

Vi tar mer och mer från naturen – men blir vi rikare?

De metoder som används idag för att utvärdera energiproduktion och miljökonsekvenser är alltför partiella och kan vara kraftigt vilseledande, varnar Torbjörn Rydberg som är forskare vid Centrum för uthålligt lantbruk och Institutionen för stad och land vid SLU.

Det är mer och mer uppenbart att allt hänger ihop här på Jorden. Vårt välbefinnande och vår överlevnad blir långsiktigt starkt beroende av kunskap och insikt om detta. Att värdera resursanvändning och resursers betydelse i olika processer och effekter på miljön i andra mer omfattande värderingsmått än pengar är svårt. Här krävs nya metoder och begrepp. Ofta ser vi att en mängd resurser och funktioner hamnar utanför de traditionella kvalitativa bedömningsmåtten. Det gäller för övrigt både ekonomiska värderingsmetoder och biofysiska metoder som till exempel de idag frekvent använda energi- och livscykelanalyserna. Exempelvis råvaror från naturen och ekosystemtjänster hamnar utanför värderingen i och med att de i ett ekonomiskt marknadsperspektiv betraktas som gratis. Detta blir uppenbart när den ekonomiska processen interagerar med naturen som den gör i jord- och skogsbruket och vid annan resursexploatering och industriell verksamhet. Det krävs många olika insatsvaror som på olika sätt härstammar från geobiosfärens "nätverk" av processer. Ekosystemtjänster betraktas som gratis, till exempel vind, regn, friskt vatten och klimatreglering. Dessutom hamnar människors arbete utanför analyserna, både direkt och indirekt arbetsbehov och dess försörjning av olika energikvaliteter.

Att värdera alla diversa insatser kräver en metodik som är kapabel att täcka in alla de olika systemnivåerna. Processerna sker i öppna system som är ömsesidigt beroende av alla andra system. Metodiken får inte anta att värdering



Ekosystemtjänsterna betraktas som gratis och värderas inte. Foto: Mats Gerentz.

bara kan göras utifrån ett mänskligt nyttoperspektiv och inte heller bara från ett fysikaliskt perspektiv som endast reducerar resurserna till simpel värmelära, i betydelsen enkel termodynamik.

Den mångfasetterade energifrågan

Energifrågan är en ytterst viktig och mångfasetterad samhällspolitisk fråga. Den berör oss alla och på olika plan. Energitillgången och energiomsättningen blir avgörande för hur vi kan ordna det för oss själva. Samtidigt börjar det bli klarare hur energianvändningen påverkar andra verksamheter och inte minst miljön. Energifrågan är global och lokal på samma gång. I takt med att vi förstår att allting hänger ihop inses också att energifrågan inte kan ses isolerad från något annat. Värme kräver energi. El

kräver energi. Regn kräver energi. Mat kräver energi. Livsstil kräver energi. Krig kräver energi. Fred kräver energi. Information kräver energi. Kunskap kräver energi osv.

Större och större krav ställs på jordens naturresurser. Lagren av mineraler, mark och vatten töms. Det sker också en förbrukning som är mer genomgripande och kanske även långsiktigt allvarligare, nämligen av ekosystemens och biosfärens förmåga att upprätthålla sig själva och sin förmåga att generera livsunderstöd för sig själv med sina inneboende varelser och processer. Efterfrågan på naturresurskapitalet går att spåra till våra krav på fortsatt ekonomisk utveckling, ökning av jordens befolkning och en ökad levnadsstandard med bättre infrastruktur, utbildning, sjukvård och

rekreation. Människan är på kollisionkurs med energetiska, ekonomiska och miljömässiga realiteter.

Utvecklade ekonomiska system världen över är tämligen lika. De har ett stort beroende av olja och andra mineraler. Extraktionen av naturresurser sker snabbt och effektivt, men utan miljömässiga hänsynstaganden. De materiellt rika staterna hämtar en allt större del av sitt välstånd från import av varor och tjänster. Denna snabba och exploaterande strategin konkurrerar ut och diskvalificerar många mindre och mer lokalt förankrade ekonomiska system. Mycket talar för att oljan spelat en central roll till denna utveckling och denna världsordning. Men de globala oljetillgångarna är begränsade och kommer snart att nå sitt produktionsmaxima. Efterfrågan överstiger produktionskapaciteten och kvarvarande olja är av sämre kvalitet och blir alltmer svårtillgänglig. Då de fossila lagren av kolväten som extraheras från jordskorpan blir alltmer svårtillgängliga och orena ökar behovet av insatser och därmed sjunker "nettoskörden" till sam-

hället. I och med att nettot minskar så kommer effekterna av oljetoppen på det ekonomiska systemet mycket tidigare än predikerat. Det finns förvisso stora lager av fossilt kol som kan driva ekonomier, men i och med att vi måste hantera växthusgaserna så kommer deras netto att sjunka eftersom omhändertagandet, oavsett val av teknik, kommer att medföra ytterligare energianvändning.

