

Efter oljetoppen

– Hur bygger vi beredskap när framtidsbilderna går isär?

Hillevi Helmfrid och Andrew Haden

Förord

Denna rapport är en del av ett projekt som syftar till att synliggöra viktiga frågor och bidra till en bättre förberedelse inför en kommande knapphet på olja. Rapporten ska ge en översikt av dagens kunskap om oljetillgången samt oljans betydelse i samhället och de gröna näringarna. Den ska också tydliggöra skillnader i perspektiv och antaganden som inverkar på vår förberedelse inför en kommande knapphet. Rapporten utgör ett underlag till den workshop som genomförs den 24 till 25 april 2006. Syftet med rapporten är att ge deltagarna i workshopen en gemensam grund att stå på. Men den ska förhoppningsvis också provocera och inspirera till diskussioner.

Workshopen syftar till att identifiera vilka frågor vi bör ställa oss, och att erbjuda ett forum för olika aktörer där nya konkreta steg kan tas i den omställningsprocess vi står inför.

En referensgrupp har varit knuten till projektet. Referensgruppen har nära följt arbetet med rapporten och kontinuerligt lämnat synpunkter under arbetets gång. Referensgruppen har bestått av Christel Cederberg, Björn Forsberg, Ulrika Geber, Erik Herland, Karin Höök, Bo Kjellén, Lennart Salomonsson, Lisa Sennerby Forsse och Anders Tivell. Författarna Hillevi Helmfrid och Andrew Haden är ansvariga för innehållet i rapporten.

Projektet är ett samarbete mellan KSLA (Kungl. Skogs- och Lantbruksakademien) och SLU (Sveriges lantbruksuniversitet). Rapporten har samfinansierats av CUL (Centrum för uthålligt lantbruk vid SLU) och KSLA.

Bruno Nilsson
KSLA

Torbjörn Fagerström
SLU

Innehåll

Innehåll	3
1. Inledning och syfte	4
2. Tillgången på olja	5
3. Efterfrågan på olja	7
4. När når vi toppen?	8
5. Oljans betydelse	10
Konsumtion av olja i Sverige	13
6. Oljan och den gröna sektorn	14
Livsmedelssystemet	14
Skogen	18
Potentialen för flytande drivmedel tillverkade ur biomassa	19
Olika metoder ger olika svar	23
7. Bilder av framtiden	25
A. Högenergisamhälle	27
B. Lågenergisamhälle	30
8. Analys	34
Antaganden	34
Vad händer om antagandena som våra visioner bygger på visar sig vara felaktiga?	36
9. Författarnas slutsatser	45
Referenser	47

”De flesta överskattar vad som kommer att hända de kommande två åren, men underskattar vad som kommer att hända de kommande tio åren.” Bill Gates

1. Inledning och syfte

Under ett par decennier med stabilt låga priser på olja pratade vi väldigt lite om den långsiktiga oljetillgången. Det är först under senare år som det allmänna medvetandet återigen har vaknat om att oljan faktiskt är en ändlig resurs.

Från många håll kommer nu varningar om att vi står inför mycket stora svårigheter eftersom oljan spelar en så viktig roll i vårt samhällsbyggande och att konkurrensen om den kvarvarande oljan kan leda till ett hårdnande internationellt klimat. Andra menar att oljan med marknadskrafternas hjälp och utan större problem kommer att kunna ersättas av andra energislag.

Avsikten med den här skriften är att skapa ett underlag för personer med olika erfarenheter, åsikter och kunskap att mötas i konstruktiva och reflekterande samtal. Vi har velat vaska fram det som många verkar vara överens om, men också tydliggöra de punkter där åsikterna går isär. På dessa punkter vill vi stanna upp och undersöka vilka antaganden och värderingar som finns under oenigheten. Vi hoppas att detta kan hjälpa till att skapa förståelse även för perspektiv som du som läsare inte delar samt ge tillfällen att reflektera över dina egna antaganden och värderingar. Genomgående är vår ambition snarare att ställa frågor än att leverera färdiga svar.

I kapitel 2–4 försöker vi summera och strukturera tillgänglig information angående den framtida oljetillgången, efterfrågan på olja, och de olika svaren på frågan ”När toppar oljan?”.

Kapitel 5–6 syftar till att ge en hastig överblick över vilken betydelse oljan tycks ha för oss idag. Kapitel 6 handlar om oljans betydelse för den gröna sektorn. Att vi valt att skriva ett särskilt kapitel om den gröna sektorn grundar sig inte bara i det faktum att SLU och KSLA är initiativtagare till rapporten. Allt fler blickar riktas nu mot den gröna sektorn som potentiell energileverantör i sökandet efter alternativ till oljan. Samtidigt vet vi att livsmedelsproduktionen och livsmedelskedjan är en stor oljekonsument. Hur denna ekvation ska kunna lösas är en central fråga för hela samhället.

I kapitel 7 tittar vi på framtiden genom två visioner. Den ena (”högenergisamhälle”) utgår från att det kommer att bli lätt att hitta alternativ till oljan, medan den andra (”lågenergisamhälle”) utgår från att dagens höga energikonsumtion inte kommer att kunna upprätthållas när oljan sinar.

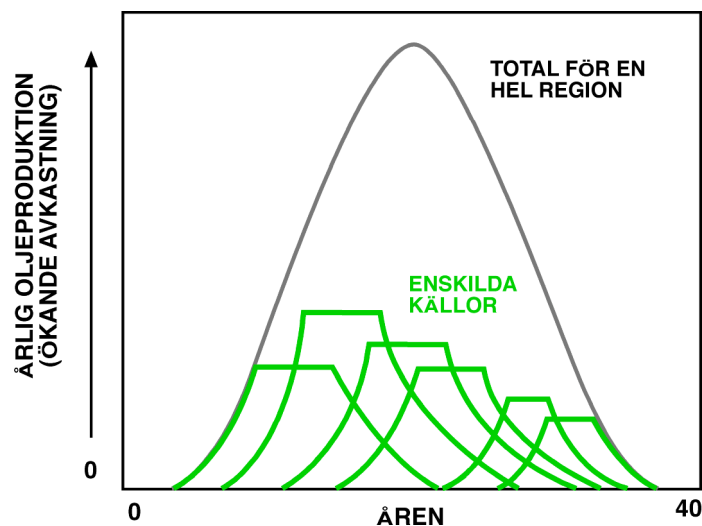
I kapitel 8 tittar vi närmare på de två visionerna och analyserar vad som händer för var och en av visionerna om ett eller flera antaganden skulle visa sig inte hålla, och i kapitel 9 presenterar vi våra slutsatser.

2. Tillgången på olja

Geologerna har sedan länge kunnat göra goda förutsägelser över hur mycket olja som kan pumpas upp ur ett enskilt oljefält. Ju äldre fält, desto säkrare prognoser har kunnat ges.

Prognoserna görs utifrån kunskapen om en regelbundenhet som upptäcktes av geologen M. King Hubbert 1956. Principen är denna:

Först hittas den mest lättillgängliga oljan. I takt med ökade investeringar, ökar uttaget. Efter några år har man hittat fältets största källa. När ungefär hälften av den tillgängliga oljan är utvunnen nås toppen. Fram till denna tidpunkt har allt mer olja per tidsenhet kunnat extraheras. Nu minskar hastigheten i ungefär samma takt som den ökade före toppen. Oljan tar inte slut tvärt, men de nya fynden blir allt mindre och till slut når man gränsen då det inte längre är lönt att investera mer på den platsen (Campbell and Laherrère 1998).



*Figur: Den plana formen på kurvan för den enskilda källan avgörs av den ekonomiskt optimala infrastrukturen vid just den källan. Den sammanlagda kurvan får istället en rundare form.
Källa: (Campbell and Laherrère 1998)*

Med hjälp av denna kunskap kunde Hubbert korrekt förutspå tidpunkten för toppen av USA:s (exklusive Alaska) oljeutvinning femton år innan den inträffade år 1972 (Alekklett and Campbell 2003).

Sedan dess har ett femtiotal av de största oljeproducerande länderna i världen redan toppat (Alekklett and Campbell 2003): Kanada 1973, Iran 1974, Nigeria 1979, Sovjet 1987 (exkl. Kazakstan), Alaska 1990, Venezuela 1998 (1970), Egypten 1996, Argentina 1998, England 1999, Qatar 1999, Norge 2000, Colombia 2000, Indien 2002, Mexico 2000, Kina 2000 (ASPO 2002).

I princip gäller samma kurva för länder och även för hela världen. Ekonomiska och politiska faktorer spelar in och skapar undantag: I f.d. Sovjetunionen har man t.ex. fått två toppar, en första strax före murens fall och en andra, men lägre, topp som resultatet av nyinvesteringar. Om produktionen påskyndas genom ökade investeringar blir kurvan brantare och toppen nås snabbare, medan ett land som håller på sina reserver kommer att följa en flackare kurva. Dessa undantag motsäger inte den övergripande principen bakom Hubberts kurva.

Den största svårigheten idag med att förutsäga när toppen nås globalt är att statistiken hyser en mängd felkällor. Olika länder och företag använder olika beräkningsgrunder och på så vis summeras ”äpplen” med ”päron”. Ett av de mest flagranta exemplen är att man från vissa områden rapporterat ursprungliga fyndigheter medan man från andra områden rapporterar de kvarstående reserverna (ASPO 2002, Aleklett and Campbell 2003, Simmons 2005).

Association for the Study of Peak Oil (ASPO) är en sammanslutning av europeiska forskare som har tagit sig an uppgiften att bearbeta statistiken för att den ska bli mer tillförlitlig. Man försöker väga samman informationen från industrin och ländernas energimyndigheter som publiceras i IEA Outlook, Oil & Gas Journal, World Oil och BP Statistical Report of World Energy mot det schweiziska konsultföretaget Petroconsultants databas, som har alla världens oljeföretag som kunder och dit oljeföretagen lämnar detaljerade uppgifter för varje oljefält.

Enligt ASPO har företag och regeringar systematiskt underrapporterat sina reserver under perioden 1930–1985, med undantag för Sovjetunionen som överskattade sina med ca 30% (Aleklett and Campbell 2003).

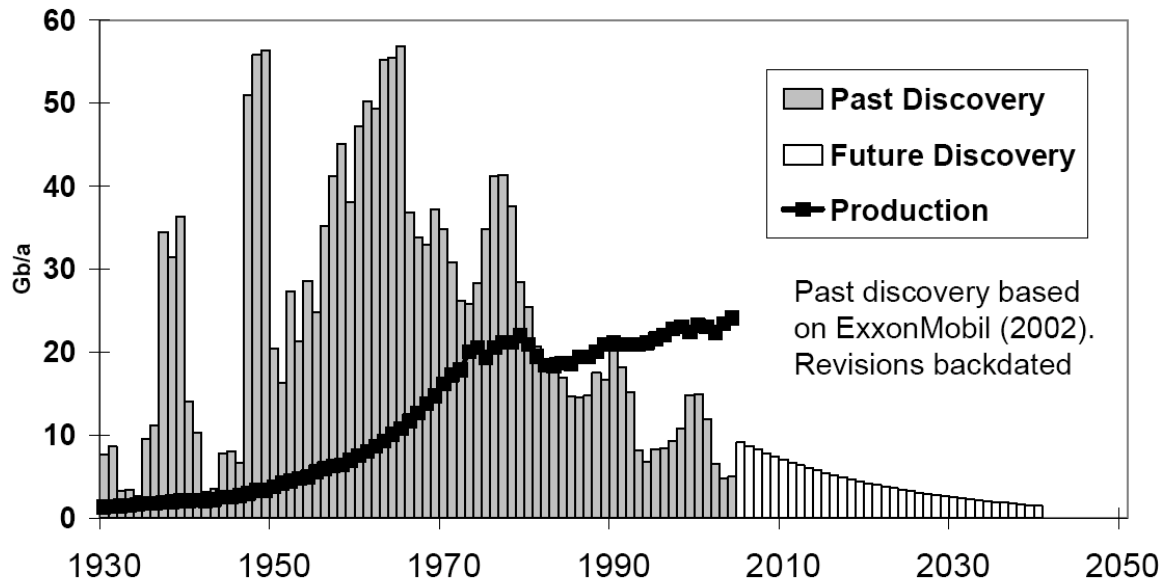
En förklaring till underrapporteringen är att USA:s regelverk krävde att bara fyndigheter som exploaterades fick tas med i bolagsredovisningen. Företagen har på så sätt kunnat presentera en stadig (men enbart bokföringsteknisk) uppgång för aktieägarna (Campbell citerad i Lindstedt 2005).

Efter mitten av 1980-talet har reserverna istället systematiskt överrapporterats. När produktionen av olja utanför OPEC steg, sjönk priserna. För att trygga statsfinanserna behövde OPEC-länderna nu sälja mer olja. Land efter land inom OPEC valde att skriva upp sin reserv för att säkra sin kvot och därmed kunna öka sin försäljning av den rekordbilliga oljan. Uppskrivningen på sammanlagt 300 miljarder fat motsvarades inte av nya fynd. Åtskilliga länder har sedan dess år efter år rapporterat oförändrade reserver, trots att extraktionen fortsätter i högre takt än nya upptäckter görs (Aleklett and Campbell 2003, Lindstedt 2005).

Detta statistiska krusprång (decennier av underrapportering följt av tjugo år av överrapportering) har lett till att världen invaggats i en tro att oljan är en resurs som växer, när den i själva verket krymper.

Det är inte bara extraktionen som följer Hubberts kurva. Även oljefynden följer (med undantag för verklighetens taggighet) en motsvarande kurva. Tidsförskjutningen mellan toppen på de två kurvorna är normalt sett 30–40 år. Det är också denna tidsförskjutning man räknar med att de sammanlagda globala kurvorna kommer att ha. I länder med mycket avancerad teknik för oljeutvinning, förkortas den tiden (t.ex. England 25 år och Norge 21 år) (ASPO 2002).

THE GROWING GAP Regular Oil



De nya fynden av olja i världen blir färre och mindre. Dagens höga produktionsnivå är möjlig tack vare de stora fynd som gjordes under 1960-talet.

Källa: (ASPO 2002)

För närvarande utvinns vi årligen drygt fyra gånger så mycket olja som vi hittar. Detta kan bara fortgå så länge som det finns kvar av de stora fynd som gjorts tidigare (Heppenstall 2005).

3. Efterfrågan på olja

Efterfrågan på olja har skjutit i höjden de senaste åren i en takt som överskrider IEA¹s prognoser. Det är särskilt de starkt växande ekonomierna i Kina och Indien som står för en stor del av den ökade efterfrågan, men energikonsumtionen ökar också i återhämtningens strå Europa och hos världens redan största per capita-förbrukare, USA.

IEA presenterade under hösten 2005 nya siffror för den framtida efterfrågan på energi. I ett "business as usual"-scenario räknar man med att efterfrågan på energi år 2030 kommer att vara 60% högre än idag och att de fossila bränslenas andel kommer att öka från 70% till 80% av den totala energin. Beräkningen bygger på framskrivning av befintlig policy i alla världens länder. Inom OECD är det främst transportsektorn som står för ökningen, medan det i de nya tillväxtekonomierna är både industri och transport. Vad oljan anbelangar räknar IEA med att det behövs 120 miljoner fat per dag istället för de 83 miljoner faten per dag som nu produceras (Pochettino 2005).

I ett alternativt scenario har IEA räknat med energibesparande åtgärder, utveckling av okonventionella fossila bränslen, biobränsle och kärnkraft. I detta scenario beräknas behovet

¹ International Energy Agency

2030 ligga på en daglig produktion av 105 miljoner fat konventionell olja, dvs. en ökning med 26% från dagens nivå (Pochettino 2005).

4. När når vi toppen?

Uppskattningar om tidpunkten för den globala oljetoppen varierar mellan att den redan passerats (Deffeyes 2001, 2005) till att det kommer att dröja ytterligare 30 år (USGS 2000). Allt fler välinformerade forskare och branschanalytiker varnar för att toppen kan komma att nås inom innevarande decennium (Hall et al. 1986, Campbell 1997, Campbell and Laherrere 1998, Deffeyes 2001, ASPO 2002, Bentley 2002, Deffeyes 2005, Simmons 2005).

För att lättare kunna förhålla oss till de olika uppgifter som förekommer har vi nedan i den vänstra kolumnen listat argument som brukar anföras av dem som hävdar att det kommer att dröja mer än 15 år innan vi når toppen. I den högra kolumnen listar vi argumenten från dem som hävdar att toppen redan kan vara här, eller kommer mycket snart.

Detta talar för att toppen dröjer	Detta talar för att toppen är här mycket snart
Den ursprungliga mängden olja i marken innan vi började utvinningen var 3000 miljarder fat. Vi har två tredjedelar kvar (USGS 2000).	Den ursprungliga mängden var 2000 miljarder fat, varav vi nu förbrukat ungefär hälften (ASPO 2002).
Vi kommer att hitta mer olja (USGS 2000, Nordin 2005).	Under flera år har vi för vart år hittat mindre och mindre olja och storleken på varje fynd har också minskat. De områden på jorden där olja kan förekomma är väl undersökta (Bjørlykke 2005). Trots att stora tekniska framsteg har gjorts för prospektering (seismiska och datoriserade metoder) har de största fälten hittats med blotta ögat och en hammare (Simmons 2005).
När priset stiger, ökar också mängden olja som är lönsam att extrahera, vilket gör att det ”finns” mer olja (Radetzki 2005).	På kort sikt kan lite mer olja göras tillgänglig om priset stiger. Men i takt med att energikostnaden för prospektering, utvinning och raffinering av den allt mer svårtillgängliga oljan stiger, minskar oljans drivkraft till samhällsekonomin (Hall et al. 1986).

De kända reserverna av tjockare oljor (s.k. okonventionell olja) är stora och kommer att tas i bruk allt eftersom (Azar 2003) ² .	Även om en gradvis övergång till okonventionella oljor sker kommer priset och drivkraften till samhällsekonomin att påverkas eftersom dessa ger ett lägre energinetto (Cleveland 2005).
Prisökningarna som vi upplever nu är följd av en plötslig och kortvarig ökning av efterfrågan i kombination med eftersatta investeringar i produktionskapaciteten (Azar 2003, Radetzki 2005)³. En del av prisökningarna som vi nu upplever är spekulation grundad på rädsla (Erlandsson 2005).	Den uppmärksammade flaskhalsen i raffinaderikapaciteten beror delvis på att vi redan har en ökad inblandning av tyngre, svavelhaltiga oljor som kräver mer bearbetning för att bli användbara samt att det är svårt att bygga oljeraffinaderier i länder med miljölagstiftning (Simmons and Franssen 2005). Efterfrågeökningen som vi sett hittills är bara toppen på ett isberg och begränsas redan idag av tillgången på billig olja (Alekklett and Campbell 2003). Ju större investeringar i oljeproduktionen, desto snabbare går utvinningen och desto snabbare töms reserverna (Hall et al. 1986).
Det går att utvinna mer olja i Mellanöstern än vad som sker idag (USGS 2000).	Det finns mindre olja i Mellanöstern än vad dessa länder rapporterar, beroende på OPEC:s kvotsystem (Alekklett and Campbell 2003).
Vi kommer att mycket snart behöva införa en tuff koldioxidpolitik som gör att vi slutar att använda olja för uppvärmning. Detta gör att den räcker längre (Azar 2003).	

En stor del av debattkraften om oljetoppen handlar idag om vem som har rätt när det gäller det exakta året för när vi når toppen. Men som vi ser av uppställningen ovan beror de olika uppskattningarna av årtal på a) olika uppskattningar av den ursprungliga mängden olja i marken b) en sammanblandning mellan konventionell och okonventionell olja där ingen skarp gränsdragning finns b) vilken klimatpolitik man ser framför sig och c) hur man föreställer sig prisdynamiken.

Det enda man säkert kan säga är att vi kommer att veta tidpunkten för toppen flera år efter att den har inträffat – men att vi långt tidigare borde ha förberett oss på den.

