



**Linnéuniversitetet**

Kalmar Växjö

Examensarbete

Kostnadseffektiv skogsbränslehantering-  
Hur ska vi hantera skogsbränslet för bästa ekonomiska  
resultat?

*Cost-effective wood-fuel handling-  
How shall we handle wood-fuel for best economic result?*



*Författare: Mats Nilsson  
Handledare: Thomas Thörnqvist  
Examinator: Johan Lindeberg  
Datum: 2015-05-25  
Kurskod: 2TS90E 15hp  
Ämne: Skogs och träteknik  
Nivå: Kandidat*

Institutionen för Skogs och träteknik

# **Linnéuniversitetet**

Kalmar Växjö

Fakulteten för teknik  
391 82 Kalmar | 351 95 Växjö  
Tel 0772-28 80 00  
teknik@lnu.se  
Lnu.se/fakulteten-for-teknik

## Sammanfattning

En kostnadsjämförelse har gjorts för de två vid avlägg vanligast förekommande sönderdelningssystemen samt vilken betydelse det har för ekonomin om man direktlevererar till ett värmeverk eller mellanlagrar flis en månad vid flisterminal. Vidare undersöktes det ekonomiska utfallet för sönderdelning av energived vid värmeverk respektive terminal. Studien avsåg även att utröna om det fanns andra skäl än ekonomiska att välja en metod framför den andra.

Systemen vid avlägg i skogen var huggbil och maskinburen hugg och för sönderdelning av energived mobil och stationär hugg.

I beräkningarna som gjorts utifrån annuitetsmetoden har fasta kostnader, utnyttjandegrad, personalkostnader, rörliga kostnader samt prestation använts där prestationen bygger på försök vid Skogforsk.

Huggbilen är det billigaste systemet för sönderdelning vid avlägg i skogen där skillnaden var 11 Sek per ton/ts.

För sönderdelning av energived vid värmeverk respektive flisterminal var skillnaden 5 Sek per ton/ts.

Det ekonomiska utfallet beroende på om man direktlevererade eller mellanlagrade en månad utgjorde en skillnad på 118 Sek per ton/ts.

Nyckelord: Sönderdelningssystem, kostnadsanalys, ekonomi

## **Abstract**

A comparison of the costs for the two most common chippingsystems on landings in the forest has been performed and what consequence it have for the economy if you direct deliver or deposit wood chips one month on a terminal. Also there where an analysis of the economic result for chipping fuel wood on a heating plant respectively chipterminal. This studie even intended to investigate if there were other reasons than economics to choose one system over another.

The chippingsystems on landing in the forest were a chipper mounted on a chip truck and a chipper mounted on a forwarder and for fuel wood a mobile and a stationary chipper.

The calculations that have been done based on economic models include fixed machine costs, utilization, personnel costs, variable costs and expected productivity based on studies by Skogforsk.

Chipper mounted on a chip truck is the system with the lowest costs for chipping on landings. The difference between the systems where 11 Sek ton/ts

For chipping of wood fuel by heating plant and terminal the difference between the systems were 5 Sek ton/ts

The economic difference between direct delivering and depositing wood chips one month were 118 Sek ton/ts

Keywords: Chippingsystems, cost analysis, economics

## **Förord**

Detta examensarbete är utfört helt på eget initiativ och har sin grund i mitt intresse för skogsbränslehanteringen och mina funderingar som funnits med mig många år kring varför vi hanterar energin från skogen som vi gör.

Till min hjälp har ett flertal personer avsatt tid för att ge mig förmånen att ta del av deras kunskap och erfarenheter och dessa människor är jag stort tack skyldig.

Först och främst vill jag tacka min handledare professor Thomas Thörnqvist, Linnéuniversitetet, som hjälpte mig omsätta mina funderingar till ett genomförbart examensarbete och som haft många goda idéer, tips och förslag kring studiens genomförande.

Jag vill samtidigt tacka Bengt Nilsson, Linnéuniversitetet, som kommit med förslag och som delat med sig av sina kunskaper kring mina frågor.

Vidare vill jag tacka Tommy Gertsson och Bert-Ola Nilsson vid KMLM AB som tillfört studien en stor mängd information och erfarenhet kring deras del i skogsbränslehanteringen. Jag vill även tacka Torbjörn Carlsson, Södra energi samt Philip Persson, Vida energi för deras medverkan.

Villands Vånga 2015

Mats Nilsson

## Innehållsförteckning

<b>Sammanfattning</b>	<b>II</b>
<b>Abstract</b>	<b>III</b>
<b>Förord</b>	<b>IV</b>
<b>Innehållsförteckning</b>	<b>V</b>
<b>Begrepp</b>	<b>VI</b>
<b>1. Inledning</b>	<b>1</b>
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte och målsättning	9
1.3 Frågeställningar	9
1.4 Avgränsningar	10
<b>2. Ekonomisk teori</b>	<b>10</b>
<b>3. Empiri</b>	<b>11</b>
3.1 Skatter, försäkringar och avgifter	11
3.2 Teknikkostnader	11
<b>4. Material och metod</b>	<b>12</b>
4.1 Praktiskt tillvägagångsätt	12
<b>5. Resultat och analys</b>	<b>14</b>
5.1 Huggbil och maskinhuggsystem	14
5.2 Flisning av energived vid värmeverk eller terminal	16
5.3 Jämförelse mellan direktleverans och mellanlagring	18
5.4 Arbetsmiljö	19
<b>6. Diskussion</b>	<b>19</b>
6.1 Huggbil och maskinhuggsystem	19
6.2 Flisning av energived vid värmeverk eller terminal	20
6.3 Direktleverans eller mellanlagring	21
6.4 Arbetsmiljö	21
<b>7. Slutsatser</b>	<b>22</b>
<b>8. Kritik av studien</b>	<b>23</b>
<b>9. Förslag till vidare studier</b>	<b>23</b>
<b>10. Referenser</b>	<b>24</b>
<b>11. Bilagor</b>	<b>27</b>

## Begrepp

**G<sub>0</sub>-timme**- tid utan avbrott

**MWh**- megawattimme, energienhet

**M<sup>3</sup>sub**-kubikmeter fast under bark

**M<sup>3</sup>s**- kubikmeter stälpt mått

**TS**- torrsubstans, den mängd material som återstår efter fullständig torkning av materialet

# 1. Inledning

Sveriges riksdag beslutade år 2010 att anta 24 etappmål för en bättre miljö kvalitet vilket innefattar avfall, farliga ämnen, luftföroreningar samt en ökad biologisk mångfald (Miljömål 2014). Vår användning av fossila bränslen har förändrat vårt klimat med temperaturökningar som följd och som ett led i att bryta denna negativa trend har man inom de Europeiska länderna kommit överens om att i större utsträckning använda biobränslen för vårt behov av energi. Rent visuellt ser man förändringen genom att det byggs nya biobränsleeldade värmeverk. Även i statistiken ser man en stigande kurva över förbrukningen av dessa bränslen.

Våra svenska skogar har en betydande roll när det gäller att leverera skogsbränsle för omvandling till energi vid våra värmeverk och det ekonomiska utfallet för energiomvandlingen är beroende av hur materialet hanteras. Skogsbränsleproducenterna borde därför ställa sig tre frågor när det gäller produktionen: när? var? hur?

## 1.1 Bakgrund

Sedan sent 1970-tal har det skett en ökad användning av trädbränslen (diagram 1) samtidigt som priserna för materialet började dala runt år 2010 (diagram 2). Enligt Bioeneriportalen (2014) låg priserna på skogsfelis på omkring 115-140 Sek/MWh från 1993 till 2006 för att därefter stiga till drygt 200 Sek/MWh år 2010. Därefter har priserna sjunkit och var år 2012 ca 190 Sek/MWh. Junginger m.fl.(2005) menar dock att priserna på främst grot steg under 2000-talets början men har därefter dalat till så låga nivåer som 170 Sek/MWh i Sydsverige. Orsaken till detta beror enligt Energimyndigheten (2013) på importerat returflis och avfall som sänkt marknadspriserna med 5-15 % men Bioenergiportalen (2014) anser att milda vintrar haft betydelse eftersom detta skapat överskott på biobränsle. Avfallsimporten beror på att det i Sverige vid sidan av biobränsleeldade kraft och värmeverk även byggs likartade anläggningar för sopförbränning som är en konkurrerande energiomvandlingsfaktor vilket minskar behovet av exempelvis skogsbränsle men även returflisen har stor betydelse då detta är billigare än flis från skogen. Denna situation och att det råder obalans i bränsleflödet över ett år (bilaga 5) beroende på värmeverkens tillskottsbehov gör att det ställs stora krav på logistiken och hanteringen för att uppnå lönsamhet. Denna studie har för avsikt att genom kostnadskalkyler för två av våra vanligaste sonderdelningssystem vid avlägg i skogen jämföra det mest ekonomiska alternativet. Dessutom vilken betydelse det har för ekonomin om man direktlevererar trädbränsleflis alternativt mellanlagrar en månad vid flisterminal. Studien kommer även att jämföra det ekonomiska utfallet för sonderdelning av energived direkt vid värmeverk jämfört med att utföra flisningen vid en terminal. Vilka metoder är kostnadseffektivast? Finns det andra skäl än ekonomiska att välja ett alternativ?



