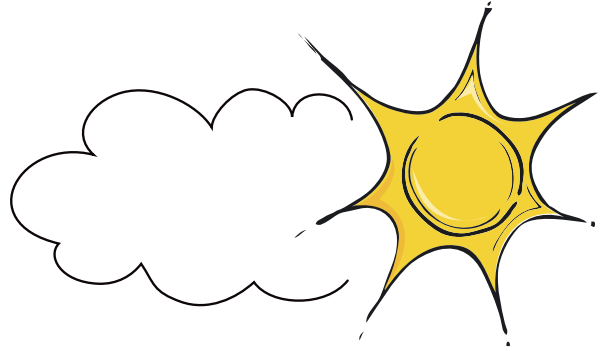




BIOENERGI

– utmaningar och
möjligheter



Redaktörer: Karin Delin, Lars Persson, Per-Arne Wikström
ISBN 978-91-633-9126-2

Förord

Projekt SWX-Energi startade år 2008, 25–30 forskare och tekniker vid Högskolan Dalarna och Karlstads Universitet har ägnat sig åt praktisk forskning i samarbete med näringslivet. Forskningsdelen avslutas i oktober 2011 och hela projektet avslutas i februari 2012.

Här är ett antal korta artiklar med intressanta frågeställningar som framkommit under arbetets gång. Frågeställningarna vänder sig till beslutsfattare, politiker, företagare, organisationer och övriga som är intresserade av bioenergins utvecklingsmöjligheter.

För den som vill få en fördjupad kunskap om vad projekt SWX-Energi kommit fram till finns en delrapportlista på sida 59.

Delrapporterna kan hämtas som pdf-filer på:

www.regiongavleborg/verksamhet/swxenergi/rapporter

Lars Persson

Projektchef, SWX-Energi

Innehållsförteckning

Inledning	sid 5
Skogsbränsle är lönsamt för (nästan) alla!	sid 7
Ett enhetligt och rättvist betalsystem för skogsbränsle efterlyses!	sid 13
Tåg, lastbil eller både och?	sid 19
Lösningarna finns! Är pelletsproducenterna medvetna om problemen?	sid 25
Varför får inte villaägaren driva kvalitetsutvecklingen på bränslepellets?	sid 31
Biogas, en väg mot ett hållbart samhälle!	sid 35
Boverkets byggregler missgynnar fjärrvärme och biobränsle!	sid 41
Systemdesign avgörande för energibesparing med solvärmesystem!	sid 47
En praktiker med ingenjörens systemkunnande – är det möjligt?	sid 53
Referenser	sid 57
Författare	sid 58
Lista över projekt SWX-Energis delrapporter	sid 59

Inledning

Projekt SWX-Energi utgörs av en sammanhållande ledningsdel som sköter administration, samordning och myndighetskontakter och sex stycken praktiskt arbetande delprojekt.

De sex delprojektens forsknings- och ansvarsområden är

- **Uttag**, teknik för uttag av skogsbränsle fram till avlägg **delprojekt Skog**
- **Transport** av skogsbränsle från avlägg fram till slutkund **delprojekt Logistik**
- **Framställning**, frågeställningar kring bränslepellets **delprojekt Pellets**
och biogas **delprojekt Biogas**
- **Användning**, frågeställningar om teknik och användning
av kombinationen sol och biovärme för uppvärmning **delprojekt Sol och bio**
- **Utbildning**, tillämpning av erfarenheter och resultat
från övriga delprojekt för nya utbildningar **delprojekt Kompetensutveckling**

Delprojekten har tagit fram ett antal artiklar med frågor eller påståenden som visar på hinder och möjligheter. Artiklarna bygger på vad de olika delprojekten kommit fram till.

Skogsbränsle är lönsamt för (nästan) alla!

Merparten av skogsbränslet tas ut i form av grenar och toppar (grot) från slutavverkningar, men under senare år har man också kunnat se ett ökat intresse för uttag av skogsbränsle i eftersatta röjningar och tidiga gallringar. Nya metoder utvecklas också för uttag av skogsbränsle i slutavverkningar. Det kan vid låga massavedpriser ge skogsägaren ett högre netto än en konventionell avverkning.

Jan-Erik Liss

KUNSKAPEN OM SKOGSBRÄNSLE, som idag är ett fullvärdigt tredje sortiment vid sidan av timmer och massaved, är tyvärr fortfarande ganska bristfällig i skogsägarleden, och till viss del finns även kunskapsbrister i den skogliga tjänstemannakåren. Helt klart är dock, att efterfrågan på skogsbränsle kommer att öka den närmaste framtiden och att det direkt eller indirekt gynnar såväl skogsägaren som samhället i övrigt. Genom fortsatt teknik- och metodutveckling, forskning, förvärvade erfarenheter och utbildning av personal talar mycket för, att det finns goda möjligheter till ökade produktionsförbättringar och kostnadsbesparingar i hela hanteringskedjan, från skog till värmeverk.

Uttaget av skogsbränsle kan öka, men det måste ske under stort ansvarstagande och med hänsyn till andra miljövärden. Idag känner vi relativt väl till de negativa effekterna med skogsbränsleuttag och ställer man

dem i relation till de positiva effekterna med minskade koldioxidutsläpp, minskat beroende av importerad energi, flera arbetstillfällen, med mera, talar det mesta för ett fortsatt skogsenergiuttag. Önskvärt är dock, att vi återför mer av träaskan till skogsmarken för att kompensera näringsuttaget!

Konkurrens om råvaran gynnar skogsägaren!

Att det uppstått en konkurrens om råvaran gynnar skogsägaren, som då kan sälja till den som betalar bäst. Ökad efterfrågan på skogsbränsle leder till ökade priser. Nu har man nått en nivå som innebär, att priset på massaved måste sättas i relation till priset på skogsbränsle för att industrin inte ska riskera att förlora volymer. Konkurrensen om råvaran ökar i takt med ökad utbyggnad av den biobränslebaserade



kraft- och värmeproduktionen. En framtida produktion av fordonsbränslen baserad på skogsråvara kommer att öka konkurrensen ytterligare. Skogsägarna har därför all anledning att se ljust på framtiden.

Ökad konkurrens om skogsråvaran bör också leda till, att den traditionella skogsindustrin behöver se över möjligheten att generera mervärden i den råvara man hanterar, genom att tillverka nya produkter som ett komplement till de produkter man av tradition tillverkar. Den press, som den traditionella skogsindustrin utsätts för genom en ökad konkurrens om råvaran, behöver inte enbart ses som något negativt!

Skogsbränsleuttag i röjningsbestånd – kan det löna sig?

Studier pekar på, att det är svårt att få ett positivt skogsägarnetto (skillnad mellan uttagskostnad och virkesintäkt) i bestånd med trädmedeldiameter under 5–6 cm. Däremot kan det ge ett bidrag till skogsvårdsåtgärdens genomförande. Kostnaden kan bli lägre för skogsägaren än vid en konventionell motormanuell röjning.

I lite grövre bestånd, till exempel eftersatta röjningsbestånd med en trädmedeldiameter runt 7–8 cm, pekar studier på att det finns goda möjligheter till ett positivt skogsägarnetto. Att beståndets eller uttagets trädmedeldiameter har stor inverkan på åtgärdens lönsamhet beror på att trädens tillväxt följer en exponentiell kurva (ett träd på 8 cm i brösthöjdsdiameter innehåller ungefär dubbelt så mycket biomassa som ett träd på 6 cm). Vid studier har mellan 40 och 70 ton torrsubstans skördats per hektar i den här typen av bestånd (Liss 2010). Det ger också bra kvalitet på flisen eftersom stamveden svarar för 70–80 % av biomassan.

Att medvetet senarelägga röjningen för att öka uttaget av biomassa är, enligt Pettersson (2010), inget bra alternativ sett över en omloppstid. En traditionell skogsskötsel med en eller flera tidiga röjningar är att föredra.

Förutom att intäkten från biobränsleråvaran betalar, eller ger ett bidrag till skogsvården, finns också andra mervärden i att åtgärda en eftersatt röjning, till exempel att efterföljande gallring kan tidigareläggas och genomföras med bättre lönsamhet.

Andra typer av objekt, som kan vara intressanta för uttag av bränsleråvara, är rensningshuggning längs åkrar, vägar, diken och vattendrag eller restaurering av hagmarker, siktröjning längs turiststråk och liknande. Även där finns andra mervärden än den direkta intäkten för biobränsleråvaran.

Flerträdshantering är en förutsättning i yngre bestånd!

Dagens teknik med ackumulerande fällaggregat är en förutsättning för ökad prestation och lägre kostnader vid

avverkning i yngre bestånd. Tekniken innebär att flera träd kan fällas i följd och ackumuleras i fällhuvudet för att sedan läggas i en bränslehög intill stickvägen. Därmed minskas tiden för krankörning, och prestationen ökar jämfört med om ett träd åt gången hanteras. Fällningen sker antingen med sågsvärd, klinga eller klippar (giljotin eller knivar).

Aggregat försedda med sågsvärd, matarrullar och kvistknivar har stor flexibilitet. De kan användas i olika typer av bestånd och för uttag av såväl skogsbränsle som industrisortiment

(timmer och massaved). Eftersom träden kan matas med rullarna minskar också krankörningstiden, vilket underlättar arbetet. En fördel med den här typen av

» *Aggregat
försedda med
sågsvärd,
matarrullar och
kvistknivar har stor
flexibilitet*

aggregat är att längre träd kan kapas för att underlätta lastningen på skotaren.

Klippar är mindre känsliga för grus och stenar än sågkedjor och kan med fördel användas för klippning av träd längs vägar. En nackdel med klippar är att mindre träd kan rottryckas, vilket innebär problem vid flisningen. Det är också alldeles för tidskrävande att längdanpassa träden med klippen, varför det bästa att använda i bestånd med stort inslag av längre träd är en skotare med gripsåg. Aggregat med klingor kan användas för svepande röjning och är därför ett bra alternativ i bestånd med kortare, eller varierande trädlängder.

Vid uttag av skogsbränsle i yngre bestånd kan skotningskostnaden (utkörning av virket) bli relativt hög vid längre transportavstånd. Det beror på förhållandevis små lassvolym, speciellt vid transport av barrträd eller lövträd med yviga kronor. Björk ger något bättre lassvolym på grund av en spetsigare grenvinkel. Någon form av komprimeringsutrustning eller förlängda bankar kan vara ett sätt att förbättra lasskapaciteten och därmed minska kostnaden. I övrigt blir skotningen relativt enkel, eftersom bara ett sortiment skotas och någon sortering därmed inte är aktuell.

Vid all maskinell avverkning bör man vara medveten om att yngre bestånd är känsliga för olika typer av mark- och beståndsskador som kan förorsakas av maskinerna!

Energigallring eller konventionell gallring – vad lönar sig bäst?

I tidiga gallringar är det svårt att avgöra, om en konventionell avverkning med

uttag av massaved (och timmer?) är mer lönsamt för en skogsägare än ett uttag av enbart skogsbränsle. Det finns inte heller tillräckligt många jämförande studier, som kan utgöra underlag för när den ena eller andra metoden är att föredra.

Studier genomförda i Finland (Hakkila 2003) visar, att ett uttag av hela träd i tidiga gallringar ger 15–20 % mer biomassa jämfört med uttag av massaved. Samtidigt ökar skördarens produktivitet med 15–30 % och drivningskostnaden minskar med 20–40 %, trots en ökad kostnad för skotningen. Bergström et al (2010) har i en



teoretisk studie kommit fram till ungefär samma sak och konstaterar, att en skogsbränsleskörd gav ett betydligt högre netto än ett uttag av massaved i de ”typbestånd” de undersökt. I rapporten anges också att 20–30 % av stamvedsvolymen inte kan utnyttjas för massaved på grund av för klena dimensioner.

Praktiska studier i trakten av Avesta (Danielsson & Liss, 2011) pekar på, att det inte är givet att en energigallring ger ett bättre ekonomiskt utfall än en konventionell gallring med uttag av massaved. I första hand avgörs lönsamheten av prisrelationen mellan massaved och skogsbränsle. Det ekonomiska resultatet påverkas också av en rad andra faktorer såsom medelstamvolum, trädslagsfördelning, diameterspridning, terrängtransportavstånd och virkeskvalitet. Faktorer som gynnar ett bränsleuttag är till exempel ett stort inslag av dålig virkeskvalitet och udda trädslag, som det inte finns avsättning för hos skogsindustrin.

Vid längre terrängtransportavstånd kan ett kombinerat uttag av massaved och bränsleved vara ett bra alternativ eftersom kvistad stamved i regel medför större lasstorlek än okvistade träd och träddeklar. Kravet på bränsleved brukar vara att den ska vara tillfredsställande kvistad så att den kan transporteras med en konventionell rundvirkesbil samt att leveransvolymen uppgår till minst 10 m³fub (kubikmeter fast mått under bark) och att partiet får innehålla maximalt 10 % röta.

”Långa toppar” kan vara ett lönsamt alternativ vid slutavverkning!

Ett uttag av ”långa toppar” istället för massaved kan vara ett ekonomiskt intressant alternativ i slutavverkningar. Med ”långa toppar” avses att timmer tas ut som enda

rundvirkessortiment, resten av trädet (den okvistade toppen) och klenare träd, som inte ger timmer, tas ut som ett bränslesortiment. Jämförande studier mellan konventionell avverkning (timmer, massaved och grot) och långa toppar (timmer och bränsleråvara) har visat, att den sistnämnda metoden ger mellan 2 och 3,6 gånger mer bränsle (Danielsson & Liss, 2010).

Avverkningen går i regel något fortare och skotning av långa toppar går ungefär dubbelt så fort som skotning av grot. Dessutom kan samma rundvirkesskotare användas för transport av både timmer och långa toppar under förutsättning att skördaren längdanpassat topparna. Ett bättre alternativ är dock att använda en skotare med

gripsåg, eftersom det spar arbetstid för skördaren, som då slipper kapa topparna. Skotaren kan själv kapa topparna och anpassa längden så att maximalt lass uppnås. Eftersom ingen massaved tas ut minskar tidsinsatsen för sortering.

Lämpliga bestånd för uttag av långa toppar är sådana med stort inslag av röta, viltskador och udda trädslag. En starkt avgörande faktor för det ekonomiska utfallet vid LT-metoden är prisdifferensen mellan massaved och flis. ”Långa toppar” är mest intressant i Mellansverige, där

priset på massaved normalt sett är lägre än i de norra och södra delarna av landet.

Till fördelarna med långa toppar hör bland annat, att det är ett alternativ till massaved vid fallande virkespriser (skogsägarens valmöjlighet och förhandlingsläge förbättras). Det är också en relativt ny metod. Mycket talar för att den bör ha en viss utvecklingspotential beträffande arbetsmetodik och möjlighet till sänkta drivningskostnader. Skördarens och skotarens tidsinsats per objekt minskar genom ett rationellare arbetsförfarande (ingen kvistning av massaved, ingen virkessortering

» Avverkningen går i regel något fortare och skotning av långa toppar går ungefär dubbelt så fort som skotning av grot

och större lassvolymen). Dessutom kan samma skotare användas för transport av rundvirke och långa toppar, vilket spar in en flyttkostnad. Risken för att föroreningar följer med vid lastning av skotaren bedöms vara lägre än vid lastning av grot, och sönderdelningen av bränsleråvaran till flis går betydligt fortare jämfört med flisning av grot. Att skogsägaren får betalt för hela leveransvolymen (inget vrakavdrag på grund av dålig kvalitet eller röta, inget transportavdrag samt att udda trädslag ingår i sortimentet) måste också ses som en fördel. Till nackdelarna med metoden hör, att man inte kan utnyttja sommarperioden för naturlig torkning, eftersom materialet kan användas som yngelhärd för skadeinsekter, samt att sortimentet är utrymmeskrävande såväl i bestånd som på avlägget.

Mer skogsbränsle skapar fler arbetstillfällen!

På kort sikt kan vi sannolikt förvänta oss en ökad efterfrågan på skogsbränsle i takt med en ökad utbyggnad av nya biobränslebaserade värmeverk. På något längre sikt är det mycket möjligt, att skogsråvara kommer att användas för tillverkning av fordonsbränslen. Idag görs redan diesel av tallolja och man har kommit långt med framställningen av dimetyleter (DME) från massaindustrins lutar. Avsättningsmöjligheterna för skogsbränsle bedöms därför som mycket goda åtminstone inom de närmast kommande åren, och konkurrensen om råvaran gynnar skogsägarna genom ökande priser!

Att skogsägarnas intresse för att ta ut skogsbränsle har ökat märks också tydligt.

Idag har de flesta virkesköparna personal med specialkompetens för energiuttag. De förfogar också över en maskinpark och utrustning som tillverkats och anpassats

för en bränslehantering.

Produktion och användning av skogsbränsle skapar cirka 200 årsarbeten/TWh och bidrar till att vi kan fasa ut den allt dyrare importerade oljan. Även andra trädbränslen bidrar till en ökad sysselsättning inom landet. Industriella biprodukter för värme- och kraftproduktion skapar arbete motsvarande cirka 40 årsarbeten/TWh och förädling av industriella biprodukter till bränsle ger cirka 200 årsarbeten/TWh. Indirekt tillkommer ett stort antal arbeten via

servicefunktioner, tillverkning av maskiner, pannor och diverse tillsatsutrustningar, som används i olika led inom branschen.

