

FÖRÄDLING AV SKOGENS BIPRODUKTER TILL PELLETS, TORREFIERAT BRÄNSLE OCH PYROLYSOLJA



Foto: ClipArt

2010-06-07

Vad är mest lönsamt?

Rapport 100701

Ecotraffic

FÖRÄDLING AV SKOGENS BIPRODUKTER TILL PELLETS, TORREFIERAT BRÄNSLE OCH PYROLYSOLJA

–Vad är mest lönsamt?

En rapport för SCA Forest Products
Juni, 2010

Bengt Aldén

Ecotraffic ERD³ AB
Paviljongvägen 17
SE-852 40 Sundsvall

Ecotraffic

SAMMANFATTNING

Ecotrafic har på uppdrag av SCA Forest Products utrett lönsamheten i att förädla skogens biprodukter (grot, bark, stubbar) och torv till biobränslen i form av vanliga pellets, torrefierat bränsle (nedan kallat biokol) och pyrolysolja.

Samtliga dessa råvaror kan nyttjas i de tre processerna men med ett ökat slitage som följd på grund av de föroreningar i form av grus och sten som följer med och är vanligast i stubbar och grot. Torv är bra som inblandning men ger ett lågt utbyte till bioolja i pyrolyprocessen (ca 50 vikts %) jämfört med övriga råvaror (ca 65 vikts %).

Konventionell pelletering verkar minst attraktivt. Investeringen ökar jämfört med pelletering av sågspån som råvara, slitaget ökar och produkten håller en lägre kvalitet.

Torrefiering är en termokemisk behandling av biomassa vid 250 – 300 °C som sker under atmosfäriska förhållanden i syrefri miljö. De gaser som avges under processen används till att driva torrefieringen och torkning av råvaran till en fukthalt av ca 35 %. Biomassans vikt minskar med ca 30 % medan 90 % av energiinnehållet är kvar. Från en heterogen råvara erhålls en homogen produkt med högt energiinnehåll (ca 20 MJ/kg) som är hydrofob (vattenavvisande) och lätt att mala. Genom pelletering ökar energidensiteten till 16-19 GJ/m³ vilket ger lägre frakt- och lagringskostnader. Flera företag i Europa och USA bygger nu de första kommersiella anläggningarna med en kapacitet på 4,5 – 10 ton torrefierat bränsle i timmen som tas i drift inom 12 månader. Torrefierade pellets har förutsättningar att bli en nya stor handelsvara. Produktionskostnaden beräknas uppgå till 89 - 100 kr/MWh. Om biokol ersätter stenkolkraftverk erhålls störst lönsamhet med en pay-off-tid på fyra år för en anläggning från Topell (48 MW) till en investering av 162 Mkr. För en anläggning från BioEndev (24 MW) som kostar 87 Mkr blir pay-off-tiden fem år. Frakt tillkommer. Kalkylerat utpris på 430 kr per MWh och fraktkostnad till England är dock avgörande och måste utredas närmare.

Snabb pyrolys sker genom upphettning av biomassan till ca 500 °C och därefter kylning. Vid processen, som tar ca 2 sekunder, erhålls bioolja. Produkten, som innehåller vatten och har ett lågt energiinnehåll (17 MJ/kg), blir mest lönsam då den ersätter Eo5 i värmeverk. Pay-off-tiden blir 4,6 år för en anläggning (40 MW) från Dynamotive (Canada) som kostar 187 Mkr. Den årliga produktionen uppgår till 43 300 ton bioolja (192 GWh) och 10 000 ton biokol (76 GWh). En dubbelt så stor anläggning från Envergent (USA) beräknas kosta 327 Mkr med en pay-off-tid på 4 år. Produktionen av bioolja är då 86 500 ton (432 GWh) per år. Om oljepriset ökar från nuvarande 80 USD/fat till 100 USD/fat stiger vinsten efter skatt med ca 20 % och pay-off-tiden minskar med 8 - 9 månader i bägge fallen. Förbrukningen av Eo5 i svenska värmeverk uppgår till 300 GWh, varför det i denna kundgrupp endast finns underlag för en pyrolysanläggning. En tänkbar lösning är dock att avtal kan göras med kraftvärmeverk som vill minska sitt beroende av fossil eldningsolja. Sundsvall Energi kan då vara en intressent.

Innehållsförteckning

SAMMANFATTNING	2
1. INLEDNING	5
2. BESKRIVNING AV RÅVARAN.....	6
3. BESKRIVNING AV DE OLIKA PROCESSERNA	7
3.1 Pelletering	7
3.2 Torrefiering	8
3.2.1 Allmänt	8
3.2.2 Ledande företag	10
3.2.3 Lokalisering och nyttjande av spillvärme	14
3.3 Pyrolys av biomassa	15
3.3.1 Biooljans egenskaper	16
3.3.2 Reaktorer för snabb pyrolys.....	18
3.3.3 Användningsområden	19
3.3.4 Ledande företag inom snabb pyrolys	21
4 KOSTNADER OCH LÖNSAMHET	27
4.1 Skatter, utsläppshandel och elcertifikat	27
4.2 Underlag för kalkylerna.....	28
4.3 Lönsamhet - Pelletering	30
4.4 Lönsamhet – Torrefiering.....	31
4.5 Lönsamhet – Pyrolys	33
5 SLUTSATSER	36
6 REFERENSER	38
BILAGOR.....	40

1. INLEDNING

EU har satt som mål att till år 2020 skall 20 % av energin inom EU komma från förnybara energislag. Detta innebär att fossila bränslen som olja och kol till viss del kommer att ersättas av biobränslen i Sverige och i andra länder. Efterfrågan på förädlade biobränslen kommer därför att fortsätta öka lång tid framöver.

Samtidigt pågår en allt hårdare konkurrens inom den globala tillverkningen av papper och pappersmassa som gör att SCA och andra företag inom norra Europas skogsindustri önskar stärka sin konkurrenskraft genom att även förädla sina lågvärdiga restprodukter till mer lönsamma produkter.

Syftet med denna studie är att undersöka om lönsamheten kan stärkas genom att använda skogens biprodukter till exempel som ersättning för olja och kol på denna framväxande marknad. Uppdraget har givits av SCA som önskar ökad kunskap inom områdena pelletering, torrefiering och pyrolys av biomassa för att veta vilken teknik, produkt och marknad som kan ge störst lönsamhet.

Då studien är begränsad i sin omfattning har vissa avgränsningar gjorts. Redan tidigt i arbetet framkom att konventionell pelletering var en mindre intressant väg att gå varför denna del begränsades till förmån för torrefiering och pyrolys. Att använda pyrolysolja som vidareförädling till specialkemikalier är intressant, men utreds inte närmare. Som en potentiell utländsk marknad för produkterna har England valts, medan övriga länder inte har kunnat studeras närmare. En utredning av fraktkostnaden till England ingår heller inte.

2. BESKRIVNING AV RÅVARAN

I tider när det mesta av sågspånet från sågverken tas om hand och förädlas till pellets på en ständigt växande marknad blir det allt intressantare att undersöka möjligheten att även förädla andra råvaror från skogs- och jordbruk.

Den råvara som är av störst intresse för skogsindustrin är givetvis de biprodukter som genereras i samband med utvinning av råvara för virke och massaflis. Detta nya sortiment består av grot (genar och toppar), stubbar och bark. Även torv skall beaktas som råvara för vidareförädling.

Generellt kan sägas att samtliga av dessa råvaror går att vidareförädla i de tre processer vi har studerat närmare, men med ett ökat slitage som följd. Anledningen är att det är svårt att helt få bort de föroreningar som finns råvaran i form av stenar och grus. Särskilt grot och stubbar brukar ha mycket föroreningar, men det förekommer även i bark och torv. Med en genomtänkt och bra hantering inklusive lagring av råvaran kan dessa problem begränsas (Carlén).

Bark kan användas som råvara till samtliga tre processer men ger något lägre utbyte vid pyrolys. Det ger dock mer aska vid förbränning.

Grot innehåller mer föroreningar och ger ett större slitage. Långvarig lagring av grot bör undvikas då det är blir svårt att pelletera (Carlén).

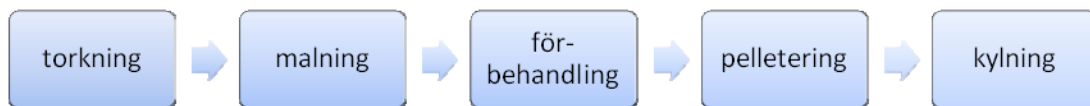
Stubbar innehåller mest föroreningar varför torrefiering utan pelletering torde vara det lämpligaste tillvägagångssättet då malning till pulver kan undvikas.

Torv är lämpligt att blanda med andra råvaror då det medför mindre risk för slaggproblem i samband med förbränningen under förutsättning att torven innehåller höga halter av calcium. Torv uppges även fungera som råvara för torrefiering och pyrolys, men ger då ett lägre utbyte av bioolja (ca 40-50% istället för 65%) (Bertelli).

3. BESKRIVNING AV DE OLIKA PROCESSERNA

3.1 Pelletering

Pelletering av sågspån är konventionell teknik sedan många år. I Sverige finns för närvarande 80 pelletsfabriker med en total produktion på 1,5 miljoner ton under 2009 (SVEBIO). Tillverkningsprocessen kan beskrivas enligt figur 1.



Figur 1 Schematisk beskrivning av pelleteringsprocessen. Den fuktiga råvaran (sågspånet) torkas och mals, varefter den pelleteras och kylls.

Energiinnehållet i den färdiga produkten är ca 17 MJ/kg med en fukthalt < 10 %.

Eftersom processen, slutprodukten och även tillverkarna är känd kunskap görs här inte någon utförligare genomgång av de delarna.

Pelletering av andra råvaror än sågspån är fortfarande ovanligt. Vid Södra skogsägarnas anläggning i Mönsterås tillverkas brun pellets som till största delen består av bark. Även torv förekommer som inblandning med sågspån vid vissa anläggningar eftersom det ger minskad risk för slaggbildning vid eldning i stora pannor. Däremot verkar det inte finnas någon tillverkare i Sverige som använder grot eller stubbar som råvara.

Vid BTC (Bränsletekniskt centrum) hos SLU i Umeå finns sedan 10 år en testanläggning för tillverkning av pellets från ett flertal olika råvaror som sedan eldas i pannor med mätning av förbränningsgaserna. En slutsats som kan göras efter samtal med forskare vid BTC är att pellets av stubbar och grot kommer att vara fortsatt ovanligt framöver (Burvall, Kalén).

Den bild som förmedlas är att pelletstillverkning från ovan nämnda råvaror innebär en ökad investering (flera matningsfickor, fler kvarnar, utrustning för blandning av olika råvaror) och ett ökat slitage på utrustningen, och därmed underhållskostnaderna, jämfört med en konventionell pelletstillverkning. Dessutom kommer produktkvaliteten att bli sämre än med rent sågspån som råvara vilket kommer att påverka priset på produkten negativt.