Energin blir inte förnybara för att den benämns så

Idag presenteras i utredningar biobränslen som möjliga substitut för framförallt de fossila drivmedlen. De framställs som förnybara och som en lösning på den miljöbelastning som de fossila bränslena ger. Budskapet är lätt att ta till sig och tro på, trots att vi vet att dagens biobränslen vid sin framställning förbrukar större mängder av icke-förnybara energiresurser, har stora miljöbelastningar och i vissa fall kraftigt påverkar andra människors livsmöjligheter.

Det är vanligt att man fattar beslut baserade på partiella drivmedelsbudgetar



De oljetillgångar som finns kvar blir alltmer svåråtkomliga och av sämre kvalitet.

som kallas för energianalyser. Energi är enligt SI-enheterna $\text{kg m}^2/\text{s}^2$ ("kilogram massa i kvadrat per sekundkvadrat"). Detta är ett uttryck för teoretiskt möjligt mekaniskt arbete. För att förenkla har man kallat energi för Joule.

Sveriges nationella strategi för hållbar utveckling har ambitionen att ha ett brett perspektiv. Men vad innebär begreppet hållbar utveckling om resursers kvalitet begränsas till produktens värmevärde och ibland teoretiska mekaniska arbetsförmåga där all systemrelation och därmed alla andra kvaliteter saknas? Detta bristfälliga synsätt gör begreppet hållbar utveckling urvattnat. Slutsatser om olika ämnens nettoenergi-potentialer blir vilseledande och kan starkt äventyra våra framtida möjligheter till ett mer gynnsamt samspel med naturen.

Nettoenergi

Nettoenergi är ett viktigt mått. Speciellt om det rör sig om primära energiformer som är ämnade att driva andra processer utöver sin egen framtagningprocess.

Enligt termodynamikens första lag så kan inte energi skapas eller förbrukas, utan bara omvandlas från en form till en annan. Det går alltså inte att producera energi. Ett netto i energikalkylen kan därför bara uppstå om inte samtliga energiflöden tas med vid beräkningarna. Vilka som inte är medtagna får vi dessvärre sällan reda på av energianalytikerna. Det man vanligen försöker



Utvecklade ekonomiska system världen över har ett stort oljeberoende. De rika staterna hämtar en allt större del av sitt välstånd från import. Foto: Anders Rydlund.

beräkna är energikostnaden i relation till den erhållna/"skördade" energin. När energikostnaden för att exploatera och raffinera exempelvis en liter olja är lika stor som energiinnehållet i den erhållna litern så är det inte rationellt att producera den längre. Oljan kan då inte längre fungera som en primär energiresurs. (Finns andra primära energier att tillgå så kan det tänkas att oljan ändå utvinns, men då i syfte att användas till annat än som ett primärt drivmedel. Detta om oljan har andra egenskaper som duger till råvara i andra processer.) Nu måste emellertid ett viktigt tillägg göras. Energianalyserna fokuserar vanligtvis endast på drivmedel. Ett bättre namn på energianalyser skulle därför vara drivmedelsbudget eftersom endast energislaget drivmedel beräknas.

Den energi som finns i flödet eller i lagret ger inget tillskott för användaren om inte energin för exploatering, extraktion, raffinering, och transporter tillsammans är mindre än energiinnehållet i den erhållna energin. Samhället med den omsättning av infrastruktur och information som vi ser idag, kräver ett utbyte på ungefär 4/1. Det vill säga att skörden är fyra gånger större än nödvändig investering i termer av energi. Det finns idag massor av studier och rapporter som entydigt visar att nettoenergin på de stora primära energislagen minskar. Nettoenergin minskar på grund av att de mest tillgängliga lagren och de med högsta grad av renhet/koncentration vanligen används först. Kostnaderna för att finna nya fyndigheter ökar liksom kostnaderna för extraktion och raffinering. Det gäller samtliga fossila kolväten och det gäller även bränsle till kärnkraftverken. Utmärkande för dessa former av koncentrerade energier som föreligger i lager är att de inte är begränsade i sitt flöde. De är givetvis begränsade i sin mängd, men hur stort flödet är per tidsenhet bestämmer vi själva genom våra krav på



