

Naturtillgångarna och miljön

Om vi fortsätter att förbruka en icke reproducerbar naturtillgång, som endast finns i en begränsad mängd, kommer denna tillgång förr eller senare att ta slut. Om vi ökar takten i förbrukningen kommer tillgången att snabbare ta slut. Om miljöförstöring beror på ett entydigt sätt av ekonomisk tillväxt kommer fortsatt ekonomisk tillväxt att leda till ytterligare miljöförstörelse. Om produktionen av livsmedel ej kan öka nämnvärt medan befolkningen kommer att öka mycket snabbt, kommer mängden av livsmedel per capita att sjunka.

Få torde tvista om korrektheten i dessa så gott som självklara påståenden, men många skulle slå ner på de premisser varpå påståendena bygger och knappast någon skulle utifrån dessa satsar påstå att mänsklighetens slut närmar sig om femtio år.

Samma påståenden kan emellertid formuleras på ett helt annat och betydligt mer komplicerat sätt, varigenom naiviteten i de underliggande premisserna döljs. Detta är till stor del vad som skett genom Rom-klubbens försorg när den satsat på konstruktionen av sk världsmodeller. Genom sofistikerad teknik (system dynamics) ursprungligen utarbetad av Jay Forrester vid MIT¹ har ett fors-

karlag vid detta forskningsinstitut byggt in de ovan givna satserna i en stor världsmodell, som ger trendframskrivningar baserade på exponentiell tillväxt för världsekonomin.

Eftersom många personer i ansvarig ställning tagit dessa studier på allvar finns det all anledning även för ekonomer att ta dessa studier på allvar, dels för att se huruvida de allokeringmekanismer och anpassningsprocesser ekonomer vanligtvis finner väsentliga är inkorporerade, dels för att ge egna bidrag till frågan om framtida hushållning med naturresurser. I denna artikel är det främst den förstnämnda frågan som kommer att diskuteras.

Innan vi ger oss in på denna diskussion skall vi emellertid kortfattat beröra en annan fråga som MIT-gruppen uppenbarligen anser vara central, nämligen frågan om bruket av matematiska modeller för analys av samhällsliga problem.

Ibland får man intrycket (framför allt då man läser Forresters skrifter) att kritik mot världsmodellen är detsamma som kritik mot användning av matematiska ansatser och simuleringsmetoder. Så är naturligtvis inte fallet. Relationerna mellan olika väsentliga sociala och naturvetenskapliga variabler är i allmänhet så komplicerade att den enda chansen att skapa överblick och möjligheter till analys är en matematisk formulering. Var och en som studerat nationalekonomi är också väl medveten om styrkan i de matematiska metoder som där kommer till användning. Tyvärr finns det dock en övertro på dessa metoders användbarhet. En modell, byggd med de mest sofistikerade metoder, är ej bättre än de grundantaganden den vilar på. Den kritik som

Docent KARL-GÖRAN MÄLER är knuten till Ekonomiska forskningsinstitutet vid Handelshögskolan och har skrivit en avhandling om miljöekonomi. Han är dessutom medarbetare i miljökostnadsutredningens svavelgrupp och i OECDs miljökommitté.

¹ Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts.

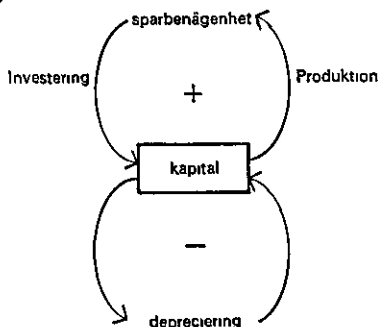
i fortsättningen kommer att levereras mot MIT-gruppens modeller är alltså ej en kritik mot modellbyggeri som sådant utan en kritik mot dåliga modeller. Det är ej heller en kritik mot det val av frågeställningar MIT-gruppen har gjort. Det är förvisso av utomordentligt intresse att studera framtida problem med resursknapphet, men tyvärr existerar det alltför många naiva studier inom den sk framtidsforskningen.

