



Torrefierad och pelleterad GROT

En studie i ekonomi och logistik

Torrefied and pelletized forest residues

A study in economics and logistics

Filip Eriksson & Axel Wretemark

Arbetsrapport 373 2012
Examensarbete 15hp C
Jägmästarprogrammet

Handledare:
Dimitris Athanassiadis
Dag Fjeld
Hans Ekvall

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



ISSN 1401-1204
ISRN SLU-SRG-AR-373-SE

Torrefierad och pelleterad GROT

En studie i ekonomi och logistik

Torrefied and pelletized forest residues

A study in economics and logistics

Filip Eriksson & Axel Wretemark

Kandidatarbete i Skogshushållning vid institutionen för skoglig resurshushållning, 15hp
Jägmästarprogrammet
EX0593

Handledare: Dimitris Athanassiadis, SLU, Institutionen för skoglig resurshushållning, teknologi

Handledare: Dag Fjeld, SLU, Institutionen för skoglig resurshushållning, teknologi

Handledare: Hans Ekvall, SLU, Institutionen för skogsekonomi

Examinator: Anders Roos, SLU, Institutionen för skogens produkter

Sammanfattning

På senare år har klimatoron tilltagit i världen, ökade utsläpp av växthusgaser och stigande medeltemperaturer har fått ett stort utrymme på den politiska agendan. För att möta oron har man inom Europeiska Unionen enats om ett antal klimatmål som skall uppfyllas till år 2020.

Sverige har under lång tid förlitat sig på skogsindustrin och därigenom byggt upp en stark industri och forskningsverksamhet. Skogsbaserad bioenergi står idag för 90 % av den bioenergi som förbrukas i Sverige. Råvaruöverskottet finns idag i norrlands inland men det stora behovet finns i storstadsregionerna i södra Sverige. Det finns dock vissa problem med transport och lagring av skogsbaserad biomassa och behovet av innovationer är därför stort.

Torrefiering är en förädlingsmetod där energidensiteten höjs och lagringsegenskaperna förbättras genom rostning av biomassa i en syrefrimiljö.

Syftet med denna studie är att utifrån ett företagsekonomiskt perspektiv undersöka potentialen hos torrefierad pellets under svenska förhållanden.

I vår investeringskalkyl framgår det att break even-punkten för priset för torrefierad pellets är 367,55 kr/MWh.

Känslighetsanalysen uppvisar att råvarukostnaden har störst påverkan på nettonuvärdet, följt av driftskostnaden och pris som hade samma påverkan, därefter kommer räntan och sist investeringskostnaden.

Våra beräkningar visar att det finns en skillnad i tågtransportkostnad mellan torrefierad pellets och konventionell pellets per transporterad MWh. På grund av den högre energidensiteten är transportkostnaden 25 procent lägre per energienhet för torrefierad pellets.

Nyckelord: Torrefiering, biobränsle, transport, tåg, investering

Summary

In recent years, climate concern has intensified in the world, increased greenhouse gases and rising average temperatures have had a lot of room on the political agenda. To address the concern, European Union has agreed on a number of climate goals to be met by 2020.

Sweden has long relied on the forest industry and thus built a strong industrial and research activity. Forest-based bioenergy currently account for 90% of the biomass consumed in Sweden. The raw material surplus is currently located in the inland of Northern Sweden, but the great demand is in the metropolitan areas in southern Sweden. However, there are some problems with transport and storage of forest biomass and the need for new innovations is therefore great.

Torrefaction is a processing method in which energy density is increased, and storage characteristics are improved by the roasting of biomass in an anaerobic environment.

The purpose of this study is that from a business perspective examine the potential of torrefied pellets under Swedish conditions.

Our investment calculation shows that the break even point of the price of torrefied pellets is 367.55 SEK/MWh.

The sensitivity analysis shows that the cost of raw materials has the greatest impact on the net present value, followed by the running cost and the price which has the same impact. Interest rate and investment cost has the least impact.

Our calculation shows that there is a difference in train transport cost between torrefied pellets and conventional pellets transport per MWh. Due to the higher energy density of the torrefied pellets the transport cost is 25 percent lower per energy unit.

Keywords: Torrefaction, biofuel, transport, train, investment

Innehållsförteckning

Inledning.....	1
EU:s 2020 mål	2
Torrefiering.....	3
BioEndev AB.....	4
Inlandsbanan	5
Syfte.....	6
Mål.....	6
Metod.....	7
Kapitalinvestering i fabrik	8
Driftskostnad.....	10
Pris för färdig torrefierad pellets.....	10
Känslighetsanalys	13
Transportavstånd.....	11
Tågtransport	11
Tågdata	11
Tågstnader.....	12
Totalkostnadsmodell.....	12
Resultat	14
Diskussion	21
Förslag på framtida studier	23
Tillkännagivanden	24
Referenser.....	25
Bilagor	27
Bilaga 1. Investeringskalkyl	27
Bilaga 2. Transportkostnadsmodell.....	30

Inledning

Sverige har en obalans på tillgång och behov av skogsbaserad biomassa. Idag finns ett stort behov i storstadsområden så som Mälardalen och Göteborg (Skogforsk, 2009a), samtidigt som den stora tillgången på råvara framför allt finns i norrlands inland. Det är dock ett problem att transportera skogsbaserad biomassa längre sträckor då det är ett bulkigt material och det är därför dyrt i förhållande till dess energiinnehåll. Om energidensiteten i skogsflisen kan höjas genom torrefiering kan det ges helt nya möjligheter att lönsamt transportera skogsråvara längre sträckor, exempelvis från Norrland till storstadsregionerna.

Torrefiering av skogsråvara är en förädlingsmetod som utförs i en syrefri miljö i 200-300 °C. Det processade materialet får hydrofoba, det vill säga vattenavstötande egenskaper vilket gör att materialet inte har samma krav på att vara täckt under lagring som icke torrefierad skogsflis. Det torrefierade materialet får även en högre energidensitet jämfört med konventionell flis. Vid torrefiering försvinner mellan 10-20 procent av det ursprungliga energiinnehållet samt 30 procent av det fasta materialets volym (Arcate, 2000). En ökad användning av biomassa till energiframställning kommer vara en viktig del i arbetet med att nå EU:s uppsatta klimatmål till 2020. Av det skälet kommer efterfrågan på svensk skogsråvara att vara stor samtidigt som kraven på råvaran kommer vara höga. Egenskaper som hög energidensitet och den hydrofoba egenskapen kommer vara viktiga i såväl transport som lagringshänseende.

Tidigare studier på torrefierad pellets har framförallt gjorts i Holland på Energy research Center of the Netherlands (ECN). Där de precis som på det Umeåbaserade företaget BioEndev arbetar för att ta fram storskaliga metoder för torrefiering av biomassa. Mycket av forskningen är utförd de senaste tio åren och man har framför allt studerat vilka egenskaper olika typer av biomassa får vid torrefiering i olika gradantal och torrefieringstider (Chew & Doshi 2011).

Det finns ett antal studier som behandlar ekonomin hos torrefieringsanläggningar till exempel presenterar Bergman (2005) en investeringskalkyl för en kombinerad pellets och torrefieringsanläggning i Sydafrika där slutprodukten har exporterats till Västeuropa. I denna rapport är råvarukostnaden satt till noll, målet var att belysa involverade produktions- och transportkostnader. Det finns dock inga publicerade studier där potentialen hos en torrefieringsanläggning undersökts under svenska förhållanden.

EU:s 2020 mål

Länderna inom den europeiska unionen (EU) tog 2005 gemensamt beslut om ett antal mål som skulle uppnås inom unionen till år 2020 (Näringsdepartementet, 2012). Målen innebär i korthet att:

- Minska EU:s utsläpp av växthusgaser med 20 % jämfört med 1990 års nivå
- Minst 20 % av energiförsörjningen ska komma från förnyelsebara energikällor
- Ökad energieffektivitet på 20 % jämfört med 2005 års nivå

Sveriges riksdag beslutade om att lägga till nationella mål för 2020, dessa mål är högre än EU:s minimikrav och är som följer (Näringsdepartementet, 2012):

- Andelen förnyelsebar energi år 2020 ska vara minst 50 procent av den totala användningen.
- Andelen förnyelsebar energi i transportsektorn ska år 2020 vara minst 10 procent.