Med skogsbränsleuttag följer också frågetecken, som inte har rätats ut ännu. Till exempel att vi för bort näring från skogen och vilken effekt detta får på sikt. Eftersom träaskan innehåller merparten av de näringsämnen som träden tar upp under sin livstid, borde den återföras till beståndet så att kretsloppet sluts. Här kan vi bättra oss betydligt genom utveckling av teknik och metoder, som integreras med avverkningen, och genom informationsinsatser riktade till skogsägare och askproducenter. Även här kan fler arbetstillfällen skapas! ●

» Produktion och användning av skogsbränsle skapar cirka 200 årsarbeten/TWh

Ett enhetligt och rättvist betalsystem för skogsbränsle efterlyses!

Hur många privata skogsägare har de kunskaper som behövs för att kunna jämföra de olika virkesköparnas priser på skogsbränsle? – Knappast någon skulle jag vilja påstå! Problemet består i att branschen saknar ett enhetligt mätsystem. Så länge det saknas borde skogsägarna kräva att jämförelsepriser anges på samma sätt som i livsmedelsbranschen!

Jan-Erik Liss

NU HAR SKOGSBRÄNSLE etablerat sig som det tredje sortimentet från skogen vid sidan av timmer och massaved. Vägen dit har varit lång och besvärlig. Under flera år motarbetades utvecklingen av teknik och metoder för uttag av skogsbränsle. En livlig debatt fördes om hur vedråvaran lämpligen borde användas (koka, såga eller bränna). Runt åren 2005–2006 kunde man dock märka ett trendbrott, med minskat motstånd och ökat intresse för skogsbränsle.

Att skogsbränsle numera har en bred acceptans som det tredje skogssortimentet resulterar förhoppningsvis i snabbare utveckling av teknik och hanteringsmetoder och med bättre lönsamhet för samtliga inblandade parter. Flera problem återstår dock att lösa, till exempel

att enas om ett enhetligt betalsystem, som är begripligt för skogsägaren och som underlättar handeln med bränslet. Forskning och utveckling behövs också för att höja kvaliteten på bränslet (minskat slitage och onödiga driftstopp på eldningsanläggningen). Informationsinsatser behövs för att öka återföringen av träaska till skogen (kompensering för näringsuttaget).

Varför behövs ett enhetligt betalsystem?

Dagens betalsystem är svåröverskådligt och svårbegripligt för de allra flesta skogsägare. Några av branschens aktörer betalar skogsägaren i kr/m³s (stjälpt kubikmeter), medan andra betalar i kr/m³f (fast kubikmeter), kr/råton, kr/tTS



(ton torrsubstans), kr/MWh (megawattimme) eller kr/ha (hektar). Skogsbränslet betalas fritt oflisat på hygget eller fritt oflisat vid bilväg. Geografiskt läge, objektstorlek, skotningsavstånd och avstånd till kund kan dessutom påverka priset. Det säger sig självt, att det är mycket svårt för en skogsägare, att avgöra vilken köpare som ger det bästa priset, eller att jämföra priset för bränsle med priset för ett alternativt uttag av industrivirke (till exempel massaved).

Tankenöt

Om man leker med tanken att en skogsägare har möjlighet sälja sitt skogsbränsle till olika virkesköpare som betalar 75 kr/m³s, 188 kr/m³f, 218 kr/råton, 437 kr/TS, 96 kr/MWh, eller 11 272 kr/hektar och antar att bränslet är flisad grot från barrträd med en fukthalt på 50 % och en torr-rådensitet på 430 kg/m³f. Vilken av dessa köpare ger då det bästa priset om uttaget är 150 m³s/ha?

Svaret återfinns i slutet av artikeln.

Hur mycket skiljer sig priset mellan olika virkesköpare idag?

Hur mycket skogsägaren får betalt för bränslet beror bland annat på hur lyckosamma virkesköparna har varit vid förhandlingarna med de olika värmeverken. Att betalningen till skogsägaren kan variera relativt mycket framgår av den enkät som genomfördes av tidningen SkogsLand år 2010 (redovisad i nr 38 den 17 september). Enkäten visar att betalningen varierade från 263 till 606 kr/TS (lägsta och högsta pris omräknat i kronor per ton

torrsubstans). Skillnaden kan i praktiken vara större, eftersom bara 6 av 16 virkesköpare avslöjade sina priser!

Betalningen till skogsägaren, vilket grundas på det pris värmeverket ger minus virkesköparens kostnader och avans, påverkas av var skogsfastigheten är belägen i landet. Närhet till befolkningstäta områden, till exempel Mälardalen, ger förutsättningar för en bättre betalning jämfört med objekt mer avlägset belägna från större tätorter. Pristillägg för rensorterade lövträd (ek, bok, ask, alm och björk) kan också förekomma liksom prisavdrag för små leveransvolymmer.

Fukthalten har stor betydelse!

Bränslets kvalitet påverkas av ett flertal faktorer; fukthalten, andelen finfraktioner (i flis), inblandning av is och snö, askhalten och andelen föroreningar i form av grus och sten eller annat. Eftersom fukthalten direkt påverkar bränslets värmevärde och värmeverken normalt betalar bränslet i kr/MWh innebär det, att man vill leverera ett så torrt bränsle som möjligt. Detta är också den främsta anledningen till att man torkar bränslet på hygget innan det flisas och levereras till värmeverken. Det här ställer till problem för såväl skogsägaren (som får vänta på betalning) som för virkesköparen (som får ligga ute med kapital). Det kan också medföra svårigheter att administrera sådana system.

Ett fuktigt bränsle kan resultera i att kostnaden från skog till värmeverket blir uppemot 35 % högre per m³s jämfört med ett torrt bränsle. En hög fukthalt försämrar också bränslets lagringsbarhet (ökad biologisk aktivitet) och kan resultera i stora substansförluster. Hanteringen av bränslet kan också vara hälsovadlig på grund av ökad tillväxt av svampdiasporer ("fliseldarsjukan").

Fast eller rörligt pris?

Handel med skogsbränsle kan i viss mån jämföras med elhandel där kunden antingen tecknar sig för fast eller rörligt pris. Ett rörligt pris innebär alltid en risk eftersom priset på el oftast är beroende på hur välfyllda

vattenmagasinen är, medan ett fast pris gäller hela avtalsperioden oavsett tillgång på vatten.

Om skogsbränslet betalas per volym, till exempel i kr/m³s eller kr/m³f innebär det, att skogsägaren får lika mycket betalt oavsett om bränslet är fuktigt eller torrt (jämför fast pris vid elhandel). En betalning i kr/MWh, där priset är direkt kopplat till bränslets fukthalt (jämför rörligt pris vid elhandel), innebär en risk, eftersom väderbetingelserna kan vara såväl gynnsamma som ogynnsamma för torkningsresultatet. Dessutom kan bränslets beredning och hantering ha stor inverkan på torkningsresultatet, vilket innebär att ett dåligt genomfört arbete renderar i ett lägre pris till skogsägaren. Nederbörd strax innan eller i samband med sonderdelning och transport till värmeverket kan också resultera i ett lägre pris jämfört med om arbetet genomförs under en torrperiod. En betalning i kr/MWh innebär med andra ord att skogsägaren tar en risk, eftersom han är beroende av såväl entreprenörens arbetsskicklighet som rådande vädersituation.

Betalning i kr/tTS kanske är bästa alternativet?

Eftersom det effektiva värmevärdet i stort sett är detsamma per kg TS (kilo torrsubstans) oavsett träslag, är det mycket som talar för att det mest rättvisande alternativet är att betala skogsägaren i kronor per ton torrsubstans. Det skulle också innebära att den risk (på grund av dålig bränslehantering eller annat), som skogsägaren får bära vid en betalning i kr/MWh, läggs över på virkesköparen. Med de erfarenhetstal, som finns idag, borde det också vara möjligt att utifrån ett pris i kr/tTS även ange ett ungefärligt jämförpris i kr/m³f.

Ett system där skogsägaren ersätts i kr/tTS innebär dock, att slutbetalningen kan ske först efter det att bränslet vägts in och fukthaltsbestämts. Eftersom virkesköparen vill leverera ett så torrt bränsle som möjligt till värmeverket, som normalt betalar per levererad MWh, kan tiden från avverkning till slutbetalning bli relativt lång.

Vågat i skogen!

Vägning av bränslet kan ske via krönta vågar; stationära bilvågar, portabla bilvågar eller vågar integrerade i fordonet (lastväxlarvågar eller lastindikering via axeltryck). I en nära framtid kanske även den råa vikten kan användas för beräkning av torrvikten. Det skulle dock sannolikt krävas en bättre insamling och samordning av statistik från skog och värmeverk för att få fram relevanta omföringstal, eller fukthaltsmätare ämnade för fältmätning.

Vägning av den råa vikten skulle kunna ske via integrerade vågar på skotarnas lastutrymmen.

Vägningen skulle även kunna ske med våg i kranpetsen på skotaren, men vägningen bör då ske i samband med avlastning eftersom vågens tillförlitlighet sannolikt är mindre vid vägning under lastning, på grund av gungande maskin samt lastning av små vikter, vilket kan förekomma vid skotning i gallringsskog.

Ny virkesmätningsslag?

Idag är all mätning av barrtimmer och massaved reglerad enligt lagstiftning och mycket talar för att virkesmätningsslagen kommer att få en ny förordning. Det innebär att alla sortiment från skogen skall omfattas av lagen. Förslaget kommer troligtvis att resultera i att skogsbränsle, med undantag av småskalig försäljning av brännved, skall säljas på samma villkor som de traditionella industrisortimenten. Om förslaget går igenom, beslut tas efter granskning av EU, kommer det att innebära ett bättre skydd för enskilda skogsägare som säljer skogsbränsle.

Hur mätningen skall gå till är fortfarande oklart, men antagligen kommer bränslets vikt att få en större betydelse vid inmätningen. Det är nu upp till branschen att komma överens om ett förslag till mätmetod. Man kan hoppas på att det resulterar i ett enhetligt, rättvist och begripligt system för prissättning av skogsbränsle!



Småskalig handel med brännved – som att ”köpa grisen i säcken”!

Småskalig handel med pannved, spisved och brasved dras med samma problem som storskalig handel med skogsbränsle, och de flesta köparna anser nog att det är som att ”köpa grisen i säcken”! Orsaken till detta är att man köper energi men betalar per kubikmeter. Dessutom grundas inte priset på vedvolymen, utan på den plats veden tar. Men trots att varken säljare eller köpare egentligen vet hur mycket energi veden innehåller, brukar de i de flesta fall komma överens – vilket ändå är grunden i en god affär!

Många småhus värms med ved!

Vid försäljning av pann-, spis- eller brasved, används i regel volymerna m³s (travad kubikmeter) eller m³t (stjälp kubikmeter). Det går också att köpa ved i mindre säckar på bensinstationer och köpcentra för en trevlig kväll med ”mysbrasa” och korvgryllning. Men här är det fråga om väldigt höga priser, som är orealistiska för de som vill köpa ved för uppvärmning av hus och tappvatten. Vid mer ”normala” priser är dock ved ett ekonomiskt intressant alternativ jämfört med andra uppvärmningsformer, och det är väl det som är orsaken till att drygt 7 miljoner m³t ved användes för uppvärmning av småhus år 2009 (Statens Energimyndighet 2009).

Vedeldningen har tidigare varit ifrågasatt, eftersom den gamla generationen pannor och kaminer hade låg energieffektivitet och gav hälsovådliga och miljöfarliga rökutsläpp. Kritiken, vilken var befogad, har resulterat i en teknisk utveckling av förbränningsanläggningarna, som idag uppfyller högt ställda krav på såväl energieffektivitet som miljövärden.

Stor skillnad mellan m³s och m³t!

En småhusägare, som köper 25 m³s ved och som efter travning i vedboden upptäcker att det bara är 20 m³, känner sig troligtvis smått lurad. Det är ju 20 % mindre ved än jag

betalat för! Han har dock ingen anledning att känna sig lurad, eftersom skillnaden beror på att det är mer luft i en stjälp volym än i en travad volym. Därför är det viktigt att båda parter är överens om vilken volym man handlar med.

Den verkliga vedvolymen (vedens fastmassa) i en m³s varierar något beroende på vedens längd, grovlek och krokighet. Därför kan man inte ange ett exakt mått på fastmassan, men den brukar vanligtvis ligga inom intervallet 45–55 %. Samma sak gäller en m³t, där fastmassan även påverkas av hur väl travad veden är, men normalt brukar den ligga inom intervallet 60–70 %.

Trädslaget påverkar energiinnehållet!

Olika trädslag har olika densitet, vilket innebär att ett tyngre trädslag, till exempel ek, innehåller mer energi per m³ än ett lättare trädslag, till exempel al. Dessutom kan veden vara angripen av röta i större eller mindre grad, vilket också minskar energiinnehållet. Per kilo torrs substans innehåller dock alla trädslag ungefär samma energimängd, varför ett prissystem grundat på kr/tS även här är att föredra av rättviseskäl. Troligtvis är det dock svårare att tillämpa än vid storskalig handel med skogsbränsle? ●

Angående tankenöt med olika bränslepriser är rätt svar, att skogsägaren får ungefär lika mycket betalt för bränslet (ca 11 272 kr/hektar) oavsett vilken köpare han säljer till!

Förklaringar

1 MWh (megawattimme) = 1 000 kWh (kilowattimmar).

Skogsbränsle

Exempel på ungefärliga värden för trädrester av barrträd vid fukthalten 50 %
(torr-rådensitet 430 kg/m^{3f}): 860 kg/m^{3f} = 1,16 m^{3f}/ton - 2,9 m^{3s}/ton - 5,8 m^{3s}/tTS -
1,96 MWh/m^{3f} - 0,78 MWh/m^{3s} - 2,27 MWh/ton.

Exempel på ungefärliga värden för trädrester av lövträd vid fukthalten 50 %
(torr-rådensitet 500 kg/m^{3f}): 1000 kg/m^{3f} = 1,0 m^{3f}/ton - 2,5 m^{3s}/ton - 5,0 m^{3s}/tTS -
2,27 MWh/m^{3f} - 0,91 MWh/m^{3s} - 2,27 MWh/ton.

Pannved, spisved och brasved

Exempel på ungefärliga värden för kapad och kluven pann-, spis- och brasved:

1 m^{3f} på bark $\approx$ 1,6 m^{3t} $\approx$ 2 m^{3s}.

Effektivt värmevärde (kWh/m^{3f}) vid 20 % fukthalt; Al $\approx$ 2 000, Asp, Gran och Tall $\approx$ 2 200,
Sälg $\approx$ 2 500, Björk $\approx$ 2 800, Lönn $\approx$ 3 000, Rönn $\approx$ 3 100, Ek och Bok $\approx$ 3 600.

Tåg, lastbil eller både och?

Tåg och lastbil har olika komparativa fördelar vid transport av skogsprodukter. De är bra på olika saker och i de flesta fall är en överflyttning från det ena till det andra transportalternativet inte realistiskt. Däremot kan tåg och lastbil under vissa förutsättningar komplettera varandra på ett utmärkt sätt.

Jerry Johansson och Reza Mortazavi

SKOGSBRÄNSLE SOM RÅVARA finns i princip överallt i Sverige eftersom stora delar av landet är täckta av skog. De största användarna av skogsbränslet är skogsindustrier och värmeverk vid de större städerna. Skogsbränslets egenskaper och de geografiska/naturliga förutsättningarna medför att de initiala transporterna bara kan ske med lastbilar, oftast specialbyggda för ändamålet. Lastbil är helt oundviklig som transportalternativ i någon del av kedjan.

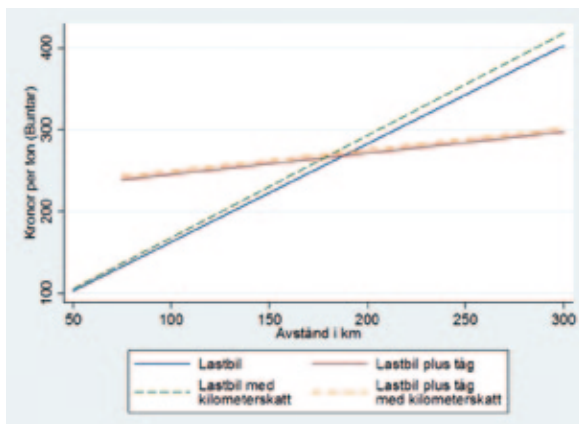
Tåg som godstransportmedel har många fördelar från både ett företagsekonomiskt och samhällsekonomiskt perspektiv. Men det har också en del nackdelar jämfört med lastbil. Det är först vid relativt längre transportsträckor som tåg blir ett realistiskt alternativ. De största nackdelarna framträder emellertid i samband med de kvalitativa aspekterna av transporter, till exempel tillförlitlighet, tid och flexibilitet. När man studerar fördelningen mellan landsväg och järnväg fördelad på olika varugrupper finner man att de olika transportmedlen

dominerar i olika varugrupper. En klar majoritet av transportarbetet för varugrupperna jordbruk, rundvirke och trävaror sker med lastbil medan järnmalm, metall, papper och massa oftast transporteras med tåg. Ett framträdande mönster är att skrymmande varor med lågt värde och långa transportavstånd transporteras med tåg. Men det finns varor i denna kategori, till exempel rundvirke, jord och sten, som ändå transporteras huvudsakligen med lastbil på grund av tillförlighet och de relativt korta transportavstånden.