Diagram 1. Tillförd energi 1980-2012 (Energimyndigheten 2013)

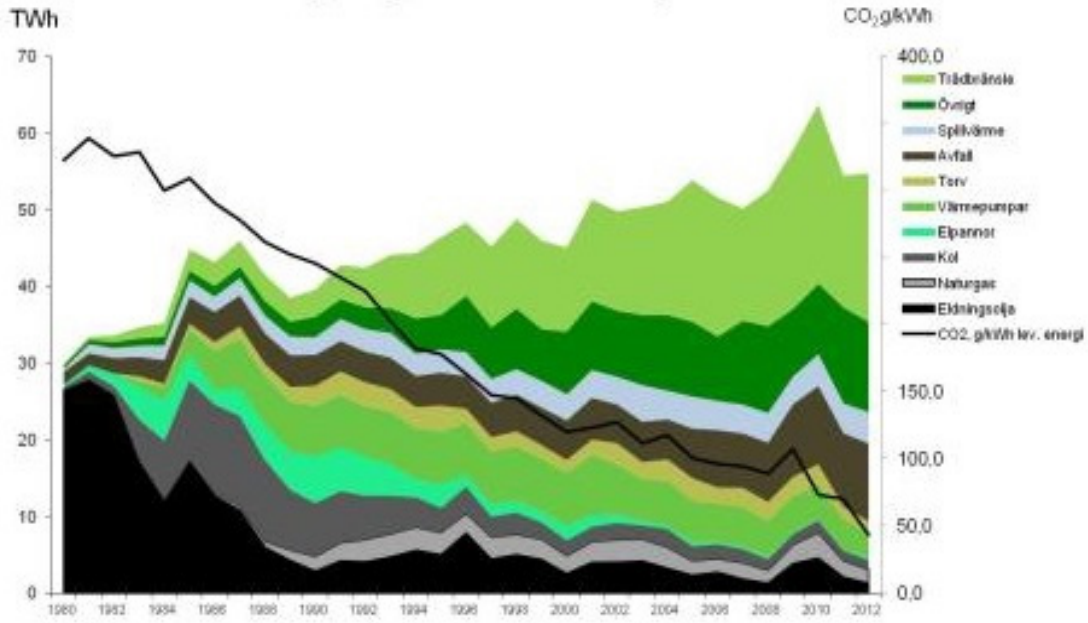
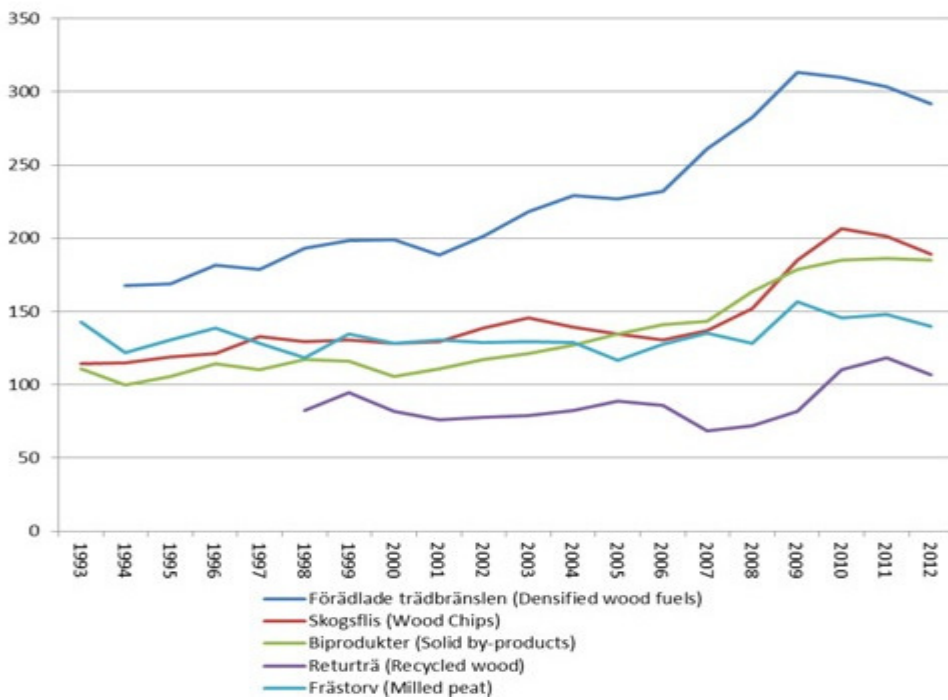


Diagram 2. Prisutveckling Skogsbränsle 1993-2012 (Bioenergiportalen 2014)



När det gäller frakterna utgör dessa med 40 % en stor del av den totala kostnaden för grot men Jönsson et.al (2014) menar att om man tillämpade lägesbyten med andra befraktare skulle transportsträckorna kunna minskas vilket handlar om 9-24 % av de transporter som görs i landet. I dagsläget tillämpas metoden på timmer och massaved men i väldigt liten utsträckning när det gäller skogsbränslet. Enligt Carlsson (2015), logistiker vid Södra Energi är lägesbyten något man generellt inte tillämpar på skogsbränslet, medan Vida Energis motsvarighet Persson (2015) menar att detta är något man arbetar med inom bolaget. Bjornland & Persson (2003) anser att för att skapa effektiva materialflöden krävs det planering, styrning samt uppföljning, vilket även gynnar miljön och ökar trafiksäkerheten. Genom användandet av Doris, som är en IT-tjänst tillhandahållen av SDC (Skogsnäringens datacentral) kan man i realtid skaffa sig information kring flödeskedjan vilken börjar redan vid avverkningen när skördaren och skotaren skickar filer med prognoser för bränsleuttag till SDC. Ett ytterligare steg kring informationsteknik som beslutstöd är Skogforsk utveckling av programmet FLOWOPT vilket utför ett flertal beräkningar kring lönsamma objekt. Enligt Frisk (2009) visade ett försök med fria leveranser i Mälardalen att FLOWOPT valde bort ett antal terminaler, kunder och avlägg eftersom de inte gav någon lönsamhet. Ett hinder mot fria leveranser är dock de leveransavtal som värmeverken tecknar med sina leverantörer vilket reglerar när och vilka volymer som skall levereras (Svensk fjärrvärme 2005). Detta är även bekräftat av Nilsson (2015) vid transportföretaget KMLM AB. Avtalen innebär även att leverantörerna måste försäkra sig om tillgång på bränsle vid maskinstillestånd, oframkomliga vägar etcetera men även skapa sysselsättning för sina entreprenörer under lågsäsong och detta menar Nilsson & Thörnqvist (2013) är anledningen till att man använder sig av bränsleterminaler för lagring av flis och energived. Enligt SDC (2013) så fanns det i Sverige ungefär 250 terminaler där 20 % av allt skogsbränsle mellanlagrades vilket sålunda innebär att resterande 80 % direktlevererades till värmeverken. Det används ett flertal fordon inom skogsbränslehanteringen, exempelvis huggbil, sidotippare (figur 3) och containerbil för att sköta denna logistik. Det finns flera varianter av huggar för påbyggnad på lastbilschassie både till containerbil samt sidotippare. Huggbilen har enligt Björheden (2009) visat sig vara ett billigare system räknat i MWh än en maskinburen hugg vid volymer upp till 500 m<sup>3</sup>s medan det på större volymer inte finns någon större kostnadsmisskillnad. Enligt Björheden (2009) lastar en huggbil med fasta behållare cirka 90 m<sup>3</sup> vilket kan jämföras med tre fliscontainrar med en total volym på 92,8 m<sup>3</sup> som då har en lastvikt på ungefär 34,4 ton. På det traditionella huggbilsystemet med fasta behållare sitter kran och hugg monterat på lastbilen bakom lastutrymmet (figur 4) vilket möjliggör lastning av både bil och släp utan att koppla isär ekipaget. På längre avstånd kan man även samköra ekipaget med en containerbil (figur 2) och på så sätt öka produktiviteten. För att detta skall fungera krävs det enligt Björheden (2009) god planering och kommunikation mellan huggbil och containerbil. Nackdelen enligt Björheden (2009) är att huggbilen innebär en hög investeringskostnad samtidigt som det är svårt att hålla systemet sysselsatt hela året om. Avlägg måste dessutom finnas på bilens högersida vilket kan skapa problem när man lägger upp vältorna. Huggbilens bränsleförbrukning beror på om den producerar eller transporterar flis men enligt Hultqvist (2013) så visar en studie att förbrukningen vid transport påverkas av temperatur i vägbanan