Vattnets lägesenergi har åstadkommit genom att solen värmt upp vatten i havet så att det förångats och senare regnat ned i bergen. Ett exempel på hur naturliga processer kan koncentrera energi som människan sedan drar nytta av.

resursanvändning. Ju mer vi extraherar, desto mer får vi. Med bättre teknik kan vi extrahera mer och fortare. Det är bara att bygga större och kraftfullare "pumpar". Begränsningen ligger i lagrets storlek.

Förnybara energier, till exempel sol, vind, vatten, och biomassa har inte så stora lager av energi utan är mer utspridda i landskapet. Mest utspridd är solenergin följt av vind, vatten, och olika former av biomassa som i sin tur kan rangordnas efter sin ålder. Typiskt för dessa energislag är emellertid att de mer påtagligt är begränsade i sin flödesdimension. Det finns ett begränsat flöde av energi per tidsenhet för dessa energiformer. Det kommer inte mer solljus på en yta oavsett om vi "pumpar" mer, det kommer inte mer regn och vind.

I och med sin mer utspridda karaktär är dessa energiformer avsevärt mycket svårare att erhålla nettoenergi ifrån. Koncentreringsarbetet och processtekniken kräver energi varför energinettot mycket lätt kan utebli. Ju mer vi låter naturen göra detta koncentreringsarbete desto lättare går det dock att utvinna

nettoenergi. Ett exempel på detta är vattnet i haven som får bli vattenånga av solenergi som med hjälp av vindar får transporteras in över höga berg och falla ut som regn och som sedan samlas ihop på sin väg ner mot haven i bäckar som blir floder. Vattnets lägesenergi kan i länder som Sverige och Norge skördas med ett relativt högt energinetto.

Arealbehovet blir än mer uppenbart om vi ska försöka substituera dagens fossila drivmedel med biobränslebaserad energi. Som ett exempel på detta kan vi betrakta framställningen av etanol från en fabrik i Norrköping, och detta utan att beakta några andra behov av naturresurser än bara behovet av yta på vilken vetet som är råvara för etanolen odlas. Vi vet att ett hektar veteåker ger cirka 5 ton vete (kärna). I etanolfabriken i Norrköping ger 5 ton vete 2 kubikmeter etanol. Två kubikmeter etanol har ett energiinnehåll (värmemängd) som motsvarar 12 000 kwh. Enligt Agroetanol AB ger processen 30 procent energinetto vilket betyder att varje hektar vete ger 3600 kwh etanol när processenergin för odling, transport och etanolframställning är frånräknad.

Enligt Statens energimyndighet (STEM) är energibehovet för transportsektorn exklusive sjötransporten 92 Twh. Om 92 Twh divideras med 3600kwh erhålls arealbehovet för att ersätta drivmedelsbehovet för transportsektorn med etanol från vete. Denna beräkning ger ett arealbehov på 25,5 miljoner hektar, vilket motsvarar mer än halva Sveriges landareal. Om tio procent av Sveriges drivmedelsbehov ersätts med etanol erfordras i stort sett hela Sveriges nuvarande åkerareal som är cirka 3 miljoner hektar. På liknande sätt har skogens potential beräknats av Helmfrid och Haden (2006). Av skogens totala årliga tillväxt skulle det behövas 15 miljoner hektar för att generera det drivmedel som transportsektorn använder idag. Det är åttio procent av den totala skogstillväxten för hela Sveriges skogar.

I traditionella energianalyser utlovas stora energinetton från grödor odlade på åker och från olika typer av råvaror från skogen. Detta är ett resultat av att energiberäkningarna endast är partiella drivmedelsbudgetar. Om systemgränserna för beräkningarna vidgas så ska det visa att denna operation kräver ännu mera av omgivningen än vad som belystes i det enkla räkneexemplet ovan. Med alltför snäva systemavgränsningar finns risk att beslut fattas på felaktiga grunder.

Partiella drivmedelsbudgetar

I en energianalys kvantifieras den mängd drivmedel som åtgår direkt och indirekt för att framställa t.ex. maskiner, gödselmedel och transporter. Analysen är partiell i och med att drivmedel som direkt och indirekt åtgår för att understödja människorna som är involverade i verksamheten lämnas utanför drivmedelsbudgeten. Det är visat i studier att denna andel av drivmedelsbehovet kan vara mycket stor.