Transportavstånd

Tåg blir ett intressant transportalternativ främst för längre transporter. En fråga av intresse är då: Vid vilket transportavstånd kan tåg konkurrera med lastbil? Figuren nedan visar resultatet av kostnadsjämförelse mellan två transportalternativ; endast lastbil och lastbil plus tåg, för transport av skogsbränsle i form av buntar.





Transportkostnader för buntar i kronor per ton över transportavståndet (utan och med kilometerskatt).

På grund av de höga fasta kostnaderna för tåg är alternativet lastbil plus tåg förknippat med högre kostnad i kronor per ton fram till ett avstånd av 188 km. Det är först för transporter längre än så, som lastbil plus tågalternativet innebär lägre kostnad.

Kilometerskatt

En viktig fråga är framtidens transportsituation. Redan idag fattas de flesta politiska beslut med målsättning att minska användandet av fossila bränslen. Ett populärt verktyg har varit ekonomiska styrmedel, oftast i form av skatter. Dessa medel kan ha långsiktiga effekter, till exempel att ny och mer miljövänlig teknik blir lönsammare. Men även på kort sikt har de effekter. Den senaste tiden har återinförandet av kilometerskatter för lastbilstrafik diskuterats. År 2008 föreslog *Klimatberedningen*, att man skulle införa en kilometerskatt från och med år 2011, om förutsättning för detta finns. Effekter av en kilometerskatt beror till stor del på hur den är utformad. Den kan till exempel differentieras med avseende på fordonsvikt och var trafiken sker. Vi har beräknat

möjliga effekter av en sådan skatt på valet mellan de två transportalternativen; endast lastbil och lastbil plus tåg, för transport av skogsbränsle i form av buntar. En kilometerskatt på i genomsnitt 1,40 kr/km (MP-förslag) har antagits bli införd, vilket innebär att de rörliga (med avseende på avstånd) kostnaderna för lastbilar kommer att öka.

Föregående figur visar situationen före och efter en sådan kilometerskatt. Som nämdes ovan för fallet utan kilometerskatt är kostnaden per ton större för alternativet lastbil plus tåg fram till ett avstånd av 188 km för att vara lägre jämfört med bara lastbil för avstånd längre än så. I fallet med kilometerskatt är detta avstånd 182 km. Effekten är således, att kombinationen lastbil plus tåg blir det billigare alternativet vid ett något kortare avstånd.

Ett eventuellt införande av en kilometerskatt för lastbilar gynnar i ett första steg järnvägstrafiken. Det är dock sannolikt, att när kostnaderna och priserna för ett transportslag ökar, kan priserna för andra transportslag också öka.

Synpunkter kring kilometerskatten är många. Det förekommer argument både för och emot en sådan skatt. Frågan om vilken princip som ska gälla är inte klarlagd. Många instanser ser det som svårt att räkna hem en dylik skatt, och i vissa beräkningar är frågan mer eller mindre ett nollsummespel. Konjunkturinstitutet anger exempelvis att kilometerskatten hämmar den ekonomiska tillväxten. Hos andra ses frågan som integritetskränkande. Hur det tekniskt ska lösas är inte heller bestämt.

Som styrmedel är syftet med skatten bland annat, att den tunga lastbilstrafiken betalar för de samhällsekonomiska merkostnaderna till exempel i form av utsläpp. En tanke är då, att skatten ska leda till en omfördelning mellan transportslag och att även andra delar av infrastrukturen, i första hand järnvägen och andra landsvägar, utnyttjas. En stor del av dessa landsvägar är av lägre klass. Skogstransporterna använder redan denna infrastruktur, och frågan uppstår hur mycket ökad belastning den tål. Det finns förslag på att öka banavgifterna i Sverige dramatiskt. Hur en ökning av banavgifterna påverkar

landsvägstransporterna är i dagsläget oklart.

Problemen med bantrafiken har under senare tid visat sig vara betydande. Våra banor är redan hårt belastade och nedslitna, samtidigt som trängseln bedöms öka kraftigt framöver. Statsmakterna har utlovat stora infrastruktursatsningar, vilket förhoppningsvis kan ge resultat, om än inte under den närmaste tiden. Ett frågetecken är fördelningen, det utlovade stödet är till stor del förknippat med storstadsområdena.

Gröna bränslen

Vid en jämförelse mellan skogsbränsle och fossila bränslen kan konstateras, att energidensiteten hos fossila bränslen är högre. Detta innebär att en högre massa skogsbränsle (jämfört med fossila bränslen) måste transporteras för att generera samma enhet energi. Dessutom kräver skogsbränslet mer transporter för hopsamlandet. Sammantaget kan det innebära att en del av nyttan av skogsbränsle, som förnybar energikälla, går åt till dieselkonsumtion för tillvaratagande, behandling och transport av densamma. Att hoppas på i sammanhanget är då att motorer och förnybara drivmedel kan utvecklas på ett tillfredsställande sätt.

Lager

Stora värmeverk kräver stora mängder råvara. Variationen över året kan vara avsevärd. Detta kan lösas antingen med större lager, vilket kan vara kostsamt, eller med tillförlitliga och frekventa leveranser av råvaran. Men befintliga lager upplevs ibland som små med kort framförhållning vad gäller kommande behov. Akuta uttryckningar kan då bli aktuella med åtföljande påfrestningar på transportapparaten och det sociala livet som konsekvens.

En angränsande och viktig fråga för valet av transportsätt är också vilka möjligheter som anläggningen har att ta emot skogsbränslet. Till exempel huruvida anläggningen har industrispår. Den här typen av infrastruktur kräver stora investeringar och just avsaknaden av industrispår är en faktor, som begränsar användandet av tåg för transport av skogsbränsle.

Samhällsekonomi

Transporter orsakar externa effekter. Med externa effekter menas de konsekvenser, som en aktivitet medför för en tredje part. Lastbilstransporter till exempel ger upphov till slitage på vägar, utsläpp av luftföroreningar (CO₂, metan), trafikolyckor, trängsel och buller. Järnvägstransporter

innebär också kostnader i form av slitage, olyckor, buller och direktemissioner (om dieseltåg används).

Numera är existensen av dessa typer av kostnader inom transportsektorn ofta fullt accepterad. Ett stort problem är emellertid, att beräkna och värdera dessa kostnader i monetära termer. I följande beräkningar används de värden och principer som används av

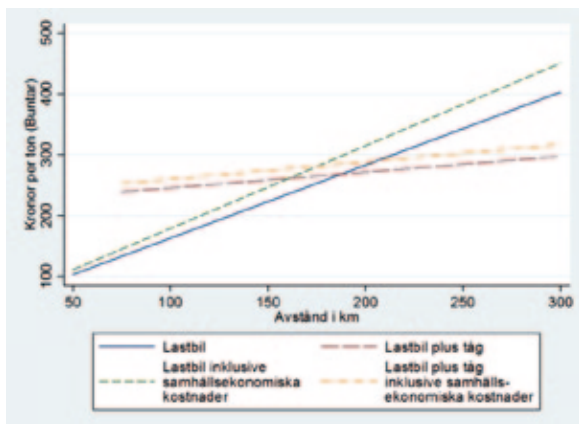
Trafikverket och baseras på den så kallade ASEKgruppens rekommendationer. Beräkningarna är baserade på en genomsnittligt samhällsekonomisk kostnad på 0,16 kr/tonkm för lastbilstransporter och 0,017 kr/tonkm för tågtransporter. I övrigt bygger de på hypotetiska grundförutsättningar (till exempel att 1 000 ton skogsbränsle ska levereras per dygn) och typsituationer. Detta innebär, att siffrorna inte ska tolkas som exakta beräkningar för specifika situationer utan mer som indikatorer.

Följande figur presenterar situationen för sortimentet buntar. Alternativet lastbil plus tåg är mer attraktivt när

» *Avsaknad av industrispår begränsar användandet av tåg för transport av skogsbränsle*



hänsyn tagits till de samhällsekonomiska kostnaderna. I det här fallet är kostnaden per ton större för alternativet lastbil plus tåg fram till ett avstånd av 175 km för att vara lägre jämfört med bara lastbil för avstånd längre än så. Utan hänsyn tagen till dessa kostnader uppnås detta först vid ett avstånd av 188 km. De externa kostnaderna kan i det enskilda fallet vara betydande, speciellt om den enskilda kostnaden är av typen med kvardröjande effekt.



Transportkostnader (inkl samhällsekonomiska kostnader) för buntar i kronor per ton över transportavståndet.

Generell diskussion

Utvinning och hantering av skogsbränsle kräver resurser. Kostnaderna, bland annat transportkostnaderna, måste vara mindre än nyttan, för att utnyttjandet av skogsbränsle ska vara effektivt, inte minst från ett samhällsekonomiskt perspektiv.

Det finns på marknaden en mängd logistiklösningar för transport av skogsenergisortiment. Så har det varit under många år. Varje transportekipage är mer eller mindre unikt på grund av att det hela tiden dyker upp nya varianter. Många av varianterna är modifieringar eller vidareutvecklingar av redan befintliga, medan andra mer

eller mindre är resultatet av någon form av nytänkande. En hög investeringsnivå leder ofta till en förbättrad prestation (som då även är beroende av vilket sortiment som hanteras). Det betyder dock inte, att man automatiskt bör ta det fordon som ger bäst prestation. Av stor betydelse är, att hänsyn tas till hur helheten (avverkningssystemen inklusive skotning, buntning, sönderdelning och annat) ser ut. Det i sin tur är beroende av skogsindustrins möjligheter att ta emot olika sortiment.

Att beräkna kostnaderna för enbart vidaretransportmomentet kan vara nog så bra på kort sikt, men i ett vidare perspektiv finns även andra kostnader och faktorer att ta hänsyn till. Alla dessa delsystemkostnader sätts då ihop till en större bild, som mera speglar helheten. Med detta avses kostnader som inträffar såväl före som efter själva vidaretransporten och berör till exempel skörd och skotning av respektive sortiment. Det kan vara svårt att särskilja dessa kostnader, exempelvis grot, som blir en restprodukt vid avverkning. På samma sätt kan det vara svårt att beräkna vad som är en rimlig kostnadsandel vad gäller träddeklar.

Skogsindustri och värmeverk kan få ökade kostnader på grund av störningskänslighet. Närhet till bebyggelse kan göra att de inte kan hålla öppen mottagning under hela dygnet. Det är därför viktigt att välja rätt plats för terminaler och omlastningsstationer.

Värt att notera är, att vid en övergång till "gröna" bränslen inträffar dessutom händelser, som inte diskuteras så mycket. Slitaget ökar på vägar och broar, inte minst på sådana som redan håller en lägre kvalitet. Det kan kräva ytterligare infrastrukturinvesteringar. Dessutom exponeras samhället i övrigt ytterligare för tung trafik. Vidare innebär ökad skörd av skogsbränsle att utsläppen av olika föroreningar i detta led ökar samtidigt som raffineringsprocessen av olja kan påverkas, kanske i motsvarande grad. Andra faktorer som påverkas är till exempel arbetskraften med kringfaktorer såsom hälsa och miljö.

Ett ökat uttag av skogsbränsle sätter ett ökat fokus på uttag av näring från vår skogsmark och det ökade behovet

av askåterföring samtidigt som miljön belastas ytterligare.

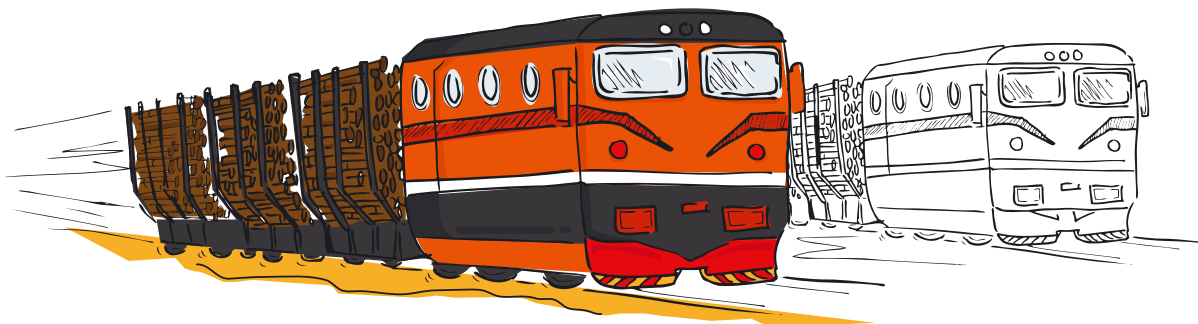
Ur miljösynpunkt finns även anledning att undersöka förekomst av korstransporter av energisortiment. Sådant bör, om möjligt, åtgärdas genom samordning och byte av råvara över gränser.

En generell olägenhet inom förädlings- och transportbranschen är de varierande betalningssystemen. Flisaren erhåller ersättning per flisad volym och tillverkning av buntar kanske sker mot betalning per bunt. Industrin (användarna) betalar för energiinnehåll. Det kan motivera säljaren till att torka skogsbränslet. Torkat skogsbränsle ger minskade lassvikter för åkaren. Åkaren kanske inte kan erhålla viktjämsamt fulla lass (mindre volymvikt), men får ersättning per transporterad vikt. Varje form av prisjämförelse från skog till slutanvändare är därmed mycket svår.

Sammanfattning

Vilket transportsystem som bör gälla i framtiden beror inte ensidigt på en eller ett fåtal faktorer utan på många faktorer tillsammans. Att ta mera hänsyn till någon faktor innebär även att någon annan faktor hamnar i skymundan och kanske förskjuter en balans. Följande faktorer har initialt stor inverkan på framtida beslut om logistik vad gäller transport av skogsbränsle.

- **Kilometerskatt** kan rent tekniskt vara besvärligt att genomföra och hantera. Dessutom kan genomförandet kräva ytterligare investering i svagare vägar och broar i den del av infrastrukturen, som blir hårdare belastad.
- **Mottagningstiderna** vid industrier och värmeverk måste effektiviseras för att skapa en bättre arbetssituation och ett jämnare flöde såväl trafikmässigt som lagermässigt samt för att hålla en högre nivå på trafiksäkerheten.
- **Terminaler** med hög kvalitet behövs för ett optimalare flöde.
- **Ökad tillgänglighet** för godstrafik på våra banor. Trafiksituationen kommer att hårdna ytterligare i framtiden, inte minst genom ökad trängsel från andra godsslag och persontrafik.
- **Minska risken för akuta transporter** – skapa bättre lagerbalans och framförhållning.
- **Minskade korstransporter** ger minskad miljöförstöring.
- **Förändrade** (eller validerade) **betalningssystem** för att minimera farliga stressituationer i trafiken. Detta skapar även större rättvisa mellan olika grupper.
- **Grönare motorer** och grönare **bränslen** förbättrar miljöbalansen. ●



Lösningarna finns! Är pelletsproducenterna medvetna om problemen?

Sverige är inte längre världsledande som pelletsproducent. USA producerar allra mest pellets i världen. Kanada och Ryssland producerar också allt mer pellets. Ingen av dessa länder har någon omfattande inhemsk konsumtion. I stort sett all pellets exporteras och det sker huvudsakligen till Europa. Sannolikt kommer det att leda till att priset på pellets i Europa sjunker, med följd att lönsamheten för svenska pelletsproducenter minskar.

Jonas Berghel, Stefan Frodeson, Karin Granström, Roger Renström och Magnus Ståhl

EN ANNAN FAKTOR värd att notera är, att verksamheter som har en god image, förr eller senare får något problem och då kan råka ut för omfattande ifrågasättande i media. För att möta ett sannolikt prisfall eller negativa skrivelser (det vi kallar "badwill") kring pellets, kan vi identifiera tre olika strategier som möjliga lösningar på problemen. Den första strategin är att kontinuerligt förbättra den process man har, den andra är att byta tillverkningsteknik och den tredje är att integrera pelletsfabrikerna med annan verksamhet.

Våga effektivisera

Den enklaste, och ofta billigaste, lösningen är att

förbättra en redan existerande process. Ett sätt att minska produktionskostnader är att aktivt verka för att avveckla alla mellanlager för råvara i produktionen och våga satsa på en kontinuerlig process. Pappers- och massaindustrin har gjort det. För länge sedan och med stor framgång. Att våga satsa på en kontinuerlig process medför att man är tvungen att anstränga sig ytterligare för att minska produktionsstörningar.

Att lösa problem genom att införa mellanlager borde bannlysas. Enda acceptabla anledningarna till att ha ett mellanlager är, att om en del av produktionen går extra bra under en period, kan man bygga upp ett litet lager för att klara framtida driftstörningar.



Att försöka rädda längre driftstörningar med hjälp av mellanlager är dömt att misslyckas, och kortare driftstörningar måste man verkligen anstränga sig för att undvika.

Oftast dimensionerar torkarna den maximala produktionen i en fabrik, medan mellanlagret efter torken är ett sätt att se till att torken alltid producerar maximalt. Men den största potentialen för att minska produktionskostnaderna är att ta bort mellanlagret mellan torkningen och pelleteringen. Mellanlagret gör att temperaturen på råvaran sjunker, vilket gör den mer svårpelleterad. Traditionellt har man löst detta genom att återvärma och återfukta råvaran med ånga. Här menar branschen, att processen blir mer störningskänslig om mellanlagret plockas bort. Detta är i och för sig sant, men konsekvenserna av ett tillfälligt ökat eller minskat råvaruflöde in i pelletsmaskinen är inte särskilt stora.