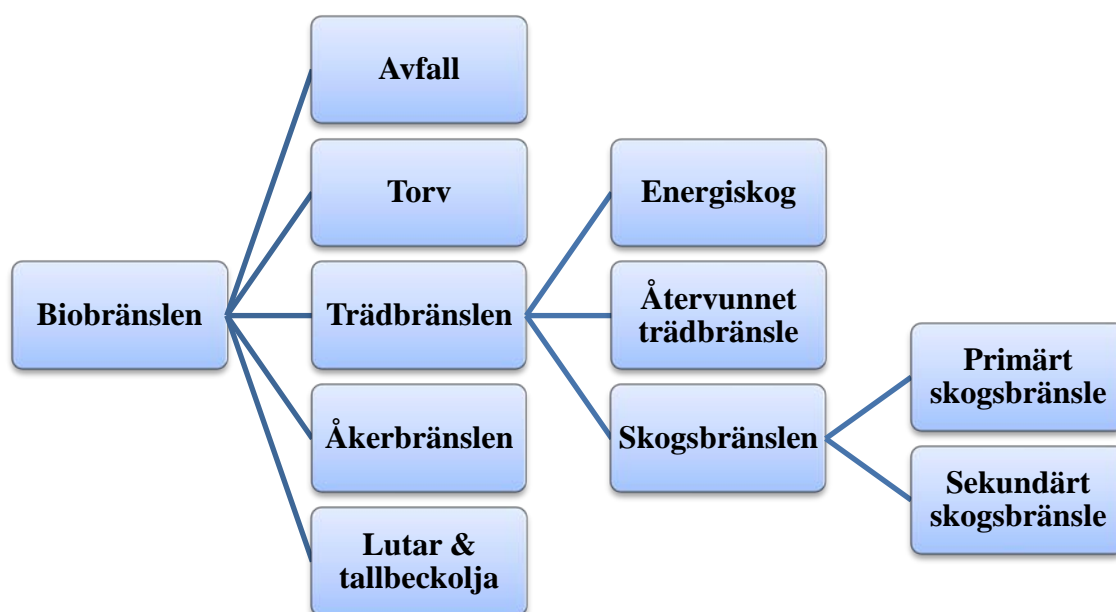
Enligt Energimyndighetens prognoser kommer Sverige att år 2020 ha nått målen och förväntas då använda 50,2 procent förnybar energi sett till den slutgiltiga användningen (Näringsdepartementet, 2012).

År 2010 stod bioenergin för 32 % (128,7 TWh) av den totala energianvändningen (Svebio, 2012), 90 % av denna bioenergi kom från skogen (Landsbygdsdepartementet, 2010). För att målen ska vara inom räckhåll har styrmedel införts. Exempelvis finns elcertifikatsystem som uppmuntrar till en ökad användning av förnyelsebara källor till elproduktionen (Näringsdepartementet, 2012). Förnyelsebar energi i form bioenergi från skogen kan ha en nyckelroll i arbetet för att uppnå målen.

Biobränsle

Alla energikällor med biologisk ursprung kan kallas för biobränsle. I dag kommer ca 90 % av den bioenergi som förbrukas i Sverige från skogen. Till kategorin biobränslen räknas biomassa som kommer direkt från skogs- och jordbruket, restprodukter från pappersmassastillverkning, och i Sverige räknas även torv som ett förnybart bränsle (Landsbygdsdepartementet, 2010).

Biobränsle från skogen kan delas upp i två grupper, primära och sekundära skogsbränslen. Skillnaden mellan de två grupperna är att de primära kommer direkt från skogen medan de sekundära är oprocessade biprodukter från industrin (Skogforsk, 2009b). Se figur 1.



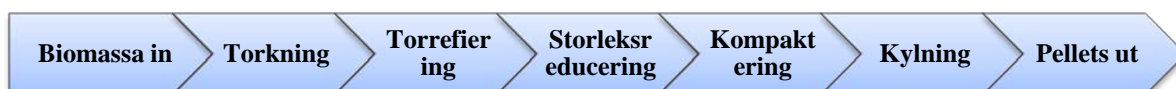
Figur 1. Biobränslesortiment. Fritt tolkat efter Skogforsk, 2009 b

Figure 1. Biofuel assortment. Compiled from Skogforsk, 2009 b

Torrefiering

Torrefiering av biomassa är ingen nyhet utan användes redan på 1930-talet i Frankrike där biomassa förgasades till drivmedel. Principen fick nytt gehör på 80-talet då fransmännen undersökte den torrefierade biomassan som ett substitut för vanligt kol. Det riktiga genomslaget kom aldrig utan det skulle dröja ända in på 2000-talet innan torrefieringen skulle få ny kraft. Nu kretsar forskningen kring att använda den torrefierade biomassan som ett koldioxidneutralt alternativ i energiförsörjningen. Det finns i dagsläget inga industriella anläggningar som fokuserar på produktion av torrefierad biomassa utan enbart pilotanläggningar av mindre skala (Bergman, 2005).

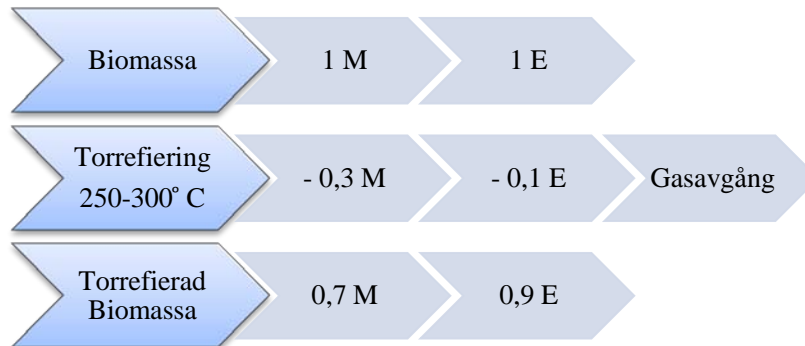
Torrefiering av biomassa är en termokemisk förädlingsmetod som utförs i 200-300 ° C. Biomassan behandlas i en syrefrimiljö under atmosfäriskt tryck. Under processen avges flyktiga ämnen vilket leder till vikt och energiförluster. Det som återstår vid slutet av processen är det torrefierade materialet som sedan mals och sammanpressas till pellets (Bergman & Kiel, 2005). Den energi som frigges vid torrefieringen kan dels användas för att driva torrefieringsprocessen men även tas tillvara på i form av gas.



Figur 2. Flödesschema torrefiering och pelletering (Sammanställt efter Bergman, 2005)

Figure 2. Flowchart torrefaction and pelleting (Compiled after Bergman, 2005)

Forskare på Transnational Technology har räknat på att de substantiella förlusterna av torrefieringen uppgår till 30 procents vikt förlust av det ursprungliga materialet och en energiförlust på kring 10-20 procent (Arcate, 2005). Detta ger en ökning i energidensitet med en faktor av 1,15 - 1,3. Se figur 3.



Figur 3. Energi och massaflöde under torrefiering. M = massa, E = energiinnehåll (Sammanställt efter Bergman, 2005)

Figure 3. Energy and mass flow during torrefaction. M = mass, E = energy content (Compiled after Bergman, 2005)

Andra benämningar på torrefiering är rostning, mild pyrolysis, långsam pyrolysis och termisk förbehandling. I torrefieringsfasens begynnelse användes främst sågflis och sågspån till torrefieringen. På senare år har dock jordbruksgrödor samt jord- och skogsbruksrester fått en ökad användning (Chew & Doshi, 2011).

Torrefieringen gör att biomassan blir helt torr och förlorar sin fiberstruktur, detta leder till förbättrat värmevärde, hydrofoba egenskaper samt att materialet blir lättare att sönderdela (Chew & Doshi, 2011).

BioEndev AB

BioEndevs affärsidé går ut på att utveckla processer och kunskaper kring förädling av bioenergi och sedan kommersialisera detta (BioEndev, 2012b).

BioEndev är ett aktieföretag som bildades 2007 och ägs av forskare vid Energiteknik och termisk processkemi (ETPC) vid Umeå Universitet och Umeå Energi (BioEndev, 2012a). BioEndev har sedan 2009 gjort småskaliga tester i en pilotanläggning för att utveckla lämpliga metoder för industriella produktionsmetoder som man nu är redo att testa. Umeå Energis målsättning är att under 2012 påbörja byggnationen av en anläggning med syfte att torrefiera skogsrester för tillverkning av pellets. Om de lyckas kommer det att bli den första storskaliga anläggningen av det här slaget i Sverige.

Pellets

Vedpellets består av restprodukter från trävaruindustrin som torkas, mals och sammanpressas till små cylindrar. Cylindrarna är lätta att hantera i en självmatande kamin och har därför blivit ett substitut till olja i många svenska villor (Energimyndigheten, 2011). I Sverige har användningen av pellets mer än fördubblats från år 2001 till 2011, den största förbrukningen står industrin i form av exempelvis värmeverk för (Pelletsindustrin, 2012a).



Figur 4. Flödesschema pelletering (Sammanställt efter Bergman, 2005)

Figure 4. Flowchart pelleting (Compiled after Bergman, 2005)

För att hålla en jämn kvalitet på den pellets som tillverkas i olika fabriker och delar av Sverige så har man enats om en Svensk standard, SS 18 71 20. Standarden innehåller tre kvalitetsgrupper. Grupperna skiljs åt genom faktorer som bulkdensitet, andel finfraktion, energiinnehåll, fukthalt, asksmältpunkt och askinnehåll. Grupp två och tre är avsedda för industri och värmeverk och grupp ett är avsedd för villaanvändning och är därför inte aktuell för detta arbete (Pelletsindustrin, 2012b).

Anderzen & Lönnqvist (2011) intervjuade representanter för stora kraftvärmeverk i Sverige och fann att även om det var ekonomiskt lönsamt att investera i en panna som eldar pellets så ansågs nackdelarna i form av osäker prisnivå och begränsad tillgång vara för stora.

Inlandsbanan

I dag finns ett överskott av skogsbränslen i norra Sverige medan det stora energibehovet finns i södra Sverige. Något som kan ge inlandsbanan en viktig roll som skogsbränsletransportör till de resurskrävande industrierna i framtiden.

Inlandsbanan sträcker sig från Gällivare i norr till Kristinehamn i söder. Stambanan håller en bärighet av största tillåtna axeltryck (STAX) 22,5 ton på hela sträckan med undantag för två sträckor; Brunflo-Sveg STAX 20 ton och Arvidsjaur-Jokkmokk STAX 16,5 ton. För att banan fullt ut ska fungera för godstrafik behövs en genomgående standard av STAX 20 (Inlandsbanan, 2012).