Världsmodellen

Ovan har talats om världsmodellen som om den vore en bestämd modell. Det förekommer emellertid en uppsättning av olika modeller utarbetade vid MIT, och den modell vi i fortsättningen kommer att betrakta är den som finns (om än partiellt) beskriven i boken "Tillväxtens gränser" [Meadows m fl 1972]. Denna modell är i stort sett en utvidgning av den modell Jay Forrester presenterade i sin bok "World Dynamics". [Forrester 1969.]

Modellen består av ett stort antal återkopplade kretsloop. Man skiljer mellan positivt återkopplade kretsar och negativt kopplade kretsar. Den vanligaste tillväxtmodellen i ekonomisk teori kan illustrera sådana kretsloop. *Fig 1.*

Fig 1



Det övre kretsloppet illustrerar hur totala produktionen beror av kapitalstocken samt att denna i sin tur bestäms av hur mycket av produktionen som sparas. Vi har här en positiv återkoppling. Den nedre kretsen, som illustrerar en negativ återkoppling, visar hur kapitalets storlek påverkar deprecieringen av kapitalet och därmed kapitalstockens storlek.

Världsmodellen består nu av ett stort antal sådana återkopplade kretsar, genom vilka de fem väsentliga variablerna, kapital, befolkning, förorening, naturresurser och livsmedelsproduktion, beror av varandra. De viktigaste kretsarna är återgivna i *fig 2.*

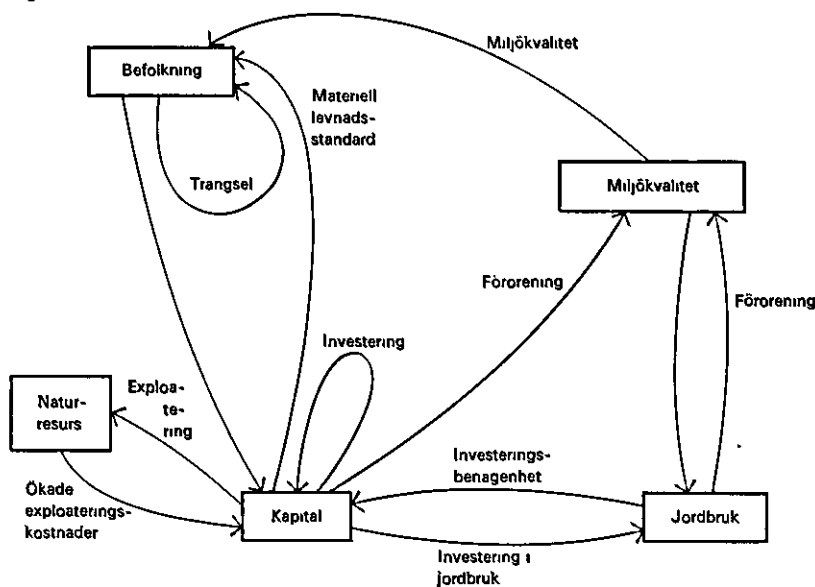
Vid tolkningen av *fig 2* är det viktigt att komma ihåg att modellen är mycket aggregerad i betydelsen att den innefattar endast en homogen naturresurs, en homogen kapitalvara (vilken användes som input i industriproduktionen och som användes för konsumtion), en homogen miljöförstöring etc.

Kretsloppet kapital — naturresurser innebär att en ökning av industriproduktionen, dvs en ökning i kapitalstocken, medför en ökning i uttaget av den icke-reproducerbara naturresursen. Detta medför att över tiden allt mindre av resursen kommer att återstå, vilket ökar kostnaderna för att utvinna resursen eller minskar kapitalets effektivitet, dvs ökar behovet av kapital.

Uttaget av naturresurser är i modellen bestämt genom ett postulerat samband, som ej influeras av några andra variabler. Den sjunkande effektiviteten hos kapitalet är även den givna som en bestämd funktion av den återstående mängden av resursen.