Om man avvecklar mellanlagret av torkat spån behöver man inte torka råvaran så mycket i torken. Detta motsvarar en torkkapacitetsökning på ca 10 %! Energibesparingen av el för produktion av ånga, som värmer och återfuktar sågspånet innan pelletspressen, skulle bli i storleksordningen 40 kWh el/ton pellets.

Pelletstillverkarna menar, att mellanlagret behövs för att utjämna fukthaltsvariationerna i råvaran. Svårigheten är dock, att torka träråvaran de sista procenten till den lägsta fukthalten, är både mest energikrävande och tar längst tid. Dessutom upptas en stor andel av torkvolymen. Den delen av torkningen upptar således en stor andel av maskininvesteringen.

Låter man värmningen och torkningen fortsätta ända in i pelletsmaskinen kan transportbandet användas för sluttorkning och fukthaltsutjämning. Detta är rimligtvis en kostnadseffektiv ökning av torkkapaciteten.

Vi återkommer till problem, som man bör lösa genom att förbättra existerande process. Men först problem och lösningar som rör råvaran.

Det finns fler råvaror

Den vanliga råvaran till pellets är trä, som både mals och torkas, innan den slutligen pelleteras. En ökad konkurrens om träråvara medför att pelletspriset ökar.

Förändringar i energibeskattningen, som öppnar för nya marknader inom exempelvis tillverkningsindustrin

är både en risk och en möjlighet för pelletsindustrin. Inom tillverkningsindustrin, har man med en gynnsam beskattning fram till idag eldat olja, men med nya energibeskattningsregler kommer träråvara att bli ekonomiskt intressant även för industrin. Det sätter ytterligare press på den redan begränsade råvarubasen. Träråvara, som är lämplig att processa till pellets, riskerar att förbrännas i pannor som klarar mer svåreldad och askrik träråvara.

Allra helst borde råvarubasen vidgas. Från att idag främst omfatta träråvara,

till att omfatta annan biomassa, såsom grot, halm, gräs, jordbruksavfall och slam. Problemet, främst för småhusägarna och deras brännarutrustning är, att flera av dessa råvaror har sämre förbränningsegenskaper än ren träråvara. De ger dessutom mer aska. Detta kan lösas

» *Förändringar i energibeskattningen, som öppnar för nya marknader inom exempelvis tillverkningsindustrin är både en risk och en möjlighet för pelletsindustrin.*

med att den begränsade resursen träråvara reserveras för småhusägarens panna. Större pannor, som idag eldar träpellets, kan lika gärna eldas med bränslen som villaägaren inte klarar av att elda i sin panna. Alternativt kan råvarubasen utökas genom att biomassebaserade tillsatser tillförs, så att branschen kan tillverka biomassapellets, som småhusägaren kan använda.

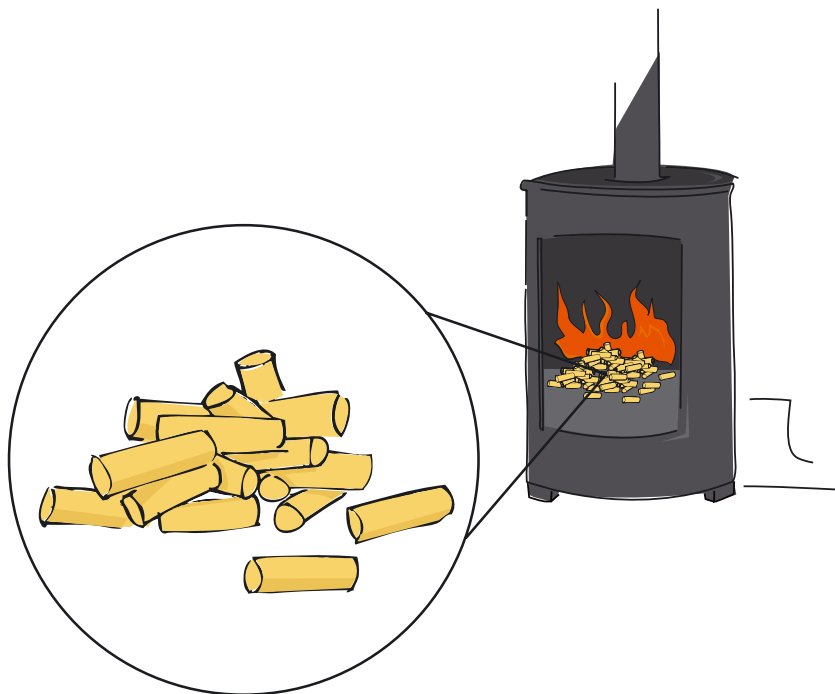
Själva pelleteringstekniken kan förbättras genom att utveckla matriserna, införa processtyrning och optimera regleringen av anläggningen. Här finns sannolikt mycket att göra, då dagens teknik inte är utvecklad för att hantera träfiber. Den är mer lämpad att utnyttja andra råvaror. Träfibern är mer energikrävande att pelletera än många andra råvaror, såsom spannmål eller växtfiber. Om träråvaruresursbasen används tillsammans med andra råvaror, som energiresurs i form av pellets gjorda på flera olika biobränslen, kommer den begränsade träråvaran att ha en helt annan framtid.

Integrera mera

Till en början var pelletsproduktionen något som skedde småskaligt av entusiaster. Från pappers- och massindustrin såg man pelletsindustrin som en konkurrent om träråvaran. När pellets började produceras i större anläggningar började man se möjligheter att integrera pelletsproduktionen, antingen för att sänka kostnader, säkra råvara eller för att komma närmare en marknad.

Dessa integreringar har varit

företagsekonomiskt fördelaktiga. Pelletsfabrikerna har fått betalt för kondensvärme från torkarna och har i en del fall kunnat sälja överskottsvärme som fjärrvärme. Sågverken har fått avsättning för sina sidoprodukter samtidigt som pelletsfabrikerna har fått råvara. Transporterna har minskat och i en del fall delar pappers- och massindustrin infrastruktur med pelletsindustrin. Integrationen har medfört en förbättrad användning av träråvaran och varit fysiskt betingad. Den kräver att man placerar verksamheter intill varandra rent fysiskt.



Någon kommersiell kunskapsöverföring från pappers- och massaindustrin till pelletsproducenterna har inte skett i någon större omfattning. Men bränslepelletsbranschen är en ung bransch som borde kunna fortsätta att utvecklas inte bara när det gäller produktionsvolymen. Pappers- och massaindustrin har en lång erfarenhet och stor kunskap kring fibern och dess egenskaper. Hur länge har pelletsindustrin råd att bortse från denna kunskap och erfarenhet?

Att tänka i banor där pelletsproduktionen är en del av ett bioraffinaderi kan öppna för ett ännu bättre utnyttjande av träråvaran. Den djärvaste tanken/utmaningen är att börja om från början och jobba med råvaran som en fiber och därmed ta fram en helt ny pelleteringsmetod/fabrik.

Genom att se pelletsproduktionen som en del i ett bioraffinaderi kan också en del av den kunskap om fiber som finns i massindustrin komma att utveckla pelletsbranschen. Detta kräver ett nytt konceptuellt angreppssätt där det tas hänsyn till all industri som använder träråvara. Här kan det handla om fortsatt integrering, i den meningen att anläggningar placeras intill varandra, eller att nya typer av anläggningar för bioraffinering studeras och/eller integreras med varandra. Sådana studier bör göras i samarbete mellan forskare och industri. Denna möjliga utveckling kräver ekonomiska insatser både för studierna och för teknikutvecklingen.

Som en del i ett bioraffinaderi kan man bygga en processkedja som kan styras och regleras både avseende råvarans egenskaper och den marknad som råder. Som vi ser det krävs det forskning där olika kunskapsområden förs samman och där forskningens utgångspunkt är att hela processen från träråvara till *olika* nyttigheter studeras.

Man kan nå bättre än standard

Variationer i kvalitet är ett problem, som pelletsindustrin duckar för men som ställer till det för kunderna. Här måste man vara omsorgsfull för att inte orsaka badwill.

Det kan vara så, att dagens produktionsteknik inte klarar av att tillverka en förbättrad pellets eller en pellets med jämnare kvalitet. Det måste i slutänden få bli den pellets det blir.

Pelletsproducenterna kan idag leverera i princip vilken pelletskvalitet de vill. Det finns inga andra krav utöver att frivilligt uppfylla rekommenderade standarder. Dagens standarder (tidigare svenska, numera europeiska) baseras på låga tröskelvärden, som alla producenter klarar utan alltför stora problem.

Problemet är att standarden har blivit producenternas kvalitetsinformation till kunderna. Eftersom det bara är tröskelvärden kan pelletsanvändare få pellets av varierande kvalitet vid olika leveranser, även om man håller sig till samma leverantör. Något som gör kunden missnöjd, då driftproblem kan uppstå

i pannan, när pellets med olika kvalitet levererats och kommer ner i brännarkoppen.

Att då sitta nöjd och tro att kvaliteten är bra och att kunderna är nöjda, riskerar att konservera dagens kvalitet snarare än att utveckla densamma. Om standarden istället hade varit ett krav baserat på intervallvärden, hade informationen på förpackningen varit inom ett intervall. Detta i sin tur skulle ha medfört att kunden kunnat välja en specifik pellets kopplad till sin brännare, med vetskap om att driftstörningar skulle vara sällsynta.

Skulle det bli ett problem att producera, lagrhålla och leverera pellets av olika kvaliteter? Skulle det leda till ökade kostnader? Vi tror inte det.

» *Hur länge har pelletsindustrin råd att bortse från denna kunskap och erfarenhet?*

Bara det faktum, att konsumenten på något sätt kan förstå att en ny leverans har en annan specifikation, gör att konsumenten har möjlighet att ställa om brännaren innan problemen uppstår. En sådan utveckling skulle även kunna leda till utveckling av bättre brännare med högre tillförlitlighet. Brännarleverantörerna skulle också kunna tillverka och sälja utrustning som kopplas till en specifik pellets med specifika egenskaper, vilket skulle innebära mindre störningsproblem för kunden.

En förbättrad standardpellets skulle kunna leda till fler användare eller till att färre överger pelletsen till förmån för andra uppvärmningsformer.

Sammanfattningsvis är risken med en utökad och/eller mer specificerad standard att det skulle kunna leda till ökade produktionskostnader som till sist ska betalas av pelletsanvändare. Men möjligheten är, att kunderna skulle bli nöjdare och att de flesta troligtvis skulle vara beredda att betala mer, med vetskap om att det gav en mer problemfri drift.

Det finns miljöproblem

Pellets kan vara ett arbetsmiljöproblem. Det kan leda till badwill. Vissa hävdar att detta var ett problem förr i tiden, men att frågan om damm och gaser nu är löst. De flesta av dagens producenter har redan gjort processen ”dammfri”, det vill säga, sett till att dammande transporter sker utomhus i rör och dessutom att det finns utsug på strategiska platser i produktionen.

Men effektiva åtgärder mot damm har vidtagits främst i nyttillverkade pelletsfabriker, där de har funnits med på ritbordet från början. För de sedan länge etablerade fabrikerna kostar det pengar att bygga om och bygga till reningsutrustning. De äldre pelletsfabrikerna är därför nöjda om de klarar de hygieniska gränsvärdena.

Ett annat problem är att lagring av pellets kan ge bränder och vara en arbetsmiljörisk, på grund av att fettoxidation sker. Den ger upphov till värme, aldehyder och kolmonoxid.

Här kan en ”låt-gå” attityd vara att:

”Visst sker fettoxidation, men låt oss inte överdriva problemen. Spontana bränder och farlig ansamling av kolmonoxid har skett i stora silon och vid båttransporter av pellets. Ordnar man bra ventilation i stora lager så blir bildandet av värme, aldehyder och kolmonoxid inget problem, eftersom de ventileras ut till atmosfären. Det är heller inget större problem för villakunden, även om aldehyder har uppmätts också i villalager – de lagren är för små för att ansamlingen av värme och diverse gasformiga ämnen ska ha någon större effekt”.

Dessa lugnande ord klingar dock en aning ihåligt. Problemet har de facto inte lösts hittills, eftersom bränder i silon fortfarande sker. För att verkligen komma till rätta med dessa faror skulle det behövas pellets med längre lagringsbarhet eller, att pelletsen har oxiderat färdigt innan lagringen kan påbörjas. På så vis skulle problemet verkligen vara ur världen.

Avslutningsord

Pelletsbranschen har haft en fantastisk utveckling de senaste 10 åren. Ser man bara lösningarna innan problemen blir verklighet, och visar sig i negativa resultatredovisningar eller badwill, då har branschen goda förutsättningar att möta en fortsatt fantastisk utveckling. ●

Varför får inte villaägaren driva kvalitetsutvecklingen på bränslepellets?

De tidiga pelletsanvändarna var pionjärer. De tyckte att det var roligt att arbeta med injustering, sotning och askhantering. Dagens pelletsanvändare består till stor del av småhusägare som har konverterat från olja till pellets av ekonomiska skäl. De vill ha ett så underhållsfritt uppvärmningssystem som möjligt.

Jonas Berghel, Stefan Frodeson, Karin Granström, Roger Renström och Magnus Ståhl

VALET ATT KONVERTERA till pellets är ekonomiskt fördelaktigt med förhållandevis låg installationskostnad. Tidigt på 2000-talet fanns dessutom ett statligt bidrag. Idag sker närmare 40 % av den totala pelletsanvändningen inom småhussegmentet. Antalet småhusägare som idag eldar med olja är få, så mängden nya kunder till pelletsbranschen som övergår från olja är försumbar. Morgondagens kundsegment är troligen småhusägare som idag har direktverkande el, alternativt nybyggnationer, som kompletterar med en pelletskamin.

Alla kunder har en möjlighet att välja mellan olika värmesystem. Ska pelletsindustrin behålla dagens kundsegment samt öka sin marknadsandel krävs att pelletseldning uppfattas som tillförlitligt och bekvämt. Detta fordrar pellets av hög och jämn kvalitet.

Ge kunden en reell möjlighet att välja!

Den pellets som idag levereras till småhusägare uppfyller oftast standarden för pellets. Standarden är uppbyggd med tröskelvärden för längd, volymvikt, hållfasthet, askhalt, fukthalt, diameter och energiinnehåll. Att standarden anger tak- eller golvvärden istället för intervall innebär att pellets med en stor variation i längd, bulkdensitet och hållfasthet kan levereras till kund. Det ställer till problem vid förbränningen och påverkar därmed tillförlitligheten negativt – vilket är ett stort problem för pelletseldaren och därmed också för branschen.

Variation i pelletsens egenskaper skulle kunna minskas med hjälp av standardparametrar uttryckta som intervallvärden. Detta skulle ge pellets av högre



kvalitet och dessa verkligt standardiserade pellets skulle ge minskade förbränningsproblem. Dagens standard överträffas ofta av tillverkarna utan att kunden får den informationen. Det innebär, att det i realiteten är en variation i kvaliteten, som kunden i slutänden får ta konsekvenserna av.

Att styra om produktionen så att det blir mindre variation riskerar att öka tillverkningskostnaden och därmed också priset på pellets.

Det skulle bli en konsekvens av att produktionen måste regleras, styras och övervakas hårdare.

Å andra sidan kan pellets som uppfattas vara av ojämn kvalitet, göra att kunden byter leverantör eller till och med uppvärmningssystem till fjärrvärme eller värmepump och det missgynnar hela pelletsbranschen. Dessutom kan producenter som har missnöjda kunder få pellets i retur, vilket i sig är förknippat med ökade kostnader.

En mer standardiserad villakundspelletts ("premium kvalitet") skulle kunna generera ett högre pris, det vill säga ytterligare intäkter till producenten och dessutom nöjdare kunder.

Idag finns det inga möjligheter för kunder att efterfråga en mer standardiserad pellets eftersom alla producenter, oavsett om de uppfyller standarden eller inte, har stor variation på de pellets de producerar. Om kunderna hade haft möjlighet att välja en pellets av premiumkvalitet som medförde ökad trygghet, en mer bekymmersfri uppvärmning och större chans för en störningsfri vintersäsong, så skulle många troligen göra det.

Tillvarata kundernas erfarenheter

En systematisk webbaserad kundkontroll kan vara ett kostnadseffektivt sätt att tillvarata kundernas erfarenheter

i syfte att förbättra pelletskvaliteten. Varje leverans av pellets skulle i ett sådant system föras med en uppmaning till kunden att göra en utvärdering av den pellets som levererats. I ett sådant system skulle kundnyttan snarare än kopplingen till en standard vara drivande. Kostnaderna för att göra leveranserna spårbara, enkäten ändamålsenlig, och data återkopplade till producenten, är till största delen av engångskaraktär.

En för kunden viktig parameter är pelletsens hållfasthet. Låg hållfasthet ger smulning, det ger en hög andel finfraktioner, vilket ger problem vid eldningen. Enligt svensk standard får $\leq 0,8$ viktprocent vara finfraktioner i en leverans. Enligt den europeiska standarden ska 97,5 % av totala volymen klara hållfasthetstestet, vilket innebär att 2,5 % får vara finfraktioner.

