

PETER HAGSTRÖM

## Hur stor är den svenska bioenergipotentialen?

- Med ny omvandlingsteknik skulle den fysiska biomassapotentialen i Sverige kunna stå för ca 40 % av den svenska elproduktionen eller drygt 90 % av all drivmedelsanvändning.
- Produktionskostnaderna för elektricitet eller transportarbete via omvandling av biomassa blir jämförbara med dagens fossilbaserade energisystem.
- Emergiansyler visar att bioenergisystem är resurskrävande, vilket medför att utbytet av totala resurser till samhället blir litet jämfört med alternativa (både fossilbaserade och förnyelsebara) energisystem.



*Buntning av grenar och toppar (grot) i närheten av Jyväskylä, Finland, 2005. Foto: Matti Parikka*

Det råder för närvarande en intensiv diskussion om hur stora tillgångarna av biomassa som är tillgänglig för energiändamål är inom Sveriges gränser. Detta faktablad är en sammanfattning av en doktorsavhandling vid SLU. I avhandlingen analyseras det maximala utbytet av värme, el respektive fordonsbränslen via omvandling av en sammanställd svensk biomassapotential. Dessutom analyseras produktion, hantering och omvandling av 15 olika biomassasortiment från både skog, åker och samhälle med hjälp av tre olika analysmetoder, nämligen energi-, kostnads- och emergianalys.

De kvantiteter av olika sortiment som har studerats är sammanställda i tabell 1. Kvantiteterna från skogen, icke-skogsmark (dvs. diken, parker, åkerkanter etc.) och

returträ är beräknade i ett tidigare genomfört arbete på SLU:s f.d. institution för skog- och industri-marknadsstudier (Lönner et al. 1998). Biprodukter från skogsindustrin i form av träflis, sågspån och bark har beräknats med hjälp av aktuella data från VMR (f.d. Virkesmättningsrådet), som har räknats om med hjälp av avverkningsberäkningar 1992 för tidsperioden 1998 – 2008. Kvantiteten svartlut är beräknad som skillnad i organisk substans mellan producerad pappersmassa och använd råvara. Kvantiteterna av salix och rörflen baseras på antagandet att 15 % (400 000 ha) av den svenska åkerarealen används för odling av energigrödor. Kvantiteten halm är uppskattad i tidigare genomförda scenarier av Pål Börjesson m. fl. (tidskriften Biomass and Bioenergy, vol. 13, nr. 6, 1997).

## Bioenergipotentialet i tre scenarier

Den totala biomassakvantiteten har delats upp i tre fall: fall 1 innefattar biomassakvantiteten från skogen, icke-skogsmark, skogsindustrin och samhället (returträ); fall 2 innefattar samma kvantiteter som i fall 1 plus biomassakvantiteten från åkern, och fall 3 innefattar hälften av dagens massavedskvantitet plus samma kvantiteter som i fall 1.

Två scenarier har genomförts för fall 1 och 2:

**Scenario 'värme':** Biomassakvantiteten används för att täcka så mycket som möjligt av det svenska värmebehovet år 2002. Eventuellt överskott av biomassa används till att producera el eller fordonsbränslen.

**Scenario 'elektricitet':** Överskottet av biomassa som erhålls efter att biomassakvantiteten har reducerats med den mängd biomassa som användes för värmeproduktion år 2002 används till att producera elektricitet.

För alla tre fallen genomfördes även ett tredje scenario: **Scenario 'fordonsbränsle':** Överskottet av biomassa som erhålls efter att biomassakvantiteten har reducerats med den mängd biomassa som användes för värmeproduktion år 2002 används till att producera fordonsbränsle.

I scenario 'värme' antas att en tredjedel av elvärmen i enfamiljshus kvarstår, då ett byte av all elvärme till andra uppvärmningssystem förväntas ta lång tid i och med att kostnaden för att byta ut direktverkande elvärme till andra uppvärmningssystem är hög. Inom fjärrvärmesektorn antas att olja, naturgas, gasol och elpannor ersätts med biobränslen, medan energikol inklusive hyttgas inte ersätts, då användning av dessa sistnämnda bränslen är förknippade med industriella processer. Likaså ersätts inte värmepumpar, spillvärme och andra biobränslen än trädbränslen med de biomassasortiment som är analyserade i detta arbete.