² Det finns ingen standardiserad överenskommelse för var gränsen ska dras mellan olika kvaliteter av olja (Alekklett och Campbell).

³ Azar och Radetzki skiljer sig åt i sin argumentation. Radetzki avstår helt från att använda begreppet topp eller att överhuvudtaget prata om oljan som en ändlig resurs, vilket inte gäller för Azar.

5. Oljans betydelse

Oljan är en konserverad, koncentrerad och förädlad form av solenergi. Den mest högkvalitativa oljan ("light sweet crude oil") har bearbetats under högt tryck på ca 2000 meters djup i över en miljon år. Därefter har den vandrat upp i en porös bergart och låsts fast av en tätare överlagrad bergart som fungerar som ett lock. Förutom den förstklassiga oljan finns det tyngre mer trögflytande oljor, tjärsand och oljeskiffer som utsatts för lägre tryck i grundare formationer. Ursprungsmaterialet var alger som växte i sjöarna för 100 miljoner år sedan. Kol bildades på liknande sätt men härstammar från landlevande växtmaterial. Även kolet förekommer i olika kvaliteter. Gas har bildats under ännu högre tryck och temperatur och förekommer både i anslutning till olja och till kol (Alekkett and Campbell 2003, Bjørlykke 2005).

Egentligen finns det bara tre primära energikällor på jorden: (1) solstrålningen (2) månens och solens gravitationskrafter som relativt jordens rotation påverkar jorden och (3) den geotermiska energin. Dessa tre ger upphov till de sekundära energikällorna: fotosyntesen, vattnets krestlopp, vinden, tidvattnet, biomassa, mineraler, osv. De primära och sekundära energikällorna som bildat oljan (fotosyntes, geologiska rörelser och geotermisk energi) är alla tre utspädda i sin form. Genom att dessa har haft lång tid på sig har en mycket koncentrerad produkt uppstått, som mot en liten energiinsats kan utvinnas och omvandlas till kommersiellt användbara energibärare så som el och bensin. Det är det stora arbete som biogeosfären lagt ner under mycket lång tid som gör att oljans "Energy Return on Energy Invested" (EROEI) är exceptionellt högt⁴ (Hall et al. 1986, Cleveland et al. 2000, Cleveland 2005).

De förnyelsebara alternativen som på ett mer direkt sätt utnyttjar de primära energikällorna (biobaserade bränslen, solceller och vågkraft) har generellt ett lägre EROEI (Hall et al. 1986, Cleveland et al. 2000, Cleveland 2005).

Kärnkraften utnyttjar en energikälla som är ännu mer koncentrerad än olja, men den verkar vid högre temperaturer och kräver därför reglerande konstruktioner som fodrar ett stort indirekt energiunderstöd. Nettot för kärnkraft (vid normal drift) är därför lägre än oljans men högre än för biobränslen (Odum 1996).

Oljan är enkel och billig att både lagra och transportera eftersom den är energität både i förhållande till vikt och volym (ca 38 MJ/kg), något som inte kan sägas om gas, som kräver en infrastruktur av pipelines, eller kol vars energiinnehåll är 2/3 av oljans, eller biomassa vars energiinnehåll per vikt ligger på drygt 1/4 av oljans (EERE 2005, Udall 2005)⁵. På grund av sina speciella egenskaper är oljan också den råvara som kräver avgörande minst energi att omvandla till flytande bränsle. Även om det är tekniskt möjligt att tillverka flytande bränsle både ur kol, gas och biomassa ger alla dessa processer en betydligt lägre EROEI än bensin ur olja (Ulgiati 2001, Bargigli et al. 2004, Cleveland 2005). Det är ingen tillfällighet att oljan idag står för ca 95% av transportenergin (Murray 2005) och omkring 38% av den totala energiförsörjningen i världen (EIA 2005).⁶

⁴ De fossila bränslena är alltså *tertiära* energikällor.

⁵ Se även www.onlineconversion.com/energy.htm

⁶ Dessa siffror är beräknade som värmevärde i Joule och tar inte hänsyn till energikvalitet. En justering för kvalitet skulle indikera ett högre oljeberoende.

Oljan används både för sitt energiinnehåll och som råvara för olika slags produkter. Av råolja framställs drivmedlen flygfotogen, bensen, diesel, eldningsolja, och bunkerolja (fartygsbränsle). Raffinerad olja blir också smörjmedel och till bindemedel t.ex. för asfalt. Omkring 10% av världens oljeproduktion utnyttjas i den petrokemiska industrin där den omvandlas till en myriad av plaster, färger, lacker, kosmetika, mediciner, biocider, solutioner, lim, hartser, syntetiskt gummi, syntetiska textilier, rengöringsmedel, och så vidare, som används i alla sektorer av samhället, från tung industri till hushåll (Energimyndigheten). För den petrokemiska industrin är oljan en oersättlig råvara, något som inte kan sägas om den olja som går till exempelvis uppvärmning.

Tillgången till billig olja har under efterkrigstiden format våra samhällen med all den materiella komfort som vi idag tar för given. Men tillgången till högkoncentrerad hjälpenergi har också skapat stora miljöbelastningar och sociala spänningar.

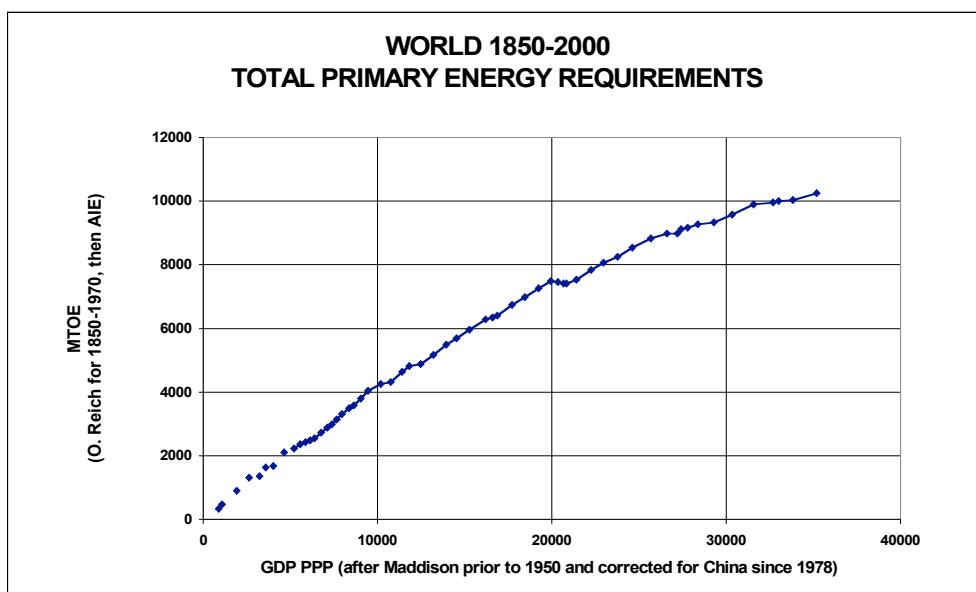
Sedan 1950 har oljeutvinningen tiofaldigats (ASPO 2002), och den sammantagna ekonomiska aktiviteten i världen sexfaldigats (UNDP 1998). Samtidigt har koldioxidutsläppen fyrfaldigats (UNDP 1998); världens befolkning blivit 2,5 gånger större (Sveriges Nationalatlas Skogen 1990, UNDP 1998); och den ekonomiska klyftan mellan de 20% fattigaste (med svag tillgång till raffinerad olja) och de 20% rikaste (med god tillgång till raffinerad olja) mer än fördubblats (UNDP 1992, 1998). Andra förändringar som kännetecknat perioden med billig olja är kraftig urbanisering, territoriell desintegration av ekonomin⁷, automatisering och ägarkoncentration. Samtliga dessa förlopp är exponentiella. Det globala socioekonomiska och ekologiska systemet befinner sig alltså i mycket snabb förändring och förändringstakten ökar outhålligen. Detta innebär att vi lever i ett *labilt* system.

I ett längre tidsperspektiv kan mänsklighetens hela historia beskrivas som ett successivt erövrande av nya energikällor och tekniker som gjort utvinningen möjlig. Spjutspetsen och kniven gjorde det möjligt för människor att jaga storvilt; elden tillät oss att utvinna energi ur trä, vilket också möjliggjorde smältning av metaller och tillverkning av keramik. Jordbruket medförde ett tämjande av fotosyntesen till att möta mänskliga behov. I industrialiseringens barndom lärde vi oss att omvandla vind och vattenkraft till mekaniskt arbete och därefter lärde vi oss att i nämnd ordning bruka kolet, oljan och gasen. För vart och ett av de här sprången har människan kunnat tillägna sig en allt större andel av jordens samlade energiresurser och för var gång detta har skett har populationen och konsumtionsnivån ökat (Hall et al. 2003, Heinberg 2004).

Under det senaste decenniet har det talats hoppfullt om ”decoupling”, dvs. ekonomisk tillväxt som inte är kopplad till ett ökat naturresursuttag. Resultaten av analyser på mikronivå tyder på att detta har skett i OECD-länderna. Men analyser på makronivå visar att i de länder där energiinnehållet i bruttonationalprodukten har minskat, så har det till stor del kunnat förklaras av ett skifte till mer högkvalitativa energikällor (oftast mer el)⁸, respektive av att vår energiförbrukning flyttas till andra länder i takt med att vi köper varor från låglöneländer istället för att producera dem inom landet. I makroanalyser kan bara en mycket liten del förklaras av verklig effektivisering (Hall et al. 2003).

⁷ Med territoriell desintegration menas att olika delar av en produktionskedja är förlagd till olika platser, idag till olika länder.

⁸ Statistiken för energiförbrukningen ger en missvisande bild eftersom TWh eller Joule är de mått som används och dessa inte tar hänsyn till energins kvalitet utan bara värmevärdet.



Historiskt finns det en stark korrelation mellan ekonomisk välfärd mätt i Purchasing Power Parity (PPP) och energianvändningen mätt i Mega Tonnes Oil Equivalents (MTOE). Utplaningen under senare år förklaras till stor del av att figuren är inte korrigerad för energikvalitet.⁹

Källa: (Murray 2005)

Allt fler varningar hörs om att den internationella konkurrensen om oljan i allt högre grad kan bli orsak till väpnade konflikter (Odum 1970, Youngquist 1990, Brzezinski 1997, Youngquist 1997, Klare 2001, Heinberg 2003, Klare 2004). Bakgrunden är det faktum att ungefär 60% av de resterande oljereserverna finns i 70 exceptionellt stora fält med en geografisk koncentration i Mellanöstern, varav tio i Irak (Simmons 2002). Produktionen av konventionell olja utanför OPEC-länderna har legat på en konstant nivå sedan 1997, trots stigande efterfrågan, vilket kan vara ett tecken på att dessa sammantaget redan kan ha toppat. I framtiden kommer små oljefält utanför OPEC att bidra med försumbara mängder olja (ASPO 2005, Meling 2005). ASPO förutspår att det år 2010 bara är sex länder som fortfarande kan öka sin oljeproduktion: Saudiarabien, Irak, Kuwait, Förenade Arabemiraten, Kazakstan och Bolivia (Alekklett and Campbell 2003).

Det är denna bild som har gjort att oljan i många länder nu ses som en säkerhetsfråga. USA – världens största oljekonsument – har sedan landets egen oljeproduktion toppat på 1970-talet, med olika medel försökt vinna strategisk kontroll i de framtida nyckelområdena för olja. Även om Irakkriget än så länge lett till minskad oljeproduktion i landet och fått oväntat höga politiska såväl som monetära kostnader för USA, så har ockupationen av Irak ändå en viktig oljestrategisk betydelse genom USA:s närvaro i Mellanöstern (Brzezinski 1997, Klare 2004, Clark 2006). Kina, världens näst största importör av olja, vinnlägger sig nu om att skriva långsiktiga bilaterala avtal med oljeproducenterna (Lindstedt 2005). Genom Kinas och Indiens expansion har konkurrensen om oljetillgångarna i världen ökat kraftigt. Resurskrig

⁹ En korrigerig för energikvalitet skulle stärka korrelationen ytterligare.

kan i värsta fall komma att uppstå a) mellan kapitalstarka oljefattiga länder och kapitalsvaga oljerika länder, b) inom oljeländerna och c) mellan konsumentländer (Klare 2001, 2004, Heinberg 2005).

Det är svårt att spekulera i effekterna av oljetoppen för det globala ekonomiska och finansiella systemet. Rent principiellt kan sägas att systemet är uppbyggt kring en förväntan om tillväxt, en tillväxt som historiskt väl korrelerat med ökad energianvändning. Det råder delade meningar om hur världens ekonomier skulle komma att reagera vid ett framtida bestående högt oljepris.

Vissa bedömare menar att det har stor betydelse för det finansiella systemet och för USA:s ekonomiska position att dollarn fungerar som betalningsmedel i världens oljehandel.¹⁰ Skulle denna position hotas menar de att följden kan bli finansiella sammanbrott och/eller krig (Liu 2002, Clark 2005, 2006). Andra menar att dessa risker är överdrivna.

Konsumtion av olja i Sverige

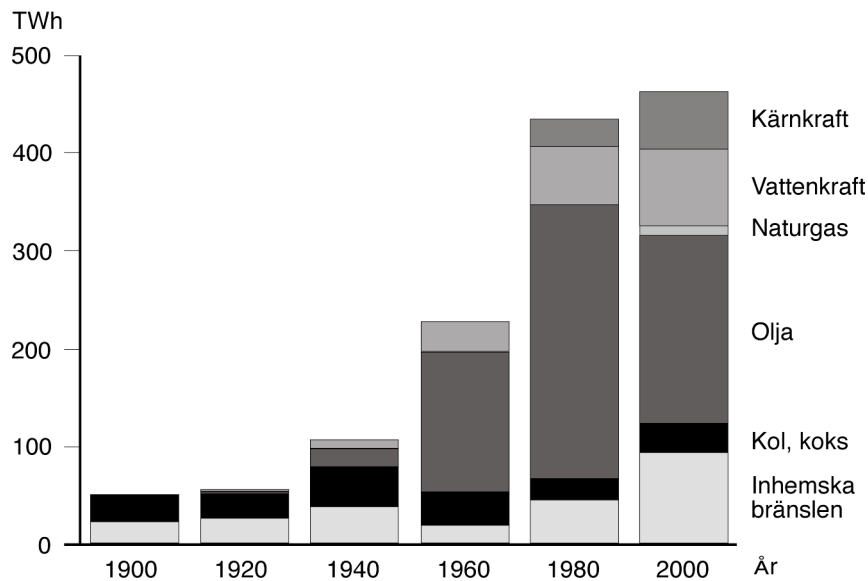
Sverige har ända sedan oljekriserna på 1970-talet minskat sin oljeimport avsevärt. 1970 svarade oljan för 77% av landets energitillförsel medan den 2004 svarade för 33% (Energimyndigheten 2005).

En förklaring till den snabba omställningen är att vi i slutet av 1970-talet stod med en överkapacitet på kärnkraftsel. Denna kunde genast tas i bruk som ersättning för olja (Sveriges Nationalatlas 1990, Infrastrukturen, Lindstedt 2005). En annan förklaring var att Sverige redan före oljekriserna börjat bygga ut fjärrvärmesystemet för att effektivisera användningen av kol och olja. Detta skapade goda förutsättningar skifta till biobränslen när oljan efter hand blev dyrare och tillförseln osäkrare.

Det är här viktigt att påpeka att Sverige trots vidtagna åtgärder för energisparande och effektivisering inte har minskat utan istället ökat den totala energikonsumtionen. Av 30 europeiska länder är det bara fyra som har högre eller lika hög energikonsumtion per capita som Sverige (Ståhl 2005).

¹⁰ Följande exempel belyser resonemanget: Hösten 2000 beslöt Saddam Hussein att Iraks oljehandel i fortsättningen skulle ske i euro. En av de första åtgärderna vid invasionen av Irak var att åter handla olja för dollar. Iran har nu annonserat att de planerar att öppna en oljebörs som ska handla med olja i euro. Ett ordkrig har under den senaste tiden trappats upp och rykten går om militära förberedelser. (Lindstedt 2006)

ENERGITILLFÖRSEL



*Svensk energitillförsel i ett hundraårsperspektiv. Figuren är inte korrigerad för energikvalitet.¹¹
Källa: (Sveriges Nationalatlas, 2003, Västra Götaland)*

För närvarande kommer hälften av den svenska oljeimporten från Norge, vilket innebär olja av god kvalitet, korta transportavstånd och politisk stabilitet (Energimyndigheten). Men det betyder också att vår olja kommer från ett land som redan har passerat sin produktionstopp (ASPO 2002).

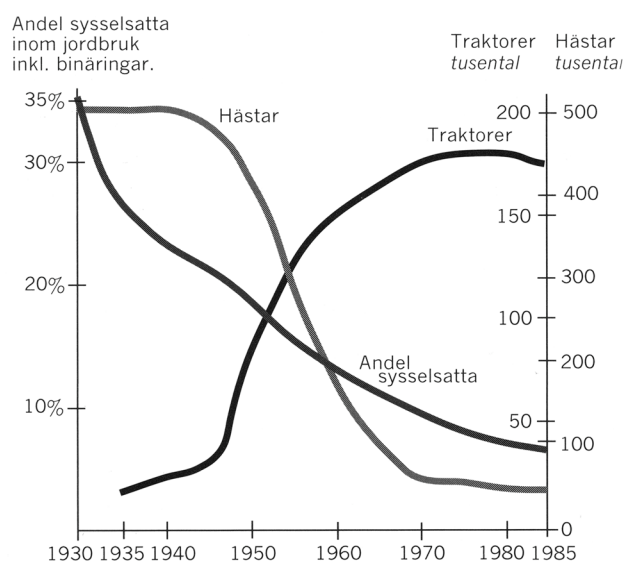
6. Oljan och den gröna sektorn

I detta kapitel kommer vi att beskriva den gröna sektorns dubbla roller: dels som konsument av olja, dels som framtida producent av oljesubstitut. Med ”gröna sektorn” menar vi här livsmedelskedjan (från jord till bord) och skogsbruket (från skog till fabriksgrindarna). Kapitlet behandlar endast den gröna sektorn i Sverige. Resonemangen om livsmedelskedjan och förhållandena i jordbruket är i princip överförbara till övriga industriländer. När det gäller skogen intar Sverige dock en särställning beträffande skogsareal per invånare.

Livsmedelssystemet

Under det gångna seklet har det svenska livsmedelssystemet genomgått en kraftig omvandling. Systemets enheter har gradvis blivit färre, större, mer automatiserade och ligger allt längre ifrån varandra (Günther 2000). Den här förändringen innefattar hela livsmedelskedjan. Gårdar, mejerier, kvarnar, slakterier, grossister, lager och butiker har alla blivit större och är placerade längre ifrån varandra än någonsin. Drivkraften bakom denna förändring har varit att reducera kostnader. Eftersom arbetskraften under de senaste 50 åren varit den största kostnaden har strävan i alla led varit att maximera det arbete som varje anställd kan göra. För att möjliggöra att varje anställd ska kunna kontrollera så mycket information och material som möjligt har insatserna av de förhållandevis billiga fossila bränslena och elektricitet ökat under hela perioden.