Hållfasthetskraven klarar alla leverantörer idag att leva upp till. Trots detta är det vanligt att kunder upplever problem som beror på smulning och finfraktioner. Gör kunderna fel, eller är det mätmetoderna som inte är relevanta? Mätmetoden för pellets enligt den svenska standarden är, att 5 kg pellets tumlas enligt ett specifikt varvtal i 8 minuter i en tumlare/trumma, varpå andelen finfraktion vägs. Mätmetoden för pellets enligt europeisk standard, är att 0,5 kg pellets tumlas enligt ett specifikt varvtal i 10 min för att sedan sällas och andelen återstående pellets vägs. Tumlaren/trumman designas enligt vad som står i respektive standard.

Mätmetoderna för att kontrollera finfraktioner/andel pellets är enkla och standarderna beskriver utförligt hur man själv kan bygga en utrustning och kontrollera sin produkt. Således kan en producent leverera enligt standardkravet på finfraktioner genom att utföra en egenkontroll med egenbyggd utrustning. Det är en praktisk mätmetod, men den garanterar enligt vår uppfattning inte

» *En mer standardiserad villakundspelletts ("premium kvalitet") skulle kunna generera ett högre pris*

pellets av tillräckligt hög kvalitet.

Det finns också kvalitetsmått som kan vara viktiga men som inte fångas in av dagens standard. När pellets åldras oxideras fetter i träet. Det ger dels värme och dels olika lättflyktiga kolväten. Problemet med fettoxidation är att processen kan ge bränder i pelletssilon och att det vid transporter och lagring kan bildas hälsovådliga gaser i slutna utrymmen – dödsfall har inträffat. Villakunder kan märka fettoxidation som en konstig lukt i pelletsförrådet.

En anledning till att ett mått på hur långt oxidationen gått inte finns i dagens kvalitetsstandard är, att det krävs dyrbar specialutrustning för fettoxidationsmätningar, samt att ett lågt värde kan betyda antingen att fettoxidationen är avslutad eller att den ännu inte påbörjats. Detta är en parameter där kundens återkoppling kan vara av stor betydelse.

Det finns ingen systematisk extern kontroll av att standarden efterlevs. Kvalitetssystemet bygger på egenkontroll och att pelletsproducenterna kontrollerar varandra. Det är en billig och obyråkratisk modell, men erfarenheterna visar, att nuvarande kvalitetsstandard inte förbättrar pellets-kvalitet.

Kostnaderna för en mer utvecklad och byråkratisk modell skulle sannolikt vältras över på kunderna. Om detta i slutänden är kostnader som man bör ta för att på lång sikt få förbättrad tilltro till pelletsens kvalitet, eller om kostnadsökningen skulle leda till att kunderna överger pellets av kostnadsskäl, är svårt att sja om.

Det, som kunden förväntas utvärdera, måste vara enkelt att mäta eller uppskatta. Vad gäller en nöjdhetsundersökning kan ett motargument vara, att olika kunder efterfrågar olika typer av pellets – det är inte nödvändigtvis så, att en sort passar alla. Därför behövs objektiva värden i ett kvalitetstest, som kunden själv kan utföra. En risk kan vara att kunderna uppfattar det som ”jobbigt”, men den farhågan är sannolikt överdriven. Det finns ju inget krav på kunden att göra testet – bara en möjlighet.

Med välgenomtänkta parametrar för kunden att testa

skulle företagen få tillgång till kundbetyg på producerad pellets. Vi tror att det skulle vara en kvalitetshöjande faktor för branschen och att det i förlängningen skulle gynna hela pelletsnäringen.

Avslutningsord

Vill pelletsbranschen behålla nuvarande villakunder och knyta till sig morgondagens, som ett stort kundsegment, måste standard och produktionsteknik ses över. Kundernas bekvämlighet och krav på tillförlitlighet måste vara ledord för producenterna. Det är kundernas behov som ska styra kvalitetsutvecklingen på pellets. ●



Biogas, en väg mot ett hållbart samhälle!

En av vår tids största utmaningar är att åstadkomma ett hållbart samhälle, i den betydelsen att vi ger våra efterkommande en chans och inte ett jordklot i form av ett tomt skal. Biogas utvunnen från restprodukter i samhället (matavfall, avlopp, jordbruksprodukter, med mera) har en energi med hög exergi (användbarhet). Vi tar hand om "skräp" och får en bra energikälla istället – vad hindrar oss?

Ola Holby

BIOLOGISK NEDBRYTNING av organiskt material (kolväten) kan ske aerobt (med syre, kompost) och anaerobt (utan syre, rötning). Båda processerna är beroende av ett samspel mellan olika mikroorganismer och yttre miljöförhållanden. För att kunna överleva och föröka sig behöver mikroorganismerna energi, näringsämnen och spårämnen, vilket kan fås från organiskt material. När bindningarna i organiskt material bryts frigörs elektroner som behöver "tas om hand" för att processen ska fortgå. Vid aerob nedbrytning är elektronacceptorn syre, som bildar koldioxid vid nedbrytningen.

Vid anaerob nedbrytning finns flera olika elektronacceptorer. De bakterier som utnyttjar den som ger högst energiutbyte, och finns tillgänglig, tränger undan övriga bakteriestammar. Kvalitativt utnyttjas syre före nitrat som i sin tur utnyttjas före järn, före mangan, före sulfat, och så vidare, fram till metanframställarna,

som kommer längst ner på skalan. Den biologiska nedbrytningen kan styras med hjälp av yttre faktorer som temperatur, näringskomposition, och annat.

När organiskt material bryts ner ombildas materialet till mindre enheter. Beroende på vilka mikroorganismer och under vilka förhållanden det organiska materialet bryts ner, blir kompositionen på dessa enheter olika både vad gäller kvalitet och mängd.

Vid en aerob nedbrytning bildas koldioxid, vatten, cellmassa och värme. Det kan sägas att ca 60 % av energin i det organiska materialet byggs in i ny cellmassa och ca 40 % avges som värme.

Vid anaerob nedbrytning kan upp till 90 % av energin bindas till metan, medan ca 8 % binds till ny biomassa och enbart ca 3 % avges som värme. Biogas kallas den gasen som bildas vid den anaeroba processen. Biogas består till största delen av metan (energirik) och koldioxid, men kan



även innehålla en del ammoniak, klorgas och vätesulfid. Vätesulfid är en gas som både luktar starkt (ruttet ägg) och är toxisk. Bildningen av svavelväten beror på tillgången på vissa elektronacceptorer (främst sulfat) och kan till stor del styras i en industriell process.

Biogasen delas ofta upp i ”rötgas” och ”deponigas”. Rötgasen produceras vid en kontrollerad rötningsprocess där substratet kan vara; avloppsslam, hushållsavfall, matrester, restprodukter från jordbruk, restprodukter från industri, skogsbruket eller något annat som innehåller organiskt material – kan även vara blandningar. Ur en mer vetenskaplig syn är substraten kolhydrater, fetter och proteiner. Metanhalten i rötgas ligger normalt mellan 50–75% beroende på substrat och processbetingelser.

Deponigasen bildas vid naturlig nedbrytning av organiskt material på deponier. Metanhalten är något lägre än för rötgas och ligger på 40–50%. I skrivandets stund kommer fortfarande mest biogas från deponigas, men eftersom utvecklingen går snabbt inom rötningsteknikerna och att det sedan ett antal år är förbjudet att deponera organiskt material, kommer den största källan inom en snar framtid att vara rötgaserna.

En tredje betydande källa för metan kommer troligtvis att bli termisk förgasning av restprodukter innehållande organiskt material.

Hållbart samhälle: Utnyttja restprodukt

Enligt Bruntlandskommissionens rapport, ”Vår gemensamma framtid” (1987), är definitionen på hållbar utveckling: *En hållbar utveckling kan definieras som en utveckling som tillfredställer dagens behov utan att äventyra kommande generationers möjligheter att tillfredställa sina behov.* Hållbar utveckling är FN:s övergripande mål för samhällsutvecklingen i världen och omfattar hur jordens resurser används, livsmiljöer påverkas och även sociala aspekter. Idag räknar FN ofta på etthundraårsperspektiv, vilket ett flertal anser är en för kort tidshorisont. Det finns flera förslag på hur ”hållbar

utveckling” ska definieras, hur tolkningarna ska ske och vilka tidsaspekter som ska sättas. Även om det finns olika åsikter på detaljnivå, är de flesta överrens om principen. Vi ska inte förstöra förutsättningarna för att ha naturen som bas och därför bör vi gå mot förnybara resurser.

Biogas är en förnybar resurs och används den som fordonsbränsle minskar koldioxidutsläppen med 85–95% enligt AGA (beroende på substrat och tillverkningsmetod). En del säger att biogasen inte ger något nettoutsläpp av koldioxidekvivalenter, medan naturgasen ligger 25 % under bensin.

Beroende på hur beräkningarna sker kan det även gå så långt att biogastillverkningen blir en positiv koldioxid ”fälla” när substratet är kogödsel. Detta beror på att läckaget av metan från gödslet minskar (samlas upp) och den negativa effekten på växthuseffekten minskar.

Sanningen i skrivandets stund är att biogas troligen minskar utsläppen av koldioxidekvivalenter med ca 90 % jämfört med bensin, beroende på led i tillverkningen där fortfarande fossilt bränsle används, till exempel transporter och skörd.

Det ska tilläggas, att flera av tänkta biogassubstrat tidigare har varit ett avfall (restprodukt) som hamnat på deponi. Sedan ett antal år tillbaka är det förbjudet att deponera organiskt material i Sverige. Förordning (2001:512) fastställer, att slam som inte har stabiliserat enligt § 14 ej får deponeras.

§14 Endast avfall som har behandlats får deponeras. Med behandling avses användning av fysikaliska, termiska, kemiska eller biologiska metoder, inklusive sortering, som ändrar avfallets egenskaper så att dess mängd eller farlighet minskas, hanteringen underlättas eller återvinning gynnas.

Inom energisektorn är Sverige och världen fortfarande beroende av fossila bränslen, vilket är negativt för den hållbara utvecklingen ur både det ekologiska, ekonomiska

och sociala perspektivet. Behovet att ersätta energislag från fossillagerresurser med förnybara energialternativ blir allt mer akut. Detta har drivit på utvecklingen av biogasproduktion, så att en tidigare restprodukt nu har blivit råvara till energiframställning. Potentialen finns att bli ännu bättre, det är vi som avgör. Oavsett hur beräkningarna görs anses drivmedel gjorda från biogas som de absolut mest miljövänliga.

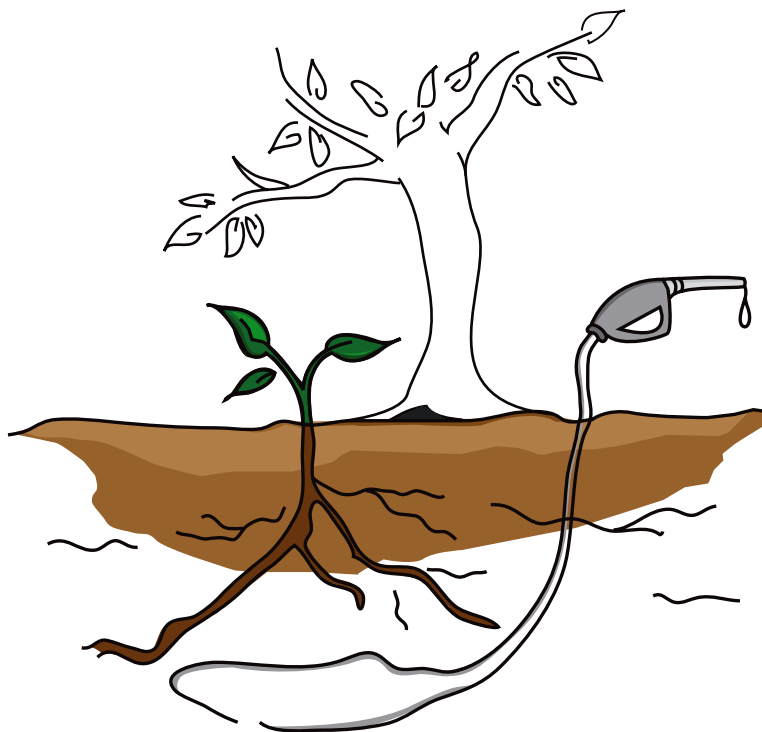
I dagens samhälle finns det nationellt inga politiker som ignorerar begreppet ”hållbar utveckling” och ett fåtal internationella makthavare som skulle drista sig därtill

Till vad: Värme – El – Fordonsbränsle – Råvara

Biogas är en energirik gas med ett högt ”exergivärde” – vilket betyder att den kan användas till flera olika saker. Gasen kan användas till uppvärmning, elproduktion, fordonsbränsle och även som råvara till en del synteser. Vid biogasproduktion fås också en rötrest, som kan användas till jordförbättringsmedel. Idag är det högst betalt för gasen som fordonsbränsle, men uppgraderingen kräver stora investeringar och relativt stora mängder gas. Det råder oenighet om vem som ska få använda gasen på fordonssidan, gemene bilisten, enbart tung trafik eller kanske som fartygbränsle? För infrastrukturen skulle det vara enklast med tung trafik och/eller fartygstrafik, men för det allmänna miljötänkande kan det vara bra om flera engageras, vetenskapen att man gör något bra är guld värt och ger ofta avknoppning till fler bra saker.

Värmeproduktion – elproduktion

Vid mindre enheter som gårdsbaserad biogasproduktion används ofta gasen till att täcka gårdens värmebehov. Ett visst dilemma finns då biogasproduktionen under året är relativt konstant medan energibehovet under årets varma månader minskar kraftigt. Situationen kan bli att gården måste köpa stödvärme på vintern och fackla bort överskottsgas på sommaren. Gasen kan användas i fjärrvärmenät och anses vara ett rent alternativ. Generellt sett är verkningsgraden för en gaspanna högre än för motsvarande oljepanna, troligtvis på grund av att sotbildningen är mindre samt att det inte behövs någon förångning. Biogas brinner direkt efter produktionen utan



förbehandling, det är dock lämpligt att avskilja vattenånga innan förbränningen.

Nästa logiska steg, från att ha använt biogasen till enbart värme eller matlagning (utvecklingsländer), är att producera el. Det kräver mer investering än för enbart värmeproduktion, men kan jämna ut toppar och komma att löna sig i längden. Vid kraftvärmeproduktion blir cirka en tredjedel av biogasens energi elektricitet, medan de återstående två tredjedelarna fortfarande blir värme. Förbehandlingen av gasen inskränker sig till borttagande av vatten, partiklar och svavelväte.

Elen genereras generellt av en generator driven av förbränningen av biogasen i en ottomotor eller en för gasdrift konverterad dieselmotor. Den så kallade dualfuelmotorn används ofta vid mindre kraftvärmeverk i Tyskland. Motorn startas på ren diesel och går därefter på 90–95% biogas. Andra möjliga alternativ för elproduktion är stirlingmotorer och gasturbiner. Fortfarande är diesel- och ottomotorer ett mer ekonomiskt alternativ, på grund av lågt pris och god mekanisk verkningsgrad. Stirlingmotorer och gasturbiner antas bli mer lönsamma i framtiden på grund av färre rörliga delar och därmed bättre hållbarhet och enklare service.

Gasuppgradering

Teoretiskt sett kan bilen köras på biogas, om först vatten och svavelväte avlägsnas, även utan ytterligare uppgradering. Det skulle dock bli en del praktiska problem med begränsad aktionsradie samt förbränningstekniska problem i motorn som tändningssystem, kväveoxidbildning och så vidare.

Biogas, som uppgraderats till ett metaninnehåll på minst 95 % - fordonsgas, är ett av de absolut mest miljövänliga fordonsbränslet på marknaden idag och ger störst reduktion av växthusgaser vid drivmedelstillämpning.

Det vanligaste sättet att uppgradera biogasen är trycksatta vattenskrubbar. Tekniken bygger på att både koldioxid och svavelväte löser sig lättare i vattnet än

metanet, vilket gör att metanet anrikas. Tyvärr är metan inte olösligt i vatten vilket gör att ett visst läckage fås när vattnet rekonditioneras (släpper trycket för att bli av med övermättad koldioxid) för att användas igen. Normalt används fyllkroppar i dessa skrubbar för att öka yta/volymförhållandet och därmed en enklare övergång för koldioxiden till vattenfasen. Istället för vatten kan ett lösningsmedel som absorberar koldioxid bättre eller någon typ av adsorbent användas. Även materialet i fyllkropparna kan påverka separeringen av önskvärda gaser, flera företag arbetar med teknikerna idag.

Den bildade fordonsgasen trycksätts till 200 bar innan användning och kallas då CBG (Compressed BioGas). Genom att utnyttja att koldioxid och metan har olika kokpunkter kan en separation göras genom kryogen teknik - nedkylning tills metanet går från gasfas till flytande fas (metan -162 °C). Det flytande metanet kallas LBG (Liquified BioGas). Fördelar med tekniken är att volymen på gasen minskar 600 gånger, vilket förbättrar distributionsmöjligheten. Även den flytande koldioxiden som erhålls, kan användas vid transport av kylvaror. Genom den så kallade dualfuel-teknologin kan upp till 90 % av dieseln i tunga fordon ersättas. Även olika membrantekniker kan användas för separationen. När biogasen är uppgraderad kan den anses som likvärdig med naturgas, vilket gör att distributionssystemet för naturgas kan utnyttjas.

För uppgraderad biogas/metan finns stor användning som råvara inom petrokemiindustri för tillverkning av plaster, aldehyder, djurfoder, färger, med mera.