På den 140 mil långa sträckan har det uppskattats att det finns 563 miljoner ton torrsubstans inom en zon på 5 mil (Enström et al. 2011). Det här motsvarar en fjärdedel av Sveriges totala biomassatillgång. I prognoser har man även visat att det årliga potentiella uttaget av skogsbränsle från Inlandsbanan 2010 till 2049 skulle kunna ligga på knappt 6 TWh energi från skogsbränslen eller 7 miljoner m³s (Enström et al. 2011). På grund av ökad förbrukning av skogsbaserade biobränslen har det i vissa regioner uppkommit råvarubrist. Råvarubristen löses genom att råvaran får hämtas från längre avstånd för vilket tågtransporter är lämpliga (Enström et al. 2011).

Syfte

Syftet med denna studie är att utifrån ett företagsekonomiskt perspektiv undersöka potentialen hos torrefierad pellets under svenska förhållanden. Liknande studier har gjorts på en tänkt fabrik i Sydafrika. Torrefiering av skogsråvara i industriell skala kan vara en framtida grundsten i ett klimatsmart Sverige och ett modernt skogsbruk. Vi vill därför utreda ekonomin vid produktion av denna typ av produkt samt den efterföljande logistiken i jämförelse med konventionell pellets.

Mål

- a) Att på en 100 ktons torrefieringsanläggning fastställa break even-punkten, detta ger priset för färdig produkt vid grind.
- b) Att utreda skillnader i transportkostnad mellan torrefierad pellets och konventionell pellets.
- c) Belysa ekonomin för torrefierad pellets kontra konventionell pellets med avseende på sortimentens slutpris till en enskild industrikund.
- d) Att genom känslighetsanalys rangordna utvalda variabler efter deras enskilda påverkan på nettonuvärdet.

Metod

I vår studie har vi använt oss av en rad olika ekonomiska kalkyler och modeller. För att räkna fram break even-punkten för priset användes en investeringskalkyl, där priset för den färdiga produkten togs fram med hjälp av linjärprogrammering, se bilaga 1. Transportkostnaderna räknades ut med hjälp av en modell som konstruerades genom att använda erforderliga data för tågtransport samt råvaruegenskaper, se bilaga 2. För att belysa skillnader i totalekonomi användes resultatet från investeringskalkylen, marknadspriset för konventionell pellets samt tågtransportkostnadsmodellen. Känslighetsanalysen utfördes genom att utvalda variabler i investeringskalkylen justerades.

Investeringskalkyl

Syftet med en investeringskalkyl är att den ska ligga till grund för bedömning av lönsamhet, risker och osäkerheter av en framtida investering. Alla ingångsdata bygger på bedömningar och antaganden.

Vanligen utförs en grundinvestering år noll. Grundinvesteringen består vanligtvis av en samling delinvesteringar som för enkelhetens skull antas ske samtidigt. Grundinvesteringen är summan av delinvesteringarna vid starten.

Sedan sammanställs de löpande betalningskonsekvenserna, som kan variera från år till år, poster som direkt påverkas av driften. Här berörs utbetalningar(U_i) i form av löner till anställda, service, underhåll, kostnader för material et cetera och inbetalningar(I_i) i form av ersättning för färdig produkt/tjänst samt minskade utbetalningar genom minskade kostnader på grund av rationalisering av drift.

De årliga nettobetalingströmmarna(a_i) i form av årliga in-/utbetalningsöverskott (Bergknut et al. 1993).

$$a_i = I_i - U_i$$

En lönsamhetsbedömning är endast rimlig om erforderliga värden tilldelats betalningsströmmarna. Med andra ord krävs det en avvägd bedömning av framtida intäkter och utgifter.

Nominellt lika stora belopp som uppträder vid olika tidpunkter är inte direkt jämförbara där kapital kan förräntas. På grund av detta behöver betalningströmmar som ligger senare än referenstidpunkten, diskonteras till sitt nuvärde. Referenstidpunkten är olika beroende på syfte, men vid nuvärdesberäkning är referensen vanligtvis vid år noll. Genom detta kan intäkter och kostnader som faller vid olika tidpunkt jämföras (Bergknut et al. 1993).

$$K_0 = \frac{1}{(1+r)^n} K_n$$

K_0 = diskonterat värde år 0, r = ränta, n = tidpunkt i år K_n = belopp som utfaller vid tidpunkten n

Summan av alla nettonu värden under projekt tiden subtraherat med grundinvesteringen ger svar på om investeringen är lönsam. Ett investeringsprojekt som har ett sammanlagt nettonu värde som är större eller lika med noll är lönsamt. Kalkylräntan har en viktig roll i investeringskalkyler, den ska fylla sitt syfte som diskonteringsränta samt ge uttryck för företagets avkastningskrav (Bergknut et al. 1993). Break even-pris är en ekonomisk term som beskriver vilket pris man måste ta för en produkt för att nuvärdet av en investering ska bli lika med noll. När nuvärdet är lika med noll eller högre så anses investeringen vara lönsam.

Tabell 1. Grundförutsättningar för investeringskalkyl
Table 1. Basic conditions for investment calculation

Kalkylränta (%)	6
Tidpunkt för grundinvesteringen (år)	0
Inköp av tillgång (Anskaffningsvärde utan moms, miljoner kr)	258
Ekonomisk livslängd (år)	20
Antal avskrivningsår (år)	20
Ränta på internt lån (finansiering med EK i %)	5
Ränta på externt lån (finansiering via FK i %)	5
Andel av finansieringen som faller på EK i %	50
Lån (miljoner kr)	258
Skatt (%)	26,3

I tabell 1 redovisas de ekonomiska ingångsvärdena som ingår i investeringskalkylen, värdena har tagits fram i samspråk med Hans Ekvall, SLU och Ingemar Olofsson, Bioendev.

Vid beräkning av produktionskostnaden för den torrefierade pelletsen vid grind har ett antal kostnadsgrupper tagits i beaktande:

- Kapitalinvestering i fabrik
- Råvarukostnader
- Driftskostnad - inkluderar el, försäkring och personalkostnader
- Avskrivningar
- Räntekostnader och fondavsättningar

Kapitalinvestering i fabrik

För att räkna fram kapitalinvesteringens storlek användes en kapitalinvesteringsmodell i Excel som vi erhållit av Bioendev(Olofsson, personlig kommunikation). Genom att ange ett värde för Name Plate Capacity (NPC) vilken beskriver den nominella produktionskapaciteten för fabriken uttryckt i tonTS/h, fick vi genom ett massautbytesförhållande ut hur mycket biomassa som skulle in till torken per timme.

$$\frac{NPC}{0,732904771} = \text{Mängden biomassa till tork}$$

Massautbyte, kvoten av massa efter torrefiering genom massa före torrefiering. Kvoten varierar beroende på val av elgenerering och tork . Värdet som använts här (0,732904771) har erhållits via modellen för investeringskostnader (Olofsson, 2012). I tidigare studier har det räknats på ett massautbyte kring 0,7 (Arcate, 2005).

För att räkna fram den årligt maximala produktionstakten har en effektiv tillgänglighet på 92 % använts, det vill säga den totala produktionstiden utan avbrott. Den effektiva tillgängligheten på 92 % har använts i Bergmans (2005) beräkningar och även av Ingemar Olofsson (pers. komm. 2012). Genom att multiplicera den effektiva tillgängligheten med antalet dagar per år och timmar per dag erhöles den årliga produktionstiden.

$$0,92 \times 365 \times 24 = 8059,2$$

Önskad årlig produktionstakt dividerades med effektiv tid för att få ut NPC uttryckt i tonTS/h. När NPC värdet tagits fram infogas det in i modellen för kapitalinvesteringen och det årliga biomassa behovet kunde sedan räknas ut genom att multiplicera med den effektiva tiden.

Genom att ange erforderligt värde på NPC erhöles genom modellen kapitalinvesteringens storlek, vilken beror på produktionskapaciteten. Se tabell 1, Inköp av tillgång. Med hjälp av årlig biomassamängd kunde råvarukostnaden räknas ut. Se tabell 3.

Råvarukostnad

Priset för det årliga råvarubehovet erhöles med hjälp av pris/MWh på flisad GROT till grind. Priset baserades på Energimyndighetens statistik över medelpriset per levererad MWh till industri fritt förbrukare och utan skatter. Biomassan konverterades från viktenheten ton TS till energienheten MWh med hjälp av verktyget WeCalc. Biomassan tilldelades en fukthalt på 40 % i våra beräkningar.

Tabell 2. Egenskaper för GROTflis (Wecalc, 2012)

Table 2. Properties of forest residues (Wecalc, 2012)

GROT data	Värde
Fukthalt (%)	40
Torr-rå densitet (kg/m ³ f)	450
Pris (kr/MWh)	198
Barkandel (%)	37
Effektivt värmevärde (Mj/kg TS)	19,8
Askhalt (%)	3
Fastmassa (%)	37

$$\text{Råvarukostnad} = \text{Bio in} \times P$$

Bio in = Årlig biomassamängd in i MWh, **P** = Pris per MWh.

Priset per MWh baserades på medelpriset för hela Sverige 2011 (Energimyndigheten, 2012).