Om vi granskar kretsloppet som bestämmer miljöns kvalitet ser vi att föroreningarna är en bestämd funktion av kapitalstockens, dvs industriproduktionens, storlek samt av jordbruksproduktionens storlek. Växer industriproduktionen i denna modell följer därav att föroreningarna måste öka. Vidare ser vi från *fig 2* att miljökvaliteten påverkar befolkningens storlek (genom att ökade föroreningar medför ökad dödlighet). Genom att befolkningens storlek påverkar kapitalstockens storlek är kretsen sluten, i detta fall en negativt återkopplad krets. En ökning i kapitalstocken ger alltså upphov till ökade föroreningar, vilket ceteris paribus minskar befolkningens storlek och därmed kapitalstocken. Förändringar i befolkningen, miljöföroreningar, livsmedelsproduktion etc utgör modellens enda egentliga anpassningsmekanism och detta är en starkt bidragande orsak till att modellen får så förödande egenskaper.

Fig 2



På det här sättet är de olika variablerna förbundna med varandra genom ett mycket stort antal återkopplade kretsar. Värdena på de parametrar som styr återkopplingen, dvs förloppet i varje krets, är bestämda genom gissningar som i viss utsträckning bygger på observerade trender. Det är alltså ej fråga om en ekonometrisk uppskattning av ett interdependent system. Givet värden på variablerna i initialläget 1970 är det nu möjligt för en dator att beräkna utvecklingsförloppet för varje variabel, dvs simulera "världens" utveckling. I den så kallade standardkörningen, i vilken man antar att "inga större förändringar i de fysiska ekonomiska eller sociala samband som hittills har styrt världssystemets utveckling sker", når industriproduktionen per capita ett maximum i början av nästa århundrade men minskar sedan mycket snabbt på grund av den hastigt minskande tillgången på naturtillgångar. Fig 3.

Civilisationen som vi känner den skulle alltså ta slut inom mindre än hundra år och industrialismens tidevarv skulle enligt denna modell endast utgöra ett litet mellanspel i mänsklighetens historia.

Nu måste det betonas att detta är en mycket summarisk bild av världsmodellen, vilken innehåller ett mycket stort an-

tal återkopplade kretsar. Redan denna presentation är emellertid tillräcklig för att chockera en ekonom. Var är all den flexibilitet ekonomerna vanligtvis brukar bygga in i sina föreställningar av verkligheten? Var är alla de signaler i form av priser, köer, politiska tryck m m som styr allokeringen av resurser? Var är den tekniska utveckling som karakteriserat utvecklingen de senaste 150 åren? Dessa mekanismer är frånvarande, och utvecklingen är bestämd genom nästan godtyckligt postulerade samband mellan kapitalstockens utveckling och miljöförstöring, mellan industriproduktion och resursexploatering, osv. Till detta kommer att det utvecklingsförlopp en sådan här dynamisk modell genererar kommer att vara mycket känsligt för den dynamiska strukturen, dvs den lag-struktur man inför (eng *lag*, ungefär fördröjning). Alla som kommit i kontakt med ekonometriska modeller eller enbart den enkla multiplikator-accelerator-modellen vet hur känsligt resultatet kan vara för en förändring i lag-strukturen.²

² Ett mycket enkelt exempel på detta är följande. Betrakta en enkel multiplikatormodell vari investeringsverksamheten I är autonomt bestämd. Låt den marginella konsumtionsbenägenheten vara α . Konsumtions-

Det måste också påpekas att de numeriska parametrarna, som tydligen är rätt godtyckligt valda, kommer att ha implikationer för det utvecklingsförlopp modellen genererar. Författarna till "Tillväxtens gränser" poängterar emellertid att även om parametrarna är godtyckliga kan man med känslighetsanalys undersöka huruvida resultaten blir väsentligt ändrade om några parametervärden förändras. På samma sätt kan man enligt MIT-gruppen testa ändringar i teknologi. Trots dessa parametervariationer består den väsentliga slutsatsen att någon form av kris kommer att inträffa om ca 100 år.

När MIT-gruppen testat effekten av en fördubbling av världens reserver av naturresurser finner man att föroreningarna i miljön kommer att växa så snabbt att befolkningen börjar minska på grund av ökad dödlighet samt att livsmedelsproduktionen per capita faller på grund av lägre produktivitet. Även om ingen begränsning av naturtillgångar existerar skulle föroreningarna effektivt göra slut på mänsklighetens nuvarande civilisation.