Av drygt 1 300 GWh producerad Biogas var användningsområdena under 2009 fördelade enligt följande (energimyndigheten):

• Värme	667
• El	64
• Uppgradering	488 (varav 151 till naturgasnätet)
• Fackling	135
• Saknas	9

Biogödsel

Vid biogasproduktion genom rötning uppstår en rötrest som slutprodukt. Målet måste vara att återföra näringsämnena i rötresten till jorden. Enkelt kan sägas att ur det organiska materialet har en del kol omvandlats till metan och koldioxid som sedan har tagits bort – resten är kvar. Detta gör att de viktiga näringsämnen som kväve och fosfor har anrikats i biogödslet. Dessutom har fosfaterna lösts upp och kommer i löst form och kväveföreningarna har transformerats till ammonium, från att ha varit bundet i organisk form. Detta gör att växterna har lättare för att ta upp dessa näringsämnen och närsaltsläckage kan lättare undvikas jämfört med om konstgödsel eller stallgödsel används. Fortfarande är det dock viktigt att gödselgivan ges på ett riktigt sätt vid rätt tidpunkt. Andra fördelar med rötresten är, att vissa organiska gifter (till exempel artificiellt gjorda hormoner) bryts ner och ett flertal parasiter avdödas i rötningsprocessen.

Tyvärr anrikas även en del toxiska ämnen, vilket gör att vissa metaller kan komma över sina specifika gränsvärden. Certifieringsregler för biogödsel kan läsas i certifieringsregler för biogödsel (SPCR 120, SP Sveriges tekniska forskningsinstitut 2009). Det är viktigt att veta vad som tillförs processen via substraten och komma ihåg att allt som stoppas in kommer att finnas kvar i en något förhöjd koncentration, förutom kol.

Infrastruktur

En ständigt återkommande fråga inom ”biogassamhället” är infrastrukturen och transporter på olika nivåer. Distribution/transport av biogas eller uppgraderad biogas (metan) är en fråga som diskuteras och bör behandlas vidare.

Det vanligaste är fortfarande att gasen används lokalt i närheten av produktionsanläggningen, där gasen används till att producera värme och el. För spridning till flera användare finns på en del orter lågtrycksnät för biogasen. När gasen är uppgraderad kan samma/liknande tekniker

som för naturgas användas vid längre transport. Normalt tillsätts propan i den uppgraderade biogasen för att få samma energiinnehåll som naturgasen, innan den injiceras på naturgasnätet. Naturgasnätet är i Sverige utbyggt från Trelleborg till Trollhättan längs Sveriges västra kust. Det finns också möjlighet till väg- eller tågtransport av CBG och/eller LBG till platser som saknar ledningsnät.

Den naturliga frågan för personer som vill köra bil på biogas är: –”Var kan jag tanka?” eller –”Kan jag köra bil i Norrland?”. Frågorna är berättigade och infrastrukturen är ett av de problemen som behöver accentueras för att biogasen ska få ett genomslag som fordonsbränsle.

I början av år 2011 finns 122 tankställen för bilar och ytterligare cirka 30 för tunga fordon och nyetableringen fortgår. I södra Sverige upp till i höjd med Stockholm är tanknätet relativt väl utbyggt medan norr om Gävle finns enbart fyra tankställen. I Europa är tanknätet bättre utbyggt och ett vanligare bränsle, dock består fordonsgasen mer av naturgas. Under år 2010 ökade fordonsgas användningen i Sverige med 35 % (varav 60 % biogas)

De stora problemen kommer inom tillverkningen, där diskussionen är om substratet, rötresten, biogasen eller vad som ska transporteras, hur det ska transporteras och hur långt det kan transporteras. En stor del av potentialen för biogasframställning ligger vid jordbruken, dock är ofta dessa enheter relativt små och startinvesteringarna gör att det kan vara svårt att få rimliga avskrivningstider och en rationell produktion.

Problemen finns men går att lösa, snarare är frågan om det finns tillräckligt med gas, så att det räcker åt alla. I vilket fall som helst har biogasen stora möjligheter med många plusvärden! Vi tar hand om avfall (restprodukter), får energi i en trevlig förpackning och dessutom en återvinning av närsalter i form av bra gödsel. ●

Boverkets byggregler missgynnar fjärrvärme och biobränsle!

Boverkets byggregler för energihushållning är till sin utformning kraftigt styrande mot elbaserad uppvärmning. Trots kravskärpningen för eluppvärmda hus (tvingande från och med januari 2010) är det fortfarande så, att hus med fjärrvärme- eller biobränsle-uppvärmning behöver vara bättre isolerade än om huset värms med frånlufts- eller bergvärmepump!

Tomas Persson och Karin Perman

KÖPT ENERGI ÄR den energi som under ett normalår vid normalt brukande behöver tillföras en byggnad för uppvärmning, komfortkyla, tappvarmvatten och byggnadens fastighetsenergi. Boverkets byggregler (Boverket, 2009) syftar till att begränsa mängden köpt energi men inte energianvändningen för uppvärmning. Därmed får uppvärmningssystemet stor inverkan på vilken isolertjocklek som huset måste ha för att uppfylla kraven.

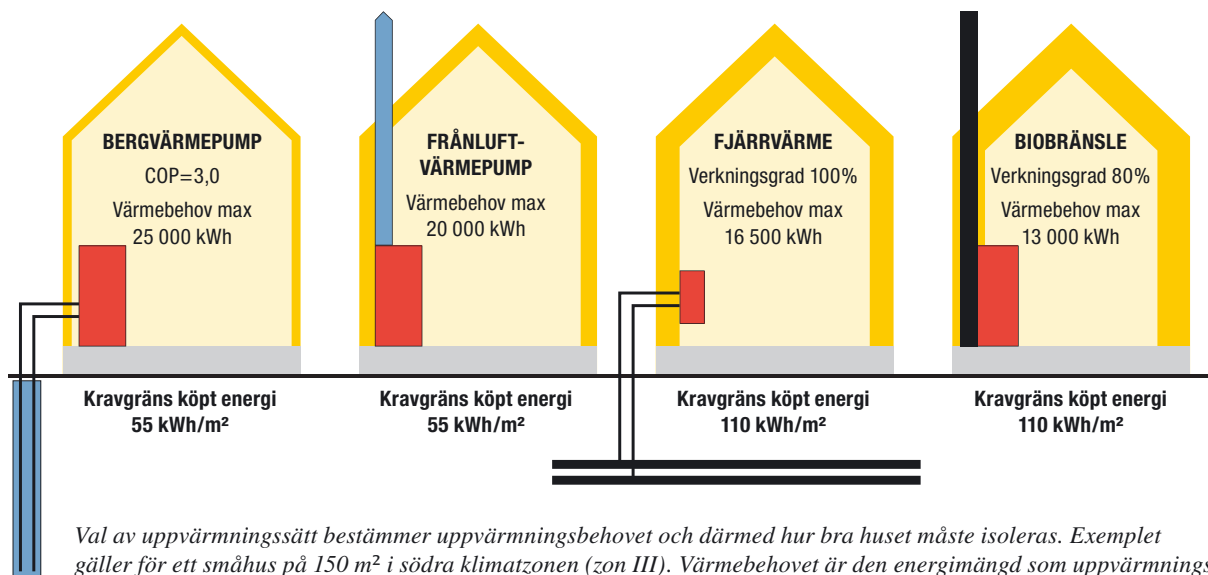
De begränsningar, som finns i normen på genomsnittlig värmegenomgångskoefficient i klimatskärmen (isolertjocklek och fönster), har ingen begränsande inverkan i praktiken då de är så höga att det ändå blir mängden köpt energi som begränsar.

För att de ska få en begränsande inverkan för ett enplans småhus med värmepump måste normen, enligt vår undersökning (Persson & Heier, 2010), skärpas från dagens $0,40 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ (eluppvärmda hus) till under $0,20 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$.

För uppvärmning med biobränsle krävs vanligtvis extra isolering och värmeåtervinning i ventilationssystemet, vilket gynnar uppvärmningssystem med värmepumpar, där man slipper genomföra dessa åtgärder.

Med tanke på att uppvärmningssystemet sannolikt kommer att bytas ut flera gånger under husets livslängd är kravens utformning märklig och styr bort från det man egentligen vill uppnå; energieffektiv och elsnål bebyggelse.





Val av uppvärmningssätt bestämmer uppvärmningsbehovet och därmed hur bra huset måste isoleras. Exemplet gäller för ett småhus på 150 m² i södra klimatzonen (zon III). Värmebehovet är den energimängd som uppvärmningssystemet kan lämna till radiatorer och varmvatten och ändå precisa uppfylla kravgränsen för "köpt energi". Huskonturernas tjocklek (gulfärgade) illustrerar skillnaden i isoleringsbehov för att uppfylla kravgräns.

Jämförelse av uppvärmningssystem, energianvändning och isoleringskrav

Vi har jämfört hur kraven uppfylls för ett ganska välisolerat småhus med olika typer av uppvärmningssystem i klimatzon I (Norrbottens, Västerbottens och Jämtlands län), i klimatzon II (Västernorrlands, Gävleborgs, Dalarnas och Värmlands län) och klimatzon III (södra Sverige).

Resultatet visar att det är svårt att uppfylla kraven med en traditionell frånluftvärmepump och med enbart fjärrvärme- eller pelletsuppvärmning. Med bergvärmepump uppfylls kravgränsen med god marginal i samtliga klimatzoner. Om man använder värmepumpar kan man ha sämre isolerade hus än vad man är tvingad att ha om fjärrvärme eller biobränsle ska användas.

Boverket motiverar användningen av begreppet "köpt

energi" som kravgräns, med att kraven ska vara möjliga att mäta och följa upp. Man vill också ge större valfrihet att själv välja hur kraven ska uppfyllas. I praktiken sker det sällan någon uppföljning av energianvändningen från kommunernas sida (Kretz, 2010).

Det är faktiskt så att kravens utformning och bristen på uppföljning anses leda till orättvis konkurrens mellan småhusbyggarna, eftersom det finns olika beräkningsprogram som ger lite olika resultat (Perman, 2010). Beräkningarna som innefattar husets isolering, brukarbeteendet och uppvärmningssystemet blir osäkra.

Den som kan visa att man klarar kraven enligt beräkningen med minsta möjliga isolering och fönsterstandard kan sälja husen till ett konkurrenskraftigt pris och då uppföljning av energianvändningen sällan sker i praktiken är risken liten att eventuella glädjekalkyler uppdragas.

Köpt energi som kravgräns gör att tillåtet energibehov för uppvärmning och därmed hur bra isolering som krävs blir beroende av vilket uppvärmningssystem som väljs.

◀ **Detta illustreras i Figur till vänster.**

Om ett hus på 150 m² byggs i den sydligaste zonen (zon III) med elvärme (Kravgräns 55 kWh/m²•år) får huset använda 8 250 kWh el (150 x 55) till värme och varmvatten.

Förses huset med en bergvärmepump med en årsvärmefaktor på 3,0 (COP), får huset använda upp mot 25 000 kWh/år (3,0 x 8 250) för värme och varmvatten.

Ska fjärrvärme användas får huset använda 16 500 kWh (150 x 110) per år (kravgräns 110 kWh/m²•år) för värme och varmvatten.

Används en pelletspanna med årsverkningsgraden 80%, får huset använda högst 13 000 kWh bränsle för värme och varmvatten. Det är ett ungefär hälften så stort uppvärmningsbehov som om huset skulle uppfylla normerna för en bergvärmepump.

Inom klimatzon I och II blir skillnaderna mellan elvärmda hus och hus med annat uppvärmningssätt ännu större. Att använda värmepump för uppvärmning gör det betydligt enklare att uppfylla kravgränsen.

Rimligt?

Är det rimligt att kravgränserna resulterar i att hus som byggs för biobränsleuppvärmning måste vara mycket bättre isolerade än hus som byggs med bergvärme?

Rent krasst innebär kraven att man med bergvärmepump kan bygga ett hus med sämre energiprestanda än man annars skulle ha gjort. En relativt kortlivad teknisk installation tas som intäkt för att uppfylla energikraven, något som kan bli ett problem den dag

uppvärmningssystemet ska bytas ut.

Bergvärme och solvärme kan idag användas för att sänka mängden köpt energi och klara energikraven och då kan man undra vilken nytta dessa utomordentliga tekniker gör i praktiken.

Bör inte alla hus byggas med ungefär lika bra isolering?

Bergvärmepumpar och solvärme borde i första hand användas för att spara ytterligare energi, istället för att ge möjlighet till sämre husisolering och mer energianvändning.

Valfriheten är i praktiken begränsad

I samband med nybyggnad är frånluftvärmepumpen idag det helt dominerande uppvärmningssättet. Med en frånluftvärmepump kan byggreglerna uppfyllas till lägsta möjliga investeringskostnad.

Kravskärpningen för elvärmda hus från den 1:a januari 2010 har kunnat uppfyllas främst genom effektivisering av frånluftvärmepumpen. Denna förbättrade frånluftvärmepump tycks också ge bättre totalekonomi för konsumenten (Persson & Heier, 2010) men fick inte genomslag på marknaden förrän skärpningen av byggreglerna tvingade fram den.

Klimatskärmen hos många småhustillverkare anpassas för att kraven ska uppfyllas med en frånluftvärmepump (Perman, 2010). I större hus eller om större fönsterytor används kan en bergvärmepump installeras och

energikraven uppfylls då med råge.

Önskas fjärrvärme eller biobränsle som uppvärmningskälla krävs till- och frånluft med värmeåtervinning, och i vissa fall bättre fönster eller extra isolering. Detta är kostsamma ändringar och för

» Rent krasst innebär kraven att man med bergvärmepump kan bygga ett hus med sämre energiprestanda än man annars skulle ha gjort.



många hustillverkare omöjliga att kunna leverera när hela konceptet skräddarsyts för frånluftvärmepump.

Det är svårt för en konsument att välja något annat uppvärmningssystem än värmepump utan att drabbas av stora extrakostnader. Att ges möjlighet att själv få välja fritt hur man vill bygga för att uppnå energikraven är alltså i praktiken kraftigt inskränkt.

Byggreglerna har ändrats från att vara mer detaljstyrda till att ha mer funktionskrav. Målsättningen med detta var att ge byggaren större frihet att själv kunna välja hur han ska bygga för att uppnå kraven. Det är det som är det ironiska. Vi har visat att valfriheten är kraftigt inskränkt med det nya fokuset på köpt energi. Och det beror på hur hustillverkarna har valt att optimera mot en viss konstruktionslösning.

Köpt energi som mätbart krav

Förändringen av byggreglerna avseende köpt energi, som mätbart krav, var tänkt att ge större valfrihet, men har istället bidragit till ett likriktat byggande med en nära 100-procentig andel frånluftvärmepumpar som uppvärmningskälla i nybyggda småhus.

Det är med högsta sannolikhet så, att frånluftvärmepumpar skulle ha dominerat marknaden även med en annan utformning av byggreglerna, eftersom fokus på låg investeringskostnad är stor, men byggreglerna har bidragit till att skapa strukturella hinder för konsumenten att själv fritt kunna välja uppvärmningssätt.

Byggreglernas nuvarande utformning med begränsning av köpt energi för uppvärmning och varmvatten blir mer missvisande ju större andel av energibehovet som utgörs av

hushållsel och varmvatten.

I lågenergihus blir energianvändningen framförallt beroende av de boendes beteende och varmvattenförbrukning. Det blir svårare att klara kraven om man sätter in energisnålaste vitvaror och belysning, fastän det borde vara tvärtom.

Våra förslag till förändringar i byggnormen

Vi anser att energikraven behöver skärpas, eftersom det blir allt viktigare att hushålla med våra begränsade energitillgångar och att minimera CO₂ - emissioner.

» *Vi anser att energikraven behöver skärpas, eftersom det blir allt viktigare att hushålla med våra begränsade energitillgångar och att minimera CO₂ - emissioner.*

Av den studie vi har genomfört (Persson & Heier, 2010) ser vi, att extrakostnaden för energisnåla lösningar inte är så stor och att det även kommer att löna sig för konsumenten på längre sikt. Byggnader har lång livslängd, och det är mycket svårt och dyrt att energieffektivisera klimatskalet i efterhand.

För att skapa en balans i kraven mellan eluppvärmda hus och icke elvärmda hus ser vi att skärpningar bör göras samtidigt för de båda

kategorierna. För att det fortfarande ska bli attraktivt att bygga nytt bör tvingande energikrav även ställas på befintliga hus i samband med ombyggnad och renovering. Alltför stränga energikrav på nybyggda hus kan minska nybyggandet till förmån för renovering av befintliga hus tror småhusföretagen (Perman, 2010).

Vi anser att de begränsande kraven i byggnormen bör vara energianvändning för uppvärmning eller genomsnittliga U-värden och krav på lufttätethet och maximal installerad eleffekt för eluppvärmda byggnader.

Används ovanstående begränsningar i byggnormen står det husbyggaren ganska fritt att sedan välja värmesystem. För att erhålla mätbara energikvantiteter för uppföljning kan man schablonmässigt räkna om till köpt energimängd, beroende på vilket värme- och ventilationssystem som används och dess omvandlingsförluster.

Att komplettera dagens regler med kraftigt skärpta krav på genomsnittlig värmegenomgångskoefficient till under $0,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ tillsammans med krav på värmeåtervinning ur ventilationsluft kan vara ett annat sätt att skapa mer likvärdiga regler på byggnadsstommen för olika uppvärmningssystem.

