

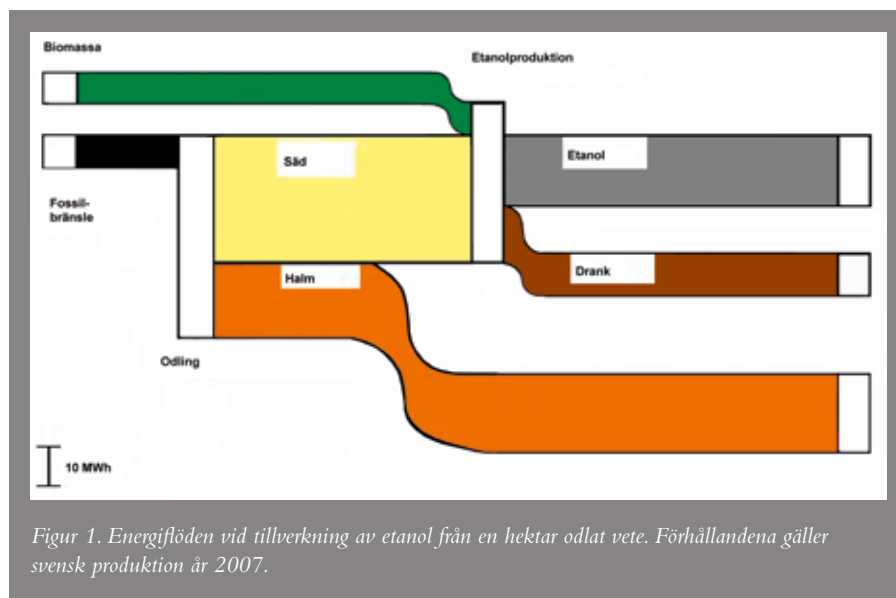
Gunnar Eriksson



Foto Gunnar Eriksson

## Rester från tillverkning av biodrivmedel – kemiska och biokemiska processer

- Tillverkning av biodrivmedel ger stora mängder restprodukter. Det gäller att hitta användningar som gör drivmedeltillverkningen ekonomisk och som gör så stor nytta för miljön och klimatet som möjligt. Om restprodukterna används som bränsle kan de försörja tillverkningsprocessen med värme, samt producera el och på så sätt ersätta fossilbränslen i kraftverk.
- Etanol från skogsråvara har en mindre inverkan på klimatet än etanol från grödor, och konkurrerar inte med livsmedelsproduktion.
- Etanol är just nu världens vanligaste biodrivmedel och tillverkas huvudsakligen av sockerrör i Brasilien och majs i USA. I Sverige och övriga Europa, liksom i Kanada, är vete en vanlig råvara.
- Det mest använda biodrivmedlet i Europa är biodiesel framställd av växtoljor, främst rapsolja, genom s.k. transesterifiering bl.a. med svensk tillverkning i Karlshamn. Återstoden (s.k. rapsmjöl) används till foder.
- En möjlig användning av rapsmjöl är som en svavelhaltig tillsats för bränslen med höga klor- och kaliumhalter i storskalig fluidbäddsförbränning. För vetedranken, en restprodukt från vetebaserad etanoltillverkning, är foder sannolikt den bästa användningen, därefter rötning till biogas. Om vetedrank ska eldas, bör den vara utblandad med stora mängder av kalcium- och magnesiumrika bränslen (som bark).
- Lignin från träbaserad etanoltillverkning har en väldigt låg benägenhet att orsaka slaggning vid förbränning eller problem med agglomerering i fluidbäddar.
- Lignin kan användas i kraftvärmeverk. Kombicykel, som utnyttjar den låga alkalihalten, skulle kunna omvandla en större andel av bränsleenergin till el än en ren ångcykel. Genom att den producerade elen kan ersätta kolkraftverk, skulle detta kunna ge en positiv effekt på klimatet till en låg kostnad. Tekniken behöver dock vidareutvecklas.



Figur 1. Energiflöden vid tillverkning av etanol från en hektar odlad vete. Förhållandena gäller svensk produktion år 2007.

brungult pulver som kallas *rapsmjöl*. Liksom vetedrank hade rapsmjöl högre halter av S, N, K och P än andra biobränslen. Rapsmjöl hade högre halter av Ca och Mg än vetedrank. Rapsmjöl används, liksom vetedranken, idag främst till djurfoder. Om produktionen av rapsbaserad biodiesel ökar kan andra användningar behövas, och rapsmjölets egenskaper som biobränsle har därför intresse.