I scenarierna 'elektricitet' och 'fordonsbränsle', och även i energi-, kostnads- och emergianalyserna, har en typ av framtida omvandlingsteknik, s.k. förgasningsteknik, analyserats för att erhålla det maximala potentiella utbytet av elektricitet (kondenskraft) respektive fordonsbränslen (vätgas och metanol).

TABELL 1. Uppskattad årlig potential  $m$  (torrsbstans) och motsvarande energiinnehåll  $E$  (baserat på kalorimetriska värmevärden)

Biomassasortiment	$m$ [Mt <sub>ts</sub> ]	$E$ [TWh]
<b>Skogsbränslen och ved från icke-skogsmark</b>		
Grot från slutavverkning	7,62	44,0
Grot från gallring	2,26	13,1
Träd från första gallring	2,14	12,4
Bränsleved (privat vedhuggning)	1,60	9,3
Virke ej lämpat som sågtimmer eller för massaproduktion	1,00	5,8
Bränsleved från icke-skogsmark	0,48	2,8
<b>Biprodukter från skogsindustrin</b>		
Träflis	0,60	3,3
Sågspån	1,60	8,8
Bark	2,58	14,7
Svartlut	6,95	43,6
<b>Åkerbränslen</b>		
Salix	2,29	12,5
Rörflen	0,77	3,9
Halm	2,00	10,4
<b>Avfallsbränslen</b>		
Returträ	0,80	4,4
Totalt exklusive svartlut	25,73	145,3
Totalt inklusive svartlut	32,68	188,9

## Den fysiska bioenergipotentialen är stor

Resultaten av scenario 'värme' visar att biomassakvantiteten inte är tillräcklig för att täcka hela det svenska värmebehovet år 2002, under de förutsättningar som är beskrivna ovan. Prioriterar man ersättning av fossila bränslen och elvärme inom bostads- och fjärrvärmesektorn räcker biomassakvantiteten i fall 1 till att täcka 21 % av de fossila bränslena som användes för värmeproduktion inom industrin år 2002 (vilket motsvarar 8,9 TWh). I fall 2 är motsvarande värden 76 % (32,9 TWh).

I scenario 'värme' antas hela expansionen av fjärrvärme bestå av kraftvärme. Den årliga produktionen av el via kraftvärme blir då 10,3 TWh.

I scenario 'elektricitet' blir mängden producerad el 45,0 TWh i fall 1 och 58,1 TWh i fall 2. Dessa mängder motsvarar 68,6 % respektive 88,6 % av den mängd el som producerades i de svenska kärnkraftverken år 2002.

Vid jämförelse av de producerade fordonsbränslena i scenario 'fordonsbränsle' med dagens konventionella fordonsbränslen för vägtransporter (bensin och diesel) har det alstrade transportarbetet beräknats för de olika bränslena. Det antas vidare att vätgasen enbart används som bränsle i fordon med bränslecell-hybrid-drift. Metanolen antas dock användas i bensin- och dieselmotorer.

Resultatet av scenario 'fordonsbränsle – vätgas' blir att 65 % av den totala ben-

sin- och dieselanvändningen skulle kunna ersättas med vätgas i fall 1. I fall 2 och 3 blir motsvarande ersättningsnivå 92 % respektive 99 %.

I scenario 'fordonsbränsle – vätgas' har omvandling av svartlut till vätgas ej inkluderats, pga. brist på tillgängliga indata. För omvandling av svartlut till metanol finns dock data tillgängliga, därför har svartluten inkluderats i scenario 'fordonsbränsle – metanol'. Då metanol är ett mer lämpligt bränsle i bensinmotorer än i dieselmotorer prioriterades ersättning av bensin. Resultatet blir då att den producerade metanolen räcker till att ersätta all bensin som användes i Sverige år 2002. Den andel diesel som skulle kunna ersättas på energibasis blir 29 % i fall 1, 66 % i fall 2 och 43 % i fall 3.

## Energi-, kostnads- och emergianalys

I scenarierna ovan har endast den fysiska potentialen av de producerade energislagen beräknats. Hänsyn har alltså inte tagits till resursinsatser vid produktion och hantering av biomassan och vid energiomvandlingssteget. Alla biomassasortiment i Tabell 1 förutom svartlut har därför analyserats med hjälp av tre metoder. Emergianalys har genomförts för att analysera den direkta och indirekta energiförbrukningen för kedjan produktion-hantering-energiomvandling för varje sortiment. Med direkt energiförbrukning avses energiförbrukningen i maskiner och processer. Med indirekt

energiförbrukning avses den energi som åtgår för att producera t.ex. maskiner och råvaror som används i produktionen (t.ex. gödselmedel).