och luftmotstånd. I medvind hade en 500HK dieselmotor en förbrukning på 3,97 liter/mil medan den i motvind ökade till 4,19 liter/mil. Förbrukningen vid flisning är enligt Eliasson & Picchi (2010) 2,0 liter diesel per producerat ton TS med en produktivitet på 13,5 ton TS per  $G_0$  timme. Investeringskostnad enligt Nilsson (2015) cirka 6,5 miljoner kr. Containerbilen (figur 2) används för att transportera bearbetat trädbränsle från avlägg till värmeverk eller terminal samt för att vidare transportera mellanlagrat flis. Fordonet är en standardlastbil som utrustats med flakväxlersystem vilket gör att man kan skifta containrar på både bil och släp. Enligt Eliasson & Picchi (2010) har man normalt tre containrar med volymen 35-40m<sup>3</sup> vardera med sig ut till ett objekt. På lämplig plats kopplas släpen av och containrarna kan sedan sättas vid flisningsplatsen genom att bilen krokar av och på behållarna med hjälp av flakväxlarkroken som manövreras med en hydraulisk cylinder styrd inifrån hytten. Timmerbilen (figur 1) används för att transportera timmer, massaved och energived från avlägg i skogen till mottagningsplats, exempelvis sågverk eller massaindustri. Totalvikten för en timmerbil är 60 ton enligt Ståhl (2006) och hur många fastkubik bilen kan lasta beror därför på ekipagets egenvikt och virkets vikt. Ekipaget består oftast av bil och släp och är försett med flyttbara timmerbankar var i mellan virket lastas med hjälp av bilens kranarm. Enligt Löfroth & Svensson (2012) förbrukar en vanlig timmerbil cirka 4,3 liter per mil. Med en ökat tillåten totalvikt menar de att man skulle kunna uppnå bränslebesparingar med 21 %.



Figur 1. Timmerbil (arkivbild KMLM AB)



Figur 2. Containerbil (arkivbild KMLM AB)



Figur 3. Sidotippare (arkivbild KMLM AB)



Figur 4. Huggbil (arkivbild KMLM AB)

Vid avlägg i skogen är maskinhuggen(figur 5) och huggbilen(figur 4) den vanligast använda tekniken för att producera flis. Maskinhuggen består av en skotare med påbyggnad där man använder skotarens kranarm och grip för att mata flistuggen. Vid flisning förbrukar denna maskin enligt Eliasson m.fl. (2014) 1,55 liter diesel per producerat ton/ts. Maskinen kräver tillgång till containrar för att kunna producera effektivt och vid längre förflyttningar mellan trakterna även möjlighet till maskintransport. Investeringskostnaden för skotare och hugg är ca 6 500 000 kr. Till skillnad från maskinhuggen arbetar ett huggbilsystem självständigt men kan enligt Nilsson (2015b) även samköras med en containerbil. Vid terminaler och värmeverk använder man sig av mobila eller stationära huggar för sönderdelning av energived. Sönderdelning är enligt Eliasson (2012) en av de större kostnaderna inom skogsbränslehanteringen men är en effektiv metod för att göra transportekonomin bättre. Skivhugg vid terminal är mer lämpad för energived, delkvistad löv och barr från gallringar än för grot eftersom det blir för mycket stickor. Skivhuggen består av en huggskiva med påmonterade knivar som drivs av någon form av förbränningsmotor, vanligen diesel. Enligt Olsson (2011) kostar en stationär hugg omkring 20 miljoner kronor och kapaciteten på dessa är vad Johansson (2014) uppger 120 ton per timme. Hugg och inmatningsband sitter monterat på en semitrailer och matas med hjälp av en materialhanterare (figur 6) eller med hjälp av en på trailern påbyggd kranarm. Prestationen beror enligt Eliasson (2012) på om man sönderdelar energived eller delkvistad löv och barr (tabell 1).

Tabell 1. Prestation och bränsleförbrukning skivhugg (L. Eliasson 2012)

	Prestation ton TS/effektiv arbetstimme	Bränsleförbrukning	
		I/G <sub>o</sub> -Tim	l/ton TS
Bränsleved	71,8	168	2,33
Delkv.löv	67,9	164	2,4
Delkv.gran	53	165	3,06



Figur 5. Maskinhugg



Figur 6. Mobil hugg (arkivbild KMLM AB)

Till skogsbränslen räknas enligt Lehtikangas (1999) grenar och toppar (grot), brännved samt stubbar men även biprodukter från tillverkningsindustrin så som bark, spån och flis.

Jirjis & Lehtikangas (1993b) anser att till de större lagringsmetoderna hör flisning direkt i skogen för lagring vid terminal eller att man lagrar bränslet i stackar vid avlägg för senare bearbetning och vidaretransport. När man stackar flis så innebär detta volymförändringar eftersom högen med flis sjunker ihop av sin egen tyngd, regn eller snö. Thörnqvist (1983) har påvisat genom försök att en stack kan ha sjunkit ihop med ungefär 27 % efter två månaders lagring. Man vet även genom ett antal genomförda lagringsförsök hur fukthalt, svampsporbildning och substansförluster förändras i flisstackar över tid (Jirjis & Lehtikangas 1993b). Substansförlusterna förklaras av Nilsson & Thörnqvist (2013) med att i stort sett all lagring av organiskt material ger upphov till förluster när torrsustans försvinner vid hantering av flisen och genom nedbrytning av veden. För mikroorganismerna är temperaturen i flisstacken en gynnsam miljö för deras utveckling och den optimala temperaturen för detta är enligt Lehtikangas (1999) cirka +20 - +40 grader Celsius, och ju längre från detta temperaturområde man kommer desto mindre blir organismernas aktivitet vilket har påverkan på flisen. Mikroorganismerna delas av Jirjis & Lehtikangas (1993a) in i mesofila och termofila arter där den sistnämnda kräver varmare temperaturer för att utvecklas.

Lehtikangas (1999) rekommenderar att man lagrar sönderdelat bränsle på en öppen vindutsatt plats vilket Jirjis & Lehtikangas (1993a) anser ha kvalitativa fördelar jämfört med andra metoder eftersom problematiken med temperaturutveckling minskar och mikroorganismerna begränsas till de mesofila arterna. Även oxidationsprocessens betydelse för substansförluster minskar med lägre temperaturer. Författarna menar även att täckning av vältorna med obearbetat skogsbränsle påverkar torkningseffekten vilket kan ge fukthaltssänkningar med 8-10 %. En studie av Jirjis & Lehtikangas (1993a) påvisade fukthalter i nyavverkade hyggesrester på omkring 55 % vilken efter ett halvårs lagring hade minskat till cirka 37 % i en

otäckt vältan medan den täckta hade en fukthalt på 26 %. Vid elva månaders lagring hade fukthalten ökat till 51 % i otäckt material medan referenshögen inte uppvisade någon förändring.

För att beräkna fukthalten använder man sig enligt Thörnqvist (1984) av formeln:

$$U = \frac{m_u - m_o}{m_u} * 100(\%)$$

Där:

U= fukthalten i procent

$m_u$ = bränslets massa i rått tillstånd (kilo) innan torkning i ugn

$m_o$ = bränslets massa i torrt tillstånd (kilo) direkt efter torkning

Inom den industriella energiomvandlingen använder man sig normalt sett av begreppet torrhalt vilket enligt Nilsson & Thörnqvist (2013) beräknas enligt formeln:

$$T = \frac{m_o}{m_u} * 100(\%)$$

Där:

T= torrhalt i procent

Enligt författarna är torrhalt per definition den absolut torra vedens procentandel av materialets råa massa.