Det finns två fasta restprodukter från träbaserad etanoltillverkning (Figur 2), *ligninet* från hydrolysen (där cellulosan och hemicellulosan bryts ner till socker), och *destillationsresten* (som innehåller ojäst socker och upplöst oorganiskt material). Ligninet har ett litet innehåll av askbildande grundämnen, men högt värmevärde. I synnerhet kan processen utformas så att ligninet får anmärkningsvärt låg halt av alkali (kalium och natrium), eftersom detta lakas ut under hydrolysen. Detta gör att bränslet är betydligt mer lämpligt för gasturbineldning än typiska biobränslen.

## Förbränningsförsök

För biobränslen finns risk för askrelaterade problem som slagning, bäddagglomerering och korrosion på ångtuber vid höga temperaturer. Bäddagglomerering innebär att sanden i fluidbäddar klippar ihop. För att undersöka den risken utfördes förbränningsförsök i laboratorieskala. Tre viktiga förbränningsmetoder användes:

- pulverbrännare – höga temperaturer.
- rosterförbränning – medelhöga temperaturer, egentligen en övermatad pelletsbrännare för att ge liknande förhållanden.
- fluidbädd – låga temperaturer.

■ Vid SLU i Umeå har förbränningsförsök med tre typer av restprodukter från biodrivmedel genomförts i samarbete med Luleå Tekniska Universitet (LTU), Umeå Universitet och Energitekniskt Centrum i Piteå. En systemanalys för användning av lignin från träbaserad etanoltillverkning i kraftvärmeverk utfördes också i samarbete mellan SLU och LTU.

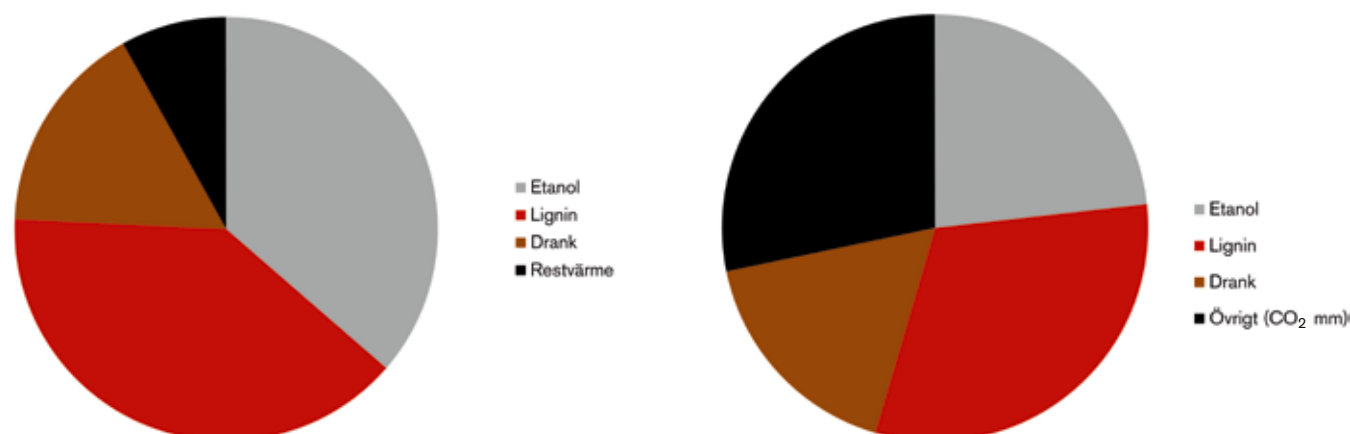
De här studerade processerna utnyttjar alla råvarans kemiska sammansättning, genom *kemiska eller biokemiska processer*. Den andra stora utvecklingslinjen för biodrivmedel är *termisk förgasning* (med avverkningsrester, jordbruksavfall och massalutar bland de tänkbara råvarorna), innebär kraftig nedbrytning av råvaran, vilket ger högre drivmedelsutbyte och inte lika mycket restprodukter.