Innan vi går vidare i resonemanget kring jordbrukets möjlighet att generera

nettoenergi till samhället så är det vissa fundamentala grunder och principer som måste beaktas i energistudier. En produktionsprocess är inte enbart beroende av råvaror, lika lite som den enbart är beroende av drivmedel. Alla produktionsprocesser kräver en rad olika resurskvaliteter eller energier i olika form för att fungera riktigt. Ut ur processen kommer något nytt. Den nya produkten skulle till exempel kunna vara ett drivmedel från skogsråvaror. Först av allt måste man förstå och beakta att alla former av energi inte är ekvivalenta med varandra. Det faktum att alla former av energi till hundra procent kan omvandlas till värme betyder inte att de är ekvivalenta i sin förmåga att utföra arbete. En joule sol är inte lika med en joule vind som i sin tur inte är lika med en joule diesel och som i sin tur inte är lika med en joule elektricitet etc. De är bara lika i sin dimension av kvantitativa mängder värme. Arbete måste ses som en process i vilken energier av olika kvalitet, där alla är nödvändiga, transformeras till



Enkla beräkningar visar att hela Sveriges samlade åkerareal skulle behövas för att kunna ersätta tio procent av det svenska drivmedelsbehovet med etanol som framställts av vete. Foto: Mats Gerentz.

en ny form av energi. Den nya formen av energi är av högre kvalitet i och med att den då den används har förmåga att bidra till funktion och utveckling. Det som även kallas emergens. Den nya energikvaliteten kan förbättra effektivitet och vitalitet. Energiflödet är mindre för varje transformering men funktionen och förmågan till arbete och återverkan i systemet förändras och utvecklas i varje steg av transformering. När denna kunskap inte finns beaktad i våra metoder för att utvärdera energisystem så blir resultaten riktigt vilseledande.

Kvaliteten på energin är systemberoende

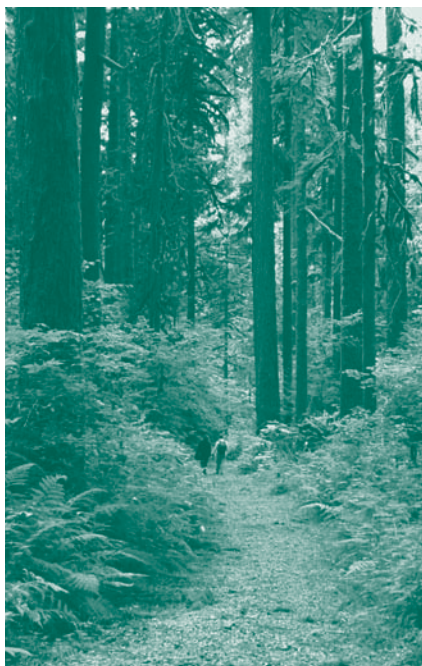
Vi vet att det går åt cirka tre till fyra joule kol för att göra en joule elektricitet. Dessutom förbrukas och degraderas en rad andra energikvaliteter. Det åtgår metaller, betong och människors arbete för att bara nämna några andra nödvändiga energiinsatser för ett kolkraftverk. Elektricitet kan man också göra utifrån andra former av energi, till exempel av lägesenergin i vatten via vattenkraftverk. Att "göra" vete eller andra jordbruksgrödor kräver idag både förnybara, exempelvis sol, vind och regn, och icke förnybara drivkrafter, som exempelvis diesel, fosfor, maskiner och andra energiinsatser av olika form. Det blir inget vete om inte de andra energikvaliteterna samtidigt används och därmed förbrukas. Kvaliteten på vetet kan sägas vara kopplat till dess omvärldsberoende. Vetet kan sedan användas som energibärare och omvandlas med hjälp av andra energier till exempelvis etanol och det skulle även kunna förbrännas och generera elektricitet om vi vill det.