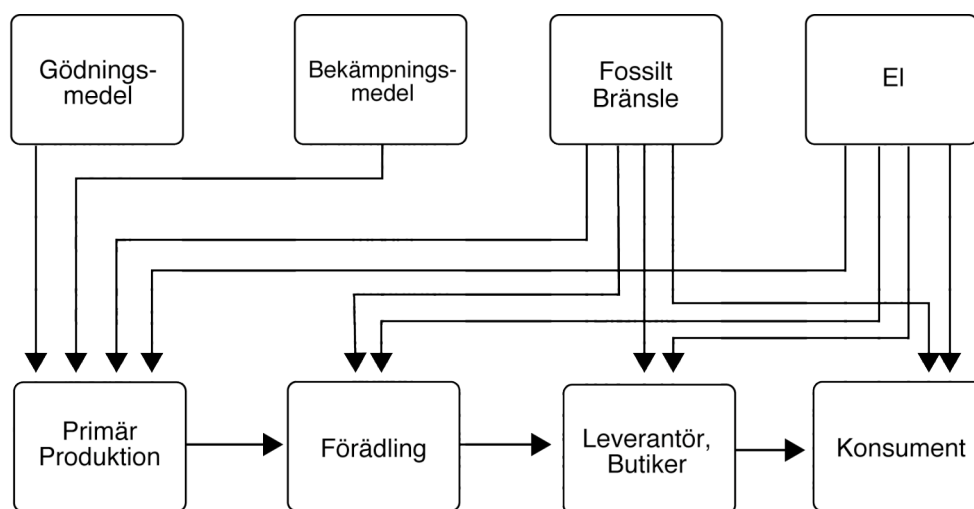
¹¹ En sådan justering skulle höja staplarna för el och därmed skulle den totala ökningen i energiförbrukning synas tydligare.



*Omvandlingen från ett bioenergidrivet till ett fossilbränsledrivet jordbruk gick på några få decennier. Traktorn kom att ersätta hästen och en stor del av den mänskliga arbetskraften. Motsvarande förändring skedde i hela livsmedelskedjan.
Källa: Bearbetad efter (Sveriges Nationalatlas Jordbruket)*

Livsmedelssektorns konsumtion av fossila bränslen

Livsmedelskedjan är i hög grad oljeberoende. Figuren nedan visar de flöden av kommersiell energi¹² och energiintensiva material som idag driver livsmedelskedjan från jord till bord.



Flödena av kommersiell energi i livsmedelssystemet.

Källa: egen

¹² Begreppet kommersiell energi används här för att tydliggöra att här finns inte alla energiformer inräknade. Exempelvis är ju solenergin (via fotosyntesen) en viktig energikälla för jordbruket som inte är inräknad i begreppet kommersiell energi.

Primärproduktionen av spannmål, foder och grönsaker i början av kedjan är idag beroende av fossila bränslen, främst i form av diesel. Alla jordbruk i kommersiell skala, oavsett om de är ekologiska eller konventionella, använder dieseldrivna traktorer för markberedning, sådd, skötsel och skörd. Detta innebär att oljan och dess derivat ansvarar för merparten av det fysiska arbete som utträttas vid matproduktion (Uhlin 1999, Björklund 2000, Rydberg and Jansen 2002). I konventionellt jordbruk, till skillnad från ekologiskt, tillförs dessutom handelsgödsel, som det åtgått fossila drivmedel för att framställa¹³ och bekämpningsmedel, som är petroleumderivat (Fluck 1992, Cleveland 1995a, Pimentel 1996). Djurhållningen är också i hög grad mekaniserad och förbrukar därmed också bränsle och el, liksom kedjan hela vägen fram till konsumenten.

I tabellen nedan har vi uppskattat åtgången av kommersiell energi i livsmedelssystemet uppdelat på fossila bränslen, el och fossilbränsleintensiva insatsvaror.

Tabell. Kommersiell energi som åtgår i livsmedelskedjan från jord till bord i terrawatt-timmar (TWh)

Källa: Bearbetning av data från (Johansson 2005)

	Primärproduktion	Förädling	Distribution	Konsumtion	Totalt
<i>Insatsmedel</i>					
Drivmedel, TWh	3.78	2.00	3.00	2.72	11.50
El, TWh	1.47	2.43	3.70	7.18	14.78
Kalk, TWh*	0.06	-	-	-	0.06
Kaliumgödningsmedel, TWh*	0.14	-	-	-	0.14
Kvävegödningsmedel, TWh*	2.12	-	-	-	2.12
Fosforgödningsmedel, TWh*	0.07	-	-	-	0.07
Bekämpningsmedel, TWh*	0.25	-	-	-	0.25
Totalt, TWh	7.88	4.43	6.70	9.90	~ 29
% av drivmedel fördelat på sektorerna	33%	17%	26%	24%	
% av el fördelat på sektorerna	10%	16%	25%	49%	
<i>Produkter</i>					
Livsmedel, energiinnehåll, TWh	25.61	22.93	22.27	19.59	~ 20
Energikvot: energiinnehållet i produkter/					
Energiåtgången	3.2	1.9	1.2	0.7	

I ovanstående tabell har endast den direkta konsumtionen av kommersiell energi medräknats. Därtill kommer i verkligheten den *indirekta* åtgången av kommersiell energi för produktion och underhåll av maskiner, byggnader och nödvändig infrastruktur samt energiåtgång för arbetskraften. Dessutom saknas det direkta energibidrag som naturen ger till primärproduktionen. Detta mycket enkla beräkningssätt har inte heller tagit hänsyn till kvalitativa skillnader hos olika energislag.

¹³ Exempelvis framställs kvävegödselmedel med hjälp av naturgas i en energikrävande process. Övriga gödselmedel (fosfor, kalium etc) är ändliga resurser som hämtas ur jordskorpan. Extraktion, förädling och distribution av dessa sker idag också med hjälp av fossila bränslen.

Vi ser av tabellen ovan att även med detta kraftigt förenklade sätt att räkna har maten på tallriken förbrukat 50% mer energi än den innehåller (för att producera 20 TWh åtgick 29 TWh).

Eftersom mindre än en tredjedel av energiåtgången sker i primärproduktionen är förändrade produktionsmetoder inte en tillräcklig åtgärd för att spara energi. En relokalisering av livsmedelskedjan kan hålla en större potential att minska energiåtgången (Sundkvist et al. 2001, Heller and Keoleian 2003, Cowell and Parkinson 2003, Johansson 2005, Granstedt et al 2006).

Vilken sorts mat vi äter har också stor betydelse för energiåtgången. Undersökta svenska dieter varierade så mycket som mellan 6,9 och 21 GJ/år i energiåtgång. De mest energisnåla dieterna innehöll mindre kött, större andel lokalproducerat och större andel ekologisk mat (Carlsson-Kanyama et al. 2003).

Livsmedelskedjan från jord till bord svarar idag för 14% av den svenska drivmedelsförbrukningen och 11% av elförbrukningen. Som framgår av tabellen ovan överväger drivmedelsåtgången i början av kedjan medan elförbrukningen stiger mot slutet av kedjan.

Jordbruket som energiproducent

Ekologiska jordbrukssystem är i allmänhet mer effektiva vad gäller energianvändning och medför också andra ekologiska och ekonomiska fördelar jämfört med konventionella system (Refsgaard et al. 1998, Cederberg and Mattsson 2000, Dalgaard et al. 2001, Hansen et al. 2001). En omställning till ekologisk produktion skulle leda till minskad energiåtgång i jordbruket. En sådan omställning skulle dock samtidigt innebära lägre hektarskördar och därmed högre energiåtgång vid bränsleproduktion på åker.

En livscykelanalys över produktion av etanol från vete och biodiesel (RME¹⁴) från raps tyder på att 20% sänkt skördenivå av vete och raps skulle höja energiåtgången för att producera bränsle med 9 % respektive 15 % för varje producerad Joule bränsle. Utmaningen för drivmedelsproduktion på åkermark består alltså i att hitta grödor som ger höga skördar samtidigt som de kräver små energiinsatser vid produktion.

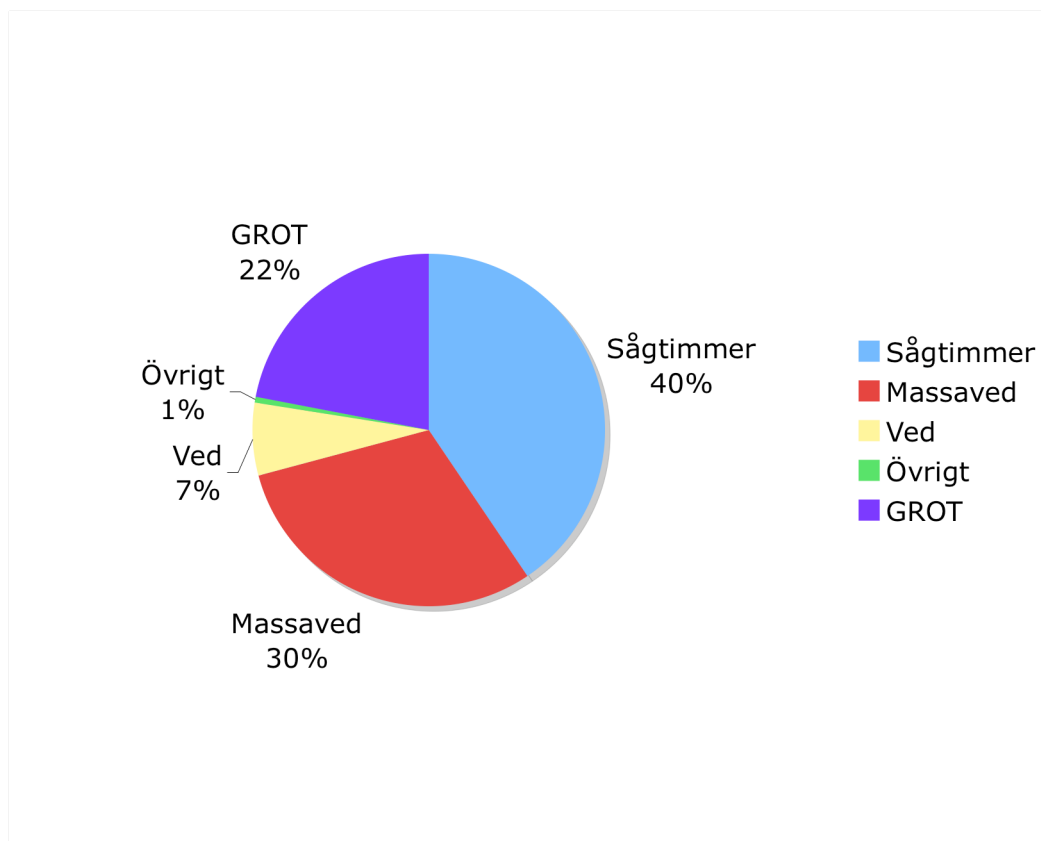
Tillgängliga livscykelanalyser är gjorda på dagens produktion. Eftersom oljan idag fortfarande finns med som drivmedel vid produktionen av RME och etanol, både direkt, och indirekt vid framställning av insatsmedel, maskiner, byggnader osv., är det från dessa studier svårt att dra slutsatser om vilken potential jordbruksmarken skulle ha att leverera biobränsle i en situation då oljan behöver bytas ut i all led.

En internationell studie som försökt uppskatta den globala markåtgången för att producera både biobränsle och mat vid olika befolkningsnivåer och olika dieter drar slutsatsen att om vi fortsätter att ha en HEI-jordbruk (High Energy Input) behövs 55% av dagens jordbruksmark till livsmedelsproduktion och 45% kan användas till att producera biobränslen. Men om vi har ett LEI-jordbruk (Low Energy Input), vilket kan verka troligt om vi har brist på olja, så finns det inga jordbruksarealer kvar till att producera biobränslen (Wolf, 2003).

¹⁴ Raps Metyl Ester

Skogen

Sveriges vidsträckta skogar ger viktiga bidrag till såväl bytesbalans¹⁵ som inhemsk energiförsörjning. Den totala produktiva skogsarealen är 22 700 000 ha, med en årlig tillväxt av 104 000 000 m³ (Skogsstyrelsen 2004). Totalt 85% av den årliga tillväxten avverkas och används så som visas i diagrammet nedan.



Användningen av svensk skogsråvara. GROT betyder grenar och toppar.

Källa: (Skogsstyrelsen 2004)

Den skördade veden (7%) är inte skogens enda bidrag till Sveriges energiförsörjning. Inom skogssektorn används restprodukter från skogen för att generera el och värme, vilket gör att sektorn är självförsörjande på energi för industriella processer och även kan leverera energi till samhället, t.ex. via fjärrvärmesystemen. Så mycket som 40% av allt rundvirke används redan idag för att producera värme och el (i form av spillvärme och brännbara restprodukter från pappersbruk och sågverk) (Berg and Lindholm 2005).

Skogsbrukets konsumtion av fossila bränslen

Skogsbruket använder idag fossila drivmedel vid plantproduktion, skogsskötsel, avverkning och för transporten från skogen till massaindustrin, respektive sågverken. Transporten från skogen till industrin utgör hela 25% av det totala landbaserade transportarbetet i Sverige räknat som ton-km (Skogsstyrelsen 2004, Berg and Lindholm 2005). Idag finns ingen storskalig tillverkning av drivmedel från skogen, vilket innebär att skogssektorn är beroende av de fossila bränslena. Skogssektorn (från skog till grind) förbrukar idag 4,04 TWh diesel och 0,11 TWh bensen (Berg and Lindholm 2005).

¹⁵ Sveriges exportinkomster från skogsrelaterade produkter var år 2004 110 miljarder kronor (Skogsstyrelsen 2004).

Potentialen för flytande drivmedel ur biomassa

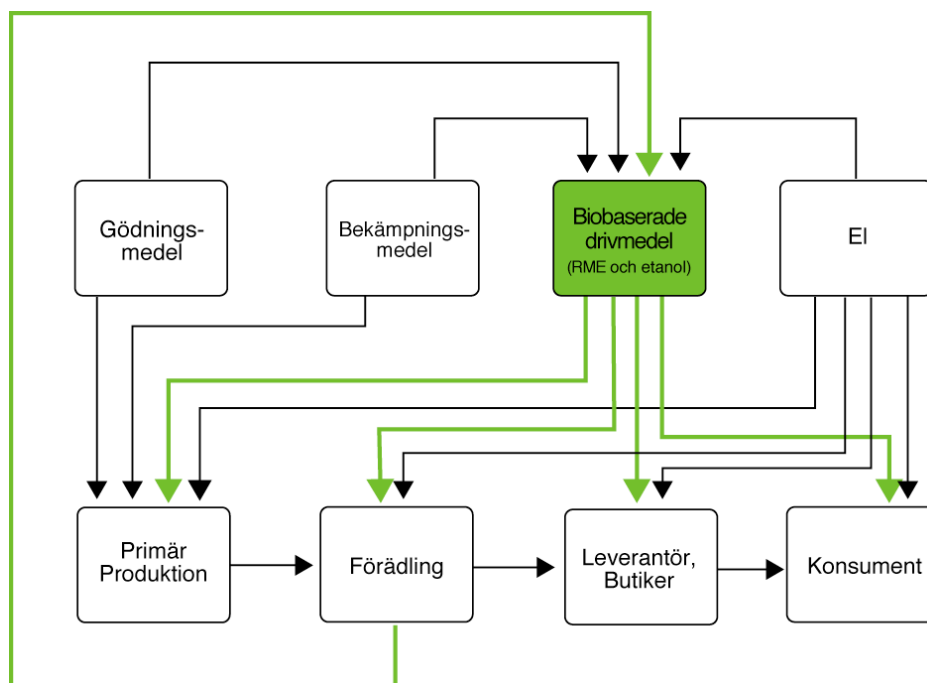
När oljan blir allt dyrare kommer vi successivt att prioritera den kvarvarande oljan till de användningsområden där det är svårast att hitta billig ersättning. Redan nu har oljan för uppvärmning i hög grad ersatts med biobränsle. Svårast blir det troligtvis att i stor skala hitta ersättning för de oljebaserade flytande drivmedlen.

Nedan presenterar vi några enkla överslagsberäkningar som syftar till att ge storleksordningen på den utmaning vi skulle stå inför om vi idag skulle försöka oss på att ersätta all bensin och diesel med biobaserade bränslen. Den bild vi presenterar är förenklad på många sätt och tar inte hänsyn till dynamiska förlopp. Bland annat beaktar vi inte att en förändrad arealanvändning inom jordbruket också ändrar sammansättningen av restprodukter, vilket i sin tur påverkar arealbehovet för livsmedelsproduktionen. Vi antar också ett oförändrat behov av bensin och diesel och utgår endast från idag känd teknik. Med dessa enkla beräkningar vill vi endast skapa en känsla för storleksordningar ”mellan tummen och pekfingret”, av vad för slags utmaning som vi kan komma att stå inför.

Markbehov för att täcka livsmedelssystemets drivmedelsbehov från åkern

Biodiesel av raps (RME), biodiesel ur träråvara (DME¹⁶), etanol av vete eller trä, och biogas ur gräs eller animaliskt avfall, har blivit uppmärksammade som möjliga framtida drivmedel (Azar et al. 2003). Av dessa har vi valt att räkna på alla utom biogas, för vilken vi saknat jämförbart underlagsmaterial.

Diagrammet nedan illustrerar hur det svenska livsmedelssystemet skulle förändras om dess förbrukning av diesel och bensin skulle ersättas med drivmedel producerade i jordbruket.



Principskiss över ett tänkt livsmedelssystem med egenproducerade drivmedel.

Källa: egen

¹⁶ Dimetyl Eter

Tabellen nedan visar en uppskattning av hur mycket energi som kan skördas på åker i form av etanol ur vete och RME från raps, baserat på data ur litteraturen. Beräkningarna förutsätter dagens produktionssystem, dvs. ett HEI-jordbruk.

Tabell: Biobränsleskörd från åker i GJ och TWh per hektar och år.

Källa: (Bernesson, 2004a,b)

Biodiesel ur raps - RME (baserat på data från Bernesson, 2004a)

	GJ/ha/år	TWh/ha/år
Energiskörd av raps (olja och biprodukter)	63.9	0.0000178
RME skörd efter förädling ¹⁷	40.3	0.0000112

Etanol ur vete (baserat på data från Bernesson, 2004b)

	GJ/ha/år	TWh/ha/år
Energiskörd av vete (kärna och biprodukter)	85.4	0.0000237
Etanolskörd efter förädling	52.1	0.0000145

Utifrån detta underlag har vi i tabellen nedan beräknat markbehovet om dagens förbrukning av fossila drivmedel i livsmedelskedjan skulle ersättas med drivmedel producerade i jordbruket.

Tabell: Behovet av diesel och bensin i det svenska livsmedelssystemet och markbehovet för att producera motsvarande mängd RME och etanol på jordbruksmark.

Källa: Egna beräkningar baserade på data från (Johansson, 2005 och Bernesson, 2004a,b)

	Primär- produktion	Förädling	Distribution	Konsumtion	Totalt
<i>Bränslebehov</i>					
Diesel, TWh	3.78	2.00	3.00	0.11	8.89
Bensin, TWh	0.00	0.00	0.00	2.61	2.61
<i>Markbehov för bränsleproduktion</i>					
RME, ha/år	337 537	178 660	267 990	9 858	794 046
Etanol, ha/år	0	0	0	180 530	180 530
					Subtotal
					974 576 ha
Tillkommer markbehovet för drivmedelsbehovet i drivmedelsproduktionen			6.5% av totala		63 347 ha
				Totalt	~ 1 miljon ha

Beräkningarna indikerar för att täcka livsmedelssystemets eget drivmedelsbehov skulle nära 40% av Sveriges åkermark (1 av 2,6 miljoner hektar) behöva upplåtas för produktion av drivmedel, mark som nu används till livsmedelsproduktion. Annorlunda uttryckt skulle vi behöva återta den ca 1,1 miljon hektar åkermark som lagts ner sedan toppåret 1927 (Sveriges Nationalatlas Jordbruket).¹⁸ Detta skulle dock minska arealen skog med motsvarande yta, och fortfarande bara räcka för att täcka livsmedelssystemets eget drivmedelsbehov.

¹⁷ Här räknar kompenserar vi för de förluster som uppstår i samband med förädling.

¹⁸ Detta är hypotetiska överslagsberäkningar. De marker som har övergivits har lägre skördepotential än de marker som våra data bygger på. Därför skulle arealbehovet i praktiken vara ännu större.

För att täcka enbart jordbrukets eget behov skulle 13% av åkermarken behöva avsättas för drivmedelsproduktion, alternativt skulle 340 000 nya hektar behöva tillkomma. Vid ekologisk produktion skulle arealbehovet vara avsevärt större.