Kostnadsanalys har genomförts för att beräkna de ekonomiska kostnaderna för kedjan produktion-hantering-energiomvandling för varje sortiment. Här-igenom fås en produktionskostnad för varje producerad energibärare (värme, el respektive fordonsbränsle) från varje sortiment.

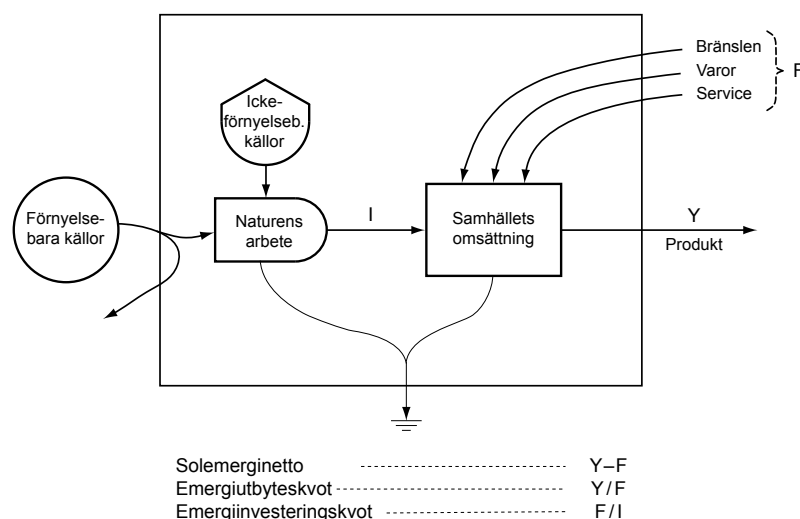
En tredje metod som har genomförts för de olika biomassasortimenten är emergianalys. Emergi är ett begrepp som främst har utvecklats av H. T. Odum, som var professor vid University of Florida i Gainesville, Florida, fram till sin död år 2002. Emergi definieras som den tillgängliga energi som krävs både direkt och indirekt för att tillverka en tjänst eller produkt. Enheten för emergi är emergijoule. Om energiflödet i det betraktade systemet baseras på energin från solinstrålningen blir enheten sol-emergijoule, som förkortas sej.

Olika emergikvoter används för att analysera energiflöden i system (se Figur 1). Emergiutbyteskvoten (förkortas EYR efter den engelska benämningen Energy yield ratio) är kvoten av energiflödet ut från systemet (Y) och det totala energiflödet som flödar in i systemet i form av samhälleliga resurser (bränslen, varor och mänskligt arbete (Figur 1). System bör därmed uppvisa ett så högt EYR som möjligt.

## Olika analyser ger olika resultat

Energianalysen visar på stora skillnader i kvoten av producerad energi och insatsenergi för de olika studerade biomassasortimenten. De lägsta kvoterna uppvisar halm, där det lägsta värdet är 1,9 (elproduktion) och det högsta värdet är 4,0 (för fjärrvärme- och kraftvärmeproduktion). De högsta kvoterna uppvisar returträ, där det lägsta värdet är 7,3 (elproduktion) och det högsta värdet är 39,7 (för fjärrvärmeproduktion). Energianalysen påvisar alltså stora skillnader i utbyte av producerad energibärare i relation till mängden insatsenergi som krävs vid produktion-hantering-energiomvandling för de olika sortimenten. Kvoterna är låga för sortimenten från åkern och för biprodukter från skogsindustrin, medan de är högre för sortimenten från skogen och högst för returträ.

Kostnaderna för de producerade energibärarna visar sig vara låga för sortiment som har hög kvot av producerad energi



FIGUR 1. Systemdiagram med emergiflöden som används för beräkning av emergibaserade utbytes- och investeringskvoter.

och insatsenergi; de är m.a.o. lägst vid omvandling av returträ och högst vid omvandling av halm. Vid en jämförelse av kostnaden för de olika energibärarna är kostnaden lägst för värme som produceras via kraftvärme, medan den är högst för elproduktion via kondenskraft.