Substansförlusterna beror som tidigare nämnts på material som försvunnit i hanteringen och nedbrytning av vedsubstans. Thörnqvist (1984) menar att förlusterna påverkas av stackstorlek, lagringstid, komprimering, stackens temperatur samt materialets innehåll av barr och bark. Thörnqvist (1984) har genomfört en studie som påvisade en medelsubstansförlust på två procent per månad under en total period av sex månader där förluster av betydelse inträffar under de första månaderna av lagring. Efter två månader var substansförlusten 7,2 % vilket innebär 3,6 % per månad men efter sex månader hade förlusterna minskat till 1,9 %. I försöket var medelfukten cirka 35 % respektive 35,3 % vid uppläggningsstillfället. En senare studie av Nilsson & Thörnqvist (2013) där man jämfört vinter och sommarlevererad grothals till värmeverk visade på en initial medelfuktighet på 41,5 % i vinterlevererad grot medan sommarleverad grot hade en medelfuktighet på 32,2 %. Efter tre månaders lagring gjordes en ny mätning där värdet för vintergrotens medelfuktighet var 43 % medan sommargrotens var

44,6 %. Resultatet från studien innebar en substansförlust i vintergrot på 5,6 % och sommargrot 10,1 % vilket innebar en förlust på 1-4 % per månad. Substansförluster innebär indirekt varierande energiförluster beroende på lagringstiden vilket enligt Thörnqvist (1983) är den största orsaken medan materialets fukthalt och askhalt har en mindre påverkan.

En studie som gjorts av Thörnqvist (1983), kring den totala energiförlusten vid lagring under ett år, påvisade att efter två månader var energiförlusten 11,5 % (tabell 2).

Tabell 2. Total energiförlust under ett års lagring enligt Thörnqvist (1983)

Lagringstid månader	Total energiförlust %	Initial fukthalt%	slut fukthalt%
2	11,5	35	36
4	23,7	39	44
6	14,7	35	47
8	17,2	34	48
10	21,3	32	47
12	15,2	33	51

För att beräkna en energiförändring procentuellt görs detta enligt Thörnqvist (1984) med hjälp av formeln:

$$E = \frac{((TS * (1 - \frac{s}{100})) * W_{eff2}) - (TS * W_{eff1})}{TS * W_{eff1}} * 100 (\%)$$

Där:

E= energiförändring i procent av ursprunglig energimängd

TS= lagrets torrmasa i kilo vid stackningstillfället

s= substansförlust i procent

$W_{eff1}$ = effektiva värmevärdet vid stackningstillfället i MJ/kg TS

$W_{eff2}$ = effektiva värmevärdet vid lagringstidens slut i MJ/kg TS

Nilsson & Thörnqvist (2013) påvisade i sin studie skillnader vad gäller vinter och sommarlevererad flisad grot. Vintergrotten hade efter tre månaders lagring en beräknad energiförlust på cirka 6 % medan sommargrotens motsvarande värde var omkring 14 % vilket motsvarar 63 respektive 146 MWh.

När det gäller träddelar hänvisar Lehtikangas (1999) till ett försök där man mätt fukthalten under ett års tid. De färskas träddelarna hade en fukthalt på 57 % och efter ett år var fukthalten 22 respektive 31 % i den täckta respektive otäckta vältorna. Substansförlusterna i träddelar orsakade av mikrobiell nedbrytning anses som mycket små utan dessa består av att bark och andra komponenter fallit bort i hanteringen. Stackning av flis innebär att det kan uppstå en självantändning vilket enligt Thörnqvist (1987) i en studie kring tretton bränder under 1986/87 troligen beror på olika permeabilitet i olika delar av stackarna. Han menar att detta kan styrkas av att bränderna till största del börjat i gränsen mellan olika trädbränslesortiment eller mellan komprimerat och löst material. I två av de tretton bränderna var dessa härledda till ytor med metallföremål vilket man tror fungerar som en katalysator. Bränsleförlusterna i dessa bränder gav upphov till förluster på omkring 30 och 48 000 m<sup>3</sup> i de olika stackarna. Ekonomiskt var kostnaden för bränderna skiftande från 6000 kr till 5,3 miljoner kr. I nio fall låg kostnaden mellan 100 000kr till 850 000 kr. För att förebygga uppkomst av självantändning finns det därför ett antal rekommendationer kring lagring av trädbränslen.

## 1.2 Syfte och målsättning

Ett av studiens syfte är att genom ekonomiska kalkyler undersöka vilket sönderdelningssystem, maskinhuggen och huggbilen, som är mest kostnadseffektivt vid hantering av skogsbränsle vid avlägg.

Studien kommer även att undersöka det ekonomiska utfallet beroende på om man direktlevererar flis till värmeverk respektive mellanlagrar vid flisterminal en månad.

Slutligen prövar studien det ekonomiska resultatet beroende på om man flisar energived vid terminal eller bearbetar den vid ett värmeverk.

Resultaten från undersökningen kommer till viss del att svara på hur man hanterar skogsbränslet kostnadseffektivast eller om det finns andra skäl än ekonomiska att välja ett alternativ.

## 1.3 Frågeställningar

- Vilken är den kostnadseffektivaste sönderdelningsmetoden vid avlägg?
- Ekonomiskt utfall vid terminallagring jämfört med direktleveranser, vilket är mest fördelaktigt?
- Flisning av energived vid terminal eller värmeverk, vilken metod är mest lönsam?



– Finns det andra skäl än ekonomiska att välja ett alternativ?

## 1.4 Avgränsningar

Studierna har avgränsats till de förhållanden som råder i Skåne-regionen.

Bränslepriser, rörligt elpris och löner var de som gällde vid undersökningstillfället.

Undersökningen avser enbart sortimenten grot och energived.

Substansförlusten beräknas för en månads lagring.

## 2. Ekonomisk teori

För att göra ekonomiska jämförelser av logistik eller maskinsystem finns det vedertagna metoder inom ekonomisk teori. Fyra vanliga metoder som används är enligt Skärvad & Olsson (2013) nuvärdesmetoden, pay back metoden, annuitetsmetoden samt internräntemetoden. Dessa beskrivs enligt nedan:

– Nuvärdesmetoden innebär att man jämför alla in och utbetalningar vid nolltidpunkten, vilket är det samma som tidpunkten för investeringen. Samtliga inbetalningsöverskott i framtiden räknas om till nuvärde, vilket även uttrycks som att diskontera till nuvärde med hjälp av kalkylränta. Enligt beslutsregeln är en investering lönsam om nuvärdet av framtida inbetalningsöverskott är högre än investeringens storlek. Skillnaden där i mellan benämns som kapitalvärde.

– Pay backmetoden är en enkel form av investeringskalkyl där man beräknar hur lång tid som krävs för att få tillbaka det investerade beloppet. Enligt beslutsregeln är investeringen lönsam om tidpunkten för återbetalning är kortare än en förutbestämd högsta tillåtna återbetalningstid.

– Annuitetsmetoden är i princip en annan variant av nuvärdesmetoden med skillnaden att annuitetsmetoden analyserar kassaflöden över ett genomsnittligt år till skillnad från nuvärdesmetoden som analyserar de sammanlagda betalningsmässiga konsekvenserna under investeringens livslängd. Beslutsregeln säger att en investering är lönsam om skillnaden mellan inbetalningsöverskott och kapitalkostnaden är positiv.

– För att beräkna en investerings faktiska lönsamhetsnivå använder man internräntemetoden. Metoden är dock beräkningsmässigt svår och förutsätter teoretiskt att ett årligt inbetalningsöverskott placeras till framräknad internränta. Beslutsregeln säger att en investering är lönsam om internräntan i alla fall är ungefärligt lika stor som kalkylräntan.

### 3. Empiri

#### 3.1 Skatter, försäkringar och avgifter

Enligt Nilsson (2015) hade KMLM AB följande försäkringspremier per bil/år

Huggbil	70 114 kronor
Containerbil	28 173 kronor
Timmerbil	9 742 kronor
Sidotippare	9 742 kronor

Skatt och vägavgifter per bil och år:

Huggbil	25 000 kronor
Containerbil	30 000 kronor
Timmerbil	19 000 kronor
Sidotippare	19 000 kronor

#### 3.2 Teknikkostnader

Kostnaden för en container uppskattades av Nilsson (2015) till cirka 60 000 kronor och det krävs minst sex stycken containrar för att skiftning skall vara möjlig

En standardutrustad Volvo L-90G lastmaskin som gått 70 timmar kostar enligt Åström (2015) vid Swecon AB 1 400 000 kronor

En Sennebogen 608 materialhanterare kostar enligt Cranepartner AB, Kristianstad 1 798 000 kronor

En Doppstadt dh910 Phanter mobilkross kostar enligt företaget Mascus (2015) ungefär 3 500 000 kronor

## **4. Material och metod**

Undersökningen har gjorts som en kvantitativ studie vilket enligt Björklund & Paulsson (2012) anses vara en lämplig metod när det handlar om information som kan mätas eller värderas numeriskt. Man får en stor informationsmängd men inte den djupare förståelsen för ett enskilt studerat problem.

Teorin inhämtades genom litteraturstudier. Relevant information hämtades från böcker samt artiklar och rapporter funna vid sökning i databaser och hemsidor på Internet.

Via elektronisk och muntlig kommunikation med personer och företag med kunskap om skogsbränslehantering inhämtades data och information.