Tabell 3. Biomassaomvandling från ton TS till MWh

Table 3. Biomass conversion from ton drysubstance to MWh

	ton TS	Energimängd(MWh)
Biomassa före torrefiering	136443,37	666806,23
Biomassa efter torrefiering	100000	600125,61

Driftskostnad

På grund av svårigheten att finna relevanta siffror över driften på svenska förhållanden har driftskostnader hämtats från en holländsk studie där man kom fram till att den totala kostnaden är 9 euro/producerad MWh (81 kr/MWh). Priset baserades på holländska förhållanden och att biomassan hämtas från skogen. Eurokurs som använts: 9 SEK/euro.

Avskrivningar

Rak avskrivning på investeringsbeloppet, 20 års avskrivningsperiod motsvarande den ekonomiska livslängden har använts i lönsamhetskalkylen. Se tabell 1.

Räntekostnader

De årliga räntekostnaderna motsvarade 5 % av den kvarvarande skulden vid årets slut. Den nominella låneskulden uppgick till hela investeringskostnaden. Amortering av lån sker vid årets slut (Ekvall, 2012). Se tabell 1.

$$R \times 0,01 \times L = \text{Räntekostnad}$$

R = ränta i %, **L** = Lånets storlek vid slutet av året

Pris för färdig torrefierad pellets

Priset för torrefierad pellets räknades ut som ett break-even pris det vill säga inga avkastningskrav eller vinstmarginaler utöver den avkastning som motsvarar kalkylräntan togs i beaktande. Genom att använda linjärprogrammering sökte problemlösaren SOLVER (analysverktyg i Microsoft Office Excel) fram vilken årlig intäkt som gav ett sammanlagt nettonuvärde som är noll. Villkoren för linjärprogrammeringen var att målcellen uppfyllde: Nettonuvärde = 0 genom att justera priset.

Transportavstånd

Avståndet delades upp i intervall om 10 mil, med början på 10 mil och med slut på 100 mil. Avståndet definierades som sträckan från norrlands inland, exempelvis Storuman och söderut. På dessa intervall jämfördes kostnaderna för transport av torrefierad pellets och konventionell pellets.

Tågtransport

Vid transport med tåg finns det begränsningar som måste följas. Den totala längden av tåget samt den totala vikt och volymbegränsning som finns på containrar och vagnar i synnerhet och tåget i allmänhet fick inte överskridas. Total maxlängd för tåget dividerades med längden för de enskilda vagnarna för att erhålla det maximalt tillåtna antalet vagnar. Antalet vagnar multiplicerades sedan med maximalt tillåten lastvikt och lastvolym per vagn för att räkna ut maximal lastvikt och volym för hela tåget. Den maximala lastvikten per vagn dividerades sedan med den maximala lastvolymen per vagn, då erhålls den lastdensitet som krävs för att ett material skall kunna utnyttja vagnarna maximalt i såväl vikt som densitet. Om materialet som skall transporteras har en högre densitet än den ovan framräknade så kommer maxvikten per vagn vara begränsande och om densiteten är lägre så kommer det vara maxvolymen per vagn som är den begränsande faktorn.

Antal laststräckor

Konventionell pellets och torrefierad pellets har en så hög densitet att lastvikten kommer att vara den begränsande faktorn i transporten. Det fanns även en maximal lastvikt per container, men eftersom den var högre än den maximala lastvikten per vagn så var den försumbar. Maximal lastvolym erhöles genom att den maximala lastvikten dividerades med bulkdensiteten för torrefierad pellets respektive konventionell pellets.

Antalet laststräckor räknades fram genom att dividera den totala mängd för de båda sortimenten som årligen transporteras med den mängd som maximalt kan transporteras per tåg.

Tabell 4. Data för transportkostnadsberäkningar

Table 4. Data for transport cost calculations

Tågdata	Värde
Maxlast lok (ton)	1600
Maxlast per vagn (ton)	70
Maximal lastvikt per container (ton)	26,4
Vagn vikt (ton)	20
Container vikt (ton)	3
Lock container vikt (ton)	0.1
Containrar per vagn (st)	3
Maxlängd tåg (m)	630
Längd vagn m	20
Transportkostnad (kr/mil)	1900
Last- & lossning (kr/container)	600
Maxvolym per container (m ³ s)	46

All data förutom maxvolym per container är erhållen av Mikael Andersson (pers. komm. 2012). Maxvolym per container är hämtat från Innofreights hemsida (2012).

Tabell 5. Pelletsdata för tågtransportkostnadsberäkningar

Table 5. Pellet data for train transport calculations

Egenskaper	Pellets grupp 3	Torrefierad pellets
Bulkdensitet (kg/m ³ s)	500	750
Energiinnehåll (kWh/kg)	4,5	6
Energiinnehåll (Mj/kg)	16,2	21,6
Fukthalt (%)	12	1-6

Data för pelletsgrupp är hämtat från svensk standard för industripellets (Pelletsindustriernas riksförbund, 2012b). Data för torrefierad pellets är hämtat från Bergman(2005).

Tågstnader

Kostnaderna för tågtransporten erhöles genom att använda våra givna kostnader för tågtransport och data för torrefierad och konventionell pellets. Transportkostnaden räknades ut per sträcka och dividerades med den transporterade massan och transportsträckan av de båda sortimenten för att få fram en kostnad per tonkilometer. Transportkostnaden dividerades även med den transporterade mängden energi för de båda sortimenten, vi erhöles då en kostnad per transporterad MWh och mil.

Den årliga transportkostnaden för en anläggning som producerar 100 000 ton torrefierad pellets med en transportsträcka av 100 mil räknades ut. Först dividerades den årliga produktionen med den maximala lastvikten per sträcka. Då erhöles hur många sträckor som krävs för att transportera all råvara. Den årliga kostnaden räknades slutligen ut genom att multiplicera antalet sträckor med kostnaden för en transportsträcka av 100 mil.

Totalkostnadsmodell

Med hjälp av transportkostnadsfunktionen ställdes en modell upp som beskrev kostnaden per MWh och ton beroende på mängden material och transportavstånd. Genom att använda ett marknadspris på 1920 kr exklusive moms per ton konventionell pellets, mängden 100 000 ton och transportavståndet 100 mil kunde totalpriset per MWh och ton räknas ut för konventionell pellets. Sedan användes linjärprogrammering i problemlösaren för att kunna räkna ut vilket pris per ton för torrefierad pellets som motsvarar samma totalkostnad per MWh som för konventionell pellets. Villkoren för Problemlösaren var att priset per ton för torrefierad pellets skulle varieras till dess att totalkostnaden per MWh var lika för torrefierad pellets och konventionell pellets.

Känslighetsanalys

I känslighetsanalysen justerades ränta, driftskostnad, råvarukostnad, pris och investeringskostnad. Variablerna justerades enskilt med 10 och 20 % upp och ner från break-even punkten, det vill säga medelvärdet. Vid de justerade nivåerna avlästes nettonuvärdet, genom att dividera skillnaden i nettonuvärde med skillnaden i x-variabeln kunde k-värdet räknas fram och därmed kunde variablerna rangordnas efter deras påverkan på nettonuvärdet.

Resultat

a) Att på en 100 ktons torrefieringsanläggning fastställa break even-punkten, detta ger priset för färdig produkt vid grind.

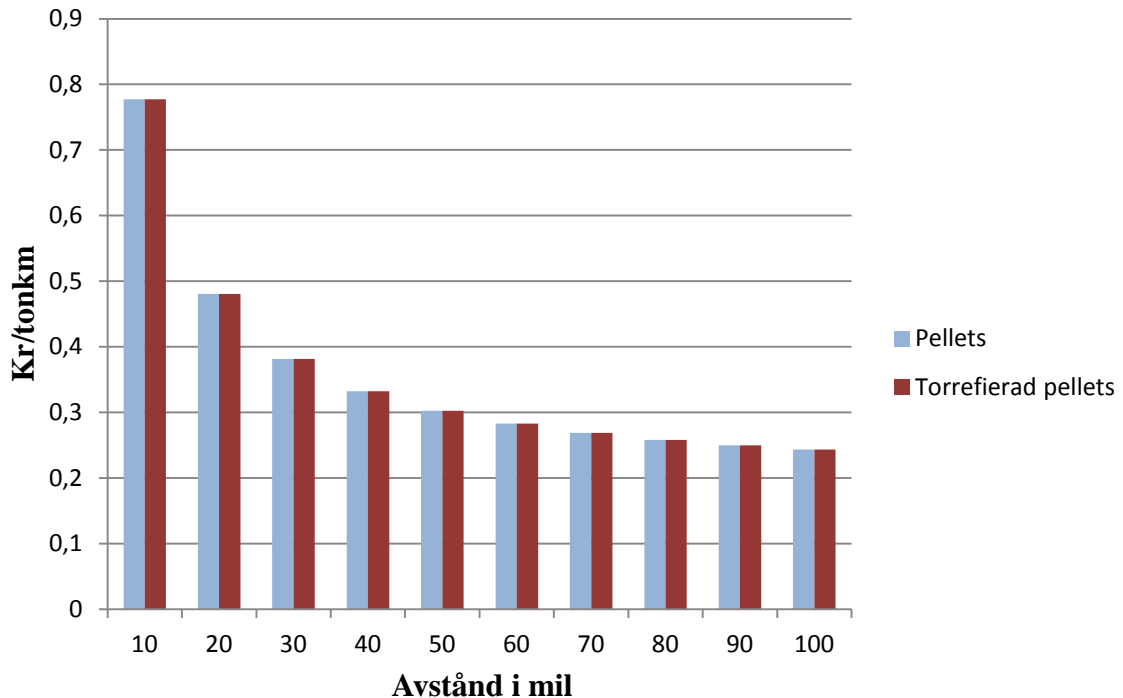
Tabell 6. Årliga kostnader och intäkter exklusive finansiella för en 100 ktons torrefieringsanläggning