Men vi vet idag att det finns ett tydligt samband mellan förmågan att ge ett nettotillskott till samhället och den tid under vilken grödan/träden får stå och ansamla och koncentrera energin. Ju längre tid desto större möjlighet att ge

ett nettotillskott. De få-åriga grödorna uppvisar inte en sådan kapacitet. Det åtgår mer energi i odlandet, skörden och raffineringen än vad som grödan lyckats binda in i biomassan. Jordbruksgrödor fungerar bra som livsmedel eller fodermedel på grund av sina specifika kvaliteter i form av användbara kolhydrater, proteiner, fetter, antioxidanter, etc. Vetet kan med sin kvalitet bidra med något som förstärker omgivande system. Att mäta resursers energikvalitet i termer av värme (Joule, kWh) gör att vi missar hela kvalitetsaspekten på resurserna i allt utom dess värmevärde och teoretiska förmåga att generera mekaniskt arbete.

Resursanspråk i tid och rum

Resurserna som används i produktionen betraktas som icke förnybara när flödet ut ur lagret överskrider flödet med vilket de nybildas. När en produktionsprocess studeras och värderas med hänsyn till dess beroende av omgivande system ges möjlighet att förstå vilka anspråk det ställer på hela biosfärens arbetsprocesser. Alla resurser och funktioner ställer sina specifika anspråk på omgivningen. Varje resurskvalitet har sitt specifika anspråk på tids- och rumsskalor för sitt bildande. Träd med en viss kvalitet behöver en viss tid och annan yta för att bildas än t.ex. vete. Kol och olja bildas på en längre tidsskala. Andra mineraler och metaller kräver ännu mer tid för sitt bildande. Detta systemberoende måste finnas med i en seriös resurs- och miljökonsekvensbeskrivning. Så är inte fallet idag med de etablerade utvärderingsmetoder som används, t.ex. LCA och energianalys. Det blir vilseledande att säga att produktionsen är si eller så stor per hektar och år om insatta energiresurser har helt andra rums- och tidsskalor. Insatser av fossila bränslen, elektricitet, fosforgödselmedel, maskiner, och direkt och indirekt arbete, för att bara nämna några, är inte genererade av det studerade systemet. Det här är något som speciellt skogs- och



Ju längre tid grödan eller träden får på sig att ansamla och koncentrera energi, desto större möjlighet att de kan ge ett nettotillskott.

jordbrukssektorn och dess företrädare måste beakta, men i dagsläget inte gör. Det finns idag metodik som på en stabil naturvetenskaplig grund klarar av detta. Metoderna har dock aldrig använts som underlag till strategiska diskussioner om framtida energianvändning i Sverige. De resultat som finns tycks vara svåra att acceptera och tolka, då de kanske inte är helt förenliga med tanken om ständig materiell tillväxt.

Miljöbedömningar som ser till helheten

Vi vet ju att all produktion är begränsad begränsas både av resursens tillgänglighet och av naturens förmåga att omhänderta restprodukterna. I och med att varje framställningsprocess genererar sitt specifika resursanspråk så får det konsekvenser på både resursbehov och omhändertagandet av utsläpp. Sinande oljekällor, minskande regnskogar, klimatförändringar, förorenat vatten, fertilitetsstörningar, algblooming, etc. är bara olika symptom på samma problematik.

Att avläsa de fulla miljökonsekvenserna av processer som ligger på planeringsstadiet eller är helt nya för omgivningen är en svår uppgift. Det blir inte mindre svårt i och med att alla system är ömsesidigt beroende av varandra.

Natur och människa måste därför studeras och förstås som ett system. Välfärd grundas på naturresurser och inte på pengar. Den monetära ekonomin är bara en del av bilden och den traditionella naturvetenskapen har inte till uppgift att värdera. Utgångspunkten inom forskningen och undervisningen på detta område borde vara kunskapen om självorganiserande system och deras sätt att utveckla ordnade och ändamålsenliga interaktioner på alla systemnivåer i universum och i biosfären och i landskapet och i jordbruket. Det har vuxit fram ett teoretiskt ramverk som möjliggör att hantera och kvantifiera kvaliteter i de nätverk av processer som "livet" genererar. Man kan kalla det för en utveckling av den klassiska termodynamiken till att nu även beakta kunskap genererad från generella systemprinciper och systems ekologi. Händelserna ses inte längre som fränskiljbara objekt med avsaknad av värde och ändamålsenlighet utan som funktionella evolutionära processer i en ständigt interaktiv dialog med sin omgivning. Mer om detta finns att läsa och mer kommer att skrivas. ■

Torbjörn Rydberg

E-post: torbjorn.rydberg@sol.slu.se

Litteratur

Helmfrid, H. & Haden, A. 2006. Efter oljetoppen. Hur bygger vi beredskap när framtidsbilderna går isär? Kungl. Skogs- och Lantbruksakademien.