*Etanol* tillverkas i Norrköping i Agroetanols fabrik, där man använ-

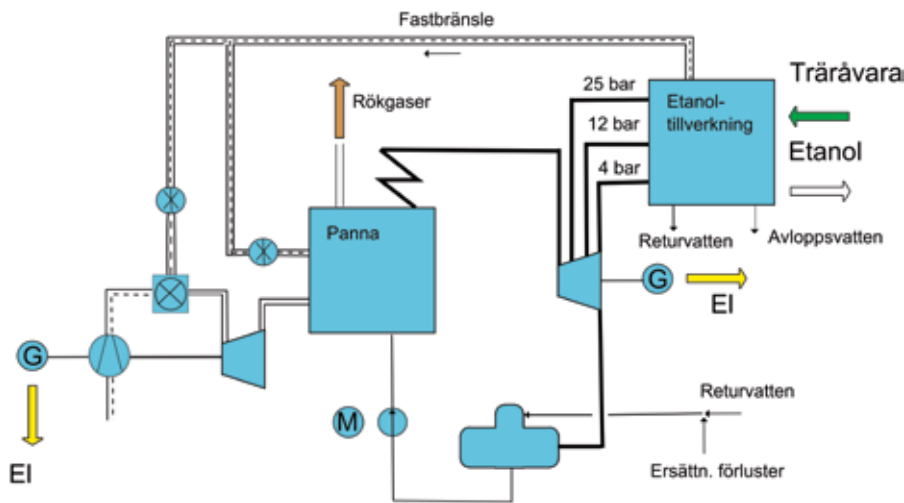
der vete som råvara. Eftersom träflis, i stället för fossilbränslen, används som tillsatsbränsle, är denna process relativt fördelaktig ur klimatsynpunkt. Det är bara vetets stärkelseinnehåll som kan omvandlas till glukos och jäsas till etanol. Resten bildar en restprodukt, den s.k. *dranken* (Figur 1).

Liksom många andra jordbruksbränslen innehåller vetedrank mycket alkali och fosfor, medan kiselhalten är lägre. Klorhalten är hög. Halterna av kväve och svavel är höga, vilket kräver rening, men svavelinnehållet (0,5 % torrsubstans) kan vara en askkemisk fördel. Restprodukten används för närvarande som foder, och bidrar till klimatnyttan genom att den ersätter importerat foder.

Rapsoljan pressas ut ur fröna, och ytterligare olja extraheras kemiskt. Det som återstår av rapsfröna efter den kemiska extraheringen av oljan är ett



Figur 2. Träbaserad etanoltillverkning; Utbyte i andel av råvarans energi vid enzymatisk hydrolysis (vänster) och i andel av råvarans torrsubstans vid svagsyrahydrolysis (höger).



Figur 3. Processdiagram för alternativ 4 i systemanalysen. Etanoltillverkningen använder ånga vid tre olika tryck, och ger bränsle till kraftvärmeproduktion med en kombicykel.

I försöket med pulverbrännare eldades rena bränslen. För pelletsbrännaren och fluidbädden var vededrank och rapsmjöl uppblandade med andra bränslen – för vededrank grot och halm, för rapsmjöl bark i 10 och 30 % inblandning. Tjugo procent kutterspån blandades in i det rena rapsmjölet eftersom det inte gick att göra hållfasta pellets annars. De askkemiska egenskaperna dominerades helt av rapsmjölet.

### Systemanalys för lignin

En kombicykel med ett gasturbinstege ger högre elproduktion jämfört med enbart en ångcykel. Det har visat sig att eldnings med biobränslen normalt kräver omfattande rening av rökgaserna för att skador på turbinen ska kunna undvikas. De låga halterna av askbildande ämnen i allmänhet, och alkali i synnerhet, inne-

bär att en robust gasturbin skulle kunna användas, med lägre krav på gasrening. Det måste betonas att detta antagande inte har verifierats genom försök. Syftet med denna studie var att avgöra om det skulle kunna vara ekonomiskt intressant förutsatt att processen kan fås att fungera tekniskt.

Fyra varianter studerades i samarbete mellan SLU och LTU. I samtliga alternativ användes ligninet till att generera ånga och el för etanoltillverkningen. För överskottsbränslet var alternativen:

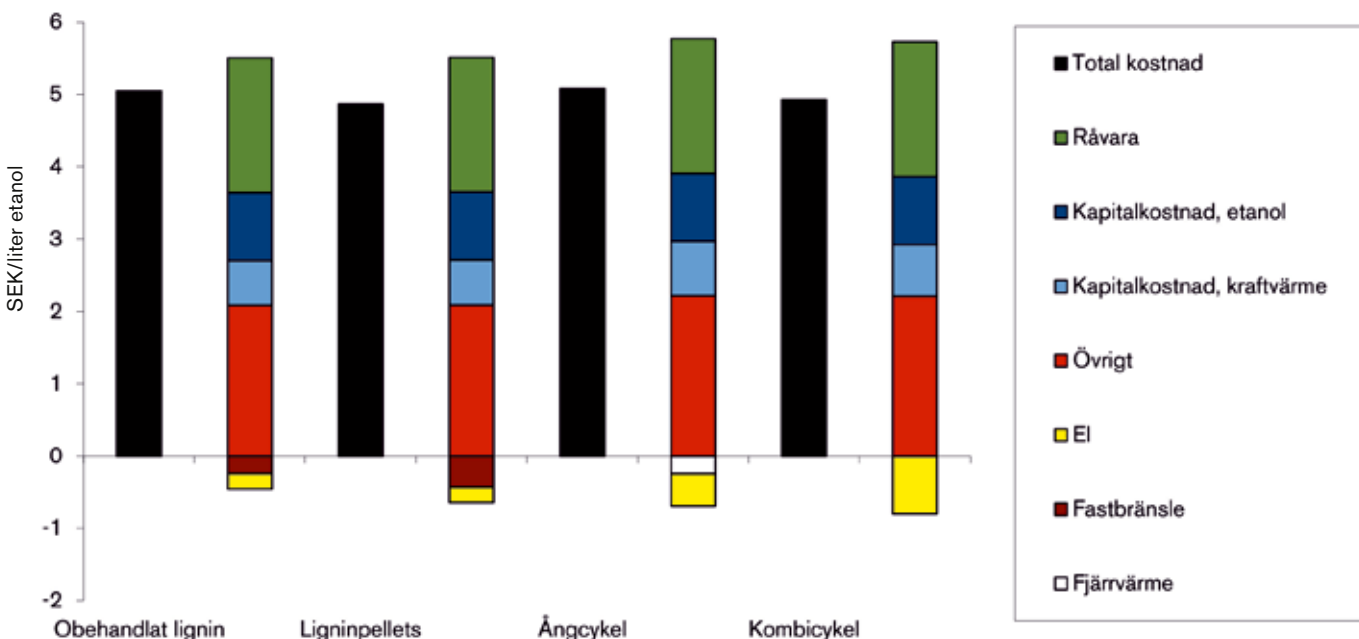
1. Försäljning av oförädlat bränsle – granuler.
2. Försäljning av pellets.
3. Förbränning i en ångpanna för elproduktion i en mottrycksturbin och fjärrvärmeproduktion genom kondensvärmen.
4. Elproduktion i en kombicykel – enkel gasturbin med ångcykel (Figur 3).

### Resultat av förbränningsförsöken

Vetedrank hade en stark benägenhet att orsaka bäddagglomerering (se ovan), till skillnad från rapsmjöl. Innehållet av grundämnen K, P och Si (kiselinnehållet i bäddmaterialet) bildade klubbiga beläggningar. För rapsmjöl mildrades detta av Ca- och Mg-innehållet. Av samma anledning var vededrank starkt slaggbildande. Ligninet hade en väldigt låg benägenhet att orsaka slaggning eller bäddagglomerering.

Eldning av rapsmjöl och vededrank gav höga utsläpp av kväve- och svaveloxider, och stora stoftutsläpp. Stoftbildningen var i synnerhet stor vid pulverförbränning, 15–20 gånger större än för träförbränning.

En möjlig användning av rapsmjöl är som en svavelhaltig tillsats för bränslen med höga Cl- och K-halter i storskalig fluidbäddförbränning. För vededrank är foder sannolikt den bästa användningen, därnäst rötning till biogas. Om vededrank alls ska eldas, ska den vara utblandad med stora mängder av Ca/Mg-rika bränslen som bark. Eftersom svavel- och kväverening krävs, kommer bara storskalig förbränning ifråga. Lignin kan förbrännas på de flesta sätt. Stoftbildning i småskalig förbränning är ett möjligt problem. Ekonomiskt är det en fördel att utnyttja den låga alkalihalten, till exempel genom förbränning i kraftvärmeverk med höga ångtemperaturer eller i kombicykler.



Figur 4. Kostnader och intäkter för de fyra alternativen: 1. Försäljning av obehandlat (torkat) lignin som bränsle; 2. Försäljning av pellets av lignin; 3. Elproduktion och fjärrvärmeproduktion i en ångcykel och 4. Elproduktion i en kombicykel.