Table 6. Annual costs and revenues excluding financial, for a 100 ktons torrefaction facility

Kostnader	
Råvaror	
Fliskostnad (kr/MWh)	198
Energimängd biomassa(MWh)	666 806,23
Totalkostnad (kr)	132 027 633
Driftskostnader	
Produktionskostnad (kr/MWh)	81
Energimängd torrefierad pellets (MWh)	600 125,61
Totalkostnad (kr)	48 610 174
Intäkter	
Break even-pris (kr/MWh)	367,55548
Break even-pris (kr/ton)	2205,7946
Energimängd torrefierad pellets (MWh)	600 125,61
Totalintäkt (kr)	220 579 456

Tabell 6 är ett utdrag från investeringskalkylen, den visar på de totala kostnaderna och intäkterna för en 100 ktons anläggning under en 20 års period. Vid priset 367,55 kr/MWh är det sammanlagda nettonuvärdet för den 20-åriga avskrivningsperioden lika med noll. 367,55 kr/MWh är inte att betrakta som marknadspris utan det skall snarare ses som ett minimipris för att anläggning ska vara lönsam givet de grundförutsättningar som använts i beräkningarna, se tabell 1. För fullständig modell se bilaga 1.

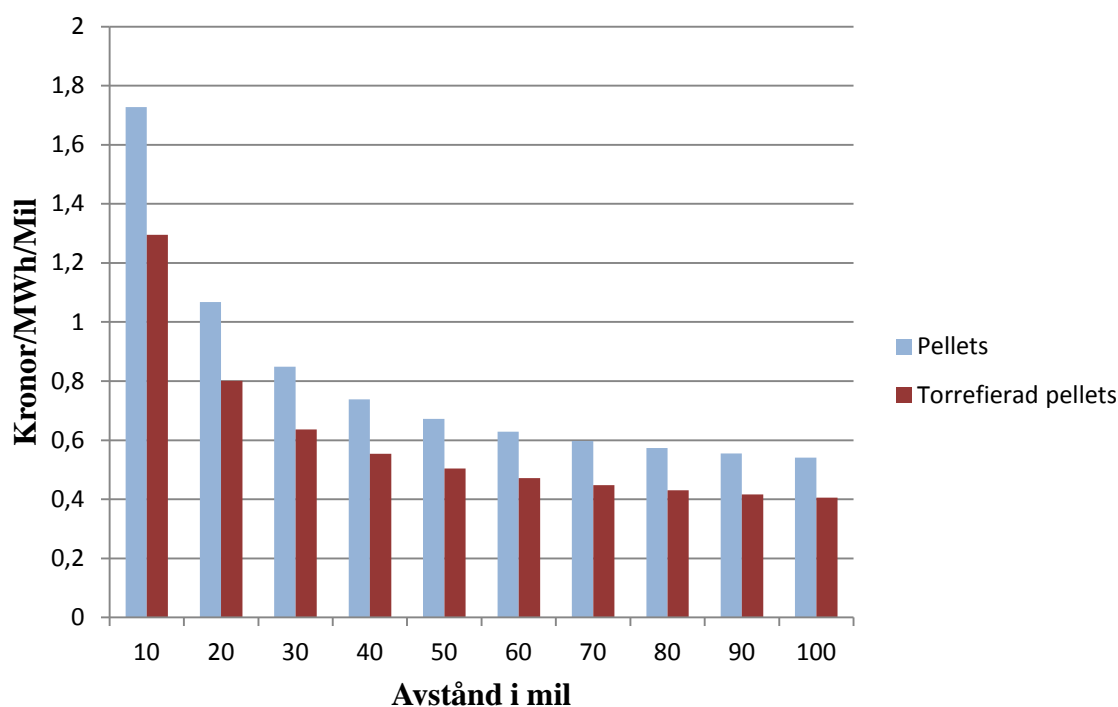
b) Att utreda skillnader i transportkostnad mellan torrefierad pellets och konventionell pellets.



Figur 5. Visar hur transportkostnaden per tonkm varierar med transportavståndet på järnväg för pellets(blå linje) och torrefierad pellets(röd linje)

Figure 5. Shows how the transport cost per ton km vary with the transport distance by rail for pellets(blue line) and torrefied pellets(red line)

I våra beräkningar fann vi att skillnaden i bulkdensitet mellan pellets och torrefierad pellets inte påverkade transportkostnaderna. I båda fallen var det vikten som var begränsande och inte volymen. Vi fann att gränsen för när ett materials bulkdensitet begränsas av maximal lastvikt per vagn låg vid 440 kg/m^3 s vid vårt val av transportmedel.



Figur 6. Visar hur transportkostnaden per MWh varierar för olika transportavstånd på järnväg för pellets (blå linje) och torrefierad pellets (röd linje)

Figure 6. Shows how the transport cost per MWh vary with the transport distance by rail for pellets (blue line) and torrefied pellets (red line)

Den torrefierade pelletsen visade sig vara billigare per transporterad MWh och mil jämfört med konventionell pellets. Den torrefierade pelletsen var 25 % billigare per transporterad MWh och mil. Se tabell 7 för ingående data. Skillnaden förklaras av olikheten i energidensitet mellan de två sortimenten.

Tabell 7. Visar differensen i transportkostnad mellan konventionell pellets och torrefierad pellets
Table 7. Shows the difference in transport cost between conventional pellets and torrefied pellets

Transportavstånd (mil)	Transportkostnad (kr/MWh/mil)		Differens	
	Konventionell pellets	Torrefierad Pellets	Kr/MWh/mil	%
10	1,73	1,30	0,43	25
20	1,07	0,80	0,27	25
30	0,85	0,64	0,21	25
40	0,74	0,55	0,18	25
50	0,67	0,50	0,17	25
60	0,63	0,47	0,16	25
70	0,60	0,45	0,15	25
80	0,57	0,43	0,14	25
90	0,56	0,42	0,14	25
100	0,54	0,41	0,13	25

c) Belysa ekonomin för torrefierad pellets kontra konventionell pellets med avseende på sortimentens slutpris till en enskild industrikund.

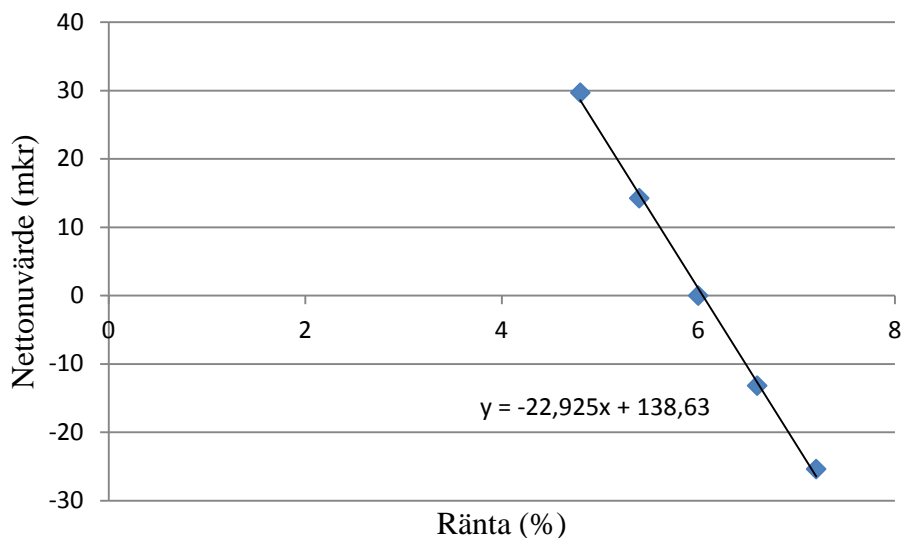
Tabell 8. Visar vilket slutpris per ton färdig produkt en kund får betala för respektive sortiment givet samma MWh-pris

Table 8. Shows the final price per ton of finished product a customer has to pay for the respective range given the same MWh price

	Torrefierad Pellets	Konventionell Pellets
Material i ton	100000	100000
Pris per ton exklusive moms	2642	1920
Pris 100kton	264196949	192000000
Transportkostnad 100 mil	24343444	24343444
Totalkostnad	288540393	216343444
Energimängd MWh	600125,6	450000
Totalkostnad/MWh	480,8	480,8
Totalkostnad/ton	2885,4	2163,4