När man sedan går vidare och inför föroreningskontroll, vilket innebär att föroreningarna per enhet av industri- och jordbruksproduktion sätts till en fjärdedel av värdet för 1970 finner man att

funktionen kan alltså skrivas

$$C_t = \alpha Y_t$$

Jämviktsinkomsten blir nu

$$Y_t = \frac{I}{1-\alpha}$$

Vi ändrar nu lag-strukturen så att konsumtionen blir beroende på inkomsten i föregående period:

$$C_t = \alpha Y_{t-1}$$

Jämvikt kräver

$$\alpha Y_{t-1} + I = Y_t$$

vilket är en första ordningens differens-ekvation med lösningen

$$Y_t = Y_0 \alpha^t + \frac{I}{1-\alpha}$$

Denna lilla förändring i lag-strukturen ger alltså ett helt annorlunda utvecklingsförlopp än vad den första konsumtionsfunktionen gav.

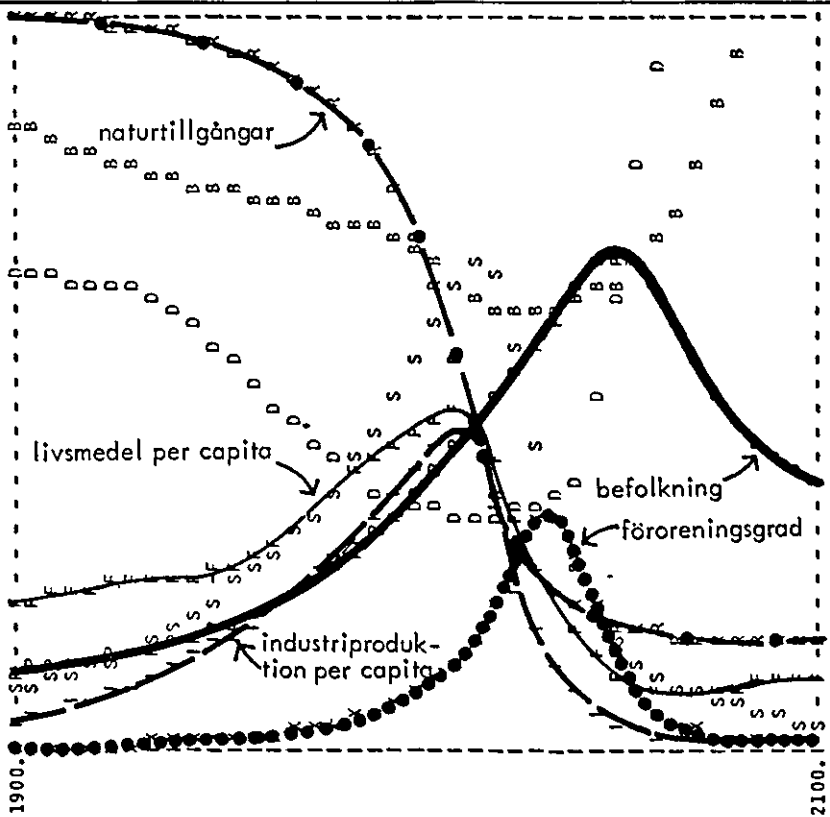
Exemplet visar alltså att det kan vara av mycket stor betydelse vilken lagstruktur som används. Det är emellertid möjligt att i en så stor modell som världsmodellen kommer utvecklingsförloppet att vara mindre känsligt för ändringar i enskilda lags. Detta har emellertid ej bevisats.

tillväxten trots detta bromsas i nästa århundrade på grund av att tillgången på odlingsbar jord är fullt utnyttjad så att mer och mer av industriproduktionen måste gå till investeringar i jordbruk. Om vi sedan antar att födelsekontroll införs (vilket innebär att befolkningen växer långsammare än tidigare men fortfarande växer) kommer industriproduktionen och jordbruksproduktionen per capita att växa så snabbt att föroreningarna återigen kommer att bli avgörande trots föroreningskontroll.

