksnet.se/lantbruksnet/kategori/utrustning.php?kid=4&aid=227>
[2009-11-22]

Anon., 2009c. Bioenergitidningen Hemsida. [online] Tillgänglig:
http://bioenergitidningen.se/files/resourcesmodule/@random46d6cce6d449a/1197014452_Sonderdelosort.pdf
[2009-11-22]

Anon., 2009d. ElmiaWood Hemsida. [online] Tillgänglig:
<http://www.elmia.se/sv/wood/For-massbesokare/Masskatalog-On-Line-2009/>
[2009-11-22]

Bilaga 1. Formler använda i studien

$$H_{\text{net}} = h_{\text{eff}} \times (1 - A/100) \times T/100 - h_{\text{ång}} \times (1 - T/100),$$

Där:

H_{net} (MWh/ton) = nyttigt värmevärde per ton bränsle (råvikt)

H_{eff} (MWh/ton TS) = Effektivt värmevärde vid 25°C, värdets sätts till 5,33

$H_{\text{ång}}$ (MWh/ton) = ångbildningsvärme per ton vatten i bränslet, värdets sätts till 0,678

A (%) = askhalt i viktprocent av torrsubstansen (TS), värdet sätts till 2,2 %

T(%) = Torrhalt i viktprocent

Kostnads kalkylering avseende skogsmaskiner, (Nordfjell 2006)

A) Kalkylering för ett oändligt stort bestånd och en maskin

- | | | |
|-----|--|--|
| (1) | $D_k = T_k/P$ | D_k = Drivningskostnad för aktuell maskin (kr/m ³)
P = Produktion (m ³ /tim) |
| (2) | $T_k = F_k + R_k$ | T_k = Total kostnad (kr/tim)
F_k = Fast kostnad (kr/tim)
R_k = Rörlig kostnad (kr/tim) |
| (3) | $F_k = (K + U_f)/S$ | K = Kapitalkostnad (kr/år)
U_f = Fast underhållskostnad (kr/år)
S = Systemtid (tim/år) |
| (4) | $R_k = U_r + D_m + F_l$ | U_r = Rörlig underhållskostnad (kr/tim)
D_m = Drivmedelskostnad (kr/tim)
F_l = Förarlön (kr/tim) |
| (5) | $K = (I - R_n) \times A$ | I = Investeringsbelopp (kr)
R_n = Restvärdets nuvärde (kr) |
| (6) | $R_n = R \times (1 + i)^{-n}$ | A = Amorteringsfaktor (Annuitetsfaktor)
R = Restvärde (kr)
i = Kalkylränta (%/100) |
| (7) | $A = (i \times (1 + i)^n) / ((1 + i)^n - 1)$ | n = Ekonomisk livslängd (år) |

B) När fler än en maskin används för avverkning och terrängtransport (tex skördare + skotare)

(8)	$D_{\text{ktot}} = \sum D_k$ (för alla inblandade maskiner)	D_{ktot} = Total drivningskostnad (kr/m ³)
-----	---	---

C) Tillägg vid kalkylering för ett ändligt bestånd

Formel (8) ovan förändras enligt följande:

$$D_k = \sum D_k \text{ (för alla inblandade maskiner) } + \text{Flytt}_k$$

(kr)	$\text{Flytt}_k = Q/M$	Flytt_k = Flyttkostnad (kr/m ³) Q = Total flyttkostnader för objektet M = Objektets storlek (m ³)
------	------------------------	--

D) Tillägg inkluderande planeringskostnader

$$D_k = \sum D_k \text{ (för alla inblandade maskiner) } + \text{Flytt}_k + \text{Plan}_k$$

$\text{Plan}_k = \text{Planeringskostnad (kr/m}^3\text{)}$

(Plan_k kan ibland vara uppdelad på en fast och en rörlig del)