## Rester från tillverkning av biodrivmedel – kemiska och biokemiska processer

### Lignin från träbaserad etanoltillverkning – användningar

Resultatet från systemanalysen är att skillnaden blir liten mellan de olika sätten att använda restprodukten, räknat i kronor per liter etanol (Figur 4). Däremot är kombicykeln klart effektivare när det gäller att undvika koldioxidutsläpp till en låg kostnad (Figur 5). Det bör understrykas att alternativ 4 aldrig har prövats, och att mycket utvecklingsar-

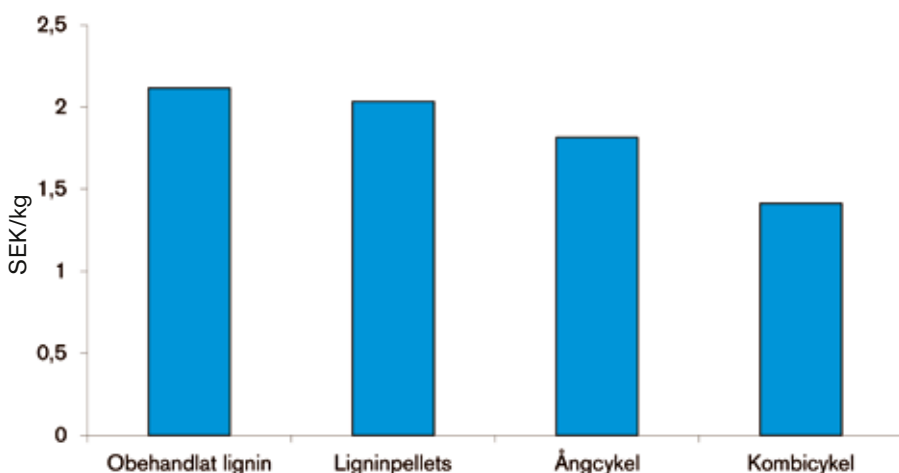
bete återstår. Alternativ 3 kan förbättras genom att system med högre ångtemperaturer efter hand kan utvecklas.

#### Tack

Arbetet stöddes av Energimyndigheten, Bengt Ingeströms stipendiefond och Ragnar Sellbergs stiftelse.

#### Ämnesord

Biodrivmedel, kraftvärme, biobränsle, etanol, biodiesel.



Figur 5. Specifik kostnad för minskade CO<sub>2</sub>-utsläpp.

### Läs mer

- Boström, D., Eriksson, G., Boman, C. & Öhman, M. 2008. Ash-transformations in fluidized bed combustion of rapeseed meal. *Energy & Fuels* 23: 2700–2706.
- Börjesson, P. 2009. Good or bad bioethanol from a greenhouse gas perspective – what determines this? Lund University, Environmental and Energy System Studies, *Applied Energy* 86: 589–594.
- Eklund, R. & Petterson, P.O. 2000. Dilute-acid hydrolysis of softwood forest residue. *Proceedings of ISAF XIII*, Stockholm, Sweden (July).
- Eriksson, G., Grimm, A., Skoglund, N., Boström, D. & Öhman, M. 2012. Combustion and fuel characterisation of wheat distillers dried grain with solubles (DDGS) and possible combustion applications. *Fuel* 102: 208–220.
- Eriksson, G. & Kjellström, B. 2010. Assessment of combined heat and power (CHP) integrated with wood-based ethanol production. *Applied Energy* 87: 3632–3641.
- Eriksson, G., Kjellström, B., Lundqvist, B. & Paulrud, S. 2004. Combustion of wood hydrolysis residue in a 150 kW powder boiler. *Fuel* 83: 1635–1641.
- Wingren, A. 2005. Ethanol from softwood – techno-economic evaluation for development of the enzymatic process. Lund University, Sweden, 2005.
- Öhman, M. & Boman, C. 2006. Residential combustion performance of pelletized hydrolysis residue from lignocellulosic ethanol production. *Energy & Fuels* 20: 1298–1394.

### Författare



#### GUNNAR ERIKSSON

TeknD, energikonsult  
Norranalys  
Nils Jansvägen 14C  
913 41 Obbola  
Tidigare postdoktor vid  
institutionen för skogens  
biomaterial och teknologi,  
SLU, 901 83 Umeå  
Gunnar.Eriksson@  
norranalys.se