Om vi använder trädad åkermark och dessutom återtar nedlagd jordbruksmark och/eller minskar odlingen av fodergrödor (och därmed vår köttkonsumtion) skulle mark teoretiskt kunna göras tillgänglig för jordbruket att producera sitt eget drivmedel.

Men även om vi lyckades göra dessa omprioriteringar kan vi av andra skäl inte odla mer än ca 180 000 – 200 000 ha raps i Sverige. Dels begränsas rapsodlingarna klimatmässigt och jordmånmässigt till de södra delarna av landet. Dels bör man inte odla raps oftare än vart femte till sjunde år för att förebygga växtföljdssjukdomar. Slutsatsen blir att inte ens jordbrukets eget drivmedelsbehov kan täckas av RME från åkermark.

Förklaringen till det stora arealbehovet för framställning av drivmedel från åkermark är att vi här försöker ersätta ett bränsle som producerats under geologisk tid och under mycket speciella omständigheter (högt tryck och temperatur) med bränslen som ska produceras på kort tid och direkt ur de glesa primära energikällorna.

Markbehov för att täcka skogssektorns drivmedelsbehov med skogsbaserad råvara

Det finns idag ingen produktion av flytande bränsle ur skogsråvara i kommersiell skala. Men erfarenheter från försök indikerar att dimetyleter (DME) kan vara ett lovande alternativ till diesel. DME framställs genom förgasning av träfibrer och genom syntetisering av gasen till diesel. Även etanol (som ersättning för bensin) går att framställa ur skogsråvara (Vägverket, 2001). Tabellen nedan presenterar data för dessa två metoder att konvertera trä till flytande drivmedel.

Tabell: Drivmedelsproduktion ur skogsråvara i GJ och TWh per hektar och år.

Källa: Egna beräkningar baserade på (Vägverket 2001)

Biodiesel från träråvara (DME) (data från Vägverket, 2001)

	GJ/ha/år	TWh/ha/år
Energiskörd skogsråvara (fast virke)	40.6	0.0000113
DME skörd per ha och år (efter förädling)	22.33	0.0000062

Etanol från träråvara (data från Vägverket, 2001)

	GJ/ha/år	TWh/ha/år
Energiskörd skogsråvara (fast virke)	40.6	0.0000113
Etanolskörd per ha och år (efter förädling)	18.27	0.0000051

Tabellen nedan visar bränslebehovet inom skogssektorn (från skog till fabriksgrindarna) och arealåtgången för att producera detta bränsle ur skogsråvara.

Tabell: Markbehov för att möta skogssektorns drivmedelsbehov ur egen råvara.

Källa: Egna beräkningar baserade på (Berg and Lindholm 2005)

Skogssektorns fossilbränsleförbrukning (Berg and Lindholm 2005)

Diesel, TWh	4.04
-------------	------

Skogsmark för att möta skogssektorns drivmedelsbehov

Diesel ur träråvara (DME)	651 321	ha, skog
Bensin ur träråvara (Etanol)	21 675	ha, skog
Tillkommer markbehovet för drivmedelsförbrukningen i drivmedelsproduktionen	20 190	ha, skog
Totalt markbehov för skogssektorns bränslebehov	~ 700 000	ha, skog
Total skogsareal 22 000 000 (85% avverkningsnivå) ¹⁹	18 700 000	ha, skog
Markbehov i procent av total årlig avverkning	3.7%	

Uppskattningen visar att det skulle räcka med ca 3,7% av den svenska skogsarealen för att göra skogssektorn självförsörjande med drivmedel (från skog till grind). Här ska man dock tillägga att drivmedelsbehovet för transporten av skogsprodukterna när de lämnar sågverk och pappersbruk inte är medräknat. Denna analys är alltså inte lika komplett som den för livsmedelssystemet, vilken sträcker sig ända fram till konsumentledet. Likaså saknas i det här fallet energiåtgången för att bygga, underhålla och driva de anläggningar som omvandlar skogsråvaran till DME respektive etanol, och energiåtgången för transport och lagring etc. före och efter konverteringen. Ska hela processen drivas med eget bränsle blir arealbehovet större.²⁰

Markbehov för att täcka Sveriges drivmedelsbehov från den gröna sektorn

I tabellen nedan fortsätter vi överslagsberäkningarna och visar arealbehovet för att ersätta hela det svenska drivmedelsbehovet med alternativ från åker respektive skog.

Tabell: Arealbehov för att ersätta hela den svenska fossilbränsleanvändningen med åker- respektive skogsbaserade alternativ.

Källa: Egna beräkningar baserade på (Energimyndigheten 2004)

Konsumtion av fossila drivmedel i Sverige (Energimyndigheten 2004)

Diesel, TWh	33.3
Bensin, TWh	49.2

Alternativ 1:**Dagens svenska drivmedelskonsumtion ersätts med åkerbaserade alternativ**

Diesel ur raps (RME)	2.9	miljoner ha, åker
Bensin ur vete (Etanol)	3.4	miljoner ha, åker
Totalt behov av åkermark för drivmedelsproduktion	6.3	miljoner ha, åker
Dagens åkerareal	2.6	miljoner ha, åker
Åkerareal 1927 (toppåret)	3.7	miljoner ha, åker

Alternativ 2:**Dagens svenska drivmedelskonsumtion ersätts med skogsbaserade alternativ**

¹⁹ Vi antar att dagens avverkningsnivå på 85% av den årliga tillväxten ligger kvar av naturvårdsskäl.

²⁰ Vi saknar data för att säga hur mycket större.

Diesel ur träråvara (DME)	5.4	miljoner ha, skog
Bensin ur träråvara (Etanol)	9.7	miljoner ha, skog
Totalt skogsbehov för produktion av biodrivmedel	15.1	miljoner ha, skog
Total skogsareal 22 000 000 (avverkningsgrad 85%)	18.7	miljoner ha, skog
Arealbehov i procent av årlig avverkning	80%	

Uppskattningen visar att 6,3 miljoner hektar skulle behövas för att framställa ersättning till dagens svenska konsumtion av diesel och bensin med drivmedel från åkern. Även om arealbehovet i absoluta tal är mindre på åkern än i skogen (15,1 miljoner hektar) så betyder 6,3 miljoner hektar nästan dubbelt så mycket åker som odlades under toppåret 1927 (3,7 miljoner hektar), vilket visar att detta alternativ står utom all realism.

Låter vi istället skogen stå för hela drivmedelsproduktionen skulle nästan 80% av de årliga avverkningarna åtgå till drivmedelsproduktion, om vi vill ersätta hela dagens svenska drivmedelskonsumtion med DME och etanol från skogen, med känd teknik. I ett sådant scenario blir det inte mycket skog kvar för att täcka vårt behov av uppvärmning, papper och byggnadsmaterial vilket 99% av skogsråvaran idag används till.

Olika metoder ger olika svar

Utifrån våra beräkningar ovan kan vi inte sluta oss till vilket energinetto som framställning av drivmedel ur skogs- respektive jordbruksråvara skulle generera eftersom vi saknar uppgifter om energi- och resursbehoven för att i stor skala konvertera biomassan till flytande bränsle och hur det skulle fungera om hela systemet också drevs på eget bränsle. Våra uppgifter är särskilt bristfälliga när det gäller DME ur skogsråvara. Tillgängliga livcykelsanalyser visar på vitt skilda energinetton, skillnaden är upp till faktor 29 i de olika studiernas output/input kvoter. Variationen i resultaten beror dels på vilken produktionsskala man har antagit, dels hur man valt att allokera för restprodukter (Berg och Lindholm 2005, Bernesson et al. 2004, In Press).

Det är viktigt att notera att el, olja, gas, RME/DME, etanol, fast ved, raps och vete är olika produkter med mycket olika karaktär och kvalitet. Förutom skillnaden i förnybar/icke förnybar har energibärarna olika energidensitet (J/kg och J/m³). De har olika förmåga att omvandla sitt energiinnehåll till mekaniskt arbete (exergi). De är olika energikrävande att konvertera (exempelvis från fast till flytande), har olika egenskaper vid lagring och transport (jämför t.ex. pipelines för gas, elledningar och timmerbilar), är olika rena och är olika riskfyllda att framställa och använda. I våra beräkningar ovan har vi inte korrigerat för dessa kvalitativa skillnader utan räknat mycket förenklat på energibärarnas värmevärde.

Det finns forskare som menar att detta är ett ofullständigt sätt att räkna vilket kan skapa missledande slutsatser (Hall et al. 1986, Odum 1996, Brown and Ulgiati 2002, Brown and Ulgiati 2004, Cleveland 2005, Ulgiati et al. In press). Dessa har utvecklat andra beräkningsmetoder som tar hänsyn till kvalitetsskillnaderna mellan exempelvis solljus, ved, olja, etanol och el.

Även om de flesta inser vikten av att ta hänsyn till de olika energiformernas kvalitetsaspekter råder det delade meningar om hur man i beräkningar ska göra det rent praktiskt. En skiljelinje handlar om ifall energikvaliteten ska räknas som värdet vid slutanvändningen eller i termer av

vad det kostat att framställa energibäraren. För var och en av de här två principerna finns åtminstone två sinsemellan väldigt olika metoder, vilket ger fyra väsensskilda angreppssätt.

1. I exergianalysen beräknas energibärarens förmåga att uträtta mekaniskt arbete. I exergitermer är skillnaden mellan el och olja/kol mycket liten. Exergi är en väletablerat teoretiskt begrepp inom fysik och kemi och har som sådan många fördelar när det gäller att ta hänsyn till energikvaliteten i enskilda processer. Svagheten med exergibegreppet är att det är endimensionellt.
2. Cleveland (2005) har utvecklat en metod som fångar olika energibärarens mångdimensionella användarvärden så som flexibilitet, transportbarhet, renhet, osv., kvaliteter som har stor praktisk ekonomisk betydelse. Enligt Cleveland's metod skulle elen kvalitetsmässigt överträffa kolet med faktor 18, ett resultat som skiljer sig avsevärt från det man får när man använder exergibegreppet ensamt (Cleveland 2005).

Tittar man istället bakåt i kedjan finns det två angreppssätt varav det ena även i detta fall lämpar sig för studiet av enskilda processer, medan det andra används för studier av hela system.

3. Ett sätt är att mäta vad som krävs för att konvertera en energibärare till en annan. Exempelvis krävs det 3–4 energienheter kol för att framställa 1 enhet el. Detta skulle ge elen en kvalitetsfaktor 3–4 över kolet (Cleveland 2005).
4. Ett annat sätt är att följa alla energiflöden hela vägen tillbaka till källan. Detta görs i Emergialysen (Odum 1996). I denna översätts alla energibärare till det gemensamma måttet ”solenergiekvivalenter” (SEJ). På så sätt möjliggörs en jämförelse som tar hänsyn till kvalitetsskillnaderna på en gemensam bas. Enligt denna metod skulle elen kvalitetsmässigt överträffa kolet med faktor 4.3 (Odum 1996).

Olika metoder ger sålunda olika svar, och lämpar sig också olika bra beroende på vilken fråga som ska besvaras. Vi har i denna rapport inte utrymme att närmare förklara de antaganden och synsätt som ligger till grund för de olika metoderna. Vi får här nöja oss med att konstatera att det finns mycket kvar att göra när det gäller att skapa förståelse mellan olika perspektiv och även för att skapa lekmannamässig förståelse och beredskap att tolka de delvis motstridiga resultaten av energianalys, energiekonomiska analyser, exergianalys och emergianalys.

Sammanfattningsvis kan vi konstatera att oavsett metodologiska osäkerheter innebär ett skifte från olja till biomassa en mycket stor utmaning. Även våra beräkningar ovan, som inte fullt ut tar hänsyn till indirekta resursflöden och kvalitetsaspekter hos energibärarna, pekar på att vi står inför allvarlig konkurrens om markresursen. Vi kom fram till att 80% av den årliga avverkningen skulle åtgå om vi skulle ersätta alla fossila drivmedel med drivmedel från skogen. Tar vi med emergianalysens hjälp med de indirekta flödena (energiåtgång för att framställa insatsvaror i alla led bakåt i kedjan) blir arealbehovet minst tre gånger större (Doherty et al. 2002). Ur ett emergiperspektiv skulle det alltså åtgå mer än dubbelt så mycket skog som det avverkas idag i Sverige, för att täcka råvarubehovet till dagens drivmedelskonsumtion. För att kunna täcka den totala oljeimporten med skogsråvara skulle vi behöva trefaldiga vår skogsareal och då kvarstår fortfarande att täcka de behov som vi idag använder skogen till (ved, timmer och papper) (Doherty et al. 2002, SCB 2005).

Genom att inkludera de indirekta energiflödena ger emergianalysen oss en indikation över kostnaderna att upprätthålla vårt ekonomiska system och vår livsstil. Slutsatsen ur en sådan analys blir att ett bioenergidrivet samhälle skulle se mycket annorlunda ut än dagens. Istället

för att som idag optimera våra resurser kring en miljöförstörande, men mycket koncentrerad lagerresurs som ger samhällsekonomin mycket stor drivkraft, skulle ett bioenergidrivet samhälle innebära ett samhälle som optimerar sina resurser kring en ren men gles fondresurs som ger betydligt lägre ekonomisk drivkraft. Stämmer analysen skulle vår livsstil och vår energiförbrukning behöva förändras radikalt.

7. Bilder av framtiden

Ett vanligt sätt att ta sig an framtidsfrågor är att bygga scenarier.^{21,22} Scenarier kan utgöra en värdefull form av beslutsunderlag då ett digert faktamaterial behöver bearbetas så att det blir användbart för lekmän i en beslutssituation. Grundläggande för alla sorters scenarier är att man spelar med variabler och ser vad som händer om man ändrar den ena eller andra variabeln. Avgörande för scenariernas värde som beslutsunderlag är att de som bygger scenarierna väl känner till samspelet i systemet och med dess omgivning. Ju mindre system och ju kortare tidsperspektiv desto lättare är det att bygga adekvata scenarier. I långa tidsperspektiv ökar osäkerheten och det blir allt mer vanskligt att anta att det finns en konstant bakgrund mot vilken man kan spela med variabler.

En kommande oljeknapphet kan fungera just som en förändring av de grundläggande förutsättningarna. Mycket av det vi hittills har tagit för givet kan komma att ställas på ända, vilket gör det mycket svårt att ställa upp relevanta scenarier.

Detta är ett skäl till att vi i denna rapport har valt att inte arbeta med scenarier. Ett annat skäl för detta val är att rapporten är tänkt som ett *underlag för samtal* och inte som beslutsunderlag. Ett tredje skäl hänger ihop med hur vi hanterar våra *värderingar* när vi talar om framtiden.

Åsikter utgör en kombination av kunskap, värderingar och antaganden. Oenighet när det gäller framtidsfrågor berör ofta våra grundläggande (ibland omedvetna) antaganden om hurdan tillvaron ytterst är beskaffad. Dessa antaganden och värderingar styr också (delvis omedvetet) vilken kunskap och information vi tar till oss. För att kunna mötas i samtal behöver vi alltså lyfta upp värderingar och antaganden till ytan och hitta ett sätt att samtala om dem.

Vi har därför valt att skriva framtidsbilderna som visioner. En vision är en bild av en önskvärd framtid. Därför tydliggörs värderingarna här bättre än vad man normalt sett gör i scenarier. Visioner skiljer sig också från scenarier i det att de ger kraft till förändring. Därmed inte sagt att verkligheten alla gånger blir som den var beskriven i visionen. Visionens funktion

²¹ Börjesson et al skiljer på tre sorters scenarier: Prediktiva scenarier som svarar på frågan "vad kommer att hända om...?"; Explorativa scenarier som svarar på frågan "vad kan hända om...?"; och Normativa scenarier som svarar på frågan "hur kan ... uppnås?". De prediktiva scenarierna närmar sig det vi normalt sett kallar för prognoser. De explorativa scenarierna ställer en liknande fråga men arbetar med längre tidsperspektiv och fler parametrar vilket gör att dessa scenarier handlar om ett utforskande av möjligheter. Den tredje sortens scenarier kallar författarna för normativa eftersom de utgår från att ett förutbestämt mål ska uppnås och scenariearbetet syftar till att utforska olika vägar till att uppnå målet. (Börjesson et al 2005)

²² Vi vill här bara nämna några exempel på scenariearbeten som är värda att studera för att få en bild som kompletterar den väg vi har valt: Heinberg 2004 beskriver fyra scenarier för olika mänskligt beteende (Last One Standing (resurskrig), Powerdown (organiserad omställning till hållbarhet), Waiting for Magic Elixir (förnekelse), samt Building Lifeboats) men utgår i alla fyra från att det vi kallar "den teknikskeptiska hållningen" har rätt. Raskin et al 2002 har skissat sex scenarier (marketforces, policy reform, fortress world, breakdown, great transition och eco-communalism). Det irländska projektet *Energy Scenarios Ireland* arbetar med fyra scenarier som löper utefter två dimensioner: tidig/sen oljetopp respektive proaktiv/reaktiv irländsk politik (<http://info.energyscenariosireland.com>). Ett annat exempel är projektet Millenium Ecosystems Assessment som formulerar sina scenarier utifrån dimensionerna: proaktiv/reaktiv attityd till miljöfrågor respektive internationellt samarbete eller ej.

är främst att utgöra *drivkraft* och ledstjärna för individer, organisationer och samhällen i förändring. Visionens kraft kommer ur den längtan som den ger uttryck för och ur balansen mellan fantasifullhet och trovärdighet. En abstrakt tanke fungerar inte som vision. En vision behöver innehålla exempel som konkretiserar hur tillvaron skulle kunna te sig om visionen blev verklighet (Ziegler 1995). Detta förklarar varför de visioner vi målar upp nedan innehåller en blandning av stort och smått samt sannolikt och mindre sannolikt.

Det är visionernas funktion som drivkraft som gör dem intressanta. Människans förmåga att generera händelseförlopp genom sin längtan (eller genom sin rädsla) ska inte underskattas. Men vi lever också i en fysisk verklighet där människan inte styr allt. Vad händer om några av de antaganden som visionen bygger på visar sig inte stämma överens med naturlagarna?

En avgörande vattendelare mellan olika syner på framtiden handlar om tron på teknologiska framsteg. Vi har därför, inspirerade av Costanza, valt att beskriva två framtidsvisioner som skiljer sig just i detta avseende (Costanza 2000).²³ Den första visionen (A) utgår från att teknologiska framsteg kommer att kunna lösa alla slags problem i takt med att de uppstår. Genom ny teknik kommer vi att kunna klara vår energiförsörjning och fortsätta att utvidga högenergisamhället även efter att oljan fasas ut. Samtidigt förväntas miljöproblemen få sin lösning och även en rättvis fördelning kunna åstadkommas. Den andra visionen (B) utgår från en hållning som är skeptisk till att de problem vi nu står inför kan lösas genom ytterligare tekniska genombrott. Det är enligt detta synsätt angeläget att förbereda för en ordnad omställning till det lågenergisamhälle som vi förr eller senare ändå kommer att tvingas till. Att förbereda denna omställning i tid är enligt detta synsätt en förutsättning för att vi också ska kunna klara miljön, rättvisan och freden.

Vi har valt dessa två poler mot bakgrund av att vi ser att en stor del av oenigheten i den pågående debatten om den kommande oljeknappheten löper längs dimensionen teknikoptimism – teknikskepticism. Som underlag för att skriva visionerna har vi läst debattartiklar, samtalat med företrädare för båda ståndpunkter och använt vår inlevelseförmåga för att med den egna fantasin till hjälp skriva en sammanhållen vision.