Genom en fältstudie erhöles flödesdata kring transporterna vid en bränsleterminal i Skåne.

Vissa delar av beräkningarna byggdes på värden från tillgängliga forskningsrapporter.

Till hjälp vid kostnadsanalyser och bearbetning av flödesdata användes programvaran Excel.

Annuitetsmetoden användes vid kostnadsberäkningarna eftersom detta motiveras av att vara en lämplig metod vid jämförelser av maskinsystem då man fördelar intäkter och kostnader över hela maskinens livslängd.

### **4.1 Praktiskt tillvägagångsätt**

En fördjupande litteraturstudie gjordes kring maskiner, arbetsmiljö och skogsbränsle för att få fram värden till beräkningarna i kostnadsanalyserna för de olika studerade områdena. Dessa

värden kompletterades med empirisk data i form av muntlig och elektronisk kommunikation samt genom analys av flödesdata från bränsleterminalen Bastholmen, Broby. Med hjälp av teori och empiri gjordes sedan kostnadsanalyser för de olika hanteringsmetoderna där årliga fasta kostnader, utnyttjandetid, lönekostnader, rörliga kostnader samt produktivitet per G<sub>0</sub>-timme användes. Genom att dividera produktiviteten med totalkostnaden erhöles kostnaden per producerat ton/ts. Antaganden som gjordes vid kostnadsanalyserna:

- Avskrivningarna sattes till 7, 10, respektive 15 år
- Restvärdet för maskinsystem vid avlägg sattes till 14 % och för maskinsystem för energived till 10 %
- Kalkylränta 5,5 % i alla beräkningarna
- Medelhastighet 50 km/h
- Transportavståndet var 7 mil oavsett terminal eller värmeverk
- Maximal lastvikt var 35 ton
- Lönekostnaden utgjordes av medellönen för varje yrkesgrupp i Skåne

För att beräkna skillnaden intäktsmässigt för leveransflis beräknades först resultatet för direktleverans till värmeverk. Genom att omvandla ton/ts till MWh multiplicerat med ersättning per MWh från värmeverk erhöles intäkt per levererat ton. Från detta drogs sedan kostnader i form av ersättning till markägare, transporter och räntekostnader vilket gav ett leveransnetto. För att beräkna intäkt vid lagring beräknades substansförlusten per ton för en månad vilket drogs av från denna vikt. Genom att omvandla ton/ts till MWh multiplicerat med vad värmeverken betalar erhöles en intäkt. Från denna drogs sedan kostnader för lagring, administration, transporter, räntor, energiförlust för att få fram ett leveransnetto. Antaganden som gjorts:

- 41 % fukthalt
- Transportkostnad 18kr/ton i dessa företag
- Kalkylränta 5,5 % på lager och betalning
- För betalning har 30 dagar netto tillämpats

Den 23 januari 2015 kontaktades Södra Energi och Vida Energi via Email för att undersöka om tillämpade lägesbyten (bilaga 2 & 3). Samtidigt skickades mail till Krafringen AB, som har ett antal biobränsleeldade värmeverk, om intresse att delta i studien.

Nilsson, Institutionen för skogs och träteknik vid Linnéuniversitetet, kontaktades den 20 januari 2015 angående frågor som rörde grotbuntning.

Under januari, februari samt början av mars 2015 har företaget KMLM AB kontaktats vid flertalet tillfällen muntligen och elektroniskt med frågor som berör deras verksamheter terminaler, lastbilar och huggar. Muntliga frågor skickades ut innan besöket (bilaga 1).

Totalt 1144 stycken registrerade lastbilstransporter under ett år vid företaget KMLM ABs terminal Bastholmen samlades in genom en fältstudie och sorterades sedan upp i månad, sortiment och volym för en sammanställning i Excel.

Priser för lastmaskin, mobilhugg, stationär hugg och materialhanterare inhämtades från olika maskinförsäljande företag

## **5. Resultat och analys**

För jämförelserna i denna studie har vissa generaliseringar varit nödvändiga då de utgår från samma förutsättningar. Dessa består i att bränslet som hanteras har samma vikt och torrhalt samt att villkoren vid avlägg är desamma. För beräkningarna utgår undersökningen från  $G_0$ -timmar i produktion vilket innebär att man bortser från driftstopp och operatörens påverkan på effektiviteten.

### **5.1 Huggbil och maskinhuggsystem**

Den sammanvägda bedömningen av maskinsystemen i tabell 3 påvisar att huggbilen kostnadsmässigt är den mest lönsamma metoden av de båda alternativen. Det bör även samtidigt beaktas att maskinhuggen belastas av kostnader varje gång den måste flyttas till ett nytt objekt vilket inte är nödvändigt med huggbilen. Prestationsmässigt är maskinhuggen det mera fördelaktiga alternativet då systemet producerar närmare två gånger så mycket ton/ts per

år jämfört med huggbilen. Containerbilen till skillnad från huggbilen utnyttjas enbart till transporter och körs därför fler mil per år på väg. Huggbilen är 11 kr billigare än maskinhuggen per ton/ts men omräknat i MWh skiljer det bara 3,92 kr.

Tabell 3. Ekonomisk kalkyl för huggbil och maskinhugg

Fasta maskinkostnader					
System		Huggbil	Maskinhugg	Containerbil	Containrar 6 st
Investering	kr	6 500 000	6 500 000	3 000 000	360000
Avskrivning		7 år	7 år	7 år	15
Kalkylränta %		5,5	5,5	5,5	5,5
Restvärde	kr	928571	928571	428571	24000
Amorteringsfaktor		0,176	0,176	0,176	0,099
Försäkring	kr	70114	15000	28173	0
Skatter/avgifter	kr	25000	0	30000	0
<b>Kapitalkostnad/år</b>	<b>kr</b>	<b>1091999</b>	<b>1091999</b>	<b>437120</b>	<b>26376</b>
<b>Fasta maskinkostnader/år</b>		<b>1187113</b>	<b>1106999</b>	<b>495293</b>	<b>26376</b>
Systemutnyttjande					
Maskindagar/år		180	180	180	180
Antal skift		2	2	2	2
U-timmar/skift		10	10	10	10
<b>U-timmar år</b>		<b>3600</b>	<b>3600</b>	<b>3600</b>	<b>3600</b>
Personalkostnader					
Kostnad per person/år		420270	465606	420270	
<b>Totala arbetskostnaden</b>		<b>840540</b>	<b>931212</b>	<b>840540</b>	
Rörliga kostnader					
Bränsle diesel	kr/l	11,44	11,35	11,44	
Bränsleförb. landsväg l/mil		4,08	0	4,08	
Bränsleförb. lastning l/TS ton		2	2,22	0	
Körsträcka mil/år		5040	0	17640	
Bränslekostnad väg		234749	0	823350	
Bränslekostnad produktion		222394	653760	0	
Bränslekostnad/år	kr	457143	653760	823350	
<b>Driftskostnad kr/år</b>		<b>457143</b>	<b>653760</b>	<b>823350</b>	
<b>Totalkostnad kr/år</b>		<b>1108666</b>	<b>1584972</b>	<b>1663890</b>	
<b>kr per u-timme</b>		<b>308</b>	<b>440</b>	<b>462</b>	
<b>Prestationer</b>					
lastningstid min		122	120	0	
körhastighet km/h		50		50	
enkel väg km		70		70	
Lastkapacitet ton		29		35	
prestation ton/ts Go/tim		13,5	16	0	
körtid t o r /tim		2,8		2,8	
<b>prestation ton/ts Go/tim</b>		<b>13,5</b>	<b>16</b>		
<b>prestation ton/ts år</b>		<b>19440</b>	<b>57600</b>	<b>44000</b>	<b>44000</b>
totalt kr per ton/ts		57	28	38	1,67
<b>Totalt kr ton/ts per system</b>		<b>57</b>			<b>68</b>
1 ton ts= 2,8 MWh					
1M <sup>3</sup> s= 0,8 MWh					

## 5.2 Flisning av energived vid värmeverk eller terminal

Det sammanställda resultatet i tabell 4 visar att det är lönsamt att flisa energived direkt vid ett värmeverk jämfört med att mellanhantera denna vid en terminal tack vare att den stationära huggen har en hög prestation vilket ger en lägre kostnad per ton/ts. Investeringsmässigt så är dock terminalhuggen ett billigare alternativ beroende på lägre totala maskinkostnader. Genom att den stationära huggen drivs med el får man även lägre bränslekostnader.

Terminalhuggning medför även merkostnader som påverkar totalkostnaden per ton/ts negativt. Kostnadsmässigt är differensen 5 kr per ton ts och omräknat till MWh 1,80 kr.