Bilaga 2. Arbetschema i fält

Arbetschema i fält

- Varmkör flishuggen – om inte redan igång.
- Placera containern under flishuggens utlopp
- Flishuggen fylls till lämplig nivå med diesel.
- Starta tidtagningen när de skärande delarna börjar arbeta och stoppa den när containern är full. Under flisningsarbetet ska tiden också klockas av och summeras för när de skärande delarna inte tuggar något. Antalet gripar med material till flishuggen som behövs för att fylla containern skall räknas.
- Fyll flishuggen med diesel till den valda nivån och anteckna hur mycket som gick åt.
- Uppskatta volymen i containern och väg flisen.
- Ta ur en hink (10L) ut containern och sätt på ett tättslutande lock.

Datum/nr	Driftstid(min)	Avbrott(min)	Bränsleåtgång	Producerat(m ³ S)

Producerat(Ton)	Kommentarer:

Bilaga 3. Resultat från maskinerna i fältstudien

Bruks 805

Data från fältförsöket med Bruks 805

	Prov			
	1	2	3	4
Driftstid (min)	13,31	13,66	9,25	15,73
Avbrott i drift (min)	5,42	6,16	4,35	7,76
Bränsleåtgång (%enheter)	69-71	68-71	68-71	59-62
Vikt på material (kg)	5443	5287	3984	6142
Krancykler (st)	57	56	64	56
Energiinnehåll (MWh)	16,36	15,89	11,97	18,46
Prestation ca (m ³ s)	20	20	10	20

Data från fältförsöket med Bruks 805

	Prov			
	5	6	7	8
Driftstid (min)	13,28	14,18	14,8	15,13
Avbrott i drift (min)	6,59	6,22	7,06	7,78
Bränsleåtgång (%)	66-63			
Vikt på material (kg)	5604	5450	5642	5640
Krancykler (st)	56	57	66	66
Energiinnehåll (MWh)	16,84	16,38	16,95	16,95
Prestation ca (m ³ s)	20	20	20	20

Data från fältförsöket med Bruks 805

	Prov		
	9	10	11
Driftstid (min)	15,75	16,3	8,37
Avbrott i drift (min)	7,49	8,27	3,86
Bränsleåtgång (%)			
Vikt på material (kg)	5309	5309	3647
Krancykler (st)	68	64	37
Energiinnehåll (MWh)	15,96	15,96	10,96
Prestation ca (m ³ s)	20	20	10

Torrhalter (%) på materialet från försöket med Bruks 805.

Prov	Topp	Mitt	Botten
11 Bränslelaboratoriet	62,5		
12	74,3	72,6	73,8
13	76,6	71,3	75,3
14	52	50,9	54,5
15	72,3	72,0	71,8
16	68,8	65,1	65,2
Inmätningssvärde vid värmeverk	62,8		
Inmätningssvärde vid värmeverk	70,5		

Peterson Lycksele

Data från fältförsöket med Peterson 4700 i Lycksele.

	Prov			
	1	2	3	4
Driftstid (min)	12,04	10	7	8,83
Avbrott i drift (min)	6,25	3,59	2,53	1,25
Bränsleåtgång (L/prov)	18	12	9	11,5
Vikt på material (kg)	1+2+3	=	33650	4+5+6
Krancykler (st)	43	26		24
Energiinnehåll (MWh)			63,26	
Prestation ca (m ³ s)	35	20	20	25

Data från fältförsöket med Peterson 4700 i Lycksele.

	Prov	
	5	6
Driftstid (min)	9	10
Avbrott i drift (min)	2,49	1,64
Bränsleåtgång (l)	10,5	12,5
Vikt på material (kg)	=	26850
Krancykler (st)	19	29
Energiinnehåll (MWh)		50,48
Prestation ca (m ³ s)	25	25

Torrhalter (%) på materialet från försöket med Peterson 4700 i Lycksele.