Denna känslighetsanalys är emellertid ej på något sätt övertygande. Ett stort system som världsmodellen är i allmänhet mer än summan av sina delar, och enstaka ändringar i ett fåtal numeriska värden säger inget om hur modellen skulle reagera för en simultan ändring i ett flertal parametervärden, samtidigt som vissa kretsar byts ut mot andra. Den känslighetsanalys som finns redovisad i "Tillväxtens gränser" innebär ju att man gör våldsamma ändringar av typen engångsförskjutning i vissa parametervärden, t ex tillgången på naturresurser. Vad vi vet är att förändringar i verkligheten kommer kontinuerligt över tiden. Befolkning, miljöförorening m m tillåtes växa kontinuerligt över tiden medan det tekniska kunnandet endast ändras genom engångsförskjutningar år 1970. Det är mycket mer naturligt att förvänta sig att det tekniska kunnandet växer exponentiellt, t ex på så sätt att kostnaderna för föroreningskontroll sjunker över tiden ehuru inte heller detta är en tillfredsställande ansats. Ett brittiskt forskarlag som genomfört diverse experiment med världsmodellen observerade att om man inför ett antagande om att tillgångarna av naturresurser ökar med 1—2 procent om året på grund av nyupptäckter och om de tekniska möjligheterna att kontrollera föroreningarna ökar i samma takt så kommer någon katastrof ej att inträffa, åtminstone ej under den tidsperiod världsmodellen beskriver. [Science Policy Research Unit 1972.]

Den allvarligaste kritiken mot världsmodellen är emellertid ej baserad på vilka numeriska parametervärden man valt, utan främst på allt det som inte är inkluderat i modellen. MIT-gruppen hävdar att modellen fångat upp de fysiska, eko-

Fig 3



Källa: Meadows m fl 1972, s 118, fig 35

nomiska och sociala samband som hittills styrt världssystemets utveckling, trots att modellen inte innehåller en enda av de allokering- och anpassningsmekanismer ekonomer betraktar som väsentliga. Borta är prisbildningens betydelse för val av teknologi och dess ransoneringseffekter. Borta är endogena tekniska framsteg som beror på ekonomiska och politiska tryck. Borta är alla substitutionsmöjligheter mellan olika råvaror och olika energiformer, mellan miljövänlig och miljöförstörande teknologi. Borta är prospektering av nya reserver grundade på ekonomiska incitament. Borta är politiska tryck grundade på olika sociala strukturer. Kvar är endast en mycket mekanisk metod att göra trendframskrivningar med.

De studier av naturresurser som inkluderat prisbildningens roll och olika substitutionsprocesser har ej kunnat påvisa någon tilltagande resursknapphet. [Barnett, Morse 1969.]

En ordentlig analys av de problem som framtiden erbjuder i form av råvaruknapphet, miljöförstöring, livsmedelsstandard måste ta dessa anpassningsmekanismer i beaktande. Det är uppenbart att en modell med samma ambitioner som världsmodellen som dessutom skulle inkorporera de vanligaste ekonomiska och sociala anpassningsmekanismer skulle bli ytterst komplicerad och tyvärr är det nog så att vår kunskap om de verkliga ekonomiska och sociala sambanden är så pass liten att modellens utvecklingsförlopp ej skulle kunna ges någon större trovärdighet. Trots detta vore det värdefullt med experiment i denna riktning för att få ökade kunskaper om hur större simuleringsmodeller av denna typ fungerar.

Men även om det för dagen är omöjligt att konstruera en "världsmodell" som genererar något så när verklighetstrogn och intressanta utvecklingsförlopp är det möjligt att något mera detaljerat disku-

tera de bakomliggande problemen om resursknapphet. I fortsättningen skall vi diskutera två av MIT-gruppens variabler mer i detalj, nämligen icke reproducerbara naturresurser och miljöförstoring.

Icke reproducerbara naturresurser

Som redan nämnts utgår världsmodellen från en föreställning om en enda homogen resurs, vilken finns tillgänglig 1970 i en viss begränsad kvantitet. Denna kvantitet svarar mot 250 års förbrukning i 1970 års takt. Utvinningen av råvarorna är i modellen satt som en växande funktion av industriproduktionens storlek. Som tidigare också nämnts kommer minskade reserver att påverka kapitalets effektivitet genom de högre kostnaderna för utvinning som uppstår.