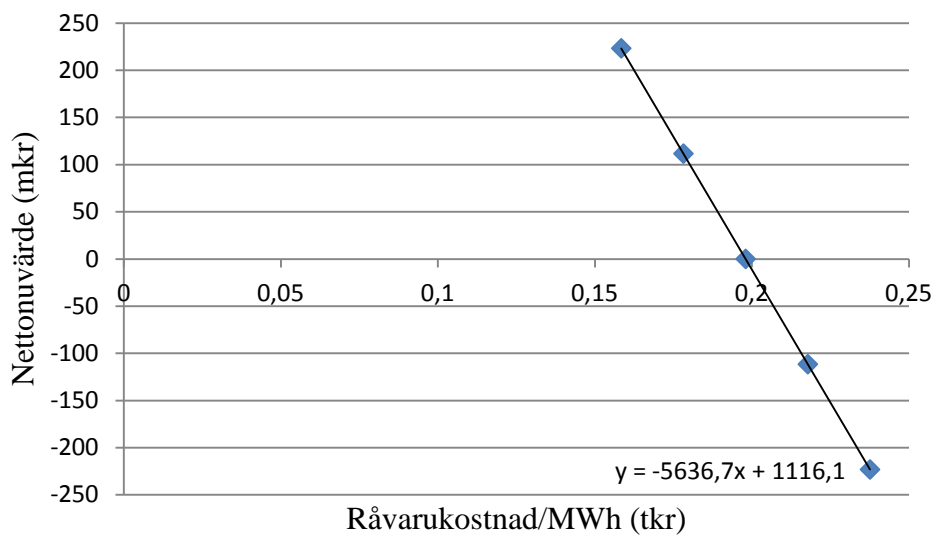
Resultatet från tabell 8 visar att om en kund ska betala lika mycket per MWh för torrefierad pellets som vanlig pellets så kommer det innebära ett prispåslag per ton som är 33,4% (722 kr) för den torrefierade pelletsen. Med andra ord, om en enskild kund betalar 1920 kr/ton exklusive moms för konventionell pellets idag så kommer den i teorin vara villig att betala 2642 kr/ton exklusive moms för torrefierad pellets givet samma totalkostnad per MWh.

d) Att genom känslighetsanalys rangordna utvalda variabler efter deras enskilda påverkan på nettonuvärdet.

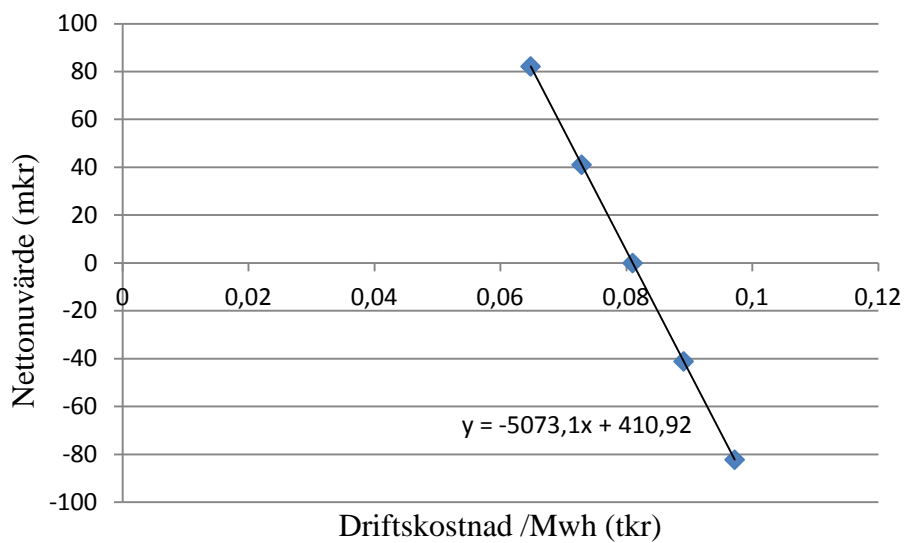


Figur 7. Nettonuvärde som funktion av ränta

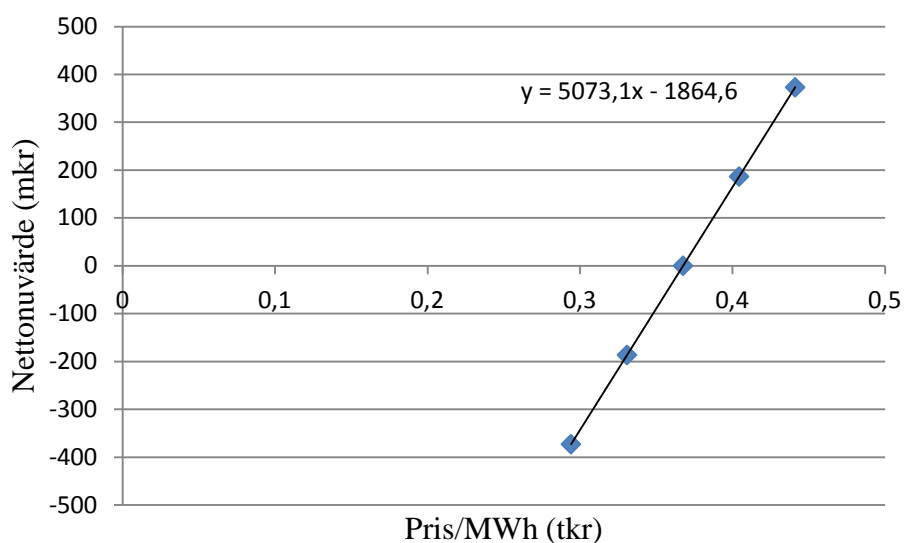
Figure 7. Net present value as a function of interest rate



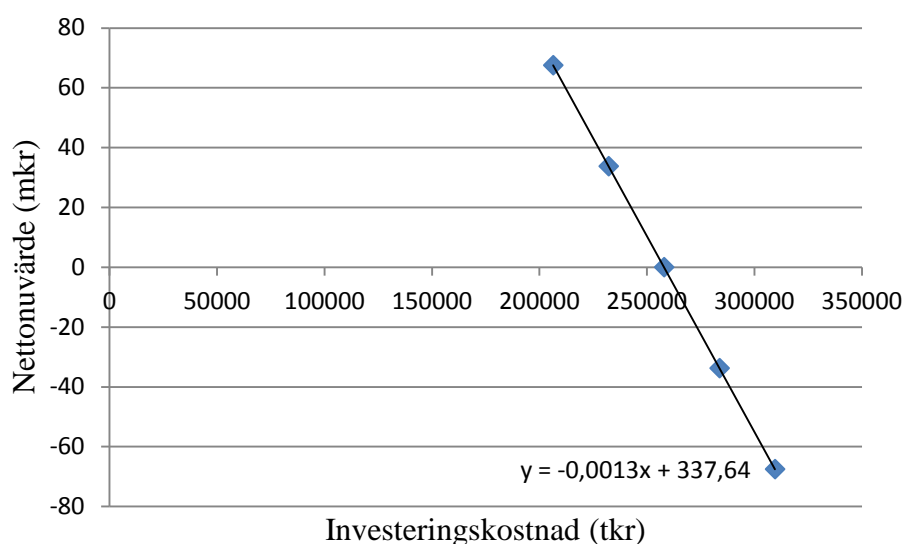
Figur 8. Nettonuvärde som funktion av råvarukostnad
Figure 8. Net present value as a function of raw material costs



Figur 9. Nettonuvärde som funktion av driftskostnad
Figure 9. Net present value as a function of running costs



Figur 10. Nettonvärde som funktion av pris
Figure 10. Net present value as a function of price



Figur 11. Nettonvärde som funktion av investeringskostnad
Figure 11. Net present value as a function of investment costs

I figurerna 7-11 ovan har en linjär funktion infogats baserat på de fem observationerna för varje variabel. De linjära funktionernas K-värden, lutningskoefficienterna, beskriver hur stor inverkan en enhetsändring i variablerna får på nettonuärdet. Således kan de fem variablerna rangordnas efter deras K-värden. Man kan då utläsa att råvarukostnaden är den variabeln med störst påverkan, följt av driftkostnaden och pris som hade samma påverkan, därefter kom räntan och sist investeringskostnaden. Se tabell 9.

Tabell 9. Känslighetsanalys
Table 9. Sensitivity analysis

Procent (%)	Råvarupris (tkr/MWh)	NNV (mkr)	Δ NNV/ Δ Rvp
80	0,158	223,2	
90	0,178	111,6	-5636,7344
100	0,198	0,0	-5636,7344
110	0,218	-111,6	-5636,7344
120	0,238	-223,2	-5636,7344

Procent (%)	Pris (tkr/MWh)	NNV (mkr)	Δ NNV/ Δ P
80	0,294	-372,9	
90	0,331	-186,5	5073,060957
100	0,368	0,0	5073,060957
110	0,404	186,5	5073,060957
120	0,441	372,9	5073,060957

Procent (%)	Driftskostnad (tkr/MWh)	NNV (mkr)	Δ NNV/ Δ Dk
80	0,065	82,2	
90	0,073	41,1	-5073,06096
100	0,081	0,0	-5073,06096
110	0,089	-41,1	-5073,06096
120	0,097	-82,2	-5073,06096

Procent (%)	Ränta (%)	NNV (mkr)	Δ NNV/ Δ R
80	4,8	29,7	
90	5,4	14,3	-25,716027
100	6,0	0,0	-23,7514808
110	6,6	-13,2	-21,9644426
120	7,2	-25,4	-20,3370519

Procent (%)	Investeringskostnad (tkr)	NNV (mkr)	Δ NNV/ Δ ik
80	206400	67,5	
90	232200	33,8	-0,00130868
100	258000	0,0	-0,00130868
110	283800	-33,8	-0,00130868
120	309600	-67,5	-0,00130868

Diskussion

Utvecklingen av torrefieringsprocessen befinner sig i ett kritiskt läge, det finns mycket pengar att hämta för den som först utvecklar en fungerande teknik för storskalig produktion. Vi har av den anledningen upplevt en del svårigheter vid insamlandet av information vilket troligtvis beror på avsaknad eller icke offentliga data.