Prov	Topp	Mitt	Botten
21	42,6	27,3	36,0
22	41,7	40,2	37,6
23	50,1	47,2	49,0
24	41,9	38,5	32,8
25 Bränslelaboratoriet	43,4		
26	48,9	48,3	49,4
Inmätningssvärde vid värmeverk	32,0		
Inmätningssvärde vid värmeverk	58,1		

CBI Töva

Data från fältförsök med CBI 8400 i Töva

	Prov		
	1	2	3
Driftstid (min)	22,78	30,03	28,47
Avbrott i drift (min)	5,06	6,44	6,58
Bränsleåtgång (L/prov)		104,6	87
Vikt på material (kg)	34850	39900	42750
Krancykler (st)	74	99	107
Energiinnehåll (MWh)	54,63	62,55	67,02
Prestation ca (m ³ s)	104	130	130

Torrhalter (%) på materialet från fältförsöket med CBI 8400 i Töva

Prov	Topp	Mitt	Botten
31	49,6	46,4	48,3
32	52,7	50,7	52,7
33 Bränslelaboratoriet	38,1		
34	51,4	54,1	52,5

CBI Östersund

Data från fältförsöket med CBI 8400 i Östersund.

	Prov		
	1	2	3
Driftstid (min)	32,27	29,52	30,37
Avbrott i drift (min)	12,4	12,3	12,5
Bränsleåtgång L/prov)	43,6	34,86	41,83
Vikt på material (kg)	59100	59180	62480
Krancykler (st)	117	101	91
Energiinnehåll (MWh)	84,29	84,40	89,11
Prestation ca (m ³ s)	207	207	216

Torrhalter (%) på materialet från fältförsöket med CBI 8400 i Östersund.

Prov	Topp	Mitt	Botten
41	43,3	41,5	43,3
42	53,3	56,5	59,5
43 Bränslelaboratoriet	35,7		

Willibald

Data från fält försök med Willibald 4800 i Åsele

	Prov		
	1	2	3
Driftstid (min)	28	30,04	32,07
Avbrott i drift (min)	3	6,07	6,34
Bränsleåtgång l/prov)			
Vikt på material (kg)	11550	12750	11050
Krancykler (st)	40	42	42
Energiinnehåll (MWh)	27,02	29,83	25,85
Prestation ca (m ³ s)	1+2+3	=	110

Torrhalt (%) på materialet från fältförsöket med Willibald 4800

Prov	Topp	Mitt	Botten
51	56,3	57,6	54,4
52 Bränslelaboratoriet	51,2		
53	75,5	72,8	75,6

Peterson Vindeln

Data från fältförsök med Peterson 4700 i Vindeln.

	Prov		
	1	2	3
Driftstid (min)	21,4	16,12	17,15
Avbrott i drift (min)	7,09	7,5	9,51
Bränsleåtgång (l/prov)	25	17	20
Vikt på material (kg)	10015	8150	10650
Krancykler (st)	59	38	45
Energiinnehåll (MWh)	24,02	29,51	31,38
Prestation ca (m ³ s)	25	30	32,5

Torrhalt (%) på materialet från fältförsöket med Peterson 4700 i vindeln.

Prov	Topp	Mitt	Botten
61 Bränslelaboratoriet	61,5		
62	59,5	61,0	62,3
63	67,6	66,8	67,0
Inmätningvärde vid värmeverk	55,6		

Bilaga 4. Ekonomisk kalkyl på de olika maskinerna

Buks 805

Värdena som används för kalkylen kommer ifrån de nio serierna då baljan (på huggen) blev full. De två serierna där baljan blev halvfull har inte används eftersom värdena stack ut från de övriga.

Investeringsbelopp: 2 600 000 kr Galvensjö (2009)

Torrhalt: 62,5 %

Ton

Rörliga underhållskostnader: 162,28 kr/h Galvensjö (2009) anger kostnaden till 2 kr/m³. Medelvikten för produktiviteten 22,73 (ton/h) / medelvikten per m³ 276,8 (kg/m³) = produktiviteten 82,12 m³/h. Räkna man m³/h produktionen genom den arbetade tiden och den fulla baljan (20 m³) blir värdet i medel 81,14m³/h. Det sista värdet används eftersom det är minst uträkningar för.