Nu är emellertid hela denna föreställning mycket dubiös. För det första vet vi ej med någon säkerhet vilka tillgångar som jordklotet inrymmer, för det andra vet vi ej vilka råvaror vi kommer att kunna utnyttja i framtiden, för det tredje finns möjligheter till återvinning och för det fjärde existerar inget definitivt samband mellan industriproduktionens storlek och utvinning av råvaror.

En ordentlig analys kräver att begreppet naturresurs spjälkas upp i ett antal separata resurser och speciellt viktigt är det att man skiljer mellan energi å ena sidan och mineraler å den andra.

Vår civilisation är uppbyggd på användningen av mycket stora kvantiteter av energi och en plötslig drastisk begränsning i utbudet av energi skulle skapa väsentliga problem. Men därmed är det ej säkert att civilisationen i dess nuvarande form måste få ett slut. Detta beror helt på hur plötslig och hur allvarlig begränsningen blir. För att närmare se på följderna av energiknapphet, låt oss analysera prisbildningen på en icke reproducerbar resurs.

Om vi hade perfekt förutseende och om alla marknader vore perfekta, skulle priset exklusive exploateringskostnader, dvs jordräntan, på en icke reproducerbar resurs växa över tiden i samma takt som räntesatsen, så att nuvärdet av en enhet av resursen i fråga är konstant

över tiden. Eventuell framtida knapphet av resursen är således kapitaliserad i rådande priser. Att så måste vara fallet beror på att annars skulle det löna sig att spara exploateringen till den tidsperiod i vilken jordräntan är högst. Om exploateringskostnaderna stiger med sjunkande reserver, kommer därför produktpriset, i detta fall energipriset, att stiga över tiden.

Denna tendens till stigande energipris förstärks även av allehanda imperfektioner i marknadernas funktionssätt och i bristande information om reservernas storlek. Det är troligt att råvaruproducenterna har en betydligt kortare tidshorisont än vad samhället anser vara rimligt. Detta leder till att resursen ifråga av producenterna betraktas som mindre knapp och det rådande priset kommer ej att vara baserat på resursanvändningen efter horisonten. Vi skulle alltså få en systematisk tendens till för låga priser i dag på energi, vilket leder till snabba prisstegringar i framtiden. En annan anledning till för låga energipriser kan vara att oljebolagen har alltför optimistiska förväntningar om utvecklingen av alternativa energikällor, tex kärnkraft. Om dessa förutsättningar ej infrias, kommer oljepriserna att stiga kraftigt.

Det finns med andra ord anledning att räkna med att diverse imperfektioner medför att rådande energipriser ej inkluderar den framtida knappheten på energi. Å andra sidan finns det faktorer som verkar i motsatt riktning. Den kanske väsentligaste av dessa är nyupptäckter av fossila energikällor, upptäckter som bl a styrs av energipriset.

Om empiriska studier skulle ge vid handen att dagens energipriser är för låga sedda i perspektivet av eventuell framtida knapphet, måste självfallet statsmakterna genom tex beskattning korrigera prisbildningen och därigenom stimulera ökad hushållning med energi.

De prisstegringar på energi vi skulle ha anledning att förvänta oss i framtiden om en ökad knapphet satte in skulle få kraftiga effekter både på användning av energi och på produktionen av energi. Låt oss först se på användningen. I många företag utgör energikostnaderna en så liten andel av de totala kostnader-