Vi anser också att krav på klimatskärmens täthet bör införas i byggreglerna eftersom täthet är en mycket viktig parameter för att uppnå energieffektiv bebyggelse. Hus med frånluftvärmepumpar fungerar bra utan höga krav på täthet, men genom att bygga otäta hus låser man sig vid frånluftvärmepumpen som enda energieffektiva ventilationslösning.

Ytterligare kravskärpningar är att vänta

Boverket har fått regeringens uppdrag att se över gällande energikrav i byggreglerna och senast år 2011 genomföra en skärpning av reglerna. Ett förslag där reglerna ska träda i kraft till den första oktober 2011 innebär en skärpning av kraven för icke eluppvärmda hus.

Det kan således bli hårdare krav för icke elbaserade uppvärmningssätt som fjärrvärme och biobränsle, medan förutsättningarna inte ändras för eluppvärmda hus. Då kraven redan tidigare kan uppfyllas med mindre isolering med elbaserade alternativ som frånluftvärmepumpar eller bergvärme anser vi att denna skärpning endast förskjuter byggandet ytterligare mot elbaserade uppvärmningsalternativ.

Om den föreslagna skärpningen genomförs ökar risken att även flerbostadshus och lokaler i allt större utsträckning byggs med värmepump istället för med fjärrvärme, vilket med all sannolikhet är en oönskad utveckling. ●

Systemdesign avgörande för energibesparing med solvärmesystem!

Genom att kombinera biobränsleeldning med solvärme behöver inte pannan användas under sommarperioden när den har lägre verkningsgrad och högre utsläpp per producerad kWh. Om en välisolerad ackumulatortank används för solvärmens kan besparingen i både biobränsle och emissioner bli stora. Faktiskt mycket större än motsvarande den andel av energimängden som solfångarna levererar.

Tomas Persson

SOLVÄRME OCH BIOBRÄNSLE är systemtekniskt en mycket bra kombination. När pannan har sämre driftsförutsättningar täcker solvärmens behovet, vilket ger en win-win situation för båda energislagen. Men systemen är komplexa och många misstag kan begås när ett system konstrueras och installeras. Dessa misstag kan drastiskt försämra systemets funktion och prestanda. Därför har vi inom SWX-Energi-projektet jobbat med information för att öka systemkunnandet hos branschen, bland annat genom framtagning av en systemprovningss metod, en handbok och seminarier.

Systemprovning

Vi har i samverkan med SP i Borås tagit fram en systemprovningss metod där kompletta sol- och pelletsvärmesystem har provats i laboratorium under sex dygn, ett så kallat "sexdagarstest". Provningsmetoden innefattar verklighetstroga lastfall för två sommardagar, två vinterdagar, och två vår/höstdagar. Det är en slags accelererad systemprovning, där information om systemets helårsprestanda och systemfunktion fås fram inom ett par veckor. Provningsmetoden har använts på nyutvecklade sol- och pelletsvärmesystem för att ge återkoppling till företagen i utvecklingsarbetet



och ge generella kunskaper för hur systemen kan effektiviseras. Ett komplett system inklusive regulatorer provas med undantag för solfångaren, som utgörs av en datorstyrd rigg för att kunna skapa repeterbart klimat.

Systemprovningar i laboratorium har visat att besparingen i pellets jämfört med ett referenssystem med enbart pelletspanna alltid har varit större än själva solvärmertilskottet. Det beror på pannans låga verkningsgrad under sommarperioden.

Skillnaden mellan olika systems prestanda varierar också. Det visar sig, att faktorer som värmeförluster från systemet, pannans prestanda, systemutformning och reglerstrategi kraftigt påverkar systemens prestanda och emissioner. Däremot har solfångarens prestanda relativt liten inverkan på den totala biobränsleanvändningen.

Pannans verkningsgrad, som är oerhört beroende av driftsförutsättningarna, har störst inverkan på systemprestandan. Långa gångtider (få start/stopp), låga värmeförluster och liten vattenvolym har visat sig vara viktiga egenskaper (Persson, 2006).

Värmeförluster största problemet?

Systemprovningen i sexdagartestet visar att värmeförluster till pannrummet står för en stor del av energibehovet under provningssekvensen. Värmeförlusterna motsvarade mellan 25% och 50% av värmelasten och de försämrar avsevärt ekonomin för systemen. De högsta förlusterna uppmättes för referenssystemet utan solvärme och de lägsta för ett system med vattenmantlad pellets-kamin.

Inom projektet Combisol genomfördes fältmätningar på sol- och biobränslesystem i småhus och det mest anmärkningsvärda resultatet var just, att värmeförlusterna

var så pass stora. I de svenska systemen uppgick värmeförlusterna från ackumulatortanken och rörledningarna närmast tanken till mellan 2 400 kWh och 5 600 kWh (Bales, 2011a). Nackdelen med stora värmeförluster, förutom försämrad effektivitet, är framförallt att systemet kan bidra till övertemperaturer och

» *Värmeförluster genom röranslutningar kan vara betydligt större än värmeförlusterna genom tankens isolering.*

dålig komfort, och att solvärmene inte kan sparas lika effektivt från soliga till mulna dagar. Med så pass stora värmeförluster, som uppmätts i dessa studier, finns en stor potential att förbättra systemen och med kompakta prefabricerade system med god isolering är det möjligt att minska värmeförlusterna avsevärt (Bales, 2011b).

Forskning visar, att värmeförluster uppkommer av en rad olika orsaker och att den andel, som försvinner genom tankens isolerskikt, ofta är den mindre delen (Persson, 2008). Tjockare

och bättre isolering på ackumulatortanken är inte enda lösningen för att minska värmeförlusterna. Förlusterna har en mängd olika orsaker; som luftläckage genom isolerskiktet, oisolerade rörledningar och anslutningar, konvektionsrörelser i anslutande rör och anslutna pannor samt köldbryggor vid röranslutningar.

Värmeförluster genom röranslutningar kan vara betydligt större än värmeförluster genom tankens isolering. De är svåra att undvika om inte systemet designas med dessa aspekter för ögonen redan från början.

För att kunna sänka värmeförluster är det nog en förutsättning att skapa system med en hög grad av prefabricering, så att mängden rörarbete på plats i huset blir minimalt.

VVS-installatören isolerar inte gärna själv utan det kan krävas en separat isolerare för att på plats bygga en välisolerad anläggning.

Pannans prestanda

Pannans verkningsgrad är hög under stationär drift på hög effekt, men stillståndsp perioder drar kraftigt ner årsverkningsgraden.

Pannorna, som ingick i sexdagartestetets solpelletssystem, hade en genomsnittlig verkningsgrad på mellan 71 och 79 %. Detta ska jämföras med stationära data för pelletspannor, som brukar ligga på mellan 85 och 90 %.

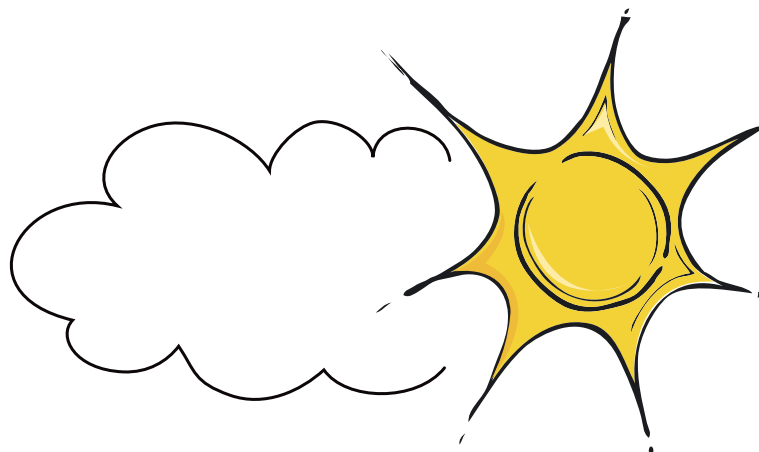
Kombipannan i referenssystemet utan solvärme var i drift även under sommarperioden och hade en verkningsgrad på endast 65 % i genomsnitt under testsekvensen. Detta visar att komponentprovning av pannor, som sker vid stationär drift, inte ger något relevant värde på verkningsgraden under åretrunddrift.

Genom att kombinera biobränsleledning med solvärme finns det stora möjligheter att förbättra driftsförutsättningarna för pannan och därigenom kraftigt öka årsverkningsgraden. Studier har visat att brännarens effekt ska vara väl avpassad mot lasten, vattenvolymen ska vara liten och styrningen bör vara utformad så att antalet start och stopp minimeras (Persson, 2008).

Nuvarande provningsmetoder leder ej till högsta årsprestanda;

Genomförda provningar visar att en hög verkningsgrad vid stationär drift inte nödvändigtvis leder till hög årsverkningsgrad. De provningsmetoder, som främst innefattar stationär drift, ger därför inget representativt värde på årsverkningsgraden.

Emissioner mättes också under systemprovningen i laboratorium och de varierade kraftigt mellan olika system. Utsläpp av kolmonoxid (CO) kunde mer än halveras för kombisystemen med solvärme jämfört med



referenssystemet och det visar sig, att mellan 80 och 90 % av kolmonoxiden släpps ut under start- och stoppfaserna.

Även kolväten uppkommer huvudsakligen under start- och stoppfaserna. För att minska dessa emissioner är alltså det allra viktigaste att minska antalet start och stopp. Utsläpp av partiklar (PM 2,5) sker till cirka 25% under start- och stoppfasen och cirka 75% under driftsfasen för de studerade systemen och kan alltså sänkas något genom att minska antal start och stopp. Kväveoxider (NOx) bildas främst under driftperioderna och utsläppen av kväveoxider står därför i proportion mot pelletsbehovet och brännarens emissionskaraktistik.

Systemen med solvärme har med något undantag betydligt färre starter och stopp än referenssystemet och därmed betydligt lägre utsläpp av kolmonoxid och kolväten.

Provningar för miljömärkning av pannor sker huvudsakligen under stationär drift, men systemprovningarna visar att majoriteten av utsläppen av kolväten och kolmonoxid sker under start- och stoppfasen. Nuvarande provningsmetoder för miljögodkännande garanterar inte att årsverkningsgraden blir så hög som möjligt och att årliga emissioner blir så låga som möjligt.



Systemutformning

Systemutformning är en viktig faktor för att uppnå hög systemverkningsgrad, högt solvärmeutnyttjande och låga emissioner. Forskningsresultat visar, att det finns en förbättringspotential för att öka solvärmetillskottet med 30 % jämfört med ett standardsystem, utan att för den skull öka solfångararean eller tankvolymen (Lorenz, Persson, Tepe & Bales, 1998).

Teknik för varmvattenberedningen, som effektivt kylvatten av tankens botten med tappvatten, är en viktig pusselbit, liksom att radiatorkretsen är inkopplad så att den inte värmer nedre delen av tanken. Därigenom kan solvärmen förvärma varmvatten vår och höst vid en låg temperatur, och detta är mycket viktigt för att uppnå god helårsprestanda. Styrning för pannan för att minska antalet start och stopp, samt att pannan har liten vattenvolym, är också viktigt. För att inte störa detta måste alla anslutningar till panna, solfångare, tappvarmvatten och radiatorkrets vara optimalt placerade och dessa komponenter styras på ett korrekt sätt. Det är detaljer, som är mycket viktiga för systemprestanda, men som kan vara nog så svåra att klara av för både en VVS-konsult och en installatör.

En högre grad av prefabricering av system för sol och pellets, där systemen har provats i en systemprovningss metod, kan avsevärt förbättra förutsättningarna för att få fram optimala system. Genom att prova kompletta system kan man enklare finna och åtgärda driftsproblem.

Reglerstrategi

En viktig del i systemdesignen är brännarstyrningen.

Den är i dagsläget ganska enkel och styrs endast på temperaturen i tanken. Antalet start och stopp i de testade systemen har varierat mellan 20 och över 100 stycken, som om det extrapoleras till årsvärden motsvarar mellan 1 200 och över 6 000 start/stopp per år.

I de provade systemen användes vanligtvis en temperaturstyrning med antingen en eller två givare i tanken. För att säkerställa en hög pannverkningsgrad och emissioner är det viktigt att minska antalet start och stopp. Långa driftsintervall kan säkras genom att använda

minst två givare i tanken för start och stopp, alternativt att använda mer avancerade regulatorer, som tar hänsyn till aktuell last och styr brännaren i flera effektsteg. Även flödet genom pannan och funktionen hos den termiska ventil som styr pannvattentemperaturen påverkar driftstiden, vilket gör att verkliga prov är viktiga.

*» Systemutformning
är en viktig faktor
för att uppnå hög
systemverkningsgrad,
högt solvärmeutnyttjande
och låga emissioner.*

Provningss metoder i behov av förändring

Med erfarenhet från systemprovningar inom SWX-Energi-projektet och fältmätningar inom Combisol-projektet ser vi, att det kan uppkomma många problem i dessa typer av värmesystem. Det enklaste sättet att finna och åtgärda problem är med hjälp av systemprovning under verklighetstrogen drift.

Vi kan se, att de provningar som görs för miljömärkning och verkningsgradsbestämning av fastbränslepannor enligt SS-EN303-5, inte ger relevanta värden för normal drift. Det leder till suboptimering av emissioner och verkningsgrad. Eftersom inte stilleståndsförluster räknas in får värmeförluster till rummet och självdragsförluster genom skorstenen underordnad betydelse. Det är förluster, som är mycket avgörande för den genomsnittliga

verkningsgraden under ett år.

Det har utvecklats en metod, som bygger på komponentprovning, datormodellering och sedan simulering av det kompletta systemet. Denna så kallade ”komponentprovningssmetod” håller på att certifieras inom Solar Keymark och certifieringsprocessen är så långt gången, att den inte kan påverkas. Problemen, som vi ser med denna metod, är, att ingen detaljerad modell görs av pannan, vars funktion och styrning har visat sig vara avgörande för systemverkningsgraden i våra systemprovningar.

Förutom den systemprovningssmetod, som vi använt inom SWX-Energi-projektet, har liknande metoder utvecklats också vid INES i Frankrike och vid SPF i Schweiz. Ett viktigt första steg måste därför vara, att harmonisera dessa metoder till en gemensam metod. En certifiering av en systemprovningssmetod ligger därför ganska långt fram i tiden, men det måste på sikt fram provningssmetoder, som ger en verklig bild av systemens prestanda, för att på så sätt få till stånd ”verkliga” systemförbättringar.

För branschen kan en provningssmetod, som avslöjar de verkliga bristerna, i ett första skede vara besvärlig, men då det finns en stor förbättringspotential i nuvarande system bör provningssmetoden på lite längre sikt vara gynnsam för branschen genom att systemprestanda förbättras gentemot andra energislag. Om systemen inte ger den driftsekonomi, som utlovas, kommer det annars att förr eller senare falla tillbaka på branschen. ●



En praktiker med ingenjörens systemkunnande – är det möjligt?

Forskning vid Högskolan Dalarna visar att det ofta saknas kunskap hos de praktiker, som skall vara med att utföra arbetet i den energiomställning vi har framför oss. När det gäller ny teknik för uppvärmning, till exempel kombinerad solvärme och pelletseldning, upplevs det ofta som att det finns kunder som vill köpa tekniken och företag som vill sälja, men att det råder brist på installatörer som kan tekniken och vill åta sig jobbet.

Mats Rönnelid

Är en ny utbildning till energitekniker en del av lösningen?

Det finns idag av flera skäl ett stort behov av att utveckla och genomföra utbildningar inom energiområdet:

- Nya arbetsuppgifter inom installatörs- och energibranschen kräver kompetensutveckling.
- Inom många områden inom energibranschen råder idag brist på arbetskraft, både akademiker och praktiker.
- Stora pensionsavgångar förväntas de närmaste tio åren inom energiverk, fastighetsförvaltning, med mera och nyanställningar kommer att behövas.

- Intresset för energifrågor är stort såväl hos ungdomar som bland lite äldre som är på väg att vidareutbilda sig inom energiområdet.

Nya typer av jobb kommer att behövas i framtiden!

Framtidens energisystem kommer att innebära en mängd nya arbetsuppgifter. En hel del av dessa arbetsuppgifter kommer att kunna göras av yrkesgrupper med den utbildning som finns idag, medan andra uppgifter kräver nyare typer av utbildningar.

Inom *fastighets- och byggsektorn* ställs det allt hårdare



krav på låg energianvändning, såväl vid nybyggnation som vid renovering. Det kommer att behövas byggingenjörer och projektörer, som kan genomföra detta, och det kommer att behövas tillverkande industri, som kan leverera byggmaterial, utrustning och byggsystem. Inom befintliga byggnader kommer det att krävas omfattande underhåll och intrimning av energianläggningar för att minska energianvändningen. Lagen om energibesiktning kommer att kräva energiexperter, som kan genomföra besiktningarna och leda fastighetsägarna på rätt spår.

Energiverken kommer att behöva personal för drift och underhåll av fjärrvärme- och kraftvärmeanläggningar. De kommunala energiverken byggde under 1970- och 80-talet upp en stor del av sin verksamhet på fjärrvärme i tätorterna. Men energiverkens produktion utvecklas nu till mer och mer komplexa system, som ofta innehåller såväl fjärrkyla som kraftproduktion i kombination med fjärrvärmens. Samtidigt breddas energibolagens verksamhet mot energirådgivning, närvärme i mindre tätorter och på vissa håll engagerar man sig i uppbyggnaden av infrastrukturen för elbilar och biogas.