3.2 Torrefiering

3.2.1 Allmänt

Torrefiering är en teknik för densifiering av biomassa, d.v.s. en metod som gör biomassan mer homogen och ger ett högre energiinnehåll per volymenhet och därmed lämplig att omvandla till energi i form av värme och el, men även som en utmärkt råvara till förgasning samt för tillverkning av drivmedel och kemikalier.

Redan på 1930-talet kom den första rapporten om torrefiering av biomassa och i Frankrike inleddes forskning i syfte att använda torrefierat bränsle som råvara vid förgasning. Den första demoanläggningen för torrefiering var i drift under 80-talet men monterades ner under 90-talet (Bergman). Under de senaste tio åren har tekniken fått förnyad uppmärksamhet främst som en metod för förbehandling av biomassa i energiprocesserna förbränning och förgasning. Tekniken har nu utvecklats så långt att de första kommersiella anläggningarna byggs för att tas i drift under de kommande 12 månaderna i Sverige, Holland, Belgien och USA.

Torrefiering innebär en termokemisk behandling av biomassa vid 250 – 300 °C. Den sker under atmosfäriska förhållanden i syrefri miljö. Metoden påminner om rostning av kaffeböner.



Figur 2 Schematisk beskrivning av torrefieringsprocessen.

Under torrefieringsprocessen, som i regel tar 20-30 min, sker en omvandling av biomassan medan flyktiga gaser avges som används till att driva processen inklusive torkning av råvaran. Efter kylning har biomassan fått en fast och spröd konsistens som enkelt kan malas till pulver.

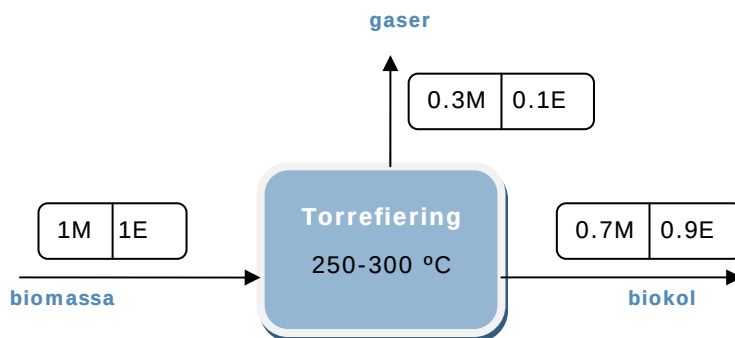
Det finns stora fördelar med att göra den torrefierade produkten mer kompakt genom exempelvis pelletering där ligninet binder ihop den malda, torkade biomassan och ger en hård pellet. Den slutliga produkten är helt enkelt en form av biokol med ett flertal egenskaper som gör den till en utmärkt ersättning för fossilt kol.



Figur 3 Schematisk bild över processen för pelletering av den torrefierade biomassan.

Typiska värden för massbalans och energibalans är att de flyktiga gaserna står för 30 % av vikten hos den ingående råvaran, men endast 10 % av dess energiinnehåll. Biokolet innehåller således 90 % av energin till endast 70 % av den ursprungliga vikten hos den torra råvaran, se figur 4. Det innebär en ökning av energidensiteten för torrefierad flis med minst 2 ggr jämfört med grön flis (40% fukt). Vid pelletering av den torrefierade biomassan ökar energidensiteten till 16-19 GJ/m³, vilket är 5,5 – 7 ggr högre än grön flis och ca 1,8 ggr högre jämfört med frakt av vanliga pellets (Nordin).

Nettoverkningsgraden för torrefiering och pelletering bedöms ligga på 90 % jämfört med 84 % för vanlig pelletering om fuktig flis (57% fukt) används i båda fallen. Extern gas tillförs för torkningen (Bergman).



Figur 4 Typiska mass- och energibalanser vid torrefiering. E = energienhet, M = massenhet

Fraktkostnaden minskar alltså avsevärt vid transport av torrefierad pellets jämfört med frakt av blöt flis. Även med hänsyn taget till dagens viktbegränsningar hos lastbil och tågagn, som gör att de inte kan lastas fulla, kan ändå ca 2 ggr mer energi fraktas per lastbil och 3 ggr mer per tågagn än vid frakt av flis med 40 % fukthalt (Svanberg).

Andra fördelar med torrefierad biomassa än högt energiinnehåll är:

- Lätt att mala - materialet är sprött (typ snabbkaffe)
- Vattenavvisande – materialet har blivit hydrofobt
- Låg fukthalt, ca 1-2 %
- Lättmatat med befintlig teknik
- Homogent - trots heterogena råvaror in
- Ingen biologisk aktivitet av bakterier eller dylikt

Torrefierade pellets ger ett ökat värde för användaren såsom

- Lägre transportkostnad
- Lägre hanteringskostnad
- Lägre kostnad för malning (ca 90 % lägre elkostnad)
- Lägre kostnad för råvara då annat än sågspån kan nyttjas

Detta sammantaget gör att torrefierad biomassa har potentialen att bli ett grönt ersättningsbränsle för fossila bränslen i samma, eller större, omfattning som konventionella pellets.

Det kan även användas som råvara vid tillverkning av drivmedel och kemikalier via förgasning där många av de problem som förknippas med förgasning av biomassa kan undvikas då besvärliga substanser redan avgått i gasform vid torrefieringsprocessen.

3.2.2 Ledande företag

Torrefiering sker antingen batchvis eller i kontinuerliga processer. Då batchprocesser anses dyra och föråldrade utelämnas de i denna redovisning. Bland de kontinuerliga processerna är de vanligaste teknikerna moving bed och roterugn alternativt skruv.

Från att processerna kring torrefiering har utvecklats i labbskala de senaste tio åren, framför allt av ECN i Holland, har tekniken kommit dithän att flera företag nu planerar att bygga och bygger de första kommersiella anläggningarna. Under de närmaste tolv månaderna kommer anläggningar med en kapacitet för torrefierad biomassa på 4,5 - 10 ton/h och anläggning att tas i drift i Europa och USA.

Nedan följer en genomgång av de företag som har teknik för torrefiering och som nu bygger de första anläggningarna. Företagen är listade i den ordningen att de med störst kapacitetet står först.

Topell Energy BV, Holland

Topell Energy är ett holländskt företag som har för avsikt att bli en stor tillverkare av torrefierad pellets. Deras målsättning är att under 2012 ha uppnått en installerad kapacitet av 1 Mton torrefierad pellets, vilket skall motsvara 3-5 % av den globala pelletsmarknaden.

Den första kommersiella anläggningen tas i drift i slutet av 2010 i staden Duiven (Holland). Den har kapaciteten 60 000 ton/år (8 ton/h) av torrefierad pellets. Ytterligare två anläggningar är kontrakterade och skall tas i drift under andra halvan av 2011, oklart var. Deras kapacitet är 80 – 100 000 ton/år (10-12 ton/h) vilket innebär att man till

slutet av 2011 uppnått en total kapacitet av 200 – 250 000 ton/år. Investeringen ligger på 6-7 Mkr per ton biomassa (torrefierad) i timmen, vilket innebär att för en anläggning med kapaciteten 80-85 kton/år (10 ton/h) skulle investeringen bli ca 65 Mkr för själva torrefieringsanläggningen. Den totala investeringen med all utrustning (semi turnkey) inklusive pelletering uppges bli ca 130 Mkr (van der Burg).

Topells teknik för torrefiering skiljer sig åt gentemot övriga tillverkare genom att de använder en s k Torbed-reaktor utvecklad av Torftech Limited (UK). Reaktorn har ett brett användningsområde (torkning, förbränning, förgasning, rökgasrening) med mycket effektiv värmeöverföring helt utan rörliga delar. Det medför låga underhållskostnader för reaktorn samt att torrefiering sker inom 2 minuter istället för 20-30 min som med andra tekniker. Anläggningen blir också kompakt, den första anläggningen på 60 kton upptar en yta på 18 m x 18 m, se bilaga 1 (Poldervaart).

Produkten har ett energiinnehåll på 22-29 MJ/kg. Störst utbyten erhålls om processen styrs mot 22 MJ/kg. Den termiska verkningsgraden uppges vara hela 96 %. De gaser som avges driver både torkning och torrefiering upp till ca 30 % fukthalt på ingående råvara. Vid högre fukthalter tas av biokolet för att torka råvaran. Om integrering har gjorts med intilliggande industri är en bättre lösning att nyttja spillvärme för torkningen istället för att ta av biokolet, se avsnitt 3.2.3. Processchema visas i bilaga 1 (Poldervaart).

4Energy Invest, Belgien

4Energy är ett belgiskt företag som inriktar sig på att skapa och driva en grupp av mindre och medelstora anläggningar för förädling av biomassa genom torrefiering för förbränning i egna eller andras anläggningar vid tillverkning av förnybar el och värme. Dessa anläggningar eldas nu med kol, men genom flera planerade torrefieringsanläggningar skall en övergång till biokol ske med ca 250 000 ton före utgången av 2012. Deras avsikt är att bli ett ledande företag inom tillverkning och leverans av biokol på den marknad som nu växer fram.

Den första anläggningen byggs i Amel (Belgien) och tas i drift andra kvartalet 2010 (försenad 6 mån) med en kapacitet på 40 000 ton torrefierad biomassa med ett intag på 80 000 ton fuktig biomassa (50 % fukt). Investeringen är på 130 Mkr.

Den andra anläggningen är under byggnation i Ham (Belgien) för att starta under 2011. Ytterligare två anläggningar planeras till Reisbach (Tyskland) och Pontrilas (England). De är även på gång i fler länder i partnerskap med lokala företag aktiva inom skogsindustrin.

Anläggningen för torrefiering levereras av **Stramproy Green Coal** i Holland, åtminstone beträffande de två första anläggningarna. Tekniken bygger på roterugn (rotary kiln) och en egen anläggning skall inom kort tas i drift i Steenwijk (Holland) där också företaget finns. Årskapaciteten uppgår till 90 000 ton biomassa (oklart om fuktig eller torrefierad). Fler anläggningar verkar vara på gång, men det har varit svårt att få fram information om företaget och tekniken.

Terra Green Energy, USA

Företaget finns i Smethport, Pennsylvania och har jobbat med torrefiering sedan 2008. De säljer licenser för sin torrefieringsteknik som använder en reaktor från Wyssmont (Wyssmont Turbo Dryer). Den första kommersiella anläggningen byggs nu för en planerad driftstart sommaren 2010 med en kapacitet på 45 kton/år i fas 1, det dubbla i fas 2. Ingen ny information sedan oktober 2009. Företaget ägs av tre privatpersoner.

Integro Earth Fuels, USA

Företaget finns i Asheville, North Carolina med en pilotanläggning för torrefiering i South Carolina. Det bildades 2008 och hade då en omsättning under 10 Mkr. Planerna förra året var att bygga en torrefieringsanläggning under 2010 med en kapacitet av 40 000 ton per år, men sedan juni 2009 finns ingen ytterligare information.