Tabell 4. Ekonomisk kalkyl för sönderdelning av energived vid värmeverk respektive terminal

Energived bearbetning terminal respektive värmeverk		40% fukthalt	
Maskinkostnad	bearbetningsystem	värmeverk	terminal
Investering kr		23 198 000	6700000
Avskrivningstid		10 år	10 år
Kalkylränta		5,50%	5,50%
Restvärde		2319800	670000
Amorteringsfaktor		0,1327	0,1327
<b>Kapitalkostnad kr/år</b>		<b>2627637</b>	<b>758909</b>
<b>Fasta maskinkostnader/år</b>		<b>2627637</b>	<b>758909</b>
Maskindagar år		240	240
Antal skift		1	1
U-timmar skift		8	8
Utimmars/år		1920	1920
Personalkostnader	person/år	437000	437000
<b>Totala arbetskostnaden</b>		<b>874000</b>	<b>874000</b>
Rörliga kostnader			
Bränsle kr /l		11,44	11,44
Bränsleförb lastmaskin l/tim		5	5
Bränsleförbrukning materialhanterare	l/tim	5	5
Bränsleförbrukning mobilhugg	l/ton ts		2,33
Elförbrukning stationär hugg	KWh	600	
el rörligt pris kr/KWh		0,86	
<b>Bränslekostnad produktion/år</b>		<b>318720</b>	<b>540288</b>
<b>Totalkostnad kr/år</b>		<b>1192720</b>	<b>1414288</b>
<b>Per U-timme kr</b>		<b>621</b>	<b>737</b>
<b>Prestationer</b>			
Prestation ton/ts Go-timme		120	72
<b>Prestation ton/ts år</b>		<b>230400</b>	<b>138240</b>
<b>Totalt kr per ton ts</b>		<b>5,2</b>	<b>10,2</b>
<b>Leveranskostnader per ton</b>			
Ersättning markägare kr/ton ts		220	220
Fraktkostnad per ton ts		18	18
Upplastning kr/ton ts			25
Vidartransport kr/ton ts			18
Administrationskostnad kr/ton ts			13
<b>Kostnad per levererat ton ts</b>		<b>238</b>	<b>294</b>
<b>Totalkostnad per ton ts</b>		<b>243</b>	<b>304</b>
1M <sup>3</sup> fub=	0,8 ton ts		
1 Ton ts=	2,8 MWh		



### 5.3 Jämförelse mellan direktleverans och mellanlagring

Den beräkning som presenteras påvisar att mellanlagring av flis vid terminal innebär ett påtagligt intäktsbortfall beroende på merkostnader och substansförluster vilket indirekt ger energiförluster per levererat ton/ts. Det är därför ur bränsleleverantörens perspektiv mer ekonomiskt att direktleverera bränsleflis till värmeverket än att tvingas mellanlagra bearbetat material vid en flisterminal. (tabell 5). Att mellanlagra flis en månad visade sig ge ett intäktsbortfall på 118kr per ton ts eller omräknat till MWh 42kr.

Tabell 5. Kostnadsjämförelse mellan direktleverans och mellanlagring en månad

<b>Ersättning per ton ts vid 41 % fukthalt</b>							
Logistik				Direktleverans			Mellanlagring 1 mån.
Ersättning brutto markägare per ton/ts				120			120
Avgår för flisning kr/ton				60			60
<b>Netto skogsägaren kr ton/ts</b>				<b>60</b>			<b>60</b>
Transportkostnad kr/ton				18			18
Räntekostnad på levererad flis 30 dagar netto 5,5%				26			25
Ersättning från värmeverk per MWh				170			170
<b>Summa ersättning kr per ton/ts</b>				<b>476</b>			<b>457</b>
Substansförlust ton/ts							0,036
Lagring/hantering kr/ton							25
Administration kr/ton							13
Transport kr/ton							18
Kostnad energiförlust kr/MWh							19
Räntekostnad för lager kr 5,5% ränta							25
<b>Netto per ton/ts exkl skatt</b>				<b>372</b>			<b>254</b>
1 ton ts= 2,8MWh							
1 ton ts= 3,1 m <sup>3</sup> s							
Transport 70km snitthastighet 50km/h							
Bränsleförbrukning l/mil				4,08			
Bränslekostnad kr/l				11,44			
Substansförlust %				3,6			
Lastvikt ton				35			

## 5.4 Arbetsmiljö

Enbart en person vid företaget KMLM AB har enligt bilaga 1 haft allergiska reaktioner på grund av den mögelsvamp som utvecklas när man hanterar lagrat skogsbränsle.

## 6 Diskussion

Skogsbränslet som energikälla har en positiv inverkan på vår miljö, men den innebär även ett visst mått av miljöpåverkan eftersom hanteringen från avverkningstadiet tills att bränslet slutligen förbränns vid ett värmeverk innefattar användning av ett antal förbränningsmotorer i maskiner och lastbilar. Hur stor belastningen på miljön blir beror uteslutande av hur bränslet hanteras i flödeskedjan. Dessvärre är det förmodligen så att människans behov och ekonomin i allmänhet väger tyngre än miljöintresset och att detta styr våra beslut.

### 6.1 Huggbil och maskinhuggsystem

Huggbilsystemet är kostnadsmässigt det bättre alternativet av de båda systemen eftersom det kräver mindre personal och inga ytterligare enheter för att producera. Dessutom blir miljöpåverkan mindre eftersom det enbart krävs en förbränningsmotor för att transportera och producera färdigt flis. Huggbilens nackdel är dock att den inte klarar av att producera lika stora volymer som en maskinhugg även om det går att höja denna genom att samköra enheten med en containerbil ( Nilsson 2015). Det finns även för få huggbilar i drift för att täcka värmeverkens behov av bränsle under ett år vilket enligt Gertsson (2015) kan bero på att det är svårt för någon att nyetablera en huggbilsverksamhet beroende på att det inte är helt lätt att finansiera en så stor investering genom att försöka låna pengar. Enligt Gertsson (2015) kommer maskinhuggen att täcka ungefär 50-60% av maskinbehovet även i framtiden. Björheden (2010) menar även att huggbilen är ett komplement till det traditionella maskinhuggsystemet. Därför skall man kanske betrakta huggbilen ur detta perspektiv och inte som en fullständig ersättning för det dyrare alternativet. Arbetsmiljön för huggbilsföraren är även bättre än vad den som maskinhuggsföraren har eftersom vederbörande inte i lika stor utsträckning utsätts för damm under ett arbetspass eftersom en stor del av tiden åtgår till att transportera färdigt flis och detta skulle enligt Gertsson (2015) kunna vara anledningen till

varför man har så få arbetsrelaterade sjukdomar. Kombinationen maskin och människa innebär alltid risker för att olyckor inträffar vid flisning av skogsbränsle vilket i flera fall beroende på handhavandefel inneburit att man mist armar, fingrar eller händer när man försökt rensa stopp i huggen utan att stänga ner maskinen (Hedlund et.al 2010). Enligt Thörnqvist (1984) så innebär även mikrosvampar i lagrad flis ett hälsoproblem då den som inandas höga koncentrationer av dammet kan få allergiska reaktioner i lungorna, exempelvis allergisk alveolit. Symptomen på detta är feber, muskelvärk och illamående (Arbetshälsoinstitutet 2010). De olika systemens för- och nackdelar innebär att det inte helt går att förorda ett system framför det andra eftersom man kan betrakta systemen ur flera perspektiv och därmed blir det slutligen bränsleaktörerna som kommer att styra vilka huggsystem vi har i skogarna i framtiden. Kostnadsskillnaden blir även olika beroende på om man räknar differensen i ton ts eller i MWh som är den enhet som värmeverken betalar i.

## 6.2 Flisning av energived vid värmeverk eller terminal

Det finns värmeverk i Skåne, som exempelvis Örtofta och Kristianstad, där man investerat i egna huggar för sönderdelning av energived vilket har stora fördelar eftersom man minskar substansförlusterna i form av spill eftersom flisen går direkt till förbränning via direktmatning. Nackdelen med systemet jämfört med mobila huggar är att det är en stor investering för värmeverket och kräver därför en hög kapacitet för att göra flisningen lönsam. Men lyckas man uppnå detta så halverar man produktionskostnaden. Även ur miljösynpunkt är detta produktionssätt fördelaktigt eftersom den energi man använder vid sönderdelningen till viss del består av el istället för diesel. För studiens resultat hade det varit intressant om det tillfrågade värmeverket velat delta i undersökningen eftersom det varit enklare att finna anledningar som talar emot denna metod, vilket exempelvis skulle kunna vara upprepade produktionsstörningar som gör systemet olönsamt. Terminalflisningen har sina fördelar i att vara väl beprövat samtidigt som investeringen för ett maskinsystem blir lägre. Terminalerna har även i vissa fall stora lagerytor som gör att man kan ha energived lätt tillgängligt när det inte går att hämta direkt i skogen. För skogsägaren kan flisning av energived vid värmeverk bli en god affär då vissa värmeverk köper energiveden direkt från skogen utan mellanhänder i form av bränsleaktörer (Bioenergiportalen 2014). Som tidigare nämnts så blir kostnadsskillnaden varierande beroende på vilken enhet man räknar med, ton ts eller MWh.