na att företagens incitament att hushålla med energi är mycket små. Vid prisstegringar kommer självfallet dessa incitament att öka och härigenom torde en uppbromsning av energikonsumtionen kunna ske. Vidare kommer prisstegringarna att leda till omallokering av resurser från branscher som t ex metallurgiska, vilka är mycket energikrävande, till branscher med lägre energikonsumtion. Andra tänkbara utvecklingar är bättre isolering för att hushålla med energi för uppvärmning, effektivare utnyttjande av energi genom ökad verkningsgrad och övergång till kollektiva transporter. En slående illustration till möjligheterna att spara på energi ges av tvärsnittstudier för olika länder av energikonsumtionens elasticitet med avseende på bruttonationalprodukten. Under 60-talet har 1 procent ökning av BNP i vissa länder medfört upp mot 2 procent ökning av energikonsumtionen medan för andra länder motsvarande ökning har varit endast 0,6 procent. [Energy osv, 1972.] Dessa skillnader beror uppenbarligen på skillnader i industriell struktur. Vissa länder domineras av sektorer med högt energiinnehåll, medan andra länder domineras av sektorer som kräver mindre energi. Det är alltså möjligt att genom omallokering mellan olika sektorer åstadkomma en betydande besparing av energi. En sådan omallokering innebär självfallet en annan sammansättning av konsumtionen och det vore ytterst intressant (och relevant) att erhålla bättre kunskap om hur variationer i den slutliga efterfrågan påverkar behovet av energi.

Prisstegringarna kommer alltså att leda till att energikonsumtionen begränsas och att denna begränsning framför allt sker inom de områden där det är lättast att undvara energi. Det är därför orimligt att räkna med fortsatt exponentiell tillväxt av energikonsumtionen, förutsatt att inte någon ny energikälla som t ex fusionsenergi blir tillgänglig till lägre kostnader.

På motsvarande sätt kommer prisstegringarna att stimulera produktionen av energi. De flesta uppskattningarna av oljereserverna pekar på reserver som vid nuvarande konsumtionstakt skulle räcka 30—35 år.³ Dessa uppskattningar är emellertid baserade på vad som i dag är

lönsamt att utvinna. Vid högre priser blir det lönsamt att öka utvinningsgraden från gamla fält. Men det blir vidare lönsamt att ta fram tekniska metoder för utvinning av olja från bituminös sand och oljeskiffer. För närvarande räknar man med att oljereserverna uppgår till omkring 75 000 miljoner ton olja medan kända tillgångar på skifferolja och bituminös sand beräknas uppgå till ca 210 000 miljoner ekvivalenta ton olja.

Kvantitetsmässigt är emellertid kolreserverna de mest betydelsefulla bland de fossila energikällorna. US Geological Survey har beräknat reservernas storlek till 3 411 300 miljoner ekvivalenta ton olja. Vid ökade priser på olja kommer kolbrytningens lönsamhet att stiga och vi kan sannolikt räkna med att kol kommer att spela en allt viktigare roll i den framtida energiförsörjningen. Speciellt kan man räkna med att stigande oljepreiser gör det lönsamt att omvandla kol till gas eller till flytande kolväten.

Totalt uppskattar man reserverna av fossila bränslen till 5×10^{12} ekvivalenta ton olja och vid fullständigt utnyttjande skulle dessa reserver med dagens förbrukning räcka i ca 1 000 år. Dessa reserver omfattar emellertid bränslen som vid dagens priser och teknologi ej är kommersiellt brytningsvärdiga. Ändrade relativpriser kommer emellertid att successivt öka andelen av tillgångarna som är brytningsvärdiga. Genom att det tar tid att utveckla ny teknik och installera den kapacitet som erfordras för utvinning av nya källor kan man förutse framtida problem om man inte redan nu allokerar resurser för detta ändamål.

Under förutsättning att ekonomin är tillräckligt flexibel och att prisstegringar håller efterfrågan i schack finns det emellertid ingen anledning att anta att världen skulle hamna i en katastrof på grund av brist på fossila bränslen.

Men vid sidan om fossila bränslen har vi alla andra energikällor och framför allt kärnenergin. Genom brytreaktorer skulle tillgången på energi öka mycket kraftigt. Man har beräknat att den kända kvantiteten fissionsbränsle skulle räcka i 3 000 år vid dagens ener-

³ Denna och övriga uppskattningar om den framtida energiförsörjningen är hämtade från [AB Svenska Shell 1972].

gikonsumtion. Om slutligen fusionskraft blir tillgänglig torde vi ha praktiskt taget obegränsade energiresurser.

Det finns därför ingen anledning att se pessimistiskt på framtidens energiförsörjning. De problem som kan uppstå kommer att vara temporära, och uppstår vid övergång från en energikälla till en annan.