Agri-Tech Producers, USA

Företaget som finns i South Carolina bygger nu sin första kommersiella anläggning för torrefiering av biomassa med en kapacitet av 36 kton/år (4,5 ton/h). Planerad driftstart sommaren 2010. Metoden har utvecklats av North Carolina State University. Torrefiering sker i en skruv (24 m) i en temperatur av 300-400 °C i syrefattig miljö. Resultatet är torrefierad biomassa med en fukthalt < 10 % och ett energivärde mellan 5,8 - 6,9 kWh/kg enligt produktblad för Torre-Tech 5.0, se bilaga 2.

Den marknad de inriktar sig till med sin torrefieringsteknik är i första hand elproducenter som nu eldar kol, men även tillverkare av vanliga träpellets. En tredje målgrupp, som kan bli stor framöver, är företag som inriktar sig på tillverkning av drivmedel (etanol, Fischer-Tropsch diesel) via förgasning och som ser torrefierad pellets som en mycket lovande råvara.

BioEndev AB, Sverige

Företaget bildades 2008 av forskare vid Umeå Universitet och de två energibolagen Umeå Energi och Övik Energi. Syftet är att utveckla och kommersialisera forskning inom torrefiering och förgasning av biomassa och därmed erbjuda en helhetslösning för förädling av biomassa till energiproducenter i Sverige och utomlands. Drivande i denna utveckling är Anders Nordin, professor vid ETPC (Energiteknik och termisk processkemi) vid Umeå Universitet.

En labanläggning på BTC (Bränsletekniskt centrum) vid SLU i Umeå har testat en mängd olika råvaror sedan början av 2009. Företaget har fått stöd från Energimyndigheten med 41 Mkr under åren 2009 - 2011. Detta skall användas för utökad forskning kring torrefiering vid Umeå Universitet och för investering i en industriell utvecklingsanläggning. Den byggs nu och beräknas tas i drift första kvartalet 2011. Kapaciteten är 24 MW, vilket vid full tillgänglighet ger 36 000 ton/år (4,5 ton/h). Den byggs intill kraftvärmeverket i Örnsköldsvik för integrering och utbyte av energiflöden. Investeringen (inklusive pelletering) beräknas till 70 Mkr, men beräknas sjunka för varje ny anläggning, åtminstone för de första fem anläggningarna (Nordin).

Torkning av råvaran sker i en lågtemperaturtork medan torrefieringen sker i en roterande trumma (Torkapparater) med indirekt värmning. Därefter kylning och pelletering för en del av materialet. Många tester kommer att göras av det färdiga materialet, inte minst som råvara för förgasning till syntesgas hos olika förgasnings-tillverkare i Sverige och utomlands.

Den färdiga produkten har ett energivärde på ca 20 MJ/kg som vid pelletering blir 15-18 GJ/m³. Fukthalt 1-2 %.

NewEarth Renewable Energy Inc, USA

Företaget har en anläggning igång med deras egen process ECO Pyro-Torrefaction (EPT) som ger lika stora utbyten av biokol och bioolja. Se även avsnitt 3.3.4 och bilaga 3.

G-Energy Technologies, USA

Företaget finns i Maryland där de har utvecklat en egen patenterad teknik för torrefiering som är billigare än konkurrenternas och som ger en högkvalitativ torrefierad pellets. De har gjort en förstudie för en anläggning och söker nu kapital till att demonstrera tekniken i mindre skala. En fullskaleanläggning med kapaciteten 75 000 ton/år beräknas kosta runt 45 – 50 Mkr och bedöms kunna tas i drift inom två år om finansiering kan ordnas i år. Mer information under bilaga 4. (Lewkowicz)

Airless Systems Co, UK

Värt att nämna är att även Airless Systems har utvecklat en metod för torrefiering som man var nära att kommersialisera i samverkan med **AtmosClear SA** (Schweiz) - ett affärsutvecklingsföretag inom förnybar energi. Ett flertal stora anläggningar (> 100 kton/år) för torrefiering var planerade i bland annat Lettland, Nya Zeeland (3 st) och USA (4 st) med förväntad driftstart under 2010 och 2011. Uppgifterna gavs 2008 och det är oklart om några av dessa anläggningar är på väg att realiseras.

3.2.3 Lokalisering och nyttjande av spillvärme

En anläggning för torrefiering kan vara i stort sett självförsörjande med energi upp till 30-35 % fukthalt på ingående råvara även om den är fristående (stand-alone). Detta genom att gaserna som frigörs vid torrefieringen används i den egna verksamheten. En mindre tillsats av extern energi behövs för elkraft samt vid start och stopp av anläggningen.

Den optimala placeringen av en torrefieringsanläggning är nära råvaran och nära en annan energianläggning med överskottsvärme som inte nyttjas, vilket är särskilt vanligt under sommaren. Det kan till exempel vara ett kraftvärmeverk, sågverk eller annan industriell anläggning (Håkansson et al).

Kraftvärmearnläggning. Merparten av gaserna från torrefieringen användas i KV-verket för tillverkning av el medan spillvärmen (över 80°C helst) används för torkning av den fuktiga råvaran. Kraftvärmeverket förbrukar på det viset mindre fast bränsle medan elproduktionen kan hållas hög även under sommaren.

Industrianläggning. Vilken industrianläggning som helst med överskottsvärme kan vara lämplig för integrering med en torrefieringsanläggning. Lågvärdig värme kan nyttjas för torkning av biomassan. Det måste dock undersökas om gaserna från torrefieringen kan sameldas med det bränsle som används i den industriella anläggningen. Vid full integrering kan biokolet användas som bränsle i industrianläggningen.

BTL-anläggning. Vid tillverkning av drivmedel via förgasning uppstår stora mängder överskottsvärme som kan nyttjas för torrefieringen och total integrering av energi- och materialflöden är fullt möjlig.

3.3 Pyrolys av biomassa

Pyrolys är en process där en råvara som innehåller kol i närvaro av värme, men i avsaknad av syre, bryts ned. Möjligheten till pyrolys är känd sedan tusentals år tillbaka. Tekniken för att pyrolysera har dock utvecklats under åren och är idag en modern och allmänt använd metod.

Vid pyrolytisk nedbrytning, som inte skall förväxlas med förgasning till syntesgas (vilken sker i kontrollerad närvaro av syre), omvandlas råvaran till fast återstod (kolfraktion), vätska (bioolja) och gas. Fördelningen mellan fast återstod, vätska och gas beror mycket på processvariablerna, exempelvis temperatur, tryck, uppehållstid och upphettningssprofil samt typen av råvara. Detsamma gäller fördelningen av olika kemiska komponenter inom respektive fraktion. Genom att variera processvariablerna kan man också i viss mån styra utbytet.

Det finns olika sätt att överföra fast biomassa till flytande biobränsle där den vanligaste metoden är att använda sig av snabb pyrolys. Metoden innebär att biomassan upphettas utan syretillförsel till ca 500-600°C kortvarigt under ca 1-2 sekunder och därefter snabb avkylning varpå en övervägande del av gasen kondenserar till bioolja.

För att få den snabba pyrolysen att fungera krävs att biomassan är torr med en fukthalt på maximalt ca 10 %. En annan teknik är karbonisering av biomassa med kolmonoxid och vätgas under högt tryck vid en arbetstemperatur ca 400 °C.

Tabell 1 Olika termokemiska processer för omvandling av fast bränsle. Källa: Bridgwater, Aston University, UK

Metod	Temp. °C	Tid	Flytande %	Fast %	Gas %
Snabb pyrolys	~500	1-2 sek	60-75	15-25	10-20
Torrefiering	~290	10-30 min	0	82	18
Karbonisering	~400	timmar	30	35	35
Förgasning	>800	1-20 sek	5	10	85

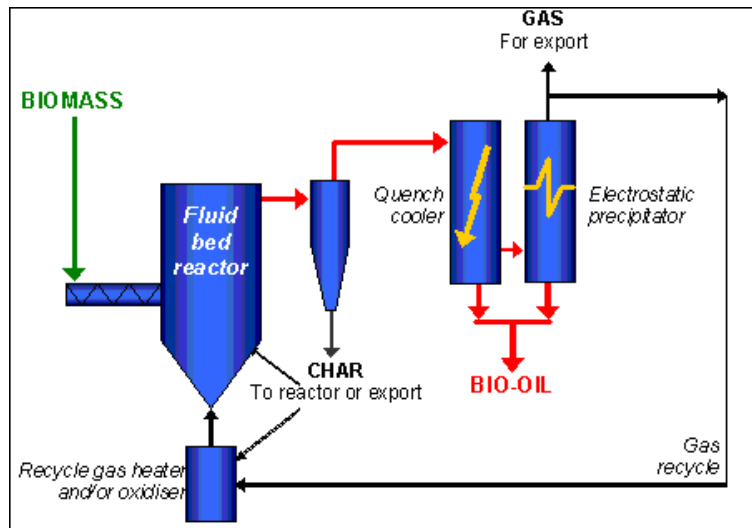
Som framgår av tabellen ger den snabba pyrolysen störst utbyte av bioolja och bedöms därför vara den enda metod som kan anses användbar för rationell tillverkning av bioolja. Utbytet varierar beroende på vilken typ av råvara som används.

En pyrolysanläggning för biomassa består av flera behandlingssteg allt från mottagning av olika energislager som ved, grot, bark, spån, energigrödor och andra biorester till

sönderdelning och malning, torkning, pyrolys, separation av bioolja och kolrest samt lagerhållning och behandling av biooljan.

Råvaran till anläggningen förbehandlas till lämplig fraktion (pulver) och torkas därefter till en fukthalt på maximalt 10 %. Även vid helt torr råvara bildas reaktionsvatten i pyrolysen och kommer att utgöra ca 10-12 % vattenhalt i den färdiga biooljan. En förutsättning för den snabba pyrolysen är att materialet föreligger i finmald form för snabb uppvärmning i pyrolyssteket. Kostnaden för malning är en stor utgiftspost och här har anläggningar som kan nyttja material med större partiklar en ekonomisk fördel.

Den övervägande andelen av askan i biomassan återfinns i kolresten från pyrolysen och därför är avskiljning av kolresten från biooljan betydelsefull för att minska askhalten i biooljan. All gas och delar av kolresterna kan återföras till pyrolyssteket för att täcka det värmebehov som finns i processen. Vid återföring av gaserna som bränsle till pyrolyssteket tillgodoses på detta sätt merparten av processens energibehov.



Figur 5. Värme till torkprocessen kan till en del tillgodoses med överskottet av kolfraktionen. För avskiljning av denna används normalt cyklon varefter biooljan fångas upp i kylare och efterföljande elfilter.

De problem som måste beaktas vid projekteringen och som kan uppstå i en anläggning är att kondensering av tunga tjäror kan blockera systemet.

3.3.1 Biooljans egenskaper

Biooljan är en mörkt brun rinnande vätska. I motsats till fossil råolja innehåller bioolja mycket syre, vanligtvis ca 40 – 50 vikt-%. Detta beror i stor utsträckning på att ved grovt räknat i genomsnitt innehåller upp till så mycket som 42 vikt-% syre. Syret i biooljan ger sig tillkänna i de flesta av de mer än 300 olika organiska föreningar som har identifierats

i bioolja. Den höga närvaron av syre är den huvudsakliga förklaringen till den relativt stora skillnaden i egenskaper mellan bioolja och fossil olja. På grund av det högre innehållet av syre samt även närvaron av vatten (25-30 %) och en högre densitet håller bioolja oftast ett värmevärde som bara är ca 40 – 45 vikt-% av värmevärdet hos en fossil olja. Motsvarande värde räknat på volymenhet blir ca 60 %. Ett typiskt värmevärde på bioolja är 17 MJ/kg.