### 6.3 Direktleverans eller mellanlagring

Mellanlagringen kostar pengar men är nödvändig för att säkerställa leveranserna till värmeverken och för att säkra entreprenörernas sysselsättning (Nilsson & Thörnqvist 2013). Förlusten på 118 kronor per ton/ts låter i sig inte mycket och man gör ändå en ekonomisk vinst beroende på vad skogsägaren får betalt, men om man för enkelhetens skull antar att ett värmeverk förbrukar 200 000 ton skogsbränsle per år och all flis mellanlagrades en månad då blir intäktsbortfallet mycket stort. Genom att inte heller vilja tillämpa lägesbyten med konkurrenterna gör detta att man förlorar ännu mera pengar genom dyrare transporter. Den största möjligheten till att öka lönsamheten när det gäller skogsbränslet ligger därför på logistiken där det faktiskt hade varit möjligt att spara pengar. Enligt Gertsson (2015) så hade det gynnat även KMLM AB som transportör att ha denna möjlighet men uppdragsgivarna säger nej till att byta material med någon annan vilket skulle kunna bero på att man är rädd att få ett sämre material än sitt eget. Mellanlagring innebär även en högre miljöbelastning eftersom bränslet måste lastas upp på nytt och transportera bort. Lagringen innebär även ett ekonomiskt risktagande med tanke på att flisstacker bevisligen kan självantända. Kostnaderna för bränderna drabbar inte enbart ägaren av flisstacken utan de innebär även kostnader för samhället i form av exempelvis släckinsatser från räddningstjänsten och man skulle därför kunna hävda att det finns allmänna intressen i att inte lagra flis.

### 6.4 Arbetsmiljö

Studier som gjorts har visat att den sporbildning som finns i skogsbränsle har en negativ inverkan på människors hälsa exempelvis i form av allergisk alveolit. Det är därför intressant varför personalen vid KMLM AB med många anställda inte har haft mer än ett fall som kunnat relateras till hanteringen av bränslet. Kan orsaken vara att de inte kontinuerligt under en arbetsdag utsätts för samma koncentrationer som den personal som alltid befinner sig i dammet? Om detta stämmer så skulle det innebära att det finns en stor fördel med huggbilen arbetsmiljömässigt och då tillkommer ett moraliskt dilemma, ska man använda maskinsystem vid sönderdelning som kan påverka hälsan allvarligt?

Människor som blir sjuka av hateringen blir ju en indirekt merkostnad för arbetsgivaren som måste använda extra resurser eller minska produktionen samtidigt som eventuell sjukhusvård innebär kostnader för samhället.

Man kan även fråga sig varför maskintillverkarna med dagens krav om CE-märkning inte installerar säkerhetsbrytare som gör att man inte kan komma åt huggdelen utan att maskinen stängs ner automatiskt. Olyckorna som skett kan rubriceras som mänsklig dumhet men man kan tycka att denna typ av anordning borde vara ett måste för att maskinen ska bli typgodkänd. Även här uppstår kostnader som drabbar arbetsgivare och samhället.

## 7 Slutsatser

Utifrån gjorda kostnadsanalyser har följande slutsatser dragits:

Huggbilen är kostnadseffektivare än maskinhuggen men har sämre produktivitet. Systemet har även en mindre miljöpåverkan och minskar kanske även risken för ohälsa. Fordonet bör dock ses som ett komplement till maskinhuggen och inte som en fullgod ersättare då det finns för få enheter att täcka värmeverkens behov med.

Flisning av energived vid värmeverk kan vara lönsamt om man har tillräckligt hög kapacitet att producera stora volymer att fördela kostnaderna på eftersom det är en kostsam investering. Terminalflisning är en beprövad metod som även säkerställer att det finns lager när det inte går att transportera från skogen och som trots lägre kapacitet är en billigare investering. Värmeverkens direktinköp gynnar skogsägarna eftersom mellanhanden försvinner.

Att mellanlagra flis en månad ger ett betydande inkomstbortfall beroende på substansförluster på 3,6 % samt ökande hanteringskostnader. Största möjligheten till kostnadseffektiv hantering av skogsbränslet finns i logistiken genom att konkurrenterna löser problemen med lägesbyten. Lägesbyten skulle även gynna transportörer och miljön.

Problemen med risken för sjukdomar beroende av hanteringen av bränsle kan vara kopplat till hur stor del av arbetsdagen som man befinner sig i denna dammiga miljö eftersom det enbart funnits en person vid KMLM som drabbats av detta.

## 8 Kritik av studien

Undersökningen går att göra än mer omfattande genom ett större geografiskt undersökningsområde och omfattande studier mellan olika fabrikats kapacitet och bränsleförbrukning men detta arbete saknade både tiden och resurserna för ett så omfattande arbete. Förhållandena i Skåne skiljer sig starkt mot dem som finns i exempelvis Norrland med tanke på tillgången på lövträd för energiomvandling och medeltransportavstånden. Frågan är dock om det ekonomiska utfallet i denna studie skulle förändras om man gjorde om försöket i den norra landsdelen? Blir en maskinhugg billigare än huggbilen norröver?

Resultatmässigt så är beräkningar som bygger på  $G_0$ -timmar upphov till felkällor då detta inte tar hänsyn till mänskliga behov, driftsavbrott och övriga stillestånd som man gör med  $G_{15}$ -timmar vilket påverkar produktiviteten. Det är dock svårt eller omöjligt att kunna förutse dessa eller tidsåtgång varför det skulle krävas omfattande tidsstudier och analyser för att få fram korrekta värden för beräkningar.

## 9 Förslag till vidare studier

Utifrån resultatet av denna undersökning vore det av intresse att utföra en större studie kring hur vida maskinhuggsförare skulle vara mer utsatta för ohälsa vid sönderdelning än huggbilsföraren beroende av den tid man vistas i denna miljö.

## 10. Referenser

- Bjornland, D. & Persson, G. 2003. Logistik för konkurrenskraft. Liber, Malmö
- Björklund, M.& Paulsson, U. 2012. Seminariehandboken. 2a upplagan. Studentlitteratur, Lund
- Eliasson, L. & Picchi, G.2010. Huggbilen med containersystem- ett flexibelt alternativ för flisning vid väg. Resultat nr. 19-2010. Skogforsk, Uppsala.
- Eliasson, L.2012. Effekter på bränsleförbrukning, prestation och fliskvalitet av klenträäd vs brännved som råvara vid flisning med en stor skivhugg. Arbetsrapport nr. 777-2012. Skogforsk, Uppsala.
- Eliasson, L., Lundström, H.& Granlund, P.2014. En studie av prestation och bränsleförbrukning vid flisning av bokgrot. Arbetsrapport nr. 833-2014. Skogforsk, Uppsala.
- Frisk, M., Rönnqvist, P.& Flisberg, A.2009. Planeringshjälp för skogsbränslelogistik. Resultat nr. 2-2009. Skogforsk, Uppsala.
- Hedlund, A, Rosén, I-M.& Rydell, A. 2010. Arbetsmiljöfaktorer i skogsenergiindustrin - fallstudier med fokus på buller, vibrationer och damm. Arbetsrapport högskolan Dalarna 2011:3, Falun.
- Hultqvist, B-Å. 2013. Mätning av bränsleförbrukning på asfalt och betongbeläggning norr om Uppsala-mätningar med personbil och lastbil. Rapport nr. 18-2013. VTI, Linköping
- Jirjis, R.& Lehtikangas, P.1993a. Vältlagring av avverkningsrester från barrträäd under varierande omständigheter. Rapport nr. 235. Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Jirjis, R.& Lehtikangas, P. 1993b. Bränslekvalitet och substansförluster vid vältlagring av hyggesrester. Rapport nr. 236. Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala..
- Junginger, M., Faaij, R., Björheden, R.& Ahlin, A.2005. Technological learning and cost reductions in wood fuel supply chains in Sweden. Artikel. Elsevier biomass and bioenergy 29.
- Jönsson, P., Eliasson, R.& Björheden, R.2014. Destinering och lägesbyten för att effektivisera transportererna av skogsflis. Arbetsrapport nr. 827-2014. Skogforsk, Uppsala
- Lehtikangas, P.1999. Lagringshandbok för trädbänslen. Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Löfroth, G.& Svensson, G. 2012. Modulsystem för skogstransporter. Arbetsrapport nr. 758-2012. Skogforsk, Uppsala.
- Nilsson, D.& Thörnqvist, T.2013. Lagring av flisad grot vid värmeverk-en jämförande studie mellan vinter och sommarförhållanden. Rapport nr. 17-2013. Linnéuniversitetet, Växjö.