Nedan kommer vi att beskriva dessa två visioner ur ett ”inifrån-perspektiv”. Texten är skriven som en ”framtidshistoria”, dvs. utvecklingen berättas av en tänkt person som lever vid nästa sekelskifte. Det hundraåriga perspektivet har vi valt för att komma ifrån den fruktlösa diskussionen om huruvida oljan toppar nu eller om trettio år. Med ett tillräckligt långt tidsperspektiv kan vi rikta blicken mot de viktiga principiella frågorna, oavsett exakta tidpunkter. Tittar vi bakåt är hundra år ett tidsperspektiv som de flesta av oss fortfarande kan relatera till genom äldre släktingar som vi känt personligen. Visionerna är medvetet suggestiva och fantasieggande skrivna för att ge läsaren ett tillfälle att leva sig in i ett perspektiv som hon/han normalt sett inte delar. Avsikten är inte bara att väcka tankar, utan också känslor.

I det efterföljande kapitlet skiftar vi till analytisk ton för att betrakta visionerna ”utifrån” och skärskåda dem. Inspirerade av Costanza bygger vi analysen på frågan: Vad händer om vi använder en av visionerna som ledstjärna för beslut och investeringar och de antaganden som ligger till grund för visionen visar sig vara felaktiga? (Costanza 2000)

²³ Costanza beskriver fyra framtidsbilder. Den teknikoptimistiska kallar han för ”Star Trek” och den teknikskeptiska för ”Ecotopia”. Därefter ställer han frågan: Vad händer om man försöker förverkliga ”Star Trek”, men de antaganden de bygger på visar sig vara felaktiga. Detta A-scenario kallar han för ”Mad Max”. Motsvarande fråga för Ecotopia leder till ett B- scenario som han kallar för ”Big Government”. Med dessa som grund arbetar Costanza med spelteori i kombination av opinionsundersökningar för att ta reda på vilket som är det förnuftigaste förhållningssättet. Läs hela artikeln på: <http://www.consecol.org/vol4/iss1/art5>

Syftet med detta tvåstegs upplägg är att bygga en gemensam referensram där personer som har olika värderingar ändå kan delta i samma analys.

Vi har avsiktligt valt bort att beskriva dystopierna²⁴ i motsvarande målände ordalag som visionerna. Analysavsnittet innehåller istället det som skulle kunna utgöra stoff att författa dystopier.

Förutom skillnaden i syn på teknologiska framsteg har vi valt att fylla bägge visioner med en rad optimistiska antaganden. Man skulle kunna säga att båda visioner är *politikoptimistiska*. Båda antar att man bedriver en klok och proaktiv politik i tillräckligt många av de inflytelserika länderna i världen. I båda fall antar vi avgörande politisk handlingskraft att i god tid sörja för alternativ energiförsörjning innan oljepriserna rusar i höjden. I båda fall finns också effektiva åtgärder för att avvärja globala miljöhot med växthusproblemet och alla dess följd effekter som nummer ett. Visionerna är också lika i det att vi i båda förutsätter en strävan efter en fredligare och mer rättvis värld. Men i var och en av visionerna utgår proaktiviteten från visionens egen logik. Strävan att säkra klimatet och energitillförseln samt att möjliggöra fred och rättvisa är gemensam – men åtgärderna är olika grundade på olika analyser färgade av antingen teknikoptimism eller teknikskepticism.

Man kan med rätta ifrågasätta om inte dessa politikoptimistiska antaganden gör visionerna allt för osannolika. Vi har ändå bedömt att det är rimligt att utgå från denna optimistiska hållning, eftersom den stämmer väl överens med den officiella svenska hållningen. Dessutom är det just alla ”goda” sidor hos visionerna som ger dem en visionär dragningskraft och genom att politikoptimismen gäller symmetriskt i båda visioner kan vi lättare renodla den intressanta skillnaden i synen på teknologiska framsteg.

I det efterföljande analysavsnittet kommer vi också att titta på vad som händer, i vart och ett av fallen, om den proaktiva politiken uteblir.

Nu till visionerna.

A. Högenergisamhälle

Världen

Vi kan konstatera att pessimisterna från det förra sekelskiftet hade fel på de flesta punkter.

Oljan räckte längre än många trodde. Toppen kom inte förrän 2038. Detta berodde på flera samverkande positiva händelser. Dels blev det en kontinuerlig övergång till tjockare oljor, dels satsade ledande industriländer redan i början av seklet hårt på att ersätta oljan vilket gjorde att efterfrågan mattades av.

Till att börja med var det uppvärmningen i de kalla länderna som ställdes om från olja till biobränsle. Denna övergång stimulerades både av de tillfälligt höga oljepriserna under de första åren på 2000-talet och av verkningsfulla koldioxidskatter som infördes i alla industriländer från 2015 för att skydda det globala klimatet. Under den första halvan av

²⁴ En dystopi är motsatsen till en vision, dvs. den framtid som man befarar.

seklet femfaldigades användningen av biobränslen i världen. För denna ökning stod framför allt skogsprodukter i både Nord och i Syd, men också storskalig sockerrörsodling i Syd.

Redan under 2010-talet fanns det en mångfald av alternativa fordonsbränslen på marknaden. Några var biobaserade, andra tillverkades av naturgas eller kärnkraft. Kreativiteten var enorm och många av bränslena försvann lika fort som de kom därför att de inte klarade konkurrensen. Det skulle dröja ända till 2060-talet till den vätgasdrivna bränslecellsbilen slutligen vann striden om att vara den mest konkurrenskraftiga.

Den internationellt bindande klimatpolitiken gjorde att kolet inte kom att ersätta oljan i någon större omfattning förrän efter att även naturgasen "toppat" år 2061. De kvarstående reserverna av kol kommer väl till pass eftersom vi nu behärskar tekniken att framställa vätgas ur stenkol samtidigt som kolatomerna pumpas tillbaka ner i berggrunden vilket gör användningen klimatneutral. Denna teknik tillsammans med tekniken att direktomvandla solenergin till vätgas kommer att driva världsekonomin länge än, eftersom reserverna av kol fortfarande är mycket stora och inflödet av solenergi fortfarande är tusen gånger större än vad vi idag tar tillvara på.

Visst har det gångna seklet inneburit en del påfrestningar. Särskilt rådde viss turbulens kring fordonsbränslen under den första halvan av seklet. Men övergången från ett energislag till ett annat har inte påverkat tillväxten och välfärden i något nämnvärt avseende. Världsekonomin har vuxit med i genomsnitt 4% per år under hela detta sekel, vilket innebär att den samlade ekonomiska aktiviteten har 36-faldigats sedan 1950.

Tillväxten i Syd har under hela seklet varit högre än i Nord. Till i-länderna räknas nu även Indien, Kina, Indonesien, Malaysia, Thailand, Vietnam, Brasilien, Mexico, Argentina, Chile, Sydafrika samt många fler. Genom aktiv fördelningspolitik i dessa länder har två miljarder människor lyfts upp ur fattigdom till en standard jämförbar med den svenska. Sedan 2075 pågår ett kraftfullt program att hjälpa de återstående fattiga länderna att komma direkt in i soltekniken utan att behöva göra de omvägar som de rika länderna har gjort. De globala klyftor som kändes så besvärande hotfulla för världsfreden under 2020-talet håller nu på att slutas och befolkningsmängden har stabiliserats vid 12 miljarder.

Sverige

Sverige klarade sig bättre än många andra länder genom omställningarna. Det som gynnade oss var vår långa tradition av samförståndsanda som gjorde den proaktiva politiken möjlig, men också vårt gröna guld, skogen. Även om befolkningen idag har ökat till 20 miljoner, främst genom invandring, är landet fortfarande glest befolkat i internationell jämförelse.

Sverige visade sig ha en viktig komparativ fördel i det att vi tidigt infört koldioxidskatter som redan under slutet av 1900-talet börjat stimulera energieffektivisering och utveckling av förnybara energiformer. Energiteknik blev därför en viktig svensk exportprodukt under 2020-talet. Sverige fortsatte att gradvis höja koldioxidskatten, så länge den inte motsvarade de verkliga kostnaderna för koldioxidutsläpp till atmosfären. Tillsammans med en lång rad av andra kraftfulla ekonomiska styrmedel gjorde detta att vi under flera decennier behöll vårt tekniska försprång.

Redan år 2038 när oljan "toppade" i världen var Sverige helt oberoende av olja. En ny byggnorm infördes redan 2010 vilket innebär att det nu nästan inte finns några hus kvar längre av den gamla sorten som behövde värmas upp på vintern. Husen är så välisolerade att

det räcker med den spillenergi som ändå kommer från lampor, elektriska apparater och invånarnas kroppsvärme för att hålla värmen på en behaglig nivå. Ändå har de flesta en liten braskamin för trivselns skull.

De svenska biltillverkarna gick tidigt över till alkoholer som etanol och metanol som drivmedel. För tyngre fordon blev DME det dominerande bränslet, som liksom alkoholer kunde tillverkas genom förgasning av restprodukter från jord- och skogsbruk. Dessa bränslen dominerade till 2060 när vätgasen producerad direkt med solenergi tog över. Bilar, lastbilar, flygplan och tåg har effektiviserat sin energiåtgång med faktor 20 på hundra år. Tåget är fortfarande det i särklass mest energisnåla transportmedlet men kan ju som bekant inte fylla alla transportbehov.

Återvinningen av material från jordskorpan har blivit näst intill total. Detta gör att vi äntligen har fått bukt med avfallsproblemet och många av de miljöproblem som hängde samman med spridning av metaller och svårnedbrytbara kemiska ämnen till luft, vatten och mark. Under hela seklet har detta varit en av de svåraste frågorna att lösa. Den riktiga tillgången på energi har nämligen gjort allt större materialomvandlingar möjliga och så länge dessa löpte i ett linjärt flöde så skapades en mängd problem både på resurs- och på avfallssidan.

Jordbruk

Storleksrationaliseringen i jordbruket som startade under slutet av 1900-talet har fortsatt under hela detta sekel. Det är nu endast en promille av befolkningen som arbetar inom jordbruket och den genomsnittliga gårdsstorleken ligger omkring 1000 ha inräknat driftbolag omfattande flera mindre gårdar. Ett viktigt genombrott var när de förarlösa traktorerna kom i dagligt bruk under 2050-talet. Dessa arbetar effektivt och med stor precision med hjälp av GPS.

Skördarna har ökat markant med hjälp av nya sorter som tagits fram med hjälp av genteknik, en teknik som i början på detta sekel endast var i sin vagga. Då, för hundra år sedan, var det perifera egenskaper hos växterna man lyckades förändra genom genteknik. Sedan ett svenskt forskarteam vid Genetikcentrum i Uppsala lyckades knäcka koden bakom fotosyntesen 2067 odlar vi nu enbart växter med förbättrad fotosyntes. Den verkningsgrad på mindre än 1% som naturen gav oss har kunnat mångfaldigas och allt tyder på att denna utveckling ännu bara är i sin början.

Idag ställs det mycket högre krav på jordbruket än för hundra år sedan. Jordbruket producerar förutom mat och fibrer också bränsle (DME och alkoholer som etanol och metanol). Dessutom tillverkas hela behovet av plaster, smörjmedel, hartser, limmer, bindemedel till asfalt och färger, rengöringsmedel och mediciner nu av grödor från åkern. Dessa har sedan 2070 helt ersatt de petroleumbaserade materialen med samma funktion.

Trots att produktionen per hektar är mångfaldigad mår jordarna bättre nu än för hundra år sedan, likaså har näringsläckaget minskat och den biologiska mångfalden ökat i jordbrukslandskapet. Detta på grund av att de datorburna informationssystemen ger information i mycket hög upplösning om allt som händer på gården vilket möjliggör långt driven precision i alla bruksåtgärder.

Skogsbruk

Även inom skogsbruket har allt färre människor kunnat sköta allt större arealer. Mekaniseringen inom skogen nådde sin topp omkring år 2020 avseende storleken på maskinerna. Därefter har den tekniska utvecklingen av skogsmaskiner framförallt inriktat sig på att bli "smartare". Inte bara genom att de moderna maskinerna drar en bråkdel av den energi som bjässarna på 2010-talet gjorde. De lämnar framför allt betydligt mindre spår efter sig vilket gör att höga naturvärden är väl förenliga med ett effektivt skogsbruk.

I och med övergången till det papperslösa kontoret har behovet av papper minskat radikalt. Detta skapade utrymme för ökad användning av skogsråvara för uppvärmning och fordonsbränsle. Vi ligger kvar på samma avverkningsgrad som för hundra år sedan (ca 85% av den årliga tillväxten) för att kunna säkra tillräckligt mycket gammelskog, både för natur- och kulturvärdenas skull och för att behålla nödvändig resiliens i skogssystemet. Men i och med att vi under de senaste decennierna har börjat plantera träd med långt mer effektiv fotosyntes kommer skördecyklerna skyndas på avsevärt och vi kommer att kunna skörda mer trots att mycket mark avsätts i naturreservat.

B. Lågenergisamhälle

Världen

De höga oljepriserna under 2005 blev den första riktiga väckarklockan. Även om oljepriserna kom att fluktuera under de kommande åren insåg allt fler att den långsiktiga trenden skulle gå oåterkalleligen uppåt. Efter toppen 2009 föll produktionen brant och priset steg snabbt.

Redan några år tidigare hade det gått upp för både forskare, politiker, näringsliv och allmänhet att någon lika kraftfull energikälla som oljan inte skulle gå att uppbringa. Vid mängder av möten och konferenser diskuterade man hur den kvarvarande, nu allt dyrare, oljan skulle användas.

De första årtiondena var oroliga. Konkurrensen om de krympande oljeresurserna skapade en ständigt närvarande oro för att krig mellan de stora oljekonsumerande länderna skulle utbryta. Även mellan de oljeproducerande länderna och resten av världen ökade spänningarna. Ett annat orosmoln var klimatförändringarna.

Det föddes en längtan hos allt fler att bygga en hållbar framtid, dvs. en framtid baserad enbart på förnybara resurser. Eftersom de fossila alternativen till olja skulle ha givit ännu större klimatpåverkan – per nyttig energi – än olja, avstod man tidigt från storskalig satsning både på kol, tjärsand, oljeskiffer, metanhydrater, osv. Kärnkraft sågs inte heller som ett framtidsalternativ. Dels för att kärnkraften inte var särskilt effektiv när kostnaderna för den ännu osäkra slutförvaringen räknades in, dels för att uranet också var en ändlig resurs.

Alla insåg det som så länge hade förnekats: att en övergång till enbart förnyelsebara källor skulle komma att innebära en framtid med betydligt mindre tillgång till energi och att industriländerna måste minska sin energiförbrukning radikalt för att möjliggöra en rättvis fördelning av de begränsade resurserna. Högtflygande hightech-lösningar avfärdades då dessa antingen förutsatte infrastruktur som krävde ett för högt energiunderstöd, eller byggde på tekniska lösningar som ännu inte skådat dagens ljus.

Tur var att framsynta människor i fyra decennier före toppen hade byggt alternativ i det tysta. Detta pågick både i Nord och i Syd och nätverken mellan dessa initiativ var starka. Det fanns en rik flora av sociala och tekniska experiment som snabbt kunde stå förebild och skalas upp: räntefria banker, organiserad rättvis internationell handel, lokala bytesringar, utsädesbanker, odling utan industriella insatsmedel, direktdemokratiska mötesformer, enkla energisnåla tekniska lösningar för vardagslivet, olika former för lokalt samägande och lokal förvaltning... etc. Människor som i decennier arbetat ideellt eller halvideellt med att bygga alternativ blev plötsligt de mest anlitade rådgivarna. Att mycket kunskap redan fanns gjorde att omställningen blev lättare än många trott.

När de internationella organen demokratiseras fick det till följd att regelverken för den internationella handeln, finansmarknaden, etc., förändrades i grunden för att gynna rättvis fördelning och resursbevarande, framför ekonomisk tillväxt.

Att vända ständigt expanderande ekonomier till att bli kontraherande, var oerhört svårt. Det tog ända fram till 2060-talet innan någon slags normalitet i den nya världsordningen infann sig. Då hade invånarna i de rika länderna börjat vänja sig vid den nya livsstilen. Man hade börjat uppskatta den livskvalitetsförbättring som till många överraskning blev följden av det som för hundra år sedan skulle ha kallats "sänkt standard".

Vid den här tiden hade också människor i de tidigare så kallade u-länderna slutat sörja över att de missat den historiska köpfesten. Man kunde nu istället börja glädja sig över resultat av den nya rättvisa världsordningen. När dessa länder inte längre oupphörligen dränerades på sina resurser kunde en process starta av materiella förbättringar, demokratisering, fördelning och kulturell återhämtning.

Sverige

Sverige spelade en viktig roll som förebild för de andra i-länderna. Så snart det blev allmänt känt att vi befann oss nära toppen på den globala oljeproduktionen förstod framsynta beslutsfattare att ju tidigare vi skulle börja den nödvändiga omställningen, desto mindre skulle den kosta oss. Det var självklart att priset på alla energiformer skulle påverkas av priset på olja. Den enskilt viktigaste målsättningen var därför att förbereda sig på att klara sig på mindre energi.

Eftersom det var ovisst vilka lösningar som skulle hålla i längden uppmuntrade staten till regional och lokal experimentlusta och en mångfald av lösningar. Via föreningslivet och bildningsförbunden nåddes under de första åren nästan hela befolkningen av erbjudandet att delta i handlingsinriktade studiecirklar som inte så mycket gick ut på att lära ut (lösningarna var ju ovissa) utan mer på att väcka befolkningens kreativitet och engagemang för frågorna. Det bildades också lokala och regionala energiråd med brett medborgardeltagande.

Under oljeeran hade vi lagt oss till vid en oerhört energikrävande livsstil där vi transporterade både människor och varor hit och dit över jordklotet på ett sätt som idag känns helt verklighetsfrämmande. Idag finns berättelsen om brödbilarna från Pågens och Polar som möttes på halva vägen mellan Skåne och Norrbotten, båda för att transportera bröd till andra änden av landet, i skolans historieböcker. Barnen har svårt att tro att det är sant. Långväga transporter sker nu med järnväg eller högeffektiva segelfartyg. I butikerna finns övervägande lokalt och regionalt producerade varor. Detta gynnar ett levande och diversifierat näringsliv i hela landet.

Merparten av den tekniska utveckling som skedde under oljeeran har vi idag ingen glädje av. Under oljeeran var man i allmänhet blind för det energiunderstöd i kringssystemen som en viss teknik krävde. Det viktigaste tekniska bidraget från oljeeran till vår tid är Internet. Det har visat sig vara ett robust, effektivt och delvis självorganiserande system som hjälper till att knyta ihop världen, nu när flygresor blivit otänkbara.

Många lösningar från äldre tider har kommit tillbaka i ny tappning. Kalkskafferiet ingår t ex återigen som en självklar del i byggnormen. De höga råvarukostnaderna gör att gångna tiders flod av "slit och släng"-prylar är ett minne blott. En framgångsrik tillverkare satsar idag på livslängd, reparerbarhet, multifunktionalitet och att möjliggöra materialåtervinning. Detta leder till att prylfloden har minskat avsevärt, vilket de flesta upplever som en stor lättnad. Det är ovanligt med privatpersoner som äger en bil. Istället finns bilpooler, taxi och ett tätt nät av buss- och tågförbindelser. Detta gör att lanthandlar, skolor, brandvärn och kollektivtrafik återigen är en självklarhet på landsbygden.

När vi försöker leva oss in i hur det var att leva vid det förra sekelskiftet tycks det som om den stora tillgången på billig energi drog upp tempot på allt och människor fick bråttom med att leva. Idag är det helt annorlunda. Vi är nu mer orienterade mot att uppleva gemenskap och existentiella värden. Många människor kombinerar lönearbete på deltid med självförsörjning eller att ta hand om barn och gamla. På så sätt skapas en balans mellan fysiska, känslomässiga och intellektuella utmaningar så att vi håller oss friska och välmående långt upp i åren. Begreppet "utbrändhet" tillhör medicinalhistorien. Den naturliga motion som kommer genom att vi nu cyklar och går i stället för att åka bil, samt den förändring av dieten med en ökning av rotfrukter, mjölksyrade grönsaker och minskning av kött, fett och socker gör också att folkhälsan förbättrats avsevärt på hundra år. Troligtvis var det denna frivilliga omorientering av livsvärdena som var förutsättningen för att vi klarade omställningen till ett lågenergisamhälle så bra som vi gjorde.