Vid snabb pyrolys av ved ligger utbytet av bioolja någonstans mellan 72 och 75 vikt-% beroende på fördelningen mellan cellulosa och lignin i den aktuella veden. Höga halter av lignin, som i bark, ger ett något lägre utbyte av bioolja. Å andra sidan har ofta denna bioolja ett högre energivärde jämfört med den som fås vid pyrolys av material med högre cellulosa-innehåll.

På grund av sitt innehåll av vatten och även syre är bioolja inte av samma kvalitet som en fossil olja och är även korrosiv mot lagringscisterner. Bioolja åldras också vilket yttrar sig som en ökning av viskositeten. Viss fassseparation kan även uppstå vid längre tids lagring. Andra förändringar som kan uppstå i biooljan vid längre tids förvaring är att vattenhalten ökar medan flyktigheten minskar.

Då de fysiska egenskaperna hos bioolja inte skiljer sig nämnvärt från fossil olja kan dock bioolja lagras, pumpas och transporteras i samma system som fossil olja och likaså kan bioolja förbrännas direkt i kokarbrännare, gasturbiner och i medelsnabba och långsamma stationära dieselmotorer för värme- och elproduktion. Viktigt dock att beakta av den högre korrosiviteten.

Till skillnad från fossil olja är bioolja löslig i alkoholer som metanol och etanol, men är inte löslig i kolväteföreningar utan uppärbetning.

Tabell 2 Visar de för- och nackdelar som förknippas med bioolja

Fördelar	Nackdelar
• Minskar CO₂-utsläpp med över 80 % jämfört med fossil olja • Ersätter Eo3-5 • Lätt att transportera • Blandbar med alkoholer • Kan uppgraderas till drivmedel • Hög densitet	• Korrosiv – kräver rostfritt stål • Sur vätska, pH 2-3 • Lågt energiinnehåll, 17 MJ/kg • Hög viskositet – förvärmning krävs • Begränsad lagringstid, < 12 mån • Ej blandbar med fossil olja

Tabell 3 Nedan redovisas två exempel på en biooljas egenskaper utgående från två olika träråvaror, Källa Pizkorts J. et al,

	Bioolja sammansättning, vikts-%	
	Gran	Poppel
Sackarider	3,3	2,4
Anhydrosugars	6,5	6,8
Aldehyder	10,1	14,0
Furaner	0,35	----
Ketoner	1,24	1,4
Alkoholer	2,0	1,2
Karboxysyror	11,0	8,5
Vattenlöslighet totalt av ovanstående	34,5	34,3
Pyrolytiskt lignin	20,5	16,2
Övrigt ej inräknad fraktion	11,4	15,2

Viktiga kvalitetsparametrar för bioolja är vatteninnehåll, partikelinnehåll, innehåll av svavel och kväve samt oljans stabilitet.

3.3.2 Reaktorer för snabb pyrolys

Innan pyrolysen kan påbörjas måste råvaran malas till lämplig storlek och likaså torkas till en fukthalt av helst under 10 %, även om uppemot 15 % ibland kan accepteras. Vad som krävs beror ofta på vilken reaktortyp som kommer att användas för pyrolysen.

Flera olika reaktorlösningar för snabb pyrolys har utvecklats under åren. Nedan listas några av de mest använda:

- Bubbling fluidized bed
- Circulating fluidized bed reactor -CFB
- Rotating cone pyrolyzer
- Ablative pyrolyzer
- Auger (skruv) reactor
- Vacuum pyrolyzer

Egenskaperna hos dessa reaktorer varierar och därmed även lämpligheten för viss råvara.

Bubbelbäddsreaktorn har goda egenskaper vad gäller mass- och värmetransport men kräver malning av råvaran ned till under 3 mm storlek med en fukthalt under 10 %.

CFB-reaktorn har en hög genomgångskapacitet, men där bildas en större mängd fast återstod än i övriga reaktortyper. Krav på råvaran är 3-6 mm.

Övriga reaktortyper är svåra att skala upp och lämpar sig bäst för pyrolysering i mindre skala.

Tabell 4 I tabellen sammanfattas flera egenskaper hos olika typer av reaktorer för snabb pyrolys.

(Källa: Del av tabell från Task 34, IEA Bioenergy, www.pyne.co.uk)

Reaktortyp	Utbyte vikt-%	Komplexitet	Partikelstorlek råvara	Optimal storlek på reaktor	Möjlighet till uppskalning
Bubbling Fluid Bed	75	Medium	Liten	Medium	God
Circulating Fluid Bed	75	Hög	Medium	Stor	God
Rotating cone	65	Hög	Mycket liten	Liten	Svår
Ablative	75	Hög	Stor	Liten	Svår
Auger	65	Låg	Liten	Medium	Lätt
Vacuum	60	Hög	Stor	Stor	Svår

Vanliga utrustningsproblem och reaktorproblem som kan uppstå vid pyrolysering är bäddagglomerering och igensättning av kondensatorer.

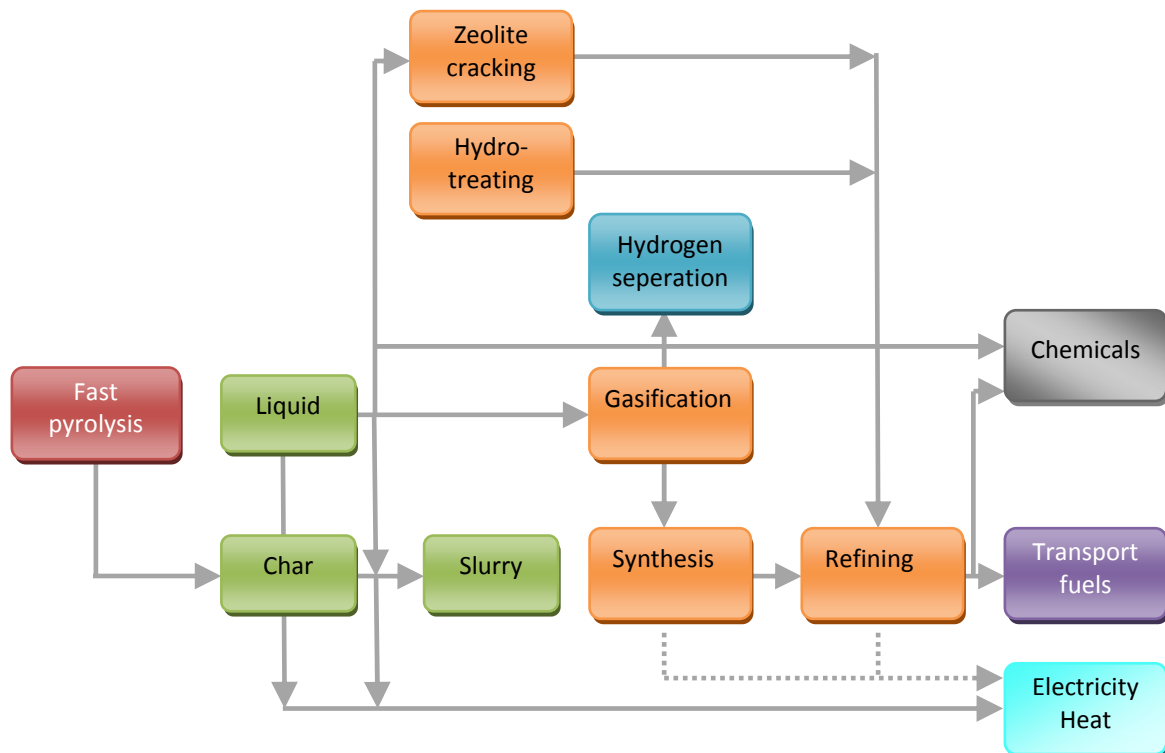
3.3.3 Användningsområden

Det finns ett flertal olika användningsområden för bioolja, se figur 6.

Den bioolja som tillverkas i världen idag används mestadels som ersättning för tung eldningsolja (motsvarar Eo3 – Eo5) för tillverkning av värme och el i värmeverk och kraftvärmeverk.

Det är även möjligt att använda bioolja istället för tallbeckolja. Användningen av tallbeckolja för tillverkning av värme och el ligger stadigt kring 800 GWh per år, men mycket begränsat i Norrland (Svensk Fjärrvärme). Vid kontakt med Sundsvalls Energi uppges att de blandar in 10-20 % tallbeckolja i fossil eldningsolja. De blandar inte in mer än 20 % för att undvika en ombyggnad av pannan eftersom tallbeckolja i likhet med bioolja är korrosivt. En liknande blandning med bioolja kan inte göras eftersom den inte

är blandbar med fossil olja utan upparbetning. Det krävs alltså en ombyggnad av pannan för att elda bioolja.



Figur 6 Användningsområden för bioolja. Källa Bridgwater, Aston University, UK

Det finns även tillämpningar där biooljan utgör bränsle i en gasturbin för tillverkning av el med ca 40 % verkningsgrad (Dynamotive).

Biooljan kan även uppgraderas till drivmedel på olika sätt. Det kan ske genom krackning med zeolite alternativt behandling med vätgas med katalysator eller via förgasning för tillverkning av syntesgas med efterföljande syntes till önskat drivmedel.

Även förädling till olika kemikalier är fullt möjlig. En lämplig väg är vätebehandling med katalysator till produkter med högt marknadsvärde (t.ex. fenoler) så att det uppväger den extra investeringen. Några av dessa kemikalier har ett marknadsvärde på över 20 000 kr/ton.

Kolfraktionen (biochar) har även ett värde på marknaden. Den kan ersätta fossilt kol för förbränning, men den kan även utgöra jordförbättringsmedel med en ökad tillväxt på de odlade växterna med ca 15 % (Dynamotive). Dessutom kan den användas som råvara vid förgasning där merparten av de problem som är förknippade med förgasning av biomassa kan undvikas. Om en slurry görs av biokolet (med vatten eller bioolja) kan det lätt matas in i en trycksatt förgasare i likhet med svartlut.

3.3.4 Ledande företag inom snabb pyrolys

Det finns idag ett antal företag som jobbar med att utveckla och kommersialisera pyrolysning av biomassa. Denna studie har vaskat fram fem företag som ligger i teknikfronten, varav två är kommersiella. Det är Dynamotive Energy Systems (Can) och Envergent Technologies (USA) som förtjänar en närmare presentation och där även en lönsamhetsbedömning gjorts baserat på en svensk tillverkning för deras största anläggningar. Övriga tre företag är Metso (Fin) och BTG (NL) som i många år jobbat med snabb pyrolys och nu är nära en kommersialisering. Ett ungt företag som är värt att omnämnas är NewEarth Renewable Energy (USA).