En jämförelse av elproduktionskostnaden vid förgasning av avverkningsrester med kostnaden för elproduktion vid förbränning av kol eller naturgas visar att elproduktionskostnaden för dessa system är jämförbara. En jämförelse av kostnaden för transportarbetet som genereras vid olika bränsle-drivsystem visar att kostnaden för transportarbetet som genereras vid användning av den producerade vätegasen i hybrid-bränslecellsystem inte blir högre än motsvarande kostnad för dagens bensinmotorer. Däremot blir kostnaden för transportarbetet som genereras vid användning av metanol i ottomotorer drygt 50 % högre jämfört med motsvarande kostnad vid användning av bensin i ottomotorer.



FIGUR 2. Anläggning för förgasning av fasta bränslen i Värnamo. Foto: Växjö Värnamo Biomass Gasification Centre (VVB-GC) och EU-projektet CHRISGAS.

Energi- och kostnadsanalyserna uppvisar alltså relativt positiva resultat när det gäller användning av biomassa för energiändamål. Emergiansanalysen visar dock att EYR är låg för alla de producerade energibärarna som erhålls vid omvandling av alla biomassasortiment, förutom vid omvandling av biomassa från icke-skogsmark (1,1 – 1,2 vid omvandling av sortimenten från åkern, 1,3 vid omvandling av biprodukterna från skogsindustrin, 1,4 – 1,7 vid omvandling av sortimenten från skogen, 1,6 – 2,1 vid omvandling av returträ och 3,4 – 4,4 vid omvandling av biomassa från icke-skogsmark). Endast omvandling av biomassa från t.ex. diken, åkerkanter och parker uppvisar m.a.o. ett reellt bidrag av totala resurser till samhället. Hanteringen av övriga sortiment (från både skog och åker) är mer resurskrävande, vilket medför att nettoutbytet av totala resurser blir litet.

Om bioenergi skall spela en viktig roll i framtidens energisystem är det därför viktigt att systemen effektiviseras maximalt, dvs. att resursinsatserna för hela kedjan produktion-hantering-energiomvandling blir så små som möjligt i förhållande till energiutbytet.

## Ämnesord

Bioenergi, energiscenarier, energianalys, kostnadsanalys, energi

## Läs mer

Hagström, P. 2006. Biomass Potential for Heat, Electricity and Vehicle Fuel in Sweden. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Bioenergy, Uppsala. Acta Universitatis Sueciae 2006:11. ISBN 91-576-7060-9.

Lönner, G., Danielsson, B.-O., Vikinge, B., Parikka, M., Hektor, B. & Nilsson, P. O. 1998. Kostnader och tillgänglighet för trädbränslen på medellång sikt. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för Skog-Industri-Marknad Studier (SIMS), Uppsala. Rapport nr 51. 1-116. ISSN 0284-379X.

Rydberg, T. & Haden, A. 2005. Energikvalitet och nettoenergi – hur värderar vi olika former av energi? Konferens om ekologiskt lantbruk, 22-23 november 2005, Uppsala. Konferensrapport sid. 111-115. Sveriges lantbruksuniversitet, Centrum för uthålligt lantbruk, Uppsala.

## Författare



Peter Hagström har nyligen disputerat vid SLU:s institution för bioenergi  
Box 7061 750 07 Uppsala.  
Tel: 018-24 79 89  
Mobil: 070-231 96 85  
E-post: phagstrom@bredband.net

### Fakta Skog – Om forskning vid Sveriges lantbruksuniversitet

**Redaktör:** Göran Sjöberg, SLU, Fakulteten för skogsvetenskap, 901 83 Umeå

090-786 82 96 • Goran.Sjoberg@adm.slu.se

**Ansvarig utgivare:** Jan-Erik Hällgren, 090-786 82 38 • Jan-Erik.Hallgren@sfak.slu.se

**Webb:** www.slu.se/?id=142

**Prenumeration:** 15 nummer per år för 340 kronor + moms.

SLU Publikationstjänst, Box 7075, 750 07 Uppsala 018-67 11 00 • Publikationstjanst@slu.se

Elanders Tofters AB, Uppsala 2006

ISSN 1400-7789 © SLU



Universitetet som utbildar  
och forskar för livet