Den gröna sektorn

Under 2030-talet blev det en anstormning till utbildningarna på Lantbruksuniversitetet i och med att efterfrågan på kunskaper om hållbar biologisk produktion vida översteg utbudet. Universitetet genomgick en kraftig omstrukturering för att ställa om forskning och undervisning efter de nya behoven.

Effektivisering inom jord- och skogsbruk blev under 2030-talet liktydigt med att bygga resilienta energisnåla system. Idag är 10% av befolkningen heltidssysselsatta inom jord- skogs- och trädgårdsbruk. Därtill kommer en mycket stor andel deltidssysselsatta och fritidsodlare, mellan vilka det är svårt att dra en skarp gräns. Räknar man in förädling av produkterna från jord och skog så är omkring 80% av befolkningen på något sätt inblandad i vad som tidigare kallades "den gröna sektorn", om än inte alla på heltid.

När användningen av handelsgödsel och kemiska bekämpningsmedel minskade kraftigt under 2030-talet innebar det till en början ett stort skördebortfall. Det var först när äldre sorter plockades fram ur genbanker och den nya förädlingsvågen givit resultat som skördarna började öka igen under mitten av 2040-talet. Man ska komma ihåg att förvånansvärt mycket möda hade lagts ner omkring det förra sekelskiftet på att förädla växter som krävde att bli omskötta som bebisar för att överhuvudtaget överleva (förutom att bebisar naturligtvis inte tål den kemikalieexponering som dåtidens jordbruksgrödor fick utstå). Idag är förädlingsarbetet istället inriktat på att ta fram friska och robusta växter som ger god skörd

även under magra och växlande förhållanden. För detta förädlingsarbete används de beprövade traditionella selektionsmetoderna som använts framgångsrikt i tusentals år.

Köttproduktionen har ställt om från installade spannmålsätande djur till betande grovfoderomvandlare vilket är mycket mer resurseffektivt. Eftersom bara mark som inte går att plöja används som bete har köttproduktionen totalt sett också minskat. Lin blev en stor gröda när priset på bomull steg i mitten på seklet till följd de nya reglerna för rättvis internationell handel. Men jordbrukets huvuduppgift är fortfarande att producera mat. Eftersom varje bruksenhet behöver egna stödarealer för att tillgodose behovet av driftsenergi och näring blir det inte någon mark kvar att i jordbruket producera energi för avsalu. De större gårdarna drivs fortfarande med traktorer. De mindre gårdarna har i allmänhet funnit att hästen är en effektiv dragare som visserligen också kräver sin försörjningsareal, men långt mindre än traktorn, när man beaktar hela livscykeln.

Genom att under 2010-talet successivt styra över jordbruksstödet från producenterna till de aktörer som ville bygga upp, återskapa eller bibehålla småskalig förädling och lokal distribution, gynnades även producenterna i förlängningen. Dessa kunde i allt högre grad få lokal avsättning för sina produkter till ett bättre pris än det världsmarknaden erbjöd. Allt efter som transportkostnaderna steg blev det förnuftiga i denna politik allt tydligare och subventionerna kunde minskas för att under 2050-talet helt plockas bort. Då hade vi i Sverige redan (för de rika länderna unika) väl fungerande lokala nätverk av producenter, förädlare och distributörer som försörjde konsumenterna med högkvalitativ mat från närområdet.

En annan avgörande och framsynt åtgärd under 2010-talet var de nya förordningarna för Lantmäteriet. Under hela 1900-talet hade det skett en stark koncentration av markägandet på svensk landsbygd. Denna ägarkoncentration var inte bara resultatet av de fria marknadskrafterna utan av en uttalad politisk ambition att koncentrera jord- och skogsbruksmark till vad som kallades "ekonomiskt bärkraftiga enheter" vilket systematiskt tolkades som "ju större desto bättre". Detta försvårade återbefolkningen av landsbygden. Det var i stort sett omöjligt att köpa en gård i storleken 0,5–20 ha med både jord och skog. När regeringen insåg situationens allvar ändrades reglerna radikalt. Alla lantmåteriförrättningar²⁵ som ledde till att fler människor kunde bo på landsbygden och bruka jorden där de bor, gjordes kostnadsfria. Under 2030-talet följdes denna åtgärd upp med en landsomfattande kampanj där stora markägare uppmuntrades att stycka och sälja alla tänkbara områden som skulle kunna fungera som separata bruksenheter.

Även skogsbruket ingår nu i den lokala ekonomin. Många av de mindre sågverk som stängde under 1900-talet togs åter i bruk under 2030-talet. Skogsbruket bedrivs i första hand med traktor (i jämn terräng) och häst (i kuperad terräng) vilket samtidigt leder till mindre markskador och mindre spill. Endast några stora skogsbolag använder fortfarande tyngre maskiner för skogsbruk.

Pappersproduktionen har fått minska avsevärt för att ge utrymme åt bioenergi, som nu utgör den viktigaste avsättningen för skogsråvaran. Uppvärmning sker med ved, flis och pellets. I viss utsträckning tillverkas också metanol och DME ur skogsråvaran, men genom en vidareutveckling av gengasmotorn används ved också direkt som drivmedel utan att först behöva genomgå den energikrävande omvandlingen till flytande bränsle. Dessutom används

²⁵ Försäljning, sammanslagning eller styckning av fastigheter.

trä numera för många funktioner där hårdplast tidigare användes: t.ex. hållbara förpackningar. Trä är också det vanligaste byggnadsmaterialet.

8. Analys

Antaganden

Ovan har vi skissat två visioner för år 2100. Vår avsikt var att skriva två visioner som skiljer sig främst i synen på teknik. För att kunna skriva texterna har vi lyssnat på hur företrädare för de olika synsätten resonerar. Vi kan nu konstatera att synen på teknik tycks ha återverkningar på vilka lösningar man föreslår inom snart sagt alla samhällsområden. Nedanstående tabell är ett försök att skapa överblick över de antaganden som finns invävda i texterna.

Högenergisamhälle	Lågenergisamhälle
Antaganden om natur och teknik Visionen förutsätter att: • oljan kommer att räcka länge än • det blir både lönsamt och miljömässigt acceptabelt att använda tjockoljor i stor skala • koldioxiduppfångning kan göra fossilbränsleanvändningen klimatneutral • kärnkraften kan vara en rimlig övergångslösning • tekniken för att driva fordon med vätgas framställd ur solenergi kommer att bli bärkraftig • gentekniken blir bärkraftig och riskfri • utnyttjandet av biobränslen kan växa kraftigt utan att hota naturvärdena • det kommer att bli bärkraftigt att i stor skala framställa flytande bränsle ur biomassa • det finns stor potential för högteknologisk energieffektivisering • det är möjligt att sluta kretsloppen även vid en väldigt hög omsättning av energi och materia	Antaganden om natur och teknik Visionen förutsätter att: • oljan snart toppar • utnyttjandet av tjockoljor innebär orimliga kostnader för miljön och ger ett oförsvarligt lågt energinetto • tekniken för koldioxiduppfångning är både osäker och energikrävande • kärnkraften är både riskfylld och ger ett dåligt energinetto när den ännu osäkra slutförvaringen räknas in • den högteknologiska sol/vätgastekniken för att driva fordon blir inte blir bärkraftig • det är säkrare och mer resurseffektivt med traditionell förädling genom urval än med genteknik • potentialen för att utnyttja biomassa utan att långsiktigt degradera ekosystemen är starkt begränsad • energinettot från framställning av flytande bränsle ur jordbruksgrödor kan vara nära noll när hela det understödjande systemet tas med i beräkningen • högteknologiska lösningar i allmänhet kräver energidyra understödjande system • ett småskaligt lågenergisamhälle är det enda miljömässigt hållbara på sikt

Antaganden om ekonomiska, politiska och institutionella förhållanden Visionen förutsätter att: • oljepriset endast kommer att stiga långsamt • energipriserna på sikt kan bli lägre än idag • vi får en klimatpolitik som blir tillräckligt effektiv för att klimatet ska räddas • klyftorna mellan länder kan slutas genom att fattiga länder ”kommer ikapp” • nyrika länder får en fungerande fördelningspolitik • vi kan förhindra att vinsterna från effektivisering äts upp av ökad konsumtion • Sverige kommer att fortsätta ha kontroll över de svenska skogarna "det gröna guld" • det är önskvärt eller nödvändigt med fortsatt stordrift och ägarkoncentration	Antaganden om ekonomiska, politiska och institutionella förhållanden Visionen förutsätter att: • energipriserna kommer att stiga rejält för att aldrig mer sjunka igen • vi genom att påbörja omställningen nu kan skapa ett lågenergisamhälle som kan möta människors behov och undvika ekologiska och sociala kollapser • vi får en frivillig omorientering till ickemateriella värderingar i kombination med insikten att vi inte <i>kan</i> fortsätta som hittills • de internationella institutionerna demokratiseras • vi får nya regelverk som gynnar rättvis internationell handel och ett ekonomiskt system som fungerar även utan ständig tillväxt • att kontrollen över resurserna blir mer lokal • att myndigheter uppmuntrar experiment och småskalighet
Natur- och människosyn Visionen förutsätter att • människan kan effektivisera naturen • det är möjligt och lättare att vidga naturens bärformåga genom ny teknik än att förändra det ekonomiska/politiska systemet	Natur- och människosyn Visionen förutsätter att • naturlagarna utgör icke-förhandlingsbara ramar som människan för sin långsiktiga överlevnad behöver förstå och respektera • ekonomiska/politiska system är skapade av människor och kan därför förändras

I listan av antaganden ovan återfinner vi två välbekanta perspektiv, två huvudfåror i debatten om energiförsörjning och hållbar utveckling. Ett mönster utkristalliserar sig där teknikoptimisterna ofta ser möjligheter att agera inom de grundläggande spelreglerna i det marknadsekonomiska systemet. Teknikskeptikerna däremot, ser det marknadsekonomiska systemet som problematiskt, och odlar istället optimism när det gäller möjligheten att skapa nya spelregler, nya förhållningssätt och ändrade värderingar.

Innan vi går vidare i analysen är det viktigt att påminna om att bilden naturligtvis är mycket mer komplex än vad de två tabellerna visar. Det är t.ex. inte alls ovanligt med människor som är djupt kritiska till det marknadsekonomiska systemet som ändå är teknikoptimister. Det förekommer också att teknikskeptiker menar att det rådande ekonomiska systemet är den enda möjliga världsordningen. Många kombinationsmöjligheter är möjliga och de flesta av oss

kanske ligger någonstans mitt emellan de två synsätten. Syftet med att renodla perspektiven är framför allt att vi ska kunna gå vidare i analysen och besvara nästa fråga.

Vad händer om antagandena som våra visioner bygger på visar sig vara felaktiga?

Vi människor har olika framtidsbilder och i dessa bilder flätar vi samman det vi håller för önskvärt med det vi håller för sannolikt. Inte sällan förutsätter vi utan vidare reflekterande att det vi tycker är önskvärt också är troligt. Att förutsätta att den önskade framtiden faktiskt kommer att inträffa är en grundläggande drivkraft för allt samhällsengagemang. Ändå är detta tankesprång problematiskt.

Vad händer om de antaganden som våra visioner bygger på visar sig vara felaktiga? Vad händer om den önskvärda framtiden bygger på falska premisser? Nedan gör vi ett försök att beskriva vad som kan bli följden om vi låter vision A vägleda policy och investeringar, och de antaganden som den visionen bygger på inte visar sig hålla. Därefter gör vi samma sak med vision B.

”Teknikoptimisterna har fel” (A-)

Antaganden om natur och teknik

Koldioxiduppsamling

Företrädare för högenergivisionen sätter stor tilltro till tekniken att fånga upp koldioxid. Detta antagande öppnar för världens länder att planera för ytterligare lång tid med fossila bränslen, till exempel syntetisk diesel ur stenkol och tjockolja. Visar sig tekniken för koldioxidinsamling inte hålla måttet är den troliga följden stora plötsliga läckage av koldioxid med irreversibla effekter för klimatet.

Det kan också bli så att koldioxiduppfångningen i och för sig fungerar tekniskt, men blir så kostsam att den drar upp priserna på fossila bränslen kraftigt. Då ökar också incitamenten att fuska med koldioxiduppsamlingen. Följderna för klimatet kan bli katastrofala eftersom kol och okonventionella oljors klimatpåverkan är högre än oljans.²⁶

Bioenergipotentialen

Om den hållbara potentialen för biobränslen visar sig vara överskattad kan jakten på biobränslen leda till rovdrift på ytor i hela världen vilket kan få oåterkalleliga följder för den biologiska mångfalden och den framtida produktionskapaciteten genom t.ex. tilltagande jordförstöring och växande problem med vattenförsörjningen. Ett möjligt scenario är att de rika länderna väljer att skydda sin egen natur och istället importerar biobränslen på bekostnad av människor och natur i Syd. Ett redan aktuellt exempel är den pågående svenska importen av etanol från brasilianska sockerrörsplantage.²⁷

²⁶Stenkolens klimatpåverkan är den dubbla jämfört med oljans. Med okonventionella oljor menas exempelvis tjärsand, oljeskiffer och metanhydrat. Uppskattningarna av nettoenergiutbytet för att framställa olja ur oljeskiffer är en tunna in, två tunnor ut, vilket bara det innebär ett trefaldigande av klimatpåverkan. Dessutom bildas gigantiska dagbrott där 95% av materialet blir tungmetallinnehållande avfall (Heinberg 2004, Bjørlykke 2005, Udall 2005).

²⁷Sockerplantagen i nordöstra Brasilien är gigantiska monokulturer som nu tränger undan de sista spillorna av atlantregnskog som före sockrets tid täckte hela regionen. Arbetsförhållandena på plantagen kritiserar av människorättsorganisationer. ”Om sockerrörsproducenterna skulle leva upp till brasilianska lagar – och europeisk standard – vad gäller miljöhänsyn och socialt ansvar så skulle priset stiga väsentligt” säger Charlotte Pruth från människorättsadvokat från brasilianska FIAN (Areskog och Strid 2005).

När det gäller skogen hamnar Sverige i en valsituation mellan att få exportinkomster för pappret och att ha tillgång till inhemskt bränsle. En annan följd av konkurrensen om skogsresursen skulle kunna vara att vi tvingas suboptimera genom att elda högkvalitativt sågtimmer. Slår de optimistiska antagandena om jordbruket fel kan vi komma i en situation där vi tvingas prioritera den kvarvarande dyra oljan som hjälpenergi till jordbruket för att alls få fram mat.

Sol/vätgastekniken

Det finns idag en mångfald av idéer kring hur vi i framtiden skulle kunna driva våra fordon på enbart solenergi. Några förutsätter vätgas som energibärare. Vätgasen skulle t.ex. kunna produceras genom att solljuset koncentreras så att det förmår att sönderdela vatten. Andra idéer bygger på eldrivna fordon där elen produceras i gigantiska solfångare i öknar, eller på månen (Hoffert et al 2002, Azar 2003). Särskilt effektiva kiselfria solceller skulle kunna fås med hjälp av nanoteknik. Nanotekniken som manipulerar strukturer på atomnivå är helt ny och det är ännu okänt hur nanopartiklar transporteras i kroppen och påverkar oss på cellnivå (Strid 2005).²⁸

I väntan på att någon av dessa tekniker ska slå igenom används i högenergivisionen kol och kärnkraft som ”övergångslösningar” medan sol/vätgastekniken förutspås slå igenom i stor skala först efter 2060 (Azar et al 2003). Teknikoptimisternas eget tidsperspektiv säger något om osäkerheten. Uteblir den förväntade teknikrevolutionen kanske vi har investerat de sista värdefulla oljereserverna i infrastruktur som visar sig vara oanvändbar (t.ex. ledningsnät för vätgas, storskaliga solcellsanläggningar, nya motorvägar och stadsplanlösningar som förutsätter massbilism), samtidigt som ”övergångslösningarna” har lett till ytterligare produktion av växthusgaser och kärnavfall. I värsta fall har vi under tiden även överutnyttjat skog och jord i förhoppning om att den billiga och rena energikällan snart är här och kan betala tillbaka ”lånen”. Sammanfattningsvis: uteblir den nya tekniken står vi i en situation med färre valmöjligheter än idag på grund av ytterligare eroderad ekologisk och social resiliens.

Genetiskt förbättrad fotosyntes

I högenergivisionen sätts stora förhoppningar till att vi med genteknikens hjälp ska kunna förbättra fotosyntesen och därmed avsevärt kunna höja avkastningen från jord och skog. Om dessa förhoppningar grusas har vi i bästa fall gjort felinvesteringar och byggt upp falska förhoppningar enligt ovan. I sämre fall har vi skapat helt nya miljökatastrofer, t.ex. artospecifika virus eller kraftigt ökad mutation genom diffust läckage av restriktionsenzymer till grundvattnet exempelvis från laboratoriernas avlopp.

Energinetto

Flera av de tekniker som förespråkas inom högenergivisionen vet vi att de fungerar rent tekniskt. Det vi däremot inte kan veta är om de alternativa energikällorna bär sina egna framställningskostnader den dag då understödet från oljan upphör. Kommer till exempel utvinning från tjärsand och oljeskiffer att ge något energinetto alls när vi inte längre har naturgas för själva utvinningen? Om ja, finns det fortfarande ett energinetto kvar för att bekosta koldioxiduppsamling, raffinering etc.? Om ja, finns det fortfarande resurser kvar för att omhänderta miljöproblemen på platsen? Om ja, hur mycket drivkraft finns det nu kvar för att driva samhällets aktiviteter? På liknande sätt skulle man kunna ställa frågor om

²⁸ <http://europa.eu.int/comm/health/>

energinettot för framställning av flytande bränsle ur biomassa, solpaneler för el i Sahara eller på Månen, vätgasframställning ur solenergi, osv. Tekniker som idag framstår som lovande kan i ett större systemperspektiv visa sig vara oförmögna att driva ett högenergisamhälle utan oljeunderstöd.

Antagandena om potentialen för högteknologisk energieffektivisering kan visa sig vara falska på motsvarande sätt. En dator drar inte mycket energi när man använder den. Men räknar vi med hela livscykeln inklusive energiåtgången för att tillverka, underhålla och vidareutveckla hård- och mjukvara samt omhänderta avfallet så tar datorn mycket resurser i anspråk. Avancerade styr-, regler- och kontrollsystem för energieffektivisering kan visa sig för energikrävande att upprätthålla om vi totalt sett har tillgång till mindre energi. Vi kan bli tvungna att se oss om efter systemlösningar som i mindre grad kräver högteknologiska kontroll- och reglerfunktioner.

Att sluta kretsloppen

Om antagandena angående energiteknik ovan håller och vi faktiskt lyckas skapa ett högenergisamhälle på de nya premisserna återstår uppgiften att sluta kretsloppen vid en omsättning av energi och materia som kanske är ännu högre än idag. Misslyckas vi med detta kan högenergisamhället medföra ödesdigra miljökonsekvenser. Eftersom energiframställning och energianvändning alltid är knuten till materialomvandling och varje materiaomvandling skapar restprodukter i fast, gas, eller flytande form så finns det ett starkt samband mellan energianvändning och miljöförstöring. Modern miljöteknik påverkar detta samband, men hittills bara på marginalen. Växthuseffekten är det tydligaste exemplet på detta.