Dynamotive Energy Systems, Canada

Dynamotive är en processutvecklare med huvudkontor i Vancouver, Kanada. Man tillhandahåller i dag en teknik för snabb pyrolys som av företaget saluförs som CO₂-neutral. Företagets strategi är att tillhandahålla mindre och medelstora anläggningar i stället för, vilket annars är vanligt, riktigt små alternativt stora anläggningar. Detta för att komma åt nya målgrupper.

Vid Dynamotives pyrolysning använder man sig av en "Bubbling Fluid bed" reaktor med syrgasfri miljö medelhög temperatur (450 – 500 °C) för att tillverka bioolja från i första hand cellulosahaltigt biomasseavfall som exempelvis sågspån och bagasse. Totalt har över 120 olika råvaror från biomassa testats. Tekniken är skyddad av i USA som patent nr. 5,728,271 – "Energy Efficient Liquefaction of Biomaterial by Thermolysis". Genom recirkulation av de icke kondenserbara gaserna från pyrolysen, så att de kan användas som energitillskott i processen, reduceras behovet av tillskottsenergi (fossil eller biobaserad) med upp till 75 % mot vad som annars skulle vara fallet.

Dynamotives teknologi är idag inne i sin 5:e generation räknat från den bänkskaleanläggning som utvecklades 1995 över pilotanläggningar på först 0,5 ton biomassa/dag och därefter 2 ton/dag följt av 10 ton och 15 ton per dag till sin första kommersiella anläggning på 130 ton TS biomassa per dag i West Lorne, Ontario, Kanada som togs i drift 2005. Den senaste kommersiella anläggningen finns i Guelph, Ontario, Kanada sedan 2007 med en kapacitet av 200 ton TS per dag. I West Lorne använder man sig också av den tillverkade biooljan för att driva en 2,5 MW turbin bl.a. för att visa på biooljans möjligheter.

De har även utvecklat en teknik för att förädla biomassan till drivmedel som kallas Bingo (Biomass Into GasOil) som kan blandas med dagens konventionella fossila drivmedel. De uppger att man inom kort kan leverera detta drivmedel till en kostnad som ligger under 2 dollar per gallon (ca 4 kr/liter). Detta räknat på en anläggning som förbrukar 70 000 ton biomassa per år (200 ton TS/dag) och producerar ca 16 000 m³/år. De har dock räknat med en råvarukostnad på 30 USD/ton TS, vilket motsvarar endast 45 kr/MWh.

Förutom huvudprodukten BioOil® som kan användas i befintligt skick i exempelvis värme och energiproduktionsanläggningar alternativt omvandlas till drivmedel, får man också en restprodukt i form av biokol, CQuest BioChar. Genom att mala biokolet och blanda in 20 % i biooljan erhåller de en flytande produkt med högre energivärde för industriändamål som de kallar för BioOil Plus.

Dynamotive uppger att deras teknik ger mer bioolja än vad konkurrenterna klarar. Dessutom uppstår inga avfallsprodukter. De flesta råvaror uppnår ett utbyte till bioolja på 55 - 73 vikts-%, i några fall ännu högre. För bark och övrigt skogsavfall ligger utbytet till biolja på 62-70%. Utbytet till biochar ligger mellan 15-25 vikt-%. Den totala energiverkningsgraden uppges ligga runt 80 %.

Företaget lät nyligen meddela att de söker strategiska allianser i syfte att bättre kommersialisera sin teknik för tillverkning av andra generationens drivmedel från biomassa, se bilaga 5.

Tabell 5 Egenskaper hos Dynamotives bioolja

Parameter	Resultat
Vatteninnehåll, vikt-%	20.0
PH	2,2
Densitet 15 °C, kg/l	1,207
Övre värmevärde, MJ/kg	17,57
Nedre värmevärde, MJ/kg	15,83
Fast innehåll, vikt-%	0,06
Askandel vikt-%,	0,0034
Vätskepunkt, °C	-30
Tändpunkt, Flashpoint, °C	48
Viskositet, mm ² /s, 20 °C	47,18
Viskositet, mm ² /s, 50 °C	9,726
Kol, vikt-%	42,64
Väte, vikt-%	5,83
Kväve, vikt-%	0,10
Svavel, vikt-%	0,01
Klor, vikt-%	0,012
Alkali metaller	<0,003

Envergent Technologies, USA - ett joint venture mellan Ensyn och UOP

Ensyn startades 1984 i syfte att kommersialisera teknik för förvandling av biomassa till vätska genom snabb pyrolys. Huvudkontoret ligger i Ottawa, Ontario (Kanada), men man driver även projekt i USA.

Ensyn har sedan starten designat och byggt sju kommersiellt gångbara anläggningar i USA och Kanada. Den största har en kapacitet på 100 ton torr träråvara per dag och ligger i Renfrew, Ontario och togs i drift 2007. För närvarande planerar man att uppföra en anläggning som är 5 till 10 gånger större än den i Renfrew. Enligt företaget ser man sig i dag som den enda kommersiella tillverkaren av utrustning/teknik för snabb pyrolys där man har lång erfarenhet av kommersiell drift. Tillgängligheten är över 90 %.

Tekniken som Ensyn har utvecklat heter RTP (Rapid Thermal Processing) och liknar i allt väsentligt den teknik som Dynamotive saluför och som är typisk för snabb pyrolys. Dock använder man sig här av en "Transported Fluid bed" reaktor med marginellt högre temperatur (500 °C) jämfört med Dynamotives "Bubbling Fluid bed" reaktor. Råvaran in till RTP-reaktorn bör vara mald till 3-6 mm med en fukthalt på 6 %. Processen bygger på snabb upphettning och avkylning under 2 sekunder. På samma sätt som i Dynamotives process så använder sig Ensyn av restprodukter som ej kondenserbar gas, men också den fasta återstoden, för att generera energi till processen. Ensyn uppger att man vid en fukthalt på 40 % i ingående råvara har en process som är helt självförsörjande på energi med undantag för elektricitet till pumpar, fläktar och transportband. Ligger fukthalten högre krävs ett visst energitillskott medan en lägre fukthalt öppnar för möjligheten att snarare "exportera" överskottsenergi eller sälja biokol som bränsle.

Den bioolja som är huvudprodukten för Ensyns teknologi kan användas som ersättning för eldningsolja vid såväl uppvärmning som produktion av elektricitet, men den kan även med "traditionell" raffinadertechnik uppgraderas till fordonsdrivmedel.

Magellan Aerospace har utvecklat en typ av turbiner för Ensyns bioolja (troligen bioolja generellt). Dessa turbiner finns i storlekar från 1 MW till 25 MW och beroende på utförande med en energieffektivitet från 29 % upp till 41 %.

Biooljan kan även användas för att utvinna en rad kemikalier (idag över 30 stycken) för användning inom exempelvis mat- och smaksättningsindustrin, plastindustrin eller som lim inom byggnadsindustrin t ex vid limning av träfiberskivor och laminatskivor.

I syfte att kommersialisera sin teknik för snabb pyrolys till andra generationens biodrivmedel bildade Ensyn ett joint venture med UOP (USA) med namnet Envergent Technologies med säte i Des Plaines, Illinois. Se även bilaga 6.

UOP, som ingår i Honeywell gruppen, är ett av världens ledande företag när det gäller att tillhandahålla processteknik och licenser inom raffinering av olja, men även som konsultföretag till gas- och oljeindustrin.

Tabell 6 Några olika utbyten och värmevärden för bioljan vid olika typer av biomassa.

Biomass Material	Yield (wt%)	Gross Caloric Value (MJ/kg)	Higher Heating Value (Btu/lb)
Hardwood	70-75	17.2 - 19.1	7,400 – 8,200
Softwood	70-80	17.0 – 18.6	7,300 – 8,000
Hardwood Bark	60-65	16.7 – 20.2	7,180 – 8,680
Softwood Bark	55-65	16.7 – 19.8	7,180 – 8,500
Corn Fiber	65-75	17.6 – 20.2	7,570 – 8,680
Bagasse	70-75	18.9 – 19.1	8,100 – 8,200
Waste Paper	60-80	17.0 – 17.2	7,300 – 7,400

I november 2009 tillkännagav Envergent att man ingått avtal med det italienska kraftproduktionsföretaget Industria e Innovazione om att bistå med tekniskt kunnande och licenser vid uppförandet en anläggning för snabb pyrolys av biomassa till bioolja. Syftet är att producera el från en gasturbin som drivs med bioolja eftersom förnybar el åtnjuter särskilt högt stöd i Italien. Råvaran skall vara en blandning av rester från tallskog och bygg/träavfall. Kapaciteten på anläggningen uppskattas till ca 150 ton torr råvara per dag, vilket motsvarar ca 30 MW. Anläggningen planeras att tas i drift under 2012 och blir då den första kommersiella anläggningen i Europa för tillverkning av pyrolysolja.

Tekniken för uppgradering av bioolja till drivmedel (diesel, bensin, jetbränsle) bedömer man vara klar för kommersialisering år 2012, i första hand genom licenser. UOP står för kunnandet kring uppgraderingen där deras FCC teknologi skall användas. Storleken på dessa anläggningar beräknas ligga mellan 80 000 m³/år till över 1 miljon m³/år.

BTG Biomass Technology Group BV, NL

BTG's teknik för snabb pyrolys bygger på Rotating Cone principen och har utvecklats under 20 år. I dagsläget finns endast en kommersiell anläggning. Den togs i drift 2005 i Malaysia där råvaran utgörs av rester från utvinning av palmolja. Uppskalning har skett i flera steg och är nu på 40 ton/dag. Under det kommande året byggs en anläggning i Hengelo, Holland med kapaciteten 125 ton skogsråvara per dag. Den fortsatta kommersialiseringen av BTG's teknik för snabb pyrolys skall ske av ett dotterbolag, BTG-Bioliquids.

Metso, Finland

Metso har i samarbete med UPM, Fortum och VTT utvecklat en process för snabb pyrolys som nu testas i en demoanläggning på 2 MW vid Metso R&D center i Tammerfors under perioden juni 09 – dec 10. Råvara är skogsavfall (bark, stubbar, klenvirke) och sågspån. Visionen är att biooljan skall ersätta fossil eldningsolja för tillverkning av värme och el, men på längre sikt användas för tillverkning av drivmedel och specialkemikalier. Metso har stått för integreringen av pyrolyreaktorn med en CFB-panna.

Tekniken har på senare tid utvecklats av Metso från de patent och den forskning VTT har gjort på området sedan 1990-talet.

Sannolikt är det en vidareutveckling av Forestera-tekniken som är en CFB-reaktor för snabb pyrolys. En pilotanläggning (0,5 ton/h) testades framgångsrikt av Neste Oil (då Fortum) vid deras raffinaderi i Porvoo under 2003. Krav på råvaran var < 8 mm och en fukthalt < 10 %. Enligt uppgift från Steven Gust, Fortum beräknades då kostnaderna för en större anläggning (ex 200 ton TS/dag) ligga på samma nivå som för Dynamotive. Biooljan höll även något högre kvalitet och den påstods därför kunna ersätta både lätt och tung eldningsolja. Övriga värden var likartade med andra pyrolysoljor. Processen gav dock en något lägre energiverkningsgrad (66 -70%).