Skärvaden, P-H.& Olsson, J.2013. Företagsekonomi 100. 16 upplagan. 2013. Liber, Malmö

Thörnqvist, T. 1983. Bränsleflisens förändring under ett års lagring. Rapport nr. 148. Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala.

Thörnqvist, T.1984. Hyggesrester som råvara för energiproduktion- torkning, lagring, hantering och kvalitet. Rapport nr. 152. Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala.

Thörnqvist, T. 1987. Bränder i stackar med sönderdelat träbränsle. Uppsats nr. 163. Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala

## 10.1 Elektroniska källor

Arbetshälsoinstitutet.2010. Hemsidan för Arbetshälsoinstitutet. Tillgänglig på [www.ttl.fi/sv/halsa\\_arbetformaga/.../alveolit/sidor/default.aspx](http://www.ttl.fi/sv/halsa_arbetformaga/.../alveolit/sidor/default.aspx), hämtad 2015-02-27

Bioenergiportalen.2014. Hemsidan för Bioenergiportalen. Tillgänglig på [www.bioenergiportalen.se/?p=6880](http://www.bioenergiportalen.se/?p=6880), hämtad 2015-01-25

Energimyndigheten.2014. Hemsidan för Energimyndigheten. Tillgänglig på <http://www.energimyndigheten.se/>, hämtad 2015-01-25

Johansson, J-E.2014. Hemsidan för Bruks AB. Tillgänglig på [bruks.com/sv/](http://bruks.com/sv/),hämtad 2015-02-04

Maskus.2015. Hemsidan för Maskus Sverige. Tillgänglig på [www.maskus.se/](http://www.maskus.se/), hämtad 2015-02-04

Miljömål.2014. Hemsidan för Naturvårdsverket. Tillgänglig på [www.miljomal.se/sv/publikationer-och-bilder/Rapporter/.../ar-2014](http://www.miljomal.se/sv/publikationer-och-bilder/Rapporter/.../ar-2014), hämtad 2015-02-04

SDC.2013. Hemsidan för SDC. Tillgänglig på [Sdc.se/default.asp?id=2549](http://Sdc.se/default.asp?id=2549), hämtad 2015-02-06

Ståhl, L. 2006. Hemsidan för Skogssverige. Tillgänglig på [skogssverige.se](http://skogssverige.se)>Frågelådan, hämtad 2015-02-23

Svensk fjärrvärme.2005. Hemsidan för Svensk fjärrvärme. Tillgänglig på [www.svenskfjarrvarme.se/](http://www.svenskfjarrvarme.se/), hämtad 2015-01-25



## 10.2 Övriga källor

Carlsson, T. Logistiker. Södra Energi. Epost. 2015-01-28

Cranepartner AB. Telefon. 2015-02-04

Gertsson, T. VD. KMLM AB. Muntlig. 2015-03-13

Nilsson, B. Doktorand. Linnéuniversitetet. Epost. 2015-01-21

Nilsson, B-O. Ekonomi. KMLM AB. Epost & muntligt. 2015-01-27

Persson, P. Logistiker. Vida Energi AB. Epost. 2015-01-26

Åström, G. Försäljare. Swecon AB. Telefon. 2015-02-04

## **Bilaga 1- Frågor och svar vid intervju med Tommy Gertsson vid KMLM AB den 13 mars 2015**

**Frågorna kommer att ingå som en del av mina resultat kring studien om hur man hanterar skogsbränslet mest kostnadseffektivt för bästa lönsamhet. Undersökningen görs på eget initiativ som ett examensarbete vid Institutionen för skogs och träteknik, Linnéuniversitetet Växjö. Som respondent på mina frågor har ni full rätt att inte svara på frågor som Ni anser kan ha påverkan för Er verksamhet.**

Skulle man klara leveranserna enbart med huggbilssystemet?

*Det finns inte tillräckligt med huggbilar för det. Skotarhuggen kommer nog täcka 50, ja bortåt 60 % av behovet även i framtiden. Det är ju inte helt enkelt för en person som vill nyetablera en huggbilsverksamhet att få låna 6-7 miljoner på en bank i dag för det är en rätt stor investering.*

Finns det andra sätt som man skulle kunna få ännu effektivare transporter om skogsbränsleleverantörerna som ex Södra tänkt annorlunda?

*Med lägesbyten så hade vi kunnat tjäna mer pengar genom effektivare transporter men uppdragsgivarna säger nej. Jag tror det beror på att de är rädda att få ett sämre bränsle om de byter med en konkurrent.*

Har KMLM AB haft problem med arbetsrelaterade sjukdomar som ex. allergisk alveolit "tröskdammlunga" genom hanteringen?

*Vad jag känner till så är det bara en som haft lindrigare besvär, men han använder munskydd*

## **Bilaga 2- Svar från Philip Persson, Vida Energi angående lägesbyte**

26 januari 2015 kl. 10:39

*Hej!*

*Ja det är något vi arbetar med. Jag tänker däremot inte gå in på vilka vi samarbetar med eller hur prisbilden ser ut. Har du några andra frågor ska jag försöka svara på de så gott jag kan.*

### **Bilaga 3- Svar från Torbjörn Carlsson, Södra Energi angående lägesbyte**

28 januari 2015

*Hej*

*Ja det var ett intressant ämne.*

*Nej, denna säsong (1/3-31/7) gör vi inga lägesbyten. Vi har haft kontakt med ett annat företag inför säsongen men hittade inga lämpliga byten.*

*Generellt har det varit få lägesbyten, jag kommer bara på ett som var för 2-3 säsonger sedan.*

## **Bilaga 4 - Beräkningar**

Kapitalkostnad= Investeringskostnad/ antal år avskrivning

Restvärde= Investeringskostnad-summan av avskrivningar år 0-6

Amorteringsfaktortabell D, antal år och vald kalkylränta

Fasta maskinkostnader=kapitalkostnad+försäkring+ skatter och avgifter

Personalkostnader=U-timmar \* lönefaktor

Totala arbetskostnaden=kostnad per person/år\*antal skift

Totalkostnad/år=totala arbetskostnaden+driftskostnaden

Prestation ton/ts år=prestation ton/ts g0/tim.\*u-timmar år

Totalt kr ton/ts=totalkostnad kr/år/prestation ton/ts år

## Bilaga 5. Diagram för till och frånflöde vid Bastholmen flisterminal från september 2013- augusti 2014.

Diagram för inflödet vid Bastholmen flisterminal september 2013- augusti 2014

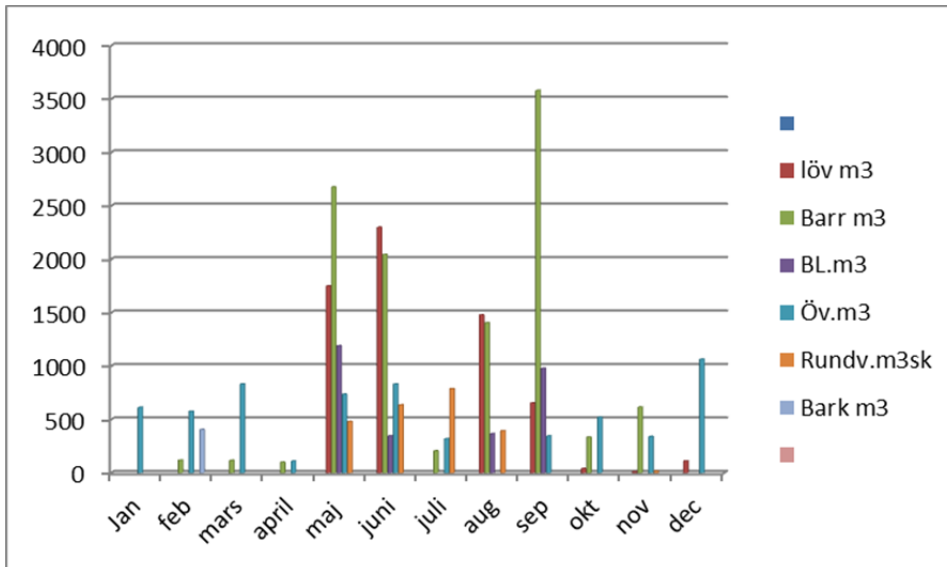


Diagram för utflödet vid Bastholmen flisterminal september 2013-augusti 2014