Antaganden om ekonomiska, politiska och institutionella förhållanden

Oljepriset

I den teknikoptimistiska visionen antas priset på olja endast stiga långsamt. Om oljepriserna istället skulle skena iväg och världen står oförberedd, kan det globala finansiella systemet komma i svängning. Börskrascher i stil med 1929, hyperinflation, massarbetslöshet och förlorat förtroende för gemensamma institutioner är möjliga situationer. Sker detta kan vi förvänta oss följdverkningar i ekonomier över hela världen, kanske främst i industriländerna och i de länder som producerar för de rika ländernas marknader. Ett skenande pris på oljan ökar också risken för resurskrig. De stora oljekonsumerande länderna kan mycket väl välja att säkra sin oljetillförsel med militära medel. Även mellan de stora oljekonsumenterna kan resurskapplöpningen leda till upptrappade konflikter.

Då den svenska ekonomin är så sammanvävd med världsekonomin skulle en eventuell internationell ekonomisk kollaps att slå hårt mot Sverige med bl.a. massarbetslöshet och ett förtroendegap mellan folk och ledare som följd.

Vid en kraftig oljeprisstegring kan det temporärt bli brist på mat i Sverige. Jordbrukare kan tvingas i konkurs när maskinparker för mångmiljonbelopp inte längre betalar sig. Kedjan från jord till bord som idag bygger på många och långa transporter kan bli för dyr att upprätthålla. Ett högt oljepris kan komma att framtvunga en mer småskalig och lokal struktur inom livsmedelssektorn. En sådan omställning är dock tidskrävande och blir dyrare att genomföra ju längre stordrift och specialisering har hunnit drivas. Inte bara p.g.a. att fysiska anläggningar behöver bytas ut och omlokaliseras utan också för att den kunskap och de organisationer som behövs i ett småskaligt system kan ha hunnit gå förlorade.

Kontroll över resurserna

Det finns länder i Europa som skulle stå betydligt sämre rustade än Sverige om oljepriset skulle skena iväg. I en nödsituation är det inte otänkbart att de folkrika länderna i Centraleuropa skulle kunna genomdriva EU-krav på att skogsresursen (och därmed även Sveriges ”gröna guld”) ska ses som en europaangelägenhet. Det är inte heller säkert att vi i framtiden har kvar skog i offentlig ägo. Utländska energibolag är redan idag mycket intresserade av att köpa skog i Sverige.

Om förutsättningarna plötsligt förändras, t.ex. genom en ekonomisk kollaps förorsakad av ett skenande oljepris kan ägande komma att spela en allt viktigare roll, inte minst markägande. Den odlingsbara marken ägs idag av en mycket liten andel av befolkningen och ytterligare koncentration av ägandet pågår fortlöpande. Faller välfärdssamhället samman kan situationen i industriländerna komma att likna den som sedan lång tid tillbaka kännetecknat Latinamerika. I Brasilien är de jordlösas kamp för rätten till jorden den största massrörelsen.²⁹

Solidaritet

Högenergivisionen klarar sitt solidaritetsmål genom antagandet att en växande kaka så småningom gynnar alla. Till detta antagande är det svårt att ställa frågan ”vad händer om det visar sig vara fel?”, eftersom åsikterna går isär redan när det gäller historiska data. Optimisterna brukar framhålla att andelen av världsbefolkningen som ligger under fattigdomsgränsen har minskat medan skeptikerna betonar att skillnaden mellan fattig och rik har ökat under de senaste trettio åren. Båda har rätt.³⁰ Vi måste här istället fråga oss vad vi menar med solidaritet och rättvis fördelning.

Om teknikoptimisterna får rätt i att kakan fortsätter att växa men klyftan mellan fattiga och rika samtidigt fortsätter att vidgas kommer allt mer resurser åtgå till att skydda gynnade från missgynnade (från säkerhetssystem för privatbostäder till militär utrustning mellan länder). Troliga följder är en kraftig ökning av fenomen som systematiskt avvisande av flyktingar, människohandel, våldsbrott, kravaller, terrorism, etc.

Om de högteknologiska lösningarna istället uteblir kanske vägen till ett fossilbränslefritt Sverige går via storskalig säsongsanställning av billig muskelkraft i jord- och skogsbruk, från våra grannländer i Öst.

Klimatpolitik

Ett nyckelantagande i högenergivisionen är en effektiv klimatpolitik, dvs en klimatpolitik som driver på struktur- och livsstilsförändringar och därigenom verkligen minskar riskerna för oacceptabla klimateffekter. Med en för svag klimatpolitik blir incitamentet för den önskade teknikutveckling för litet. Det kan då dröja ytterligare hundra år innan allvarliga försök görs att bygga solbilen.

²⁹ <http://www.mstbrazil.org/>

³⁰ År 1970 levde 1,4 miljarder människor under fattigdomsgränsen (1 dollar per dag). Dessa utgjorde då 38% av världsbefolkningen. År 1980 levde lika många människor i fattigdom men utgjorde nu tack vare befolkningstillväxten 26% av befolkningen. År 2000 har antalet människor under fattigdomsgränsen minskat till en miljard och andelen till 19%. Dessa siffror brukar framhållas av marknadsoptimisterna. Marknadsskeptikerna grundar sig på samma statistikall källa men framhåller att gapet mellan den rikaste och den fattigaste femtedelen av jordens befolkning mer än fördubblats på femtio år. År 1998 stod den rikaste femtedelen av befolkningen för 86% av den privata konsumtionen medan den fattigaste femtedelen stod för 1,3%. Det innebär en relation mellan rik och fattig på 66/1. År 1960 var motsvarande siffra 30/1. Exempelvis konsumerade det genomsnittliga afrikanska hushållet år 1998 20% mindre än 25 år tidigare, medan världens 225 rikaste personers egendomar år 1998 motsvarade halva världsbefolkningens årliga inkomst. Samtidigt har antalet människor under fattigdomsstrecket i industriländerna ökat (UNDP Human Development Report 1992, 1998 och <http://www.gapminder.org/>).

Vid en svag klimatpolitik blir användningen av okonventionella oljor och kol omöjlig att hejda, med en galopperande klimatdestabilisering som följd och vi får räkna med en explosionsartad ökning av antalet miljöflyktingar som kräver en fristad i de länder där det fortfarande går att leva.

Följderna för Sverige är svåra att förutse. Ett scenario är arktiskt klimat till följd av en förändrad Golfström. Ett annat scenario är en gradvis förskjutning av odlingszonerna norrut. Ett tredje utfall kan vara en allmän oförutsägbarhet med ökad frekvens av extrema stormstyrkor, temperaturer och nederbörds mängder. Sverige kan bli ett land som måste ta emot miljöflyktingar, eller land från vilket vi kan komma att behöva fly.

Ett förändrat klimat kan komma att underminera skogsbruket genom större och mer frekventa orkaner, torkperioder och insektsangrepp, i kombination med att befintliga trädslag plötsligt befinner sig i ”fel” klimatzon. Ett försvagat skogsbruk gör oss än mer beroende av fossila bränslen, vilket i sin tur förvärrar problemen.

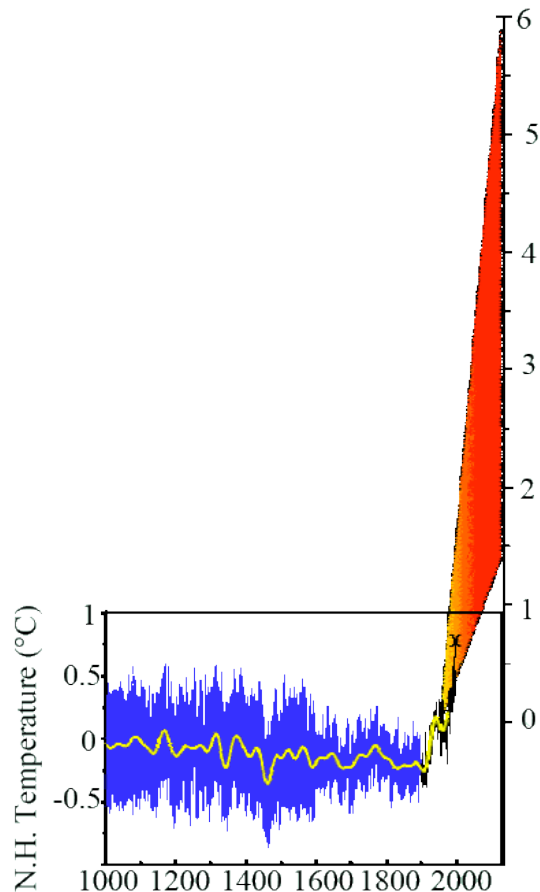
Effektivisering

Högenergivisionen förutsätter att vi på teknisk väg kan effektivisera och därmed minska vår energianvändning för att på så sätt skapa ett resursutrymme för fattiga länder att höja sin energikonsumtion. Hittills har energieffektiviseringens vinster ätits upp av ökad konsumtion i de rika länderna. Vilka mekanismer kan förhindra detta att ske i framtiden?

Människans förmåga att kontrollera ekologiska förlopp

Högenergivisionen sätter stor tilltro till människans förmåga att förutsäga och kontrollera ekologiska förlopp och skapar därför inte utrymme för ekologiska överraskningar. Om växthuseffektens självförstärkande mekanismer skulle komma i rullning kan medeltemperaturen på jorden komma att stiga med 6 grader istället för med de 1-2 grader som man idag räknar med. Detta skulle leda till att hela länder försvinner under havet, bl.a. öarna i Stilla Havet, Bangladesh och Nederländerna. Kanske behöver en miljard människor fly från drabbade kustområden runtom i världen.

Effekterna av en okontrollerad klimatförändring skulle få oförutsebara följdverkningar inom hela det komplex som brukar kallas ”global change”, vilket förutom direkta klimatförändringar innefattar de redan kända och växande problemen med vattenbrist, översvämningar, förändrade havsströmmar, accelererad ökenspridning, ökad spridning av sjukdomar, vikande produktion i havsekosystemen, förlust av biologisk mångfald, ökning av onaturliga naturkatastrofer, skogsdöd, osv. Dessa effekter kan i sin tur verka självförstärkande på växthuseffekten.



En uppskattning av växthuseffektens självförstärkande mekanismer (climate sensitivity) förändrar bilden av den pågående klimatförändringen radikalt i ett hundra års perspektiv. Bilden visar möjliga följder av en fördubblad koldioxidkoncentration jämfört med förindustriell nivå (560ppm). Ett exempel på självförstärkande mekanismer är skogsdöd till följd av uppvärmningen. Källa: Will Steffens, Chief Scientist, IGBP (The International Geosphere-Biosphere Programme) (Steffen 2005).

”Teknikskeptikerna har fel” (B-)

Antaganden om teknik och natur

Generellt

Lågenergivisionen bygger på antagandet om att det kommer att bli omöjligt att behålla dagens konsumtionsnivå utan olja. Ett argument för detta är att oljan vida överträffar alla kända energialternativ i drivförmåga (Odum 1996).

En ”teknikskeptiker” är inte teknikfientlig. Även i ett lågenergisamhälle behövs det teknik, men teknik av ett annat slag än den vi utvecklar i dag, menar teknikskeptikern.

Medan ”teknikoptimisten” beskriver historien som en serie av tekniska revolutioner som har lett till ökat materiellt välstånd, menar ”teknikskeptikern” att ny teknik inte skapat något i sig själv, utan bara har gjort det möjligt för människan att tillägna sig allt mer av de befintliga naturresurserna. (Det är inte förbränningsmotorn som driver samhället utan den olja som vi med hjälp av förbränningsmotorn kan nyttja). På grund av denna grundläggande skillnad i perspektiv ser teknikskeptikerna ett starkare samband mellan ekonomisk tillväxt, energiförbrukning och miljöförstöring än vad teknikoptimisterna gör.

Teknikskeptikerna betonar att olika rationaliteter råder i en situation med rik tillgång till högkvalitativa energikällor (så som det moderna industrisamhället), jämfört med samhällen som bygger på glesare energikällor (förindustriella samhällen och framtidens lågenergisamhällen). I ett samhälle med rik tillgång till energi är det rationellt att utveckla högteknologiska lösningar. De högteknologiska lösningarna kräver i allmänhet ett omfattande understödande system i form av indirekta energiinsatser, men denna kostnad kompenseras av den bekvämlighet och precision som dessa teknologier medför i toppen av energipyramiden. Att minimera mänskligt arbete (och att styra över mänskligt arbete från att hantera materia till att hantera information) är rationellt enligt detta synsätt eftersom arbete är den produktionsfaktor som kostar mest både i pengar och i energi. Inom emergianalysen förklaras den höga kostnaden för mänskligt arbete med den höga konsumtionsnivån.

I ett lågenergisamhälle däremot blir de högteknologiska lösningarna för energikrävande att upprätthålla och det blir mer rationellt med enkla, robusta och småskaliga tekniska lösningar som kräver mer direkta mänskliga insatser. Teknikskeptikerna föreställer sig teknikutvecklingen för det framtida lågenergisamhället som en fundamentalt ny inriktning som kombinerar det kunnande om grundläggande principer som vi utvecklat under oljeerans högenergisamhälle med tekniskt kunnande från förindustriella samhällen.

Med utgångspunkt i ett renodlat teknikskeptiskt perspektiv skulle man kunna förespråka en övergång till kol och kärnkraft som ersättning till oljan, eftersom dessa energikällor är mer kraftfulla än de förnyelsebara alternativen och därmed skulle ge oss ett större konsumtionsutrymme. Detta skulle dock inte möta de villkor som vi inledningsvis sagt skulle gälla båda visionerna, angående ansvarstagande för miljön och klimatet, eftersom det ur ett teknikskeptiskt perspektiv saknas realistiska tekniska lösningar för att undvika de miljöeffekter som kol och kärnkraft medför.

Slutsatsen av den teknikskeptiska hållningen är därför att vi gör bäst i att så snart som möjligt anpassa oss till en långsiktigt hållbar konsumtionsnivå, innan de ekosystem som är de enda som på sikt kan bära oss, är degraderade.

Världen

Om vi genomför omställningen till ett lågenergisamhälle nu i global skala, men antagandena om natur och teknik visar sig vara falska har vi hämmat teknikutvecklingen och att utsatt oss för onödig återhållsamhet.

Skulle antagandena om energitillgången vara falska, men den skeptiska hållningen till att de storskaliga miljöproblemen kan lösas på teknisk väg ändå ha fog för sig, har vi genom att förbereda ett lågenergisamhälle skapat marginaler i förhållande till de storskaliga miljöhoten. Dessutom har vi mer resurser kvar i marken för framtida användning än vad vi annars skulle ha haft.

Sverige

Om ett enskilt land ensamt skulle välja lågenergivisionen och premisserna visar sig falska skulle det landet "hamna på efterkälken" och kanske förvandlas till ett land som servar turister. Man kan fantisera om kinesiska ekoturister som anländer i Stockholm häpnar de över hur billigt allting är och fascineras över vårt enkla ekologiska leverne.

Skulle antagandena om energitillgång vara falska, men den teknikskeptiska hållningen till miljöproblemen ha fog för sig, har detta land dragit sitt strå till stacken för att skapa marginaler mot ekologiska kollapser. Kanske kan en sådan omställning också ge marknadsmässiga fördelar på sikt.

Gröna sektorn

För den gröna sektorns del skulle det kunna leda till förlorade marknadsandelar om samhället idag underskattade potentialen hos biobränsle som ersättning för olja.

Antaganden om ekonomiska, politiska och institutionella förhållanden

Omorientering och nya spelregler

Lågenergivisionen förutsätter en genomgripande samhällsomdaning som är svår att föreställa sig hur den skulle kunna gå till.

Visionen förutsätter att initiativet till den nya världsordningen kommer från de rika länderna och att det snabbt utvecklas en internationell konsensus om nödvändigheten att dra ned energiförbrukningen. För att omställningen ska kunna ske under ordnade former skulle den behöva påbörjas innan priserna tvingar oss därtill och vi fortfarande ha kvar något av oljans drivkraft för att bekosta själva omställningen. Förändringen initieras genom en kombination av frivillig omorientering av grundläggande värderingar och föreställningen att vi inte *kan* fortsätta som hittills.

Tillräckligt många människor i de rika länderna antas alltså inse att en omställning är *nödvändig*. Detta antagande är problematiskt på två sätt. Dels ska känslan av nödvändighet infinna sig *innan* priserna signalerar detta. I annat fall hotar kollapser liknande A-. För det andra ska känslan av nödvändighet infinna sig hos befolkningen i de rika länderna trots att miljö- och sociala kostnader i vår globaliserade ekonomi i hög utsträckning externaliseras till tredje världen.

Visionen antar att detta krismedvetande kombineras med en *frivillig omorientering* av livsvärdena till förmån för en materiellt sett enklare, men en mänskligt sett mer innehållsrik, livsstil. I försäljningsstatistik över böcker, kurser och tidskrifter som handlar om andlig utveckling skulle man mycket väl kunna få stöd för att en omorientering är på gång. Men om vi i denna trend sorterar ut de böcker, kurser och tidskrifter som också pläderar för sänkt materiell standard, blir det endast en liten bäck kvar av en älv. I denna bäck finns det i sin tur endast en liten rännil av människor som är beredda att leva som de lär.³¹ För att en samhällsförändring ska komma till stånd är det inte nödvändigt att majoriteten ändrar åsikt, men frågan är hur mycket denna trend skulle behöva växa för att få ett så starkt genomslag att samhället kan bereda vägen för lågenergivisionen.

³¹ Ett av de bästa svenska exemplen på svenska mötesplatser för människor som frivilligt omorienterar sina livsvärden i riktning mot lågenergivisionen och dessutom är beredda att leva som de lär är www.alternativ.nu. Sidan har 345 000 besökare per månad. Papperstidningen går ut i en upplaga på 4 500 exemplar (enligt artikeln "Ett liv med samlade krafter" i Göteborgsposten 18 januari 2006).

Det finns många hinder på vägen. Exempelvis satsas idag 25 000 kr per svenskt hushåll på reklam, det vill säga på att sprida budskapet att vi skulle kunna bli lyckligare om vi konsumerade mer. I TV, tidningar, skolor och universitet nås vi av dubbla budskap. Samtidigt som problemen då och då målas upp i skrämmande format fortsätter vardagen sin gilla gång med det underförstådda budskapet att situationen i stort sett är under kontroll och vi odlar mentala strukturer som placerar både problemen och deras lösningar utanför oss själva.

Om en värderingsförskjutning trots dessa hinder skulle äga rum måste den i något skede fångas upp av det politiska systemet för att strukturella förändringar ska komma till stand. Det behövs nya regelverk och nya ekonomiska styrmedel som visar vägen till lågenergisamhället. Även detta steg är ytterst problematiskt. Det program vi här talar om är inte precis lätt att göra politisk karriär på.

Solidaritet

Visionen innehåller en dubbel utmaning för de rika länderna: dels behöver vi dra ner på konsumtionen för att anpassa oss till de glesare förnyelsebara energikällorna och dels behöver vi dra ner för att möjliggöra en rättvis fördelning. Utan solidaritetsdimension kan fossilbränslefrihet i de rika länderna komma att ske på bekostnad av människor och natur i fattiga länder så som redan beskrivits under A-.

En sätt att åstadkomma en rättvis fördelning skulle kunna vara införandet av en motsvarighet till det progressiva skattesystemet på internationell nivå. Det finns förslag på att individuella utsläppsrätter skulle kunna utformas så att de fungerar inkomstutjämnande och samtidigt sporrar till klimatförbättringar.³² Denna slags reformer, hur genialt de än är formulerade, blir inte lätta att få gehör för. Svårigheten ligger dels i att få folklig acceptans i de rika länderna för sådana förslag, dels att sådana förslag överhuvudtaget skulle komma upp på de politiska dagordningarna eftersom det är de inflytelserika länderna och de inflytelserika personerna som har mest att förlora.

Om världens stater trots dessa svårigheter skulle kunna enas om ett system för utjämning av rikedomar återstår ett annat problem. Av världens 100 största ekonomier är numera en minoritet stater, medan en majoritet är transnationella företag. Dessa företag är troligtvis de som har allra mest att förlora på en ny världsordning där rättvisa och resursbevarande står högst på dagordningen. Dessa företag kontrollerar idag inte bara stora flöden av pengar och naturresurser. De är också viktiga aktörer när det gäller informationsflödet, vilket gör att de har utomordentligt goda förutsättningar att påverka såväl politik som enskilda individer i en för dem önskvärd riktning.