Anledningen att man monterade ner anläggningen och inte gick vidare med en större anläggning var att de incitament på skattesidan som fanns i Sverige saknades i Finland och de flesta andra EU-länder.

NewEarth Renewable Energy Inc, USA

Företaget bildades 2006 i Seattle med inriktning att medverka till hållbara, smarta och konkurrenskraftiga lösningar för en hållbar värld. De har utvecklat en egen process för både pyrolys och torrefiering med namnet ECO Pyro-Torrefaction (EPT) process. Processen beskrivs inte närmare på deras hemsida men verkar vara en form av karbonisering ("medium range pyrolysis process") vilket sker vid lägre temperatur och längre reaktionstider än vad som gäller vid snabb pyrolys. Processen ger lika stora utbyten av biokol och bioolja med en verkningsgrad över 90 %, vilket är osedvanligt högt.

Den första kommersiella anläggningen är i drift sedan 2009 med över 2000 driftstimmar. I likhet med andra pyrolyprocesser erhålls tre olika produkter; en fast (E-Coal), en flytande (E-Oil) och en produktgas som används för att driva processen, vilket gör processen självförsörjande på energi. Produkterna säljs främst till elproducenter i USA och Kanada som önskar konvertera till förnybara bränslen.

E-Oil verkar hålla en genomgående bättre kvalitet än konventionell pyrolysolja med bl.a. lägre vattenhalt, högre pH, bra stabilitet och högre energiinnehåll. Enligt NewEarth skall den kunna användas som eldningsolja utan krav på materialbyte men även duga som fartygsbränsle då kraven ständigt skärps på låg svavelhalt i oljan. Den skall även vara lättare att vidareförädla till ett högvärdigt bränsle än annan pyrolysolja. Även produktionskostnaden uppges vara lägre.

E-Coal har ett värmevärde i samma nivå som kol. Det erbjuds i fyra energiklasser som då direkt skall kunna ersätta fossilt kol beroende på vilken kolkvalitet som avses.

Produkten kan även användas som jordförbättringsmedel innehållande ämnen som i vissa fall förbättrar utbytet med över 100 % för vissa grödor, men kring 13 % för övrig biomassa. Det blir då en form av kollagring som för varje ton biokol som läggs i jorden berättigar till tre utsläppsrätter motsvarande tre ton CO₂, se bilaga 3.

NewEarth erbjuder intresserade företag att köpa och provelda 1000 ton E-coal och 100 fat E-oil (motsvarar ca 15 m³) i sina egna anläggningar till ett introduktionspris ("one time spot price"). De söker nu kunder inom kolkraftsektorn för långtidskontrakt för leveranser av E-coal. Det är oklart om de även är intresserade att sälja licenser för att möjliggöra en tillverkning utomlands.

Mer information har begärts in, men inget svar har ännu inkommit.

4 KOSTNADER OCH LÖNSAMHET

Utgångspunkten för studien är att hitta lönsamhet då de förädlade biobränslena ersätter eldningsmedel med fossila bränslen. Det är en etablerad marknad och en stor del av de fossila bränslena har redan ersatts med biobränslen i fast eller flytande form. Benägenheten att göra ett sådant bränslebyte är störst bland de företag som har ett högt skattetryck och omfattas av handel med utsläppsrätter. Störst är detta skattetryck bland producenter av värme och el. Skattelättnaderna för fossila bränslen är stora i den tillverkande industrin och de utgör således ingen målgrupp i denna studie.

En likartad situation verkar gälla i England. Genom politiska styrmedel kan biokol vara en lönsam ersättning för kol som används för tillverkning av el.

Än större lönsamhet kan erhållas genom att sälja biokol och bioolja till företag inom oljeindustrin eller kemisk industri som önskar vidareförädla bioolja till högvärdiga drivmedel eller specialkemikalier, men den marknaden är tämligen oklar och har inte närmare utretts.

4.1 Skatter, utsläppshandel och elcertifikat

Här följer en genomgång av de skatter och avgifter som finns inom el- och värmesektorn i Sverige.

Skattetrycket är betydligt större för värmeverken än för kraftvärmeverken, se tabell 7. Det har medfört att det idag inte eldas någon stenkolkol längre i värmeverken. Däremot förbrukas det fortfarande 36 000 m³ Eo5 och ca 50 000 m³ Eo1 för 2009 (SCB).

Förutom bränsleskatt skall även hänsyn tas till handel med utsläppsrätter. Då tillkommer en kostnad för köp av utsläppsrätt som uppgår till ca 150 kr per ton CO₂ (maj 2010), vilket vid förbränning av Eo5 respektive stenkolkol motsvarar 40 kr/MWh (2,92 ton CO₂ per m³ olja (Preem)) respektive 70 kr/MWh (3,5 ton CO₂ per ton stenkolkol (Svenska Kolinstitutet)).

Då producenter av el och värme eldar biobränslen behöver de inte kompensera för sina utsläpp genom att köpa utsläppsrätter. De som tillverkar el får tvärtom en intäkt för elcertifikat som uppgår till ca 280 kr/MWh (maj 2010). Dessa kommer dock att fasas ut från systemet 2012 eller 2014 för anläggningar som togs i drift före 2003 (Energimyndigheten).

Allt sammantaget gör att det kan vara lönsamt för företaget att börja elda bioolja och biokol även om priset per MWh överstiger priset för den fossila produkten och även om

det innebär en kostnad för anpassning av utrustningen särskilt vid övergång till eldnings med bioolja.

Tabell 7 Tabellen visar skatt för värmeverk och KV-verk vid inköp av Eo5 och stenkol under 2010 (Larsson).

Produkt Eo5						
	energiskatt kr/m3	CO2-skatt kr/m3	svavel kr/m3	totalt kr/m3	kr/MWh	noteringar
värmeverk	791	3013	108	3912	370	full skatt
	791	2832	108	3731	353	nedsatt CO ₂ -skatt med 6 %
KV värme	0	211	108	319	30	ingen energiskatt, nedsatt CO ₂ -skatt med 93 %
KV -el	0	0	108	108	10	ingen energiskatt, nedsatt CO ₂ -skatt med 100 %

Produkt stenkol						
	energiskatt kr/ton	CO2-skatt kr/ton	svavel kr/ton	totalt kr/ton	kr/MWh	noteringar
värmeverk	336	2622	150	3108	411	full skatt
	336	2622	150	3108	411	
KV-värme	0	184	150	334	44	ingen energiskatt, nedsatt CO ₂ -skatt med 93 %
KV -el	0	0	150	150	20	ingen energiskatt, nedsatt CO ₂ -skatt med 100 %

4.2 Underlag för kalkylerna

För att beräkna lönsamheten i kalkylerna under avsnitt 4.4 och 4.5 finns följande underlag och antaganden som ingångsvärden.

Grundpris för biooljan antas vara pris för Eo5 inklusive bränsleskatt. För biokolet antas grundpriset vara priset för stenkol inklusive bränsleskatt. Det antas vidare att ett påslag på priset kan göras motsvarande en tredjedel av intäkten för elcertifikaten (i de fall kunden tillverkar el), dvs. för närvarande 90 kr/MWh. Det faktum att kunden slipper kostnaden för utsläppsrätter blir ytterligare en anledning att övergå till biobränslen.

Beräkningarna baseras på ett oljepris (Brent) på 80 USD/fat. Priset för Eo5 motsvarar priset på Fuel oil med svavelhalt < 1 %. Priset för Fuel oil i Sverige 2010-05-10 var då 434 EUR/ton exkl. skatt för Sverige, vilket motsvarar 360 kr/MWh, se bilaga 9.

Tabell 8 Tabellen visar beräknat pris/MWh för bioolja för några tänkta kundgrupper. De priser som är markerade med grönt tas med i kalkylen i avsnitt 4.5.

	värmeverk	KV-verk /el	KV-verk /värme
Pris Eo5	360	360	360
Skatt	353	10	30
Elcert (33 %)	-	90	-
Pris bioolja	713	460	393

Kolpriset för leverans till västeuropeisk hamn har under 2009 legat på 80 - 90 USD/ton (Svenska Kolinstitutet), vilket hos slutkund blir ca 100 kr/MWh (Mälarenergi).

En närmare titt på England visar att kol kostar mer där, vilket kan tyckas märkligt och detta har inte närmare kunnat verifieras. Om det är korrekt innebär det att koleldade kraftverk i England är en mycket intressant målgrupp för biokol, se bilaga 7 och 8.

Tabell 9 Tabellen visar beräknat pris/MWh för biokol till kraftvärmeverk i Sverige och kraftverk i England. De priser för bioolja och biokol som är markerade med grönt medtas i kalkylen.

	KV-verk /el	KV-verk /värme	Kolkraft England
Pris stenkol	100	100	240 (£ 22)
Skatt	20	44	100 (£ 9)
Elcertifikat (33 %)	90	-	90
Pris biokol	210	144	430

Pris på råvaran har satts till 170 kr/MWh som är det pris marknaden är beredd att betala för skogsflis och biprodukter till värmeverk, se bilaga 10 (Prisblad, Energimyndigheten). För den som äger råvaran är detta ett alternativ till vidare förädling och används därför som ingångsvärde i kalkylen.

Ekonomisk livslängd på anläggningen sätts till 15 år med 8 % kalkylränta vilket ger en annuitet på 0,117. Drifftid beräknas till 8 000 timmar.

Valutakurser 7,50 kr/USD och 9,60 kr/EUR (5 maj 2010), dvs. innan turbulensen på finansmarknaden började.

Kostnad för underhåll sätts enligt schablon till 7 % av investeringen för grundutrustning.

Personalkostnad beräknas till 500 000 kr/person. Anläggningen går på 5-skift med två personer/skift. Administration och ledning är 2 personer. Det blir totalt 12 personer.

Den rörliga kostnaden för frakt av biokol med tåg vagn i Sverige har satts till 20 öre/MWh, km (Svanberg). Fraktavstånd bedöms vara 50 mil (Värtaverket i Sthlm och Mälarenergi i Västerås), varför fraktpåslaget till dessa kraftvärmeanläggningar blir minst 100 kr/MWh. Det sker dock genom ett påslag på priset och utelämnas helt i kalkylen.

4.3 Lönsamhet - Pelletering

Sverige har sedan 1990-talet tillverkat pellets i allt större omfattning. Den svenska produktionen kommer under 2010 troligen att överstiga 2 miljoner ton för att möta den ständigt ökande efterfrågan på hemmaplan, men marknaden växer även utomlands där den svenska exporten under 2009 uppgick till 90 000 ton. I Sverige finns för närvarande 80 pelletsfabriker där flera nu bygger ut sin kapacitet (SVEBIO).

För en konventionell pelletsanläggning med sågspån som råvara ligger investeringen i storleksordningen 20 - 25 Mkr per 10 000 ton pellets. För en anläggning som tillverkar 50 000 ton pellets blir då investeringen 100 - 125 Mkr medan en anläggning med kapaciteten 90 000 ton pellets/år beräknas kosta 180 – 225 Mkr.