I detta arbete har vi använt en standardmodell för investeringskalkyler. Modellen i sig var lätt att använda och anpassa efter våra behov, men i och med att torrefiering i industriell skala är nytt så var det svårt att få fram data för en del av våra beräkningar. Vi var därför tvungna att använda det stundtals limiterade data som fanns tillgängligt. Vi använde därför teoretiskt framräknade investeringskostnader för en fabrik i Sverige, driftskostnader hämtade från en liknande anläggning i Sydafrika som årligen producerade 170 kton (Bergman, 2005) och snitträvarupriser för industriella GROT-fliskonsumenter i Sverige.

Driftskostnaden är beräknat på den holländska fabriken i Sydafrika, vilket gav en kostnad på 9 euro per producerad MWh (Bergman, 2005). Driftskostnaden är beräknat på "greenwood" det vill säga färskt virke vilket är ett vitt begrepp och dess beskaffenhet bör skilja sig från GROT. Vi gjorde dock bedömningen att siffran gick att använda i vår modell då ingångsvärdena var rimliga även för svenska förhållanden.

Investeringskostnaden är baserad på en Green field-anläggning. Green field innebär en helt fristående fabrik utan integrering med andra industrier, vilket inte är optimalt då det finns stora samordningsvinster med större industrikombinat. Exempelvis skulle spillvärme från ett massabruk kunna användas för att driva torrefieringsprocessen, vilket skulle möjliggöra ett tillvaratagande av torrefieringsgaserna istället för att använda dem i torkprocessen. Ett tillvaratagande av torrefieringsgaserna skulle kunna möjliggöra ökade intäkter i form av elgenerering samt drivmedel/kemikalieutvinning genom att kondensera och raffinera gasen.

Vi har enbart använt oss av lagrad GROT-flis i våra råvarukostnadsberäkningar vilket är en begränsning. Framtida produktion av torrefierad pellets kan tänkas inkludera alla typer av träd och åkerbränslen samt skadat virke efter till exempel större insektshärjningar. Om så är fallet blir kostnadsbilden en helt annan, troligen till det bättre. En jämförelse av energiinnehåll mellan olika råvarutyper kommer ge det lämpligaste valet. Enbart för att en råvarutyp har högt energiinnehåll behöver det inte innebära att det är lämpligast utan det måste ställas mot anskaffningskostnaden per energienhet och dess möjlighet att torrefieras och senare brännas. Råvarans alternativa användning är även en faktor som påverkar priset.

GROTens egenskaper har konstanthållits i våra beräkningar. Vilket är en förenkling då GROT skiljer sig både på val av lokal samt inom vältan. Priset vi använt är konstant och bygger på genomsnittet i Sverige. Detta är en grov förenkling då priset kan variera kraftigt både inom och mellan olika regioner. Våra beräkningar förutsätter även att det finns tillräckligt med GROT-flis för att producera 100 kton torrefierad pellets. Priset är givetvis en funktion av hur mycket råvara som finns och transportavstånd. Storleken på fabriken styrs således av tillgången på råvara inom tjänliga avstånd. Det finns en ekonomisk gräns för hur långt bort råvara kan anskaffas. Vart den gränsen går och hur den påverkas av olika faktorer är ett område för framtida studier.

Vårt break-even pris landade på 2206 kr/ton eller 367,6 kr/MWh. Vilket är det pris som krävs för att investeringen skall uppnå lönsamhet på en 20-årsperiod, med andra ord det

pris som gav nettonuvärde noll. Det är viktigt att betona att break even-pris inte är detsamma som ett marknadspris. Att bedöma marknadspriset för torrefierad pellets är svårt då det saknas producenter. Förutsatt att det är samma kund som köper torrefierad pellets som konventionell pellets så är det dock rimligt att anta att priset per ton kommer vara högre för torrefierad pellets på grund av de extrakostnader som krävs för tillverkningen samt det högre energiinnehållet. I och med att energiinnehållet skiljer sig åt mellan de två sortimenten så är det enda rättvisande att jämföra priser och kostnader per MWh och inte per ton.

Det fanns en skillnad mellan vårt framräknade break even-pris och vårt marknadspris. Marknadspriset var ungefär 400 kr högre per ton än break even-priset. Detta kan ha många förklaringar. En tänkbar förklaring på detta skulle kunna vara att vårt break even-pris är framräknat helt utan hänsyn till andra vinstmarginaler än internräntan. Vårt marknadspris däremot bygger på ett genomsnittligt pris för pellets där vi inte vet om det ingår någon vinst utöver internräntan.

De beräkningar som gjorts i transportkostnadsmodellen bygger på flera antaganden. Vi har antagit att hela transportsträckan är elektrifierad samt håller STAX 22,5 ton. I dagsläget krävs diesellok på stora delar av banan och STAXet är lägre på vissa sträckor. Vi har använt inlandsbanan som ett pedagogiskt exempel då vi ser att den har en stor framtida potential som transportmedel vid ett mer bioenergiinriktat skogsbruk. Den stora tillgången av biobränsle från skogen gör inlandet till en lämplig plats för en framtida anläggning. Det tillsammans med förbindelserna söderut talar för inlandsbanans potential. Vi bedömer att den politiska viljan finns och en upprustning ligger med största sannolikhet inte alltför långt borta.

I transportkostnadsmodellen valde vi att begränsa oss till enbart tågtransport. På grund av de stora avstånden mellan områden med över- och underskott av bioenergi gjorde vi bedömningen att tåg var mest lämpligt. Båt hade varit ett tänkbart alternativ framförallt vid export. Vi valde dock att begränsa oss till inhemsk försörjning.

Vårt resultat visade att på sträckor under 30 mil är transportkostnaden med tåg större än 35öre/tonkm vilket inte kan anses vara optimalt och andra transportmedel som exempelvis lastbil torde vara mer tjänligt.

Vi har inte räknat med ekonomiska vinsterna vid hantering av en mindre volym vid exempelvis fyllning av containrar eller hantering på lager. Vi har heller inte tagit hänsyn till den mer effektiva lagringen av torrefierad pellets med avseende på de lägre kraven på skydd för väta och avsaknaden av mikrobiologisk aktivitet vilket gör att lagringstiderna kan förlängas utan att kvalitén på pelletsen sjunker. Detta öppnar för större exportmöjligheter, då vissa länder har restriktioner för import av färskt virke av rädsla för spridning av vedlevande skadegörare.

Vi har räknat på en specifik slutkund med andra ord ingen konkurrens om råvaran. Detta är generalisering då det är svårt att veta om, hur många och vilken typ av slutkonsumenter som finns. Vi har dessutom bortsett ifrån eventuella tekniska hinder i form av investeringar i nya bränslepannor och dyligt.

Studien Combined torrefaction and pelletisation (Bergman, 2005) är i många avseenden lik vår studie, men det är ändå svårt att jämföra de båda då målen för studierna varit olika. Ett av våra mål har varit att hitta ett pris för break-even medans Bergmans mål var att belysa kostnaderna för de olika delprocesserna vid torrefiering, detta genom att helt bortse från råvarukostnaden.

Förslag på framtida studier

För att bedöma industrins inställning och framtidstro till den här typen av produkt skulle fortsatta studier kunna fokusera på attitydundersökningar och SWOT-analyser. Man skulle också kunna undersöka möjligheterna för transport på längre avstånd och med andra transportmedel. Exempelvis genom att göra ytterligare transportkostnadsberäkningar för att kunna avgöra vilka transportmedel som är lämpliga på olika transportavstånd. Det skulle vara intressant att undersöka möjligheterna att transportera torrefierad pellets med båt till europeiska länder som ett led i deras arbete att nå upp till sina klimatmål. Studier skulle även kunna göras med syfte att ta reda på lämpliga lokaliseringar för anläggningar med avseende på tillgång av arbetskraft, råvara och transportmöjligheter.

Tillkännagivanden

Vi vill härmed rikta ett stort tack till följande personer som med råd och dåd hjälpt oss i vårt arbete:

Mikael Andersson, Green Cargo AB

Dimitris Athanassiadis, Institutionen för skoglig resurshushållning

Hans Ekvall, Institutionen för skogsekonomi

Dag Fjeld, Institutionen för skoglig resurshushållning

Hampus Mörner, Svebio

Ingemar Olofsson, Bioendev AB

Anders Roos, Institutionen för skogens produkter och marknader

Referenser

- Anderzén, E & Lönnqvist W. (2011) Pellets - en framtidsmarknad? Examensarbete. SLU: Umeå
- Arcate, J.R. (2000). New process for Torrefied Wood Manufacturing. Bioenergy Update Vol. 2 No. 4. Transnational Technology: Honolulu
- Bergknut, P. Elmgren-Warberg, J. & Hentzel, M. (1993). Investering i teori och praktik. 5:e uppl. Lund: Studentlitteratur.
- Bergman, P.C.A. (2005). Combined torrefaction and pelletisation. Energy research Centre of the Netherlands: Petten
- Bergman, P.C.A & Kiel, J.H.A. (2005). Torrefaction for biomass upgrading. Energy research Centre of the Netherlands: Petten
- BioEndev. (2012a) Historik. BioEndevs Hemsida
<<http://www.bioendev.se/om-bioendev/historik.aspx>> [Hämtad 2012-03-13]
- BioEndev. (2012b) Affärsida. BioEndevs Hemsida.
<<http://www.bioendev.se/om-bioendev/affaerside.aspx>> [Hämtad 2012-03-13]
- Chew, J.J. & Doshi, V. (2011) Recent advances in biomass pretreatment - Torrefaction fundamentals and technology. Monash University: Jalan Lagoon Selatan
- Energimyndigheten. (2011). Ved och pellets. Energimyndighetens hemsida.
<http://energimyndigheten.se/sv/hushall/Din-uppvarmning/Biobransle---ved-och-pellets/Pellets/> [Hämtad 2012-03-13]
- Energimyndigheten. (2012). Trädbränsle- och torvpriser. Energimyndighetens hemsida.
<<http://webbshop.cm.se/System/TemplateView.aspx?p=Energimyndigheten&view=default&id=a96809ffbdc94913b722b97dc3546986>> [Hämtad 2012-03-19]
- Enström, J. Barth, A. Winberg, P. Fogdestam, N. Berg, S. (2011) Inlandsbanans potential för Sveriges Skogsbränsleförsörjning. Arbetsrapport: Skogforsk.
- Innofreight. (2012) Woodtainer XXL, Innofreights hemsida.
<http://www.innofreight.com/_innofreight/english/2_produkter/2437.php> [Hämtad 2012-03-27]
- Inlandsbanan. (2012) Godstrafik. Inlandsbanans hemsida.
<<http://www.inlandsbanan.se/14599.godstrafik.html>> [Hämtad 2012-03-15]
- Johansson, S. & Petterson, T. (2011) GROT-transport från norra till södra Sverige. Examensarbete. SLU: Umeå
- Landsbyggsdepartementet. (2010) Var kommer bioenergin från idag? Regeringskansliets hemsida. <<http://www.regeringen.se/sb/d/9097/a/81763>> [Hämtad 2012-03-15]

Landsbygdsdepartementet. (2012). Vad är biobränsle? Regeringskansliets hemsida. <<http://www.regeringen.se/sb/d/9097/a/81762>> [Hämtad 2012-03-13]

Näringsdepartementet. (2012) Förnybar energi. Regeringskansliets hemsida. <<http://www.regeringen.se/sb/d/2448>> [Hämtad 2012-03-13]

Pelletsindustrins Riksförbund (2012a) Leveransstatistik. Pelletsindustriernas Riksförbunds hemsida. <<http://www.pelletsindustrin.org/web/Leveransstatistik.aspx>> [Hämtad 2012-03-15]

Pelletsindustrins Riksförbund (2012b) Svensk Standard för pellets. Pelletsindustriernas Riksförbunds hemsida. <http://www.pelletsindustrin.org/web/Svensk_Standard_for_pellets.aspx> [Hämtad 2012-03-21]

Skogforsk. (2009a) Skogsbränsle - tillgångar och utnyttjande i Sverige. Skogforsks hemsida. <<http://www.skogforsk.se/sv/KunskapDirekt/skogsbransle/Energi-fran-skog/Har-finns-skogsbranslet/Forbrukning-av-skogsbransle-i-Sverige/>> [Hämtad 2012-03-13]

Svebio. (2012) Fakta om bioenergi. Svebios hemsida. <<http://www.svebio.se/fakta-om-bioenergi>> [Hämtad 2012-03-13]

Skogforsk. (2009b) Skogsbränsle är en av många bioenergikällor. Skogforsks hemsida. <<http://www.skogforsk.se/sv/KunskapDirekt/skogsbransle/Energi-fran-skog/Biobransle---vad-ar-det1/>> [Hämtad 2012-03-13]

Personlig kommunikation

Andersson Mikael, Logistiker Green cargo, 2012-03-21

Olofsson Ingemar, Processingenjör Bioendev, 2012-03-02 – 2012-04-02

Bilagor

Bilaga 1. Investeringskalkyl

Mall för nuvärdekalkyl. Upp till 3 olika grundinvesteringar											
Kalkylränta, %:	6	26,3									
Skatt, %:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Grundinvestering nr	Maskiner och inventarier										
Tidpunkt för grundinvesteringen	0										
Inköp av tillgång (Anskaffningsvärde utan moms)	258										
Ekonomisk livslängd	20										
Antal avskrivningsår	20										
Ränta på intern lån (finansiering med EK), %:	5										
Ränta på externt lån (finansiering via FK), %	5										
Andel av finansieringen som faller på EK, %	50										
Tidpunkt, år	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Inträder	+	220,5794564	220,5794564	220,5794564	220,5794564	220,5794564	220,5794564	220,5794564	220,5794564	220,5794564	
Kostnader	-	48,61017414	48,61017414	48,61017414	48,61017414	48,61017414	48,61017414	48,61017414	48,61017414	48,61017414	
Driftkostnader	-	132,0276335	132,0276335	132,0276335	132,0276335	132,0276335	132,0276335	132,0276335	132,0276335	132,0276335	
Råvaror	-	12,9	12,9	12,9	12,9	12,9	12,9	12,9	12,9	12,9	
Avskrivning	-	6,45	6,1275	5,805	5,4825	5,16	4,8375	4,515	4,1925	3,87	
Räntekostnader extern finansiering	-	4,60	4,60	4,60	4,60	4,60	4,60	4,60	4,60	4,60	
Fondavsättning	-	15,99	16,31	16,63	16,96	17,28	17,60	17,92	18,25	18,57	
Vinst f skatt	=	4,20	4,29	4,37	4,46	4,54	4,63	4,71	4,80	4,88	
Räntekostnader, intern finansiering	-	6,45	6,1275	5,805	5,4825	5,16	4,8375	4,515	4,1925	3,87	
Vinst e skatt	=	5,33	5,89	6,45	7,01	7,57	8,13	8,69	9,25	9,81	
Balansräkningen											
Lån	258	258	245,1	232,2	219,3	206,4	193,5	180,6	167,7	154,8	141,9
Amortering	-	12,9	12,9	12,9	12,9	12,9	12,9	12,9	12,9	12,9	
Lån e amortering	=	245,1	232,2	219,3	206,4	193,5	180,6	167,7	154,8	141,9	
Restvärde på tillgång, skattemässigt		245,1	232,2	219,3	206,4	193,5	180,6	167,7	154,8	141,9	
Restvärde försäljning av tillgång		0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Restvärde om tillgång behålls		0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Kassaflöde och nuvärde											
Betalström	-258	18,233346515	18,7935377	19,35371015	19,9138927	20,4740752	21,0342577	21,5944402	22,1546227	22,714805	23,2749877
Nuvärde	-258	17,20126801	16,7261727	16,24974824	15,7736662	15,29942	14,8233216	14,361536	13,9000843	13,44858	12,9966315
Summa nuvärden	-1E-06										
Amortet	8,718E-08										

Grundinvestering nr	3	
Tidpunkt för grundinvesteringen	0	
Inköp av tillgång (Anskaffningsvärde utan moms)	0	
Ekonomisk livslängd	5	
Antal avskrivningsår	5	
Ränta på internt lån (finansiering med EK), %:	5	
Ränta på externt lån (finansiering via FK), %	5	
Andel av finansieringen som faller på EK, %	50	
Tidpunkt, år	0	
Intäkter	+	
Kostnader		
	Driftkostnader	-
	Avskrivning	-
	Räntekostnader, extern finansiering	-
	Fondavsättning	-
Vinst f skatt	=	
Skatt	-	
Räntekostnader, intern finansiering	-	
Vinst e skatt	=	
Balansräkningen		
Lån	0	
Amortering	-	
Lån e amortering	=	
Restvärde på tillgång, skattemässigt		
Restvärde försäljning av tillgång		
Restvärde om tillgång behålls		
Kassaflöde och nuvärde		
Betalström	0	
Nuvärde	0	
Summa nuvärden	0	
Annuitet	0	
Totalt alla nuvärden	1E-06	
Totalannuiteten skall beräknas antal år	20	
Totalt alla annuiteter	8,718E-08	

Bilaga 2.

Transportkostnadsmodell.

Maxvikt vagn	90000	Kg	Maxantal fullastade vagnar	17,78	st
Vikt vagn	20000	Kg	Maxlast helt tåg	1031900	Kg
Maxlast vagn (SGNS, 4-axlar)	70000	Kg	Maxlast helt tåg	1031,9	Ton
Vikt container och lock (Innofreight), 3 st per vagn	9300	Kg	Antal sträckor	97	st
Maxlast vagn exl. Container	60700	Kg			
Maxvikt tåg	1600000	Kg	Maxvolym TP	80,93	m3
			Maxvolym P	121,40	m3
Volym container	46	m3	Energimängd P/resa	4643,6	MWh
Maxvolym per vagn	138	m3	Energimängd TP/resa	6191,4	MWh
Maxlängd tåg	630	m	Transportsträcka	100	mil
Längd vagn	20	m	Kostnad/sträcka	251200	kr
Transportkostnad	1900	kr/mil	Kostnad/mil	2512	kr/mil
Kostnad för last- & lossning	600	kr/container	Tot kostnad 100kton	24343444	kr/år
Densitet P	500	kg/m3	Tot kostnad 100kton	24,3	mkr/år
Densitet TP	750	kg/m3	Kr/tonkm	0,243	kr
Energidensitet P	4,5	kWh/kg	Kostnad/transporterad MWt	0,54	Kr/MWh/mil
Energidensitet TP	6	kWh/kg	Kostnad/transporterad MWt	0,41	Kr/MWh/mil