Ekonomisk tillväxt

I lågenergivisionen förutsätts det ekonomiska systemet kunna omvandlas till ett system som inte kräver ständig tillväxt. Förväntan om tillväxt är själva livsnerven för det marknadsekonomiska systemet och räntan utgör en av drivkrafterna bakom tillväxten. I liten skala finns fungerande räntefri kreditgivning.³³ Om alla kreditinstitut anammade denna princip skulle kravet på kapitalavkastning minska och därmed också trycket på naturresurserna. Befintliga kreditinstitut har dock inget intresse av denna låneform eftersom det skulle minska deras möjligheter att själva ackumulera kapital. Det är svårt att se hur

³² se t.ex. www.feasta.org och artikel i tidningen Grus nr1 2006: "Nu kan även privatpersoner köpa utsläppsrätter".

³³ Den räntefria svenska medlemsbanken JAK har fungerat i 40 år och har idag 30 000 medlemmar som sparar (lånar ut) och lånar av varandra utan ränta.

lågenergivisionens antagande om att vi får ett ekonomiskt system som fungerar även utan ständig tillväxt ska kunna förverkligas genom en mjuk övergång. Ett alternativ är att det nuvarande finansiella systemet först kollapsar och att sedan nya medlemsägda räntefria kreditinstitut växer fram. Det är dock lång väg därifrån till att hela det globala ekonomiska systemet skulle styras av principen om räntefrihet.

Kontroll över resurserna

I lågenergivisionen finns en inbyggd paradox: Trots att slutmålet är ökad lokal kontroll över resurserna och vitaliserade lokala ekonomier förespråkas stärkta överstatliga organ för att kunna åstadkomma den önskade omställningen. Tanken är att de överstatliga organen ska organisera själva omställningen och sedan avveckla sig själva när de blir för kostbara att upprätthålla i takt med att energipriserna stiger. Skulle detta inte ske men allt annat lyckas, har vi kanske skapat en global megastat som ogärna ger tillbaka makten till lokalplanet.

Sammantaget står det många hinder och frågetecken på vägen till ett förverkligande av lågenergivisionen. Den är definitivt inte någonting som kommer av sig självt. Även om vi skulle ha mycket starka belägg för att de teknikskeptiska antagandena stämmer, skulle det vara ytterst svårt att vända dagens utveckling till ett lågenergisamhälle på det smärfria sätt som beskrevs i visionen. Det är därför ytterst osannolikt att vi skulle hamna där "av misstag".

9. Författarnas slutsatser

Som den uppmärksamme läsaren redan har lagt märke till fick svaren på frågan "Vad händer om antagandena visar sig felaktiga?" för vision A respektive vision B, väldigt olika karaktär. Vi som författare blev till en början själva konfunderade över att det visade sig vara svårt att skriva analysen på det symmetriska sätt som vi föresatt oss. Vi lämnar till läsaren att bedöma om assymetrin i analysen beror på en slagsida hos oss som författare, eller om den i själva verket visar oss något intressant som har med frågans och visionernas natur att göra.

Som vi ser det har båda visioner sina svaga punkter, men svagheter har helt olika karaktär.

Svagheten hos den teknikoptimistiska visionen är att den grundar sin optimistiska framtidsbild på ännu inte gjorda tekniska framsteg. Dessa förväntas inte bara att lösa eventuell brist på energi, utan också hjälpa oss ur fattigdomsproblemet³⁴, växthusproblemet och den allmänna överbelastningen av ekosystemen, samt undanröja krigsriskerna.

Med tanke på att (1) de avgörande tekniska genombrotten är mycket osäkra (vilket framgår av att teknikoptimisterna själva förlägger det verkliga genombrottet 50–60 år framåt i tiden), att (2) mer eller mindre riskabla "övergångslösningar" föreslås i väntan på de stora genombrotten och att (3) följderna, om dessa tekniska framsteg uteblir, av allt att döma blir katastrofala, innebär en politik som har denna vision som ledstjärna ett storskaligt högriskexperiment där hela planetens framtid sätts på spel.

Lågenergivisionen kan förvisso också ha fel i sina antaganden om natur och teknik. Men detta är inte det stora problemet med denna vision som överlag minimerar ekologiska och sociala risker. Svagheten hos denna vision är istället att det är oerhört svårt att föreställa sig hur den alls skulle kunna förverkligas. Hur bygger vi den sociala resiliens som förutsätts i

³⁴ Vi har i denna rapport hittills inte alls behandlat befolkningsproblematiken. Men eftersom ekonomiska förbättringar historiskt har lett till färre födselar i industriländerna så skulle befolkningsproblemet enligt denna vision också få en lösning.

visionen? När vet vi tillräckligt mycket för att vi ska vilja och kunna ta svåra och obekväma beslut? Är en mjuk omställning fortfarande möjlig eller handlar det om att dämpa effekten av kommande sociala och ekologiska kollapser?

Medvetenheten om den förestående oljeknappheten växer nu snabbt i de länder som är stora oljekonsumenterna.³⁵ Om bristen på energi var det enda strukturella problem som mänskligheten stod inför skulle lösningarna kanske inte vara så svåra att hitta. Men till detta nu uppseglande problem måste läggas de redan kända: växande klyftor mellan rik och fattig, befolkningstillväxt, storskalig miljöförstöring (destabiliserat klimat, jordförstöring, vattenbrist, förlorad biologisk mångfald, kraftigt degraderade marina ekosystem, m.m. – vilket sammantaget innebär förlorad potential för förnyelsebar produktion) och hotande resurskrig.

Det mest avgörande vägvalet för hur det blir att leva på den här jorden under det kommande seklet är troligtvis om vi nu är beredda att hitta lösningar för energifrågan som ger positiva synergieffekter för övriga ödesfrågor som mänskligheten står inför, eller om vi väljer att se energiförsörjningen som ett isolerat problem och därför går in på ”lösningar” som sker på bekostnad av miljön, människor i andra länder och/eller världsfreden.

³⁵ Chevron-Texaco, ett av världens största oljebolag, har nyligen gått ut med en jättelik kampanj till den amerikanska allmänheten med texterna: ”Det tog 125 år att förbruka de första tusen miljarderna fat olja. Det kommer att ta 30 år att förbruka de andra.”, ”Världen konsumerar två fat olja för varje nytt fat som hittas – Är detta något som borde oroa dig?”, ”Mer än hälften av världens olja ligger i fem länder.” (<http://www.willyoujoinus.com>)

Om författarna

Hillevi Helmfrid är agronom och fristående konsult. Hon driver företaget Hållbar utveckling – Process & Perspektiv www.hillevihelmfrid.com

Andrew Haden är doktorand vid Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för stad och land och specialiserad inom energi och hållbar utveckling. Han nås på achaden@yahoo.com

Referenser

- Aleklett, K., and C. J. Campbell. 2003. The peak and decline of world oil and gas production. *Minerals & Energy* **18**:5-20.
- Areskog, M., P. Strid, 2005. Tveksam etanolimport, Miljöaktuellt, Tema:Miljöbilar, nr 4.
- ASPO. 2002. Statistical Review. www.peakoil.net/ASPOstatrew/ASPO-Stat-Rev-Tables.xls.
in. Association for the Study of Peak Oil and Gas.
- ASPO. 2005. Oil and Gas Liquids, 2004 Scenario. in C. J. Campbell, editor. ASPO Newsletter, No.55. www.peakoil.ie.
- Azar, C. 2003. Oljan - finns det för mycket eller för lite? Energi och politik.
- Azar, C., K. Lindgren, and B. A. Andersson. 2003. Global energy scenarios meeting stringent CO2 constraints--cost-effective fuel choices in the transportation sector. *Energy Policy* **31**:961.
- Bargigli, S., M. Raugei, and S. Ulgiati. 2004. Comparison of thermodynamic and environmental indexes of natural gas, syngas and hydrogen production processes. *Energy* **29**:2145.
- Bentley, R. W. 2002. Global oil & gas depletion: an overview. *Energy Policy* **30**:189.
- Berg, S., and E.-L. Lindholm. 2005. Energy use and environmental impacts of forest operations in Sweden. *Journal of Cleaner Production* **13**:33.
- Berndes, G., C. Azar, T. Kaberger, and D. Abrahamson. 2001. The feasibility of large-scale lignocellulose-based bioenergy production. *Biomass and Bioenergy* **20**:371.
- Bernesson, S., D. Nilsson, and P.-A. Hansson. 2004. A limited LCA comparing large- and small-scale production of rape methyl ester (RME) under Swedish conditions. *Biomass and Bioenergy* **26**:545.
- Bernesson, S., D. Nilsson, and P.-A. Hansson. In Press. A limited LCA comparing large- and small-scale production of ethanol for heavy engines under Swedish conditions. *Biomass and Bioenergy* **In Press, Corrected Proof**.
- Björklund, J. 2000. Emergy analysis to assess ecological sustainability: strengths and weaknesses. Swedish Univ. of Agricultural Sciences, Uppsala.
- Bjørlykke, K. 2005. Geological aspects on oil and gas supply. in Running out of oil - Scientific perspectives on fossil fuels.
- Börjesson, L., M. Höjer, K.-H. Dreborg, T. Ekvall, G. Finnveden, 2005, Towards a user's guide to scenarios – a report on scenario types and scenario techniques. www.infra.kth.se/fms
- Brown, M. T., and S. Ulgiati. 2002. Emergy evaluations and environmental loading of electricity production systems. *Journal of Cleaner Production* **10**:321.
- Brown, M. T., and S. Ulgiati. 2004. Energy quality, emergy, and transformity: H.T. Odum's contributions to quantifying and understanding systems. *Ecological Modelling* **178**:201.
- Brzezinski, Z. 1997. The grand chessboard: American primacy and its geostrategic imperatives, 1st edition. BasicBooks, New York.
- Campbell, C. J. 1997. The coming oil crisis. Multi-Science Pub. Co. & Petroconsultants,

- Brentwood, Essex, England.
- Campbell, C. J., and J. H. Laherrere. 1998. The end of cheap oil. *Scientific American* **March**:60-65.
- Cederberg, C., and B. Mattsson. 2000. Life cycle assessment of milk production -- a comparison of conventional and organic farming. *Journal of Cleaner Production* **8**:49.
- Clark, W. 2005. Petrodollar Warfare: Dollars, Euros and Upcoming Iranian Oil Bourse. Media Monitors Network.
- Cleveland, C. J. 1995a. The direct and indirect use of fossil fuels and electricity in USA agriculture, 1910-1990. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **55**:111.
- Cleveland, C. J. 1995b. Resource degradation, technical change, and the productivity of energy use in U.S. agriculture. *Ecological Economics* **13**:185.
- Cleveland, C. J. 2005. Net energy from the extraction of oil and gas in the United States. *Energy* **30**:769.
- Cleveland, C. J., R. K. Kaufmann, and D. I. Stern. 2000. Aggregation and the role of energy in the economy. *Ecological Economics* **32**:301.
- Dalgaard, T., N. Halberg, and J. R. Porter. 2001. A model for fossil energy use in Danish agriculture used to compare organic and conventional farming. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **87**:51.
- Deffeyes, K. S. 2001. Hubbert's peak: the impending world oil shortage. Princeton University Press, Princeton, N.J.
- Deffeyes, K. S. 2005. Beyond oil: the view from Hubbert's Peak, 1st edition. Hill and Wang, New York.
- Doherty, S. J., P. O. Nilsson, and H. T. Odum. 2002. Emergy evaluation of forest production and industries in Sweden. SLU, Inst. för bioenergi, Uppsala.
- EERE. 2005. Properties of Fuels. US DOE Energy Efficiency and Renewable Energy.
- EIA. 2004a. Annual Energy Review. DOE/EIA-0384(2004).
- EIA. 2004b. World Energy Use and Carbon Dioxide Emissions, 1980-2001. <http://www.eia.doe.gov/emeu/cabs/carbonemiss/index.html>, US DOE Energy Information Administration.
- EIA. 2005. International Energy Outlook 2005. Report #:DOE/EIA-0484(2005), United States Department of Energy: Energy Information Agency.
- Energimyndigheten. 2004. www.stem.se
- Energimyndigheten. 2005. Tar oljan slut?
- Erlandsson, M. 2005. Konjunkturinstitutet, telefonsamtal. in.
- Fluck, R. C., editor. 1992. Energy in Farm Production. Elsevier, Amsterdam.
- Granstedt, A., O. Thomsson, and T. Schneider. 2006. Environmental Impacts of Eco-Local Food Systems - final report from BERAS Work Package 2, Centrum för uthålligt lantbruk, SLU.
- Günther, F. 2000. Vulnerability in agriculture: Energy use, Structure and Energy Futures. Paper presented at the INES conference, KTH, Stockholm, June 15, 2000.
- Hall, C. A. S., C. J. Cleveland, and R. Kaufmann. 1986. Energy and resource quality: the ecology of the economic process. Wiley, New York.
- Hall, C., P. Tharakan, J. Hallok, C. C., and M. Jefferson. 2003. Hydrocarbons and the evolution of human culture. *Nature* **426**.
- Hamelinck, C. N., G. v. Hooijdonk, and A. P. C. Faaij. 2005. Ethanol from lignocellulosic biomass: techno-economic performance in short-, middle- and long-term. *Biomass and Bioenergy* **28**:384.
- Hansen, B., H. F. Alroe, and E. S. Kristensen. 2001. Approaches to assess the environmental impact of organic farming with particular regard to Denmark. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **83**:11.
- Heinberg, R. 2003. The party's over: oil, war and the fate of industrial societies. New Society Publishers, Gabriola, B.C.

- Heinberg, R. 2004. Powerdown: options and actions for a post-carbon world. New Society Publishers, Gabriola Island, BC.
- Heppenstall, A. 2005. C.E.O. of Lundin Petroleum, intervjuad av Global Public Media i Grand Hotel, Stockholm. <http://www.globalpublicmedia.com/interviews/475>. in.
- Hoffert et al., 2002. Advanced Technology Paths to Global climate Stability: Energy for a Greenhouse Planet. *Science* **298**: 981-987.
- Hornborg, A., 2001. The power of the machine. Global inequalities of economy, technology and environment. Altamira Press.
- Johansson, S. 2005. The Swedish foodprint: an agroecological study of food consumption. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae* 2005:56. Dept. of Ecology and Crop Production Science Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala.
- Klare, M. T. 2001. Resource wars: the new landscape of global conflict, 1st edition. Metropolitan Books, New York.
- Klare, M. T. 2004. Blood and oil: the dangers and consequences of America's growing petroleum dependency, 1st edition. Metropolitan Books, New York.
- Lindstedt, G. 2005. Olja. Jakten på det svarta guldets när världens oljekällor sinar. Bokförlaget DN.
- Lindstedt, G. 2006. Hotet mot USA. Recension av boken Petrodollar warfare – Oil Iraq and the Future of the Dollar av W. R. Clarc. *Veckans Affärer*, 30 januari 2006.
- Liu, C. K. H. 2002. US Dollar hegemony has got to go. Asia Times Online Co, Ltd.
- Meling, L. M. 2005. Filling the gap. in Running out of oil - Scientific perspectives on fossil fuels, Kungliga Vetenskapsakademin i Stockholm.
- Mudeva, A. 2005. Fuel Use Spreads Vegoil too Thin for Margarine Firms. <http://www.planetark.org/dailynewsstory.cfm/newsid/33099/story.htm>. in.
- Murray, J., 2005. The Global Energy Perspective: reflections of the World Energy Council. http://www.iva.se/upload/Verksamhet/Projekt/Energiframsyn/Jan_StockholmMar05.doc
- Nordin, T.-S. P. 2005. paneldebatt på, Kungliga Vetenskapsakademin i Stockholm konferens, Running out of oil - Scientific perspectives on fossil fuels. in, Stockholm.
- Odum, H. T. 1970. Environment, power, and society. Wiley-Interscience, New York.
- Odum, H. T. 1996. Environmental accounting: EMERGY and environmental decision making. Wiley, New York.
- Pimentel, D. 1996. Green revolution agriculture and chemical hazards. *The Science of The Total Environment* **188**:S86.
- Pimentel, D., and T. W. Patzek. 2005. Ethanol Production Using Corn, Switchgrass, and Wood; Biodiesel Production Using Soybean and Sunflower. *Natural Resources Research* **14**:65.
- Pochettino, N. 2005. World Oil Demand: Key Trends and Uncertainties. in National Academies Workshop on oil supply, demand and peaking in production., Washington, D.C.
- Radetzki, M. 2005. Priset på olja halverat 2010. in Dagen Nyheter.
- Raskin et al 2002. The Great Transition, The Promise and Lure of the Times Ahead, Stockholm Environment Institute.
- Refsgaard, K., N. Halberg, and E. S. Kristensen. 1998. Energy utilization in crop and dairy production in organic and conventional livestock production systems. *Agricultural Systems* **57**:599.
- Rogner, H.-H. 1997. AN ASSESSMENT OF WORLD HYDROCARBON RESOURCES. *Annual Review of Energy and the Environment* **22**:217-262.
- Rydberg, T., and J. Jansen. 2002. Comparison of horse and tractor traction using emergy analysis. *Ecological Engineering* **19**:13.
- Simmons, M. R. 2002. The World's Giant Oil Fields: How many exist? How much do they produce? How fast are they declining? HUBBERT CENTER NEWSLETTER.
- Simmons, M. R. 2005. Twilight in the desert: the coming Saudi oil shock and the world

- economy. John Wiley & Sons, Hoboken, N.J.
- Simmons, M. R., and H. Franssen. 2005. Oil Depletion and the Pacific Northwest. <http://www.kuow.org/defaultProgram.asp?ID=9545>. in S. Scher, editor. Weekday. KUOW, Seattle.
- Skogsstyrelsen. 2004. Skogsstatistisk årsbok. Skogsstyrelsen, Jönköping.
- Ståhl, S. 2005. Sverige får blandad miljöranking. Miljöaktuellt december 2005.
- Steffen, W. 2005. Slumbering giants, föredrag vid Albaeco, Stockholm hösten 2005. <http://www.google.com/custom?q=slumbering+giants&sa=S%F6k&domains=albaeco.com&site=search=albaeco.com>
- Strid, P. 2005. Billig solvärme med nanoteknik. Science fiction blir verklighet. OCH ”Ingen vet hur nanopartiklar kan påverka hälsan” Miljöaktuellt, mars 2005.
- Sundkvist, A., A. Jansson, and P. Larsson. 2001. Strengths and limitations of localizing food production as a sustainability-building strategy -- an analysis of bread production on the island of Gotland, Sweden. *Ecological Economics* **37**:217.
- Sveriges Nationalatlas 1990, Infrastrukturen
- Sveriges Nationalatlas 1990, Skogen
- Sveriges Nationalatlas, 2003, Västra Götaland
- Udall, R. 2005. The illusive Bonanza: Oil Shale in Colorado "Pulling the Sword from the Stone".
- Uhlir, H.-E. 1999. Energy productivity of technological agriculture-lessons from the transition of Swedish agriculture. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **73**:63.
- Ulgati, S. 2001. A Comprehensive Energy and Economic Assessment of Biofuels: When "Green" Is Not Enough. *Critical Reviews in Plant Sciences* **20**:71.
- Ulgati, S., M. Raugei, and S. Bargigli. In press. Overcoming the inadequacy of single-criterion approaches to Life Cycle Assessment. *Ecological Modelling* **In Press, Corrected Proof**.
- USGS. 2000. U.S. Geological Survey World Petroleum Assessment 2000. USGS.
- Youngquist, W. L. 1990. Mineral resources and the destinies of nations. National Book Co., Portland, Or.
- Youngquist, W. L. 1997. GeoDestinies: the inevitable control of earth resources over nations and individuals. National Book Co., Portland, Or.
- Ziegler, W., 1995. Ways of Enspiriting. FIA International LLC, Denver, USA.