Om pelletsanläggningen skall anpassas för sämre råvara (grot, bark, torv, stubbar) innebär det en ökad investering för hantering och blandning av de olika råvarorna. Dessutom innebär det ett större slitage på utrustningen med ökade kostnader för underhåll som följd. Kvaliteten på den färdiga pelleten är sannolikt något lägre, vilket gör att bränslet inte kan säljas för det högre priset som gäller för villamarknaden utan kundgruppen kommer att vara värmeverk och kraftvärmeverk till ett något lägre pris än ren pellets från sågspån.

I denna studie har det inkommit några uppgifter från tillverkare inom torrefiering av biomassa. Den samlade bilden är att investeringen för en torrefieringsanläggning är lägre än en konventionell pelletsanläggning som hanterar samma mängd biomassa (torrsubstans) in till fabriken trots att vi gjort ett påslag med 25 % på investeringen för en torrefieringsanläggning. Med det påslaget verkar motsvarande investering för torrefiering inklusive pelletering ligga i storleksordningen 11 – 17 Mkr per 10 000 ton biomassa (TS) in till anläggningen och 20 – 24 Mkr per 10 000 ton torrefierade pellets.

Den slutsats vi gjort är att pelletering med sämre råvara än sågspån innebär en större investering och ger ökade kostnader för en produkt med lägre kvalitet jämfört med torrefiering med, eller utan, pelletering. Vi har därför valt att inte utreda saken närmare.

4.4 Lönsamhet – Torrefiering

Det ligger närmast till hands att använda biokol som ersättning för kol i kraftvärmeverk genom sameldning, så kallad co-firing. En bedömning har gjorts angående prisnivån för biokol på den svenska och engelska marknaden, se avsnitt 4.2.

I Sverige uppgår den totala förbrukningen av stenkol till drygt 300 000 ton per år (SCB) fördelat på fyra kraftvärmeverk (Stockholm, Västerås, Norrköping och Linköping).

I England svarar stenkol för 35 % av den totala energimixen, vilket motsvarar över 20 miljoner ton. Den engelska regeringen har beslutat att förnybar el skall öka från nuvarande 5,5 % till 30 % år 2020 vilket har förutsättningar att skapa en gigantisk marknad för biokol, se bilaga 7.

Biokol i pelletsform kan även ersätta vanliga pellets varför en bedömning av lönsamheten även gjorts om produkten säljs till pelletspris i Sverige.

I kalkylen finns ett stort mått av osäkerhet. Den angivna investeringen har erhållits från Topell Energy respektive BioEndev. Ett påslag på 25 % har gjorts för bl.a. förbehandling av råvara (flisning, torkning, malning etc.), markarbete och lagring av färdig produkt. För övriga värden i kalkylen se avsnitt 4.2.

Tabell 10 Kalkylen visar investering samt mass- och energibalanser för Topell Energy och BioEndev

	Topell	BioEndev
Investering, Mkr		
enl tillverkaren	130	70
extra på plats, + 25 %	32,5	17,5
	162,5	87,5
Massbalans		
torrefierat ton/h	10	4,5
råvara, ton/år , 30% fukt	150600	76800
råvara, ton TS/år	94100	48000
biokol, ton/år	80000	36000
värmvärde biokol, MJ/kg	22	20
effekt, MW	48	24
drifttimmar	8000	8000
råvara kr/MWh	170	170
Energibalans, GWh		
- råvara	471	222
- biokol	425	200
- gaser	43	22

Tabell 11 Lönsamhetskalkyl för två olika anläggningar för torrefiering vid tre olika prislägen

	KV Sv	Topell pellets Sv	KV GB	KV Sv	BioEndev pellets Sv	KV GB
Intäkter						
biokol, 210 kr/MWh	89			42		
biokol, 300 kr/MWh		128			60	
biokol, 430 kr/MWh			183			86
	89	128	183	42	60	86
Kostnader						
råvara, 170 kr/MWh	80	80	80	37,7	37,7	37,7
drift och underhåll	19	19	19	10	10	10
kapital, 15 år, 8 %	19	19	19	10,2	10,2	10,2
	118	118	118	58	58	58
Resultat före skatt	-28,8	9,5	64,7	-16	2	28,0
Skatt 35 %		3,3	22,6		0,7	9,8
Resultat efter skatt	-28,8	6,2	42,1	-16	1,3	18,2
Pay-off tid, år		26	3,9			4,8
Prod kostnad biokol kr/MWh		89			100	

Kalkylen visar att störst lönsamhet erhålls vid försäljning till engelska kraftverk då vinsten efter skatt blir 42,1 Mkr för Topell Energy med en pay-off-tid på 3,9 år. Motsvarande resonemang för en anläggning från BioEndev ger en vinst efter skatt på 18,2 Mkr med en pay-off-tid på 4,8 år. Fraktkostnaden till England som till övervägande del bör ske med båt har inte närmare undersökts, men beräknas ske genom ett påslag på priset. Denna kostnad är av största betydelse för om svenskt biokol skall bli en attraktiv produkt på den engelska marknaden eller inte.

Det är också lönsamt att sälja biokolet i Sverige till pelletspris även om vinsten blir mer blygsam. Fraktkostnad tillkommer och sker genom påslag på priset.

Däremot är det inte lönsamt att sälja biokol till svenska kraftvärmeverk under de förutsättningar som gäller i våra beräkningar.

Produktionskostnaden för torrefiering och pelletering uppgår till 89 - 100 kr/MWh enligt dessa beräkningar då kostnad för råvara inte tas med.

4.5 Lönsamhet – Pyrolysis

Inriktningen i detta skede är att bedöma lönsamheten då de tillverkade produkterna ersätter fossil eldningsolja och fossilt kol som bränsle för tillverkning av värme och el, se avsnitt 4.1.

Bioolja har egenskaper som gör den lämplig att ersätta eldningsolja 2-5. Enligt statistik från SCB uppgick denna förbrukning för el, gas och värmeverk under 2009 till 280 000 m³, medan det året innan låg på 210 000 m³. Merparten används som reservbränsle och vid spetslast. Värmeverkens del av detta är ca 30 000 m³.

Den biokol som produceras i processen och inte förbrukas internt beräknas kunna säljas till pelletspris dvs. till 300 kr/MWh (Prisblad, Energimyndigheten). Genom att mala biokolet och blanda in det i produktionen hos SCA Bionorr i Härnösand erhåller man en pellets med högre energiinnehåll som även borde kunna säljas till ett högre energipris.

I kalkylen finns ett mått av osäkerhet. Den angivna investeringen är uppskattad och beräknas kunna variera med +/- 50 %. Till den från tillverkaren angivna investeringen tillkommer ytterligare investeringar för bl.a. förbehandling av råvara (flisning, torkning, malning etc.), markarbete och lagring av färdig produkt. Denna investering räknas grovt till 25 % av investeringen för anläggningen.

För Dynamotive har utgångspunkten varit en anläggning på 200 ton biomassa/dag utifrån det material som finns angivet på deras hemsida och i presentationer. Då ingen kontakt uppnåtts med företaget är det oklart om energin i de gaser som recirkuleras även klarar att torka råvaran eller om extern energi måste tillföras.

Från Envergent har inkommit underlag för två storlekar på RTP-anläggning; 150 ton biomassa/dag och 400 ton/dag.

Utbytet av bioolja och biokol beräknas uppgå till 65 vikts-% respektive 15 vikts-%. Med torv som råvara blir oljeutbytet något lägre, ca 55 % (Bertelli).

Tabell 12 Kalkylen visar investering samt mass- och energibalanser för processerna hos Dynamotive och Envergent. Siffran efter företagsnamnet anger kapacitet på anläggningen i ton biomassa/dygn.

	Dynamotive 200	Envergent 150	Envergent 400
Investering, Mkr			
enl tillverkaren	150	150	262
extra på plats, antagande + 25 %	37,5	37,5	65,5
	187,5	187,5	327,5
Massbalans			
råvara, ton TS/h	8,3	6,2	16,7
råvara, ton TS/år	66600	50000	133000
bioolja, 65 vikts%	43290	32500	86500
biochar, 15 vikts %	10000		
gaser, 20 vikts%	13100		
effekt, MW	40	30	80
Energibalans, GWh			
- råvara	333	250	665
- bioolja	192	162	432
- biokol	76		
- gaser	30		

Eftersom gaserna och biokolet (i RTP-processen) används internt för Envergent utelämnas dessa uppgifter i energibalansen då de inte bidrar till någon säljbar produkt i kalkylen nedan.

Tabell 13 Intäkter och kostnader vid dagens oljepris (80 USD/fat). Kundgrupp är värmeverk.

Kundgrupp: Värmeverk	Dynamotive 200	Envergent 150	Envergent 400
Intäkter			
bioolja, 713 kr/MWh	136,9	115,5	308,0
biokol, 300 kr/MWh	22,8		
	159,7	115,5	308,0
Kostnader			
råvara, 170 kr/MWh	56,6	42,5	113,1
drift och underhåll	19	19	30
kapital, 15 år, 8%	21,9	21,9	38,3
	97,5	83,4	181,4
Resultat före skatt	62,1	32,1	126,6
skatt 35 %	21,7	11,2	44,3
Resultat efter skatt	40,4	20,9	82,3
Pay-off tid, år	4,6	9	4
Produktionskostnad, bioolja, kr/MWh	213	252	158

Under givna förutsättningar visar kalkylen en vinst efter skatt om bioljan säljs till svenska värmeverk på 40,4 Mkr för Dynamotives anläggning respektive 82,3 Mkr för Envergent's större anläggning. Det innebär en payoff-tid kring 4,6 respektive 4 år för de bägge anläggningarna. Produktionskostnaden exklusive råvarukostnad blir 213 kr/MWh för Dynamotives process och 158 kr/MWh för Envergent 400. Det är med andra ord vad själva förädlingen till bioolja kostar.

Hur påverkas vinsten om oljepriset stiger till 100 USD/fat vilket medför ett högre pris på biooljan men övriga värden är oförändrade?

Genom att studera förändringen av det svenska priset (exkl. skatt) för Fuel Oil under de sista två årens stora variationer för det globala oljepriset kan slutsatsen göras att vid 10 dollars höjning per fat av oljepriset (Brent) ökar priset på Eo5 (Fuel oil) med ett snittvärde av 35 Euro per ton vilket för närvarande innebär en ökning med 336 kr per ton. Fördelat på energibasis blir det en höjning av **33 kr/MWh**.

Efter all-time-high av oljepriset som inträffade i juli 2008 har det senaste årets ökning av oljepriset motsvarat en höjning av svensk Eo5 (Fuel oil) med 37 kr/MWh, vilket alltså är en högre ökningstakt än före juli 2008.

Intäkterna för bioolja vid ett oljepris på 100 USD/fat läggs in i kalkylen till ett beräknat utpris på 779 kr/MWh (713+66).