I takt med att gamla värmeanläggningar, främst direktel och oljeeldning, fasas ut, ökar behoven hos *installatörsföretagen* av att kunna utföra projektering, dimensionering och byggande av nya energianläggningar, såsom solvärmesystem och moderna biobränsleanläggningar. Eftersom det är en ganska oomtvistad sanning att en sparad kilowattimme ofta är mer värd än en köpt, finns en stor potential för konsulter som kan hjälpa företag och privatpersoner att spara energi. Här har vi nog bara sett början på vilka affärsmöjligheter det finns.

Det finns redan idag många som arbetar som energirådgivare, och i takt med att energipriset och samhällets krav på effektiv energianvändning ökar,

kommer behovet av energirådgivning att öka. Ny energiteknik, som kommer på marknaden, kommer också att kräva kompetenta *säljare*.

» *Framtidens
energisystem kommer
på många sätt
sannolikt att vara mer
komplext än dagens.*

Till detta kommer personalbehov till den tillverkande industrin, såväl inom produktion som inom FoU. Redan idag tillverkas en rad intressanta varor inom såväl värme som el-teknik i Sverige, och under de närmaste decennierna kommer vi antagligen att se en rad nya produkter inom energitekniken. Produkter vi idag knappt kan fantisera om.

Systemperspektiv är ledordet i nya energiutbildningar!

Framtidens energisystem kommer på många sätt sannolikt att vara mer komplext än dagens. I framtiden måste vi med nödvändighet ta hänsyn till att all energiverksamhet har en mycket större påverkan på omgivningen och samhället än att bara påverka den lokala verksamheten och närmiljön.

Samhällsinstitutionerna har redan börjat anpassa sig efter detta, vilket ses genom energiskatter, strängare byggregler påkallade av internationella överenskommelser och stödsystem, som ska uppmuntra utvecklingen av ny energiteknik. Det blir mer och mer uppenbart, att man måste förstå och tolka den lokala energianvändningen i ett större perspektiv. Den är en del av den globala energianvändningen och det är ord som primärenergianvändning och livscykelperspektiv som gäller.

Systemkunnande och systemsyn har därför blivit ledord i all ny energiutbildning. Det räcker inte att vara en hejare på att installera värmesystem om man inte samtidigt förstår hur detta påverkar kyl- och ventilationssystem. Gör man fel, kan den totala energianvändningen öka, även om man minskar uppvärmningsräkningen för den enskilda kunden.

Installation av solvärmesystem är ett annat exempel; görs installationen av ett sol- och pelletsvärmesystem rätt, kan man minska behovet av och utsläppen från pelletseldningen mer än man först tror, när man bara tittar på vilken mängd värme man får från solfångarna.

En bra energiutbildning måste naturligtvis ge kännedom om vilka möjligheter det finns; att generera energi på ett miljömässigt vettigt sätt, att minska energianvändningen samt vägarna till att det blir gjort i praktiken. Men det räcker inte med att bara känna till vad som kan göras. En bra utbildning förmedlar också ett praktiskt handlag, ger studenterna självförtroende till att våga genomföra installationer och förändringar samt pröva nya lösningar i olika typer av verksamheter de kan komma i kontakt med i sitt framtida yrkesliv.

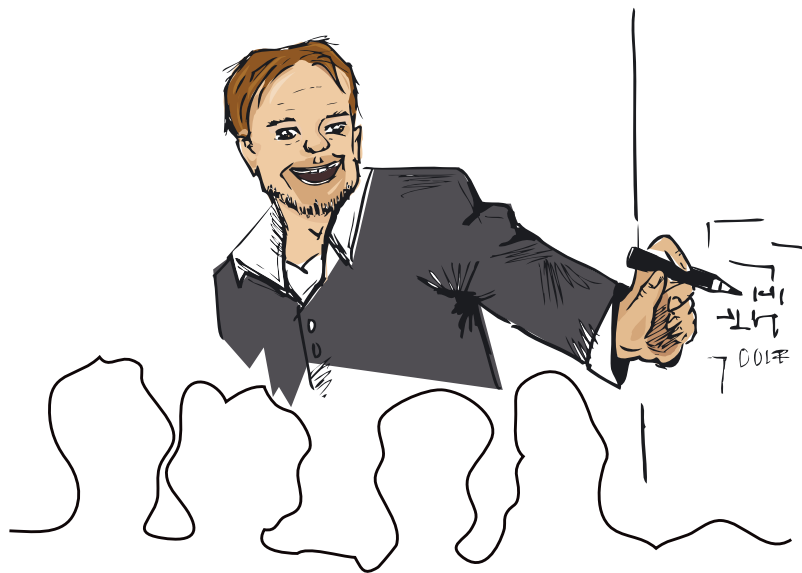
Energitekniker kommer att bli en eftertraktad yrkesgrupp!

Högskolan i Dalarna har utvecklat en tvåårig utbildning av energitekniker. Utbildningen kräver bara allmän behörighet, vilket gör att man kan komma från gymnasiets praktiska yrkeslinjer direkt till utbildningen. Vi antog (med rätta visade sig!), att intresset för utbildningen skulle vara stort bland personer, som redan varit ute i arbetslivet ett tag, och valde att göra utbildningen på distans. Det underlättar för personer som redan etablerat sig med bostad och familj någon annanstans än i Borlänge att gå utbildningen, samtidigt som vi kan rekrytera personer från hela Sverige.

En annan anledning till att göra en utbildning, som man kunde gå till direkt från gymnasiets praktiska linjer var, att vi upptäckte att år 2007

var det ett rekordstort antal som sökte energiprogrammet (för att bli VVS-installatör). I Borlänge behövdes det ett högre medelbetyg för att komma in där jämfört med naturvetenskaplig linje. Det betyder, att en hel del studiemotiverade personer väljer energiprogrammet på gymnasiet, och det kan antas att en del av dem, kanske efter några år i arbetslivet, vill läsa vidare för att höja sin kompetens och vidareutveckla sina arbetsuppgifter.

Vi skapade en utbildningsplan med tonvikten på värmesystem och energieffektivisering. Men vi har från och med intaget år 2010 gjort en del omstruktureringar så att vi har betydligt mer ellära i programmet. I och med att man läser "Elinstallation - begränsad behörighet" får man den teoretiska behörighet, som krävs för att bli elinstallatör, vilket behövs för att kunna arbeta aktivt med bland annat energieffektivisering. Samtidigt tror vi, att detta gör energiteknikerna mer attraktiva på arbetsmarknaden.



Första intaget till utbildningen var hösten 2008, så första årskullen om ca 15 studenter gick ut våren 2010. Det är ganska naturligt (och i enlighet med vår erfarenhet från andra distansutbildningar) att många hoppar av under utbildningen. Avhoppen brukar komma under första delen, troligtvis beroende på att man lockats av att det är distansutbildning. Något man kanske trots ska kunna vara enkelt att klara av parallellt med ordinarie arbete eller andra aktiviteter man har hemma. Första året sökte cirka 40 personer utbildningen (varav cirka 25 startade); år 2009 och år 2010 har det varit cirka 100 sökande, varav vi tagit in 60 personer vardera året.

Det kommer att behövas fler utbildningar inom energisektorn!

För att täcka behovet av kompetens inom energiområdet i framtiden behöver många olika typer av energiutbildningar utvecklas, såväl inom högskolan som på andra nivåer. Gemensamt för alla nya utbildningar är, att systemtänkandet måste vara grunden för att verkligen kunna arbeta med de frågor som morgondagens energisystem kommer att ställa.

Högskole- och universitetsvärlden har här en viktig uppgift i att ta fram utbildningar, som både täcker det omgivande samhällets behov, och samtidigt göra utbildningarna så attraktiva att studenterna verkligen söker dem och tar sig fram till examen.

Några utbildningar som kan uppfylla båda dessa krav skulle kunna vara:

- Elkraftsingenjörer med fokus på framtidens el-infrastruktur
- Byggingenjörer med inriktning mot energieffektivt byggande och renovering
- Utbildning av konsulter och energieffektiviseringsspecialister
- Vidareutbildning av olika yrkesgrupper som kommer att ha en nyckelroll i energiomställningen, till exempel installatörer, fastighetsförvaltare och arkitekter

För att få studenter till utbildningarna måste vi visa, att framtidens energiteknik är spännande och innehåller utmaningar och möjligheter. Jobben finns och bör göras, de tillhör framtidens arbetsmarknad. Vi måste se till att få fram personer som vill göra arbetet! ●

Referenser

Skogsbränsle är lönsamt för (nästan) alla!

Liss, J-E., 2010. Ackumulerande fällaggregat i gallringsbestånd. Projekt SWX-Energi. Rapport nr 6.

Pettersson, N., 2011. Ekonomi vid skogsskötsel inriktad mot energi- och industrisortiment. Projekt SWX-Energi. Rapport nr 19.

Hakkila, P., 2003. Developing technology for large-scale production of forest chips. Wood Energy Technology Program 1999-2003. Tekes-Technology program report 5/2003.

Bergström, D., et al., 2010. Skörd av skogsbränsle i förstagallringar. Sveriges lantbruks-universitet, Inst. för skoglig resurshushållning. Arbetsrapport 281.

Danielsson, B-O., Fröding, A, & Liss, J-E., 2011. Täckningsbidrag vid uttag av skogsbränsle i unga bestånd. Projekt SWX-Energi. Rapport nr 24.

Danielsson, B-O. & Liss, J-E., 2010. Långa toppar. Projekt SWX-Energi. Rapport nr 5.

Ett enhetligt och rättvist betalsystem för skogsbränsle efterlyses!

Anon., 2011. Energistatistik för småhus 2009. Statens Energimyndighet.

Boverkets byggregler missgynnar fjärrvärme och biobränsle till förmån för elbaserade uppvärmningssystem!

Boverket. (2009). Regelsamling för byggande, BBR, Supplement februari 2009, 9 Energihushållning. Boverket, Karlskrona, Sweden. ISBN: 978-91-86045-65-4.

Kretz, M. (2010). Kommunerna slarvar med energikontroller. Energi & Miljö nr 6-7 Juni-Juli 2010, sid. 46-47.

Perman, K. (2010). Byggregler och småhustillverkare. Husens framtida utformning. Projekt SWX-Energi. Rapport nr 10.

Persson, T., & Heier, J. (2010). Småhusens framtida utformning - Hur påverkar Boverkets nya byggregler? Projekt SWX-Energi. Rapport nr 4.

Systemdesign avgörande för energibesparing med solvärmesystem!

Bales, C. (2011a). "Röriga" förluster i solvärmesystem. Energimagasinet nr: 1/2011, sid. 44-45.

Bales, C. (2011b). Viktigt med helhetstänk i solvärmesystem. VVS-Forum nr: 3, mars, 2011, sid. 107-109.

Lorenz, K., Persson, T., Tepe, R., & Bales, C. (1998). Variation of System Performance with Design and Climate for Combisystems in Sweden. Proc CD-ROM volume 3 addendum. Eurosun '98, 14-17 september, Portoroz, Slovenia.

Persson, T. (2006). Combined solar and pellet heating systems for single-family houses - How to achieve decreased electricity usage, increased system efficiency and increased solar gains. Doctoral Thesis Trita REFR Report No. 06/56, Department of Energy Technology, KTH - Royal Institute of Technology, Stockholm.

Persson, T. (2008). Kombinerade bio- och solvärmesystem, Handbok för systemutformning Solar Energy Research Center SERC, Högskolan Dalarna, Borlänge. Projekt SWX-Energi. Rapport nr 26.

FÖRFATTARE

Jan-Erik Liss, skoglig doktor vid Högskolan Dalarna, forskningsledare med specialkompetens inom avverkningsteknik för skogsbränslen. Projektledare för delprojekt Skog.

Jerry Johansson, docent i industriell ekonomi vid Högskolan Dalarna med specialkompetens inom logistik av skogsbränsle. Projektledare för delprojekt Logistik.

Reza Mortazavi, filosofie doktor i nationalekonomi vid Högskolan Dalarna med specialkompetens inom transport- och samhällsekonomi.

Jonas Berghel, docent i miljö- och energisystem vid Karlstads universitet, forskningsledare med specialkompetens inom torkning av biobränslen och pelleteringsteknik. Projektledare för delprojekt Pellets.

Stefan Frodeson, adjunkt i miljö- och energisystem vid Karlstads universitet med specialkompetens inom pelleteringsteknik och termografering.

Karin Granström, docent i miljö- och energisystem vid Karlstads universitet med specialkompetens inom miljöpåverkan vid produktion av biobränslen och lagring av pellets.

Roger Renström, docent i miljö- och energisystem vid Karlstads universitet med specialkompetens inom torkning och systemintegration.

Magnus Ståhl, teknologie doktor i miljö- och energisystem vid Karlstads universitet med specialkompetens inom pellets kvalitet utifrån kundperspektivet.

Ola Holby, docent i teknisk miljövetenskap vid Karlstads universitet med specialkompetens inom reningsteknik, biogas och miljöteknik. Projektledare för delprojekt Biogas.

Tomas Persson, teknologie doktor i energiteknik vid Högskolan Dalarna med specialkompetens inom sol- och pelletsvärmesystem. Projektledare för delprojekt Sol och bio.

Karin Perman, filosofie doktor i statsvetenskap vid Högskolan Dalarna med specialkompetens inom området energipolitik.

Mats Rönnelid, docent i energi och miljöteknik vid Högskolan Dalarna med specialkompetens inom tillämpad solenergiteknik. Projektledare för delprojekt Kompetensutveckling.

DELRAPPORTER

Rapportlistan nedan upptar rapporter som beräknas vara färdiga i september 2011.

Listan kommer att utökas med ett antal rapporter fram till projektavslut 2012-02-29.

I listan anges rapportnummer, rapporttitel och inom vilket delprojekt respektive rapport är framtagen.

Delrapporterna finns att hämta som pdf-filer på www.regiongavleborg.se/verksamhet/swxenergi/rapporter

Nr	Titel	Delprojekt
1.	Säffle biogas – Förstudie	Biogas
2.	Skogsskötselmodeller anpassade för skogsbränsleuttag – några exempel	Skog
3.	Framtidens pelletsfabrik	Pellets
4.	Småhusens framtida utformning – Hur påverkar Boverkets nya byggregler?	Sol o bio
5.	Långa toppar	Skog
6.	Akkumulerande fällaggregat i gallringsbestånd	Skog
7.	Undersökning av efterfrågan på grön GROT	Skog
8.	Studie av storbuntaren Rogbico	Skog
9.	Marknadspotential för sol- och biovärmesystem	Sol o bio
10.	Byggregler och småhustillverkare. Husens framtida utformning	Sol o bio
11.	Möten med husföretag	Sol o bio
12.	Solvärme i nybyggda hus	Sol o bio
13.	Husköparens val av värmesystem – Hinder och möjligheter	Sol o bio
14.	Användning och vidaretransport av skogsenergisortiment	Logistik
15.	Vidaretransport av skogsenergisortiment – Tidsstudier och kostnadskalkyler	Logistik
16.	Utveckling av logistiken för skogsbränslen	Logistik
17.	Transport av skogsenergisortiment – Företags- och samhällsekonomiska kostnader	Logistik
18.	Potential för skogsbränsle i Värmland – hinder och möjligheter	Skog
19.	Ekonomi vid skogsskötsel inriktad mot energi - och industrisortiment	Skog
20.	Biogas Säffle – Förstudie Värmlandsnäs	Biogas
21.	Småskalig rökgasrening – Metoder för att minska utsläppen från småskalig biobränsleeldning	Sol o bio
22.	Tillsatser som kvalitetshöjare för pellets	Pellets
23.	Kartläggning och nulägesbeskrivning av pelletskedjan	Pellets
24.	Täckningsbidrag vid uttag av skogsbränsle i unga bestånd	Skog
25.	Miljöeffekter av biobränslen från spån till pellets	Pellets
26.	Handbok för kombinerade sol- och biovärmesystem	Sol o bio
27.	Underlag för utökad besiktning av sol - och biovärmesystem	Sol o bio
28.	Provningsmetod för sol- och biovärmesystem	Sol o bio
29.	Bioenergikombinat i Falun – ett systemperspektiv på kraftvärmeanläggningar	Kompetens
30.	Konditionering av råvara före pelletering	Pellets
31.	Rötresten – åter till kretsloppet	Biogas
32.	Småskalig uppgradering av biogas	Biogas
33.	Teknik för småskalig elgenerering	Sol o bio

Projekt SWX-Energi omfattar Värmlands, Dalarnas och Gävleborgs län.

Projektägare: Region Gävleborg

Delprojektansvariga: Högskolan Dalarna och Karlstads Universitet

Projektbudget: 32 miljoner kronor

Projektid: 2008–2011

www.regiongavleborg.se/verksamhet/swxenergi

Projektet delfinansieras av Europeiska Unionen.

Finansiärer

Offentliga

EU, Norra Mellansverige
Region Gävleborg
Region Dalarna
Högskolan Dalarna
Karlstads Universitet
Gävle Dala Energikontor
Värmlands Energikontor

Energimyndigheten
Banverket
Säffle kommun
Gävle Energi
Hofors Energi
Borlänge Energi
Fortum Värme AB

Privata

Neova
Mellanskog
Naturbränsle
Bruks Klöckner

ISBN 978-91-633-9126-2



En investering för framtiden