Produktiviteten: 22.73 ton/h Är medelvärde av alla fulla baljor.

Dieselförbrukning: 2,0 l/ton. Galvensjö (2009) anger förbrukningen till 0,45 l/m³ för huggen och 0,7 l/m³ för hugg och skotare. Vid testerna förbrukade huggen 3 % enheter av sitt bränsle i genomsnitt. 3 % av 370 liter är 11,11 diesel fördelat på 20 m³ flis som producerades varje gång blir de 0,555 l/m³. Vid testet vägde materialet 276.8 kg/m³ (alla test med full balja användes), huggen förbrukar då 2,0 l/ton.

MWh

Rörlig underhållskostnad: 164,554 kr/h för MWh uträkningen. $1,2043 \text{ m}^3/\text{MWh} (\sum(20/\text{MWh}_{\text{Fullbalja}})/9) * 2 \text{ kr}/\text{m}^3$ (underhållskostnad) * produktionen(MWh)

Produktionen: 68.32 MWh/h är medelvärdet för alla fulla baljor.

Dieselförbrukningen: 0,6684 l/MWh är medelvärdet på förbrukningen hos de serierna med fulla baljor. $(\sum 11.1 / \text{MWh}_{\text{fullbalja}})/9$.

Utfall på ekonomisk kalkyl för Bruks 805.

	kr/ton	kr/MWh
Drivmedel	18	6,02
Underhåll	7,14	2,41
Kapitalkostnad	10,74	3,57
Operatörslön	14,08	4,68
Summa:	49,95	16,68

Peterson Lycksele

Investeringsbelopp: 4 800 000 kr (Johansson 2009)

Fast underhållskostnad: 400 000 kr (Hedman 2009)

Torrhalt: 43,4 %

Ton

Produktion: 63.71 ton/h $\sum(\text{Prestationen ton/h})/2$

Dieselförbrukning: 1,222 l/ton $\sum(\text{Bränsleförbrukningen l/ton})/2$

MWh

Produktion: 119.77 MWh/h $\sum(\text{Prestationen MWh})/2$

Dieselförbrukning: 0,650 l/MWh $\sum(\text{Bränsleförbrukningen l/MWh})/2$

Utfall på ekonomisk kalkyl för Peterson 4700 i Lycksele.

	kr/ton	kr/MWh
Drivmedel	10,98	5,85
Underhåll	3,92	2,09
Kapitalkostnad	7,07	3,76
Operatörslön	5,02	2,67
Summa:	27,02	14,37

CBI Töva

Investeringsbelopp: 7 007 000 kr (Tillander 2009)

Torrhalt: 38,1

Ton

Rörliga underhållskostnader: 610,4 kr/h Allan Bruks AB anger kostnaden till 7 kr/ton
(Tillander 2009) Produktionen ton/h * 7 kr.

Produktion: 87,2 ton/h $\sum(\text{Produktionen ton/h})/3$

Dieselförbrukning: 2.33 t/ton $\sum(\text{Bränsleåtgång l/Produktion ton})/2$

MWh

Rörliga underhållskostnader: 610,4 kr/h Allan Bruks AB anger kostnaden till 7 kr/ton
(Tillander 2009) $\sum(\text{Produktionen ton/Produktionen MWh})/3 * 7 \text{ Kr} * \text{Produktionen MWh/h}$

Produktion: 136,7 MWh/h $\sum(\text{Produktionen MWh/h})/3$

Dieselförbrukning: 1,49 l/MWh $\sum(\text{Bränsleåtgång l/Produktion MWh})/2$

Utfall på ekonomisk kalkyl för CBI 8400 i Töva.

	kr/ton	kr/MWh
Drivmedel	20,97	13,37
Underhåll	7	4,47
Kapitalkostnad	7,54	4,81
Operatörslön	3,67	2,34
Summa:	39,18	24,98

CBI Östersund

Investeringsbelopp: 7 007 000 kr (Tillander 2009)

Torrhalt: 35,7 %

Ton

Rörliga underhållskostnader: 825,1 kr/h Allan Bruks AB anger kostnaden till 7 kr/ton (Tillander 2009) Produktionen ton/h * 7 kr.