För Dynamotives anläggning innebär det att vinsten före skatt ökar med 12,7 Mkr till 74,8 Mkr. Resultat efter skatt blir 48,6 Mkr från tidigare 40,4 Mkr, dvs. en ökning med 20 %.

För Envergent 400 innebär det att vinsten före skatt ökar med 28,6 Mkr till 155,2 Mkr. Resultat efter skatt blir 100,9 Mkr från tidigare 82,3 Mkr, dvs. en ökning med 23 %.

I bägge fallen minskar payoff-tiden med 8-9 månader.

Här är det viktigt att konstatera att kundunderlaget är mycket begränsat. Den mängd Eo5 som eldas vid svenska värmeverk uppgår till ca 300 GWh, vilket endast är underlag för en pyrolysanläggning.

5 SLUTSATSER

Syftet med studien är att påvisa om det finns någon lönsamhet i vidareförädling av skogens biprodukter (här grot, bark, stubbar, torv) till pellets, torrefierat bränsle och bioolja via pyrolys.

Utifrån det underlag som ingår i studien och de antaganden som gjorts kan följande slutsatser göras:

- Störst lönsamhet uppvisar tillverkning av bioolja som ersätter tung eldningsolja i svenska värmeverk. Payoff-tiden blir 4,6 år för en anläggning (40 MW) från Dynamotive som kostar 187 Mkr. Den årliga produktionen uppgår till 43 300 ton bioolja (192 GWh) och 10 000 ton biokol (76 GWh). En dubbelt så stor anläggning från Envergent beräknas kosta 327 Mkr med en payoff-tid på 4 år. Produktionen av bioolja är då 86 500 ton (432 GWh) per år. Då oljepriset ökar från nuvarande 80 USD/fat till 100 USD/fat, vilket kan ske redan under 2010, stiger vinsten efter skatt med ca 20 % och payoff-tiden minskar med 8 - 9 månader i bägge fallen.

Förbrukningen av Eo5 i värmeverk uppgår till ca 300 GWh. Det innebär att det i denna kundgrupp endast finns underlag för en pyrolysanläggning. En tänkbar lösning är dock att avtal kan göras med kraftvärmeverk som vill minska sitt beroende av fossil eldningsolja. Vid kontakt med miljöchefen på Sundsvall Energi finns ett uttalat intresse för pyrolysolja som ersättning för deras 150 GWh Eo5.

Vår rekommendation är att provelda den bioolja som nu tillverkas i anläggningar från dessa företag. Vidare bör lönsamheten och produktkvaliteten undersökas för den tillverkningsprocess som NewEarth (USA) har utvecklat. Den processen ger lika stora utbyten av bioolja och biokol. Dessutom anser vi att den uppgradering av biooljan som både NewEarth och Dynamotive utvecklat är värt en närmare granskning. En sådan produkt har ett högre marknadsvärde och kan troligen användas som drivmedel alternativt som ett lågsvavligt bränsle i SCA's egna fartyg, vilket kanske är en tilltalande lösning på flera sätt när kraven skärps.

- Torrefiering av biomassa är nära kommersialisering och flera fullskaleanläggningar planeras att tas i drift under de kommande 12 månaderna i Belgien, Holland, Sverige och USA. Torrefierad pellets har mycket goda förutsättningar att bli en stor internationell handelsvara i likhet med vanliga pellets. Fler och billigare råvaror kan nyttjas till en bättre produkt med högre energivärde som i pelletsform

kraftigt reducerar transport- och lagringskostnaderna utan att investeringen för en anläggning blir högre än för en konventionell pelletsfabrik. Genom nationella stimulanser kommer biokol via torrefiering att ersätta fossilt kol i olika grad med störst efterfrågan i de EU-länder som har infört kraftfulla styrmedel för att främja el från förnybar energi, inte minst från biomassa.

Studien visar att biokol som ersättning för stenkolk i engelska kraftvärmeverk är mest lönsamt med en pay-off-tid på knappt fyra år för en större anläggning från Topell Energy (48 MW) till en investering av 162 Mkr. För en mindre anläggning från BioEndev (24 MW) som kostar 87 Mkr blir pay-off-tiden knappt fem år. Det sker till ett kalkylerat marknadspris av 430 kr/MWh exklusive fraktkostnad. Priset baseras på en källa och måste granskas ingående i likhet med fraktkostnaden som sannolikt är avgörande för en framgångsrik export till England.

Även om biokolet säljs i Sverige till vanligt pelletspris (300 kr/MWh) uppstår en vinst. Om torrefieringsanläggningen dessutom lokaliseras nära råvaran och nära en extern anläggning för integrering av energiflöden, till exempel ett värmeverk eller annan industriell anläggning, kan lönsamheten förbättras ytterligare.

Vår rekommendation är att SCA är med tidigt i en sådan satsning för att få ett försprång som en aktör på denna framväxande och troligen alltmer lönsamma marknad, men som i hög grad avgörs av politiska styrmedel. Då det finns många leverantörer av teknik för torrefiering är hög tillgänglighet, liten personalstyrka och låg investeringskostnad per ton torrefierad produkt viktiga parametrar för att uppnå hög lönsamhet. I syfte att få ökad kunskap samt en möjlighet till medverkan i utvecklingen av svensk teknik för torrefiering kan en anläggning från BioEndev vara en bra början. Genom deras kontakter till svenska och utländska förgasningstillverkare kan dessutom tester göras på förgasning av biokolpulver. Vid ett positivt utfall kan det i sin tur leda till en anläggning där hela kedjan till drivmedel demonstreras. Det behöver nödvändigtvis inte ske på samma ställe. Torrefiering kan till exempel med fördel ske i mindre anläggningar nära råvaran i inlandet, medan förgasning och drivmedelssyntes inklusive upparbetning kan ske i en större anläggning vid norrlandskusten för integrering med annan industrianläggning eller produktionsanläggning för värme och el för nyttjande av överskottsvärme.

6 REFERENSER

- 4Energy Invest, Belgien. www.4energyinvest.com
- AtmosClear S A, www.atmosclear.com
- Bergman, P C A, Combined torrefaction and pelletisation. ECN Petten, NL (2005)
- Bertelli, Claudio. Global Business Development Manager, Envergent Technologies, Des Plaines, IL, USA. Personlig kontakt med tel och e-post (maj 2010)
- BioEndev AB. www.bioendev.se
- Bridgwater, Tony. Bioenergy Research Group, Aston University, Birmingham, GB
- BTG, Biomass Technology Group, Holland. www.btgworld.com
- Burvall, Jan. Utv ansvarig råvaror, Skellefte Kraft, Skellefteå. Personlig kontakt (maj 2010)
- Bäck, Mats. Miljöchef, Sundsvalls Energi, Sundsvall. Personlig kontakt (maj 2010)
- Dynamotive, Canada www.dynamotive.com
- Energimyndigheten. Energiläget 2009.
- Energimyndigheten. Prisblad för biobränslen, torv mm. Nr 1/2010
- Envergent, USA. www.envergenttech.com
- Gevert, Börje. Docent, inst för teknisk ytkemi, Chalmers. Personlig kontakt (maj 2010)
- Gust, Steven. Neste Oil, Porvoo, Finland. Kontakt via e-post (nov 2004)
- Håkansson K, Nordin A et al. Process and system integration aspects of biomass torrefaction. Inst för ETPC, Umeå Universitet, Umeå (2010)
- Integro Earth Fuels, USA. www.integrofuels.com
- Jonsson, Ulf. Inköpare, Sundsvalls Energi, Sundsvall. Personlig kontakt (maj 2010)
- Kalén, Gunnar, forskare BTC – SLU, Umeå. Kontakt via tel (maj 2010)
- Kjellström, Björn. Prof Luleå tekniska univ, Luleå. Flytande bränslen från skogsråvara (2000)
- Kvarnström, Theres. Fasa ut sista oljan. Rapport 1459. Svensk Fjärrvärme (2009)
- Larsson, Erik. Skatteexpert, Svensk Fjärrvärme. Kontakt via e-post och tel (maj 2010)
- Lewkowicz, Henry. Managing Partner G-Energy Technologies, Owing Mills, MD, USA. Epost (maj 2010)
- Metso Corp. , www.metso.com
- Mohan D, Pittman C, Steele P. Pyrolysis of Wood/Biomass for Biooil: A Critical Review. Energy & Fuels. Mississippi State Univ, Mississippi, USA (2006)
- Mälarenergi, Västerås. Telefon med Jens Nävén och Helen Damstedt (maj 2010)
- NewEarth Renewable Energy Inc. 2010. www.newearth1.net
- Nordin, Anders. Professor ETPC, Umeå universitet, Umeå. Torrefiering – teknik, utveckling och möjligheter (april 2010)
- Oil bulletin, European Commission. http://ec.europa.eu/energy/observatory/oil/bulletin_en.htm

Piskorz, J., et al. In Pyrolysis oils from Biomass, Soltes, E.J., Milne, T.A., Eds., ACS Symposium Series 376 (1988)

Poldervaart, Jacques. Polow Energy Systems bv, NL. Torrefaction presentation (2008)

Polow Energy Systems, Holland. www.polow.nl

Preem, Produktinformation Eo5, www.preem.se

SCB. Bränslen. Leveranser och förbrukning av bränsle fjärde kvartalet samt året 2009. www.scb.se

Svanberg, Martin, Avd för logistik och transport, Chalmers. Studie fraktkostnader (2010)

SVEBIO. Svenska Bioenergiföreningen, www.svebio.se

Svensk Fjärrvärme. Förnybar ersättning av olja i spetslastproduktion. Rapport 2006:5

Svensk Fjärrvärme. Statistik på hemsidan www.fjarrvarme.se

Task 34 IEA, Pyrolysis network, www.pyne.co.uk

Terra Green Energy, USA. www.terragreenenergy.com

Topell Energy, Holland. www.topell.nl

Tricorona. www.tricorona.se

van der Burg, Robin Post, Topell Energy, den Haag, NL. Kontakt via e-post (maj 2010)

Venderbosch RH + Prins W. Fast pyrolysis technology development. Biomass Technology Group, Enschede, NL (2010)

VTT, Finland. www.vtt.fi

Värmeforsk. Flytande biobränslen för värme och el-prod. Rapport 1132 (maj 2010)

BILAGOR

- Bilaga 1 Torrefaction presentation 2008, Polow Energy systems, NL
- Bilaga 2 Produktblad Torre-Tech 5.0. Agri-Tech Producers, USA
- Bilaga 3 Broschyr E-coal. NewEarth Renewable Energy, USA
- Bilaga 4 Torrefaction by G-Energy, USA
- Bilaga 5 Presentation BioOil upgrading. Dynamotive, Canada
- Bilaga 6 Broschyr Envergent Technologies, USA
- Bilaga 7 Drax suspends plan to replace coal. Artikel The Times 2010-02-19
<http://www.timesonline.co.uk/tol/news/environment/article7032738.ece>
- Bilaga 8 Prisnivåer kol och biomassa i England, The Times
- Bilaga 9 Oil bulletin, 2010-05-10. EU commission, DG Energy
- Bilaga 10 Prisblad för biobränslen, torv m.m. Nr 1/2010, Energimyndigheten