Produktion: 117,87 ton/h $\sum(\text{Produktionen ton/h})/3$

Dieselförbrukning: 0,665 l/ton $\sum(\text{Bränsleåtgång l/Produktion ton})/3$

MWh

Rörliga underhållskostnader: 825,1 kr/h Allan Bruks AB anger kostnaden till 7 kr/ton (Tillander 2009). $\sum(\text{Produktionen ton/Produktionen MWh})/3 * 7 \text{ kr} * \text{Produktionen MWh/h}$

Produktion: 168,1 MWh/h $\sum(\text{Produktionen MWh/h})/3$

Dieselförbrukning: 0,4666 l/MWh $\sum(\text{Bränsleåtgång l/Produktion MWh})/3$

Utfall på ekonomisk kalkyl för CBI 8400 i Östersund

	kr/ton	kr/MWh
Drivmedel	5,99	4,20
Underhåll	7,00	4,91
Kapitalkostnad	5,58	3,91
Operatörslön	2,71	1,90
Summa:	21,28	14,92

Willibald

Investeringsbelopp: 3 050 000 kr (VP -maskin 2009)

Fast underhållskostnad: 36 800 kr (VP – maskin 2009)

Torrhalt: 51,2 %

Ton

Produktion: 23,63 ton/h $\sum(\text{Produktionen ton/h})/3$

Dieselförbrukning: $1,423 \text{ l/ton} \sum((\text{Driftstiden i försöket min} * 0,556 \text{ l})/\text{Producerat ton})/3$.
Försäljaren anger förbrukningen till 0,3-0,4 l/m³s (Nilsson 2009).

MWh

Produktion: $55,29 \text{ MWh/h} \sum(\text{Produktionen MWh/h})/3$

Dieselförbrukning: $0,608 \text{ l/MWh} \sum((\text{Driftstiden i försöket Min} * 0.556 \text{ l})/\text{Producerad MWh})/3$. Maskinföraren anger bränsleförbrukningen till 400l på 12h (Nilsson 2009).

Utfall på ekonomisk kalkyl för Willibald 4800

	kr/ton	kr/MWh
Drivmedel	12,80	5,47
Underhåll	3,17	1,35
Kapitalkostnad	12,11	5,18
Operatörslön	13,54	5,79
Summa:	41,63	17,79

Peterson Vindeln

Investeringsbelopp: 4 800 000 (Johansson 2009)

Fast underhållskostnad: 400 000 kr (Hedman 2009)

Torrhalt: 61,5 %

Ton

Produktion: $32,46 \text{ ton/h} \sum(\text{Driftstid h/Producerat Ton})/3$

Dieselförbrukning: $2,21 \text{ l/ton} \sum(\text{Bränsleförbrukningen l/Producerat ton})/3$

MWh

Produktion: $95,66 \text{ MWh/h} \sum(\text{Driftstid h/Producerat MWh})/3$

Dieselförbrukning: $0,751 \text{ l/MWh} \sum(\text{Bränsleförbrukningen l/Producerat MWh})/3$

Utfall på ekonomisk kalkyl för Peterson 4700 i Vindeln

	kr/ton	kr/MWh
Drivmedel	19,89	6,76
Underhåll	7,70	2,61
Kapitalkostnad	13,88	4,71
Operatörslön	9,86	3,35
Summa:	51,33	17,43