När det gäller övriga icke reproducerbara naturresurser blir substitutionsmöjligheterna av än större betydelse. Det är mycket lätt att konstruera långa listor på fall där ett ämne substituerats för ett annat, t ex aluminium för koppar, plast för metaller, betong för sten. Det är därför helt omöjligt att uttala sig om konsekvenserna av att en råvara tar slut utan att man gjort klart för sig vilka substitut som existerar. Det ligger emellertid i sakens natur att substituten utvecklas genom tekniska framsteg grundade på ekonomiska incitament och att det därför kan vara omöjligt i dag att uttala sig om vilka substitut som kan finnas i framtiden.

En annan, minst lika viktig faktor vid bedömningen av framtida resurser är möjligheten till återanvändning. Om priset på en råvara stiger tillräckligt och om det ej finns något lämpligt, billigt substitut, kan det bli lönsamt att återanvända råvaran. Det kan t ex vid stigande kopparpriser bli lönsamt att smälta ner de kopparkorn som nu finns för användning i elektriska industrin, och det kan bli lönsamt att i större utsträckning än för närvarande återanvända elektriska ledningar i bilar och i TV- och radioapparater. Vi känner redan nu till flera produktionsprocesser vari återanvändning är nödvändig för att processen skall vara kommersiellt användbar, t ex framställning av cellulosa med löslig bas. Om vi ser på betsockerproduktionen i USA finner vi en radikal ökning i användningen av organiskt avfallsmaterial mellan 1949 och 1962. Totalt genererades i en fabrik som bearbetade 158 000 ton betor 1962 5 400 ton BS (organiskt avfall) men av detta kunde över 3 000 ton avlägsnas genom återanvändning. 1949 avlägsnades endast ca 900 ton genom återanvändning. [Kneese m fl 1971.]

Det är lätt att föreställa sig att vid

stigande råvarupriser kommer återanvändning mer och mer att bli karaktäristiskt för produktionen. Till detta kommer de incitament som skapas genom miljöpolitiken och som diskuteras i nästa avsnitt. Denna utveckling förutsätter dock att energikällorna ej sinar då återanvändning i allmänhet kräver mycket energi.

Om framtiden fusionsenergin kan användas för framställning av energi till låga konstanta kostnader, måste våra föreställningar om resursknapphet fullständigt revideras. Det blir då möjligt att recirkulera och återanvända allt mer av avfallsprodukterna och det kan bli ekonomiskt lönsamt att utvinna mineraler som förekommer i så låga koncentrationer att vi i dag inte ens vågar drömma om deras exploatering.

Föroreningar

I världsmodellen ingår miljöföroreningarna som en väsentlig variabel, vilken är kapabel att göra slut på den nuvarande civilisationen. Utan tvivel tillhör föroreningensproblemen de "lättare" problemen, genom att det redan i dag finns teknik för att lösa de flesta och allvarligaste miljöstörmarna.

Miljöproblemen är inte något som obönhörligen hör samman med ökad produktion utan är i stället exempel på vad som kan hända när vanliga marknadsmekanismer ej längre fungerar. Genom att den naturliga miljön, lufthavet, vattendragen m m, utgör kollektiva varor har någon marknad för de tjänster de ger oss ej etablerats. Så länge den ekonomiska aktiviteten låg på en relativt låg nivå skapade utsläpp av avfall från produktion och konsumtion endast begränsade lokala problem. (På grund av detta förhållande har externa effekter i nationalekonomiska läroböcker och undervisning tidigare endast omnämnts i fotnoter. I dag är miljön ett centralt område i ekonomisk undervisning och forskning.) Eftersom några marknader för miljö kvalitet ej existerar kunde den ekonomiska tillväxten fortsätta utan att företag och kommuner behövde ta hänsyn till effekten av avfallsalstringen på den omgivande miljön. Miljöproblemen är alltså fundamentalt beroende dels på

den ekonomiska tillväxten, dels på bristen på marknader och detta gäller såväl kapitalistiska ekonomier som centralplanerade ekonomier av Sovjetunionens typ. Frånvaron av marknader måste därför kompenseras av samhällsingrepp för att miljön skall kunna skyddas. Dessa ingrepp kan uppenbarligen ske på en mängd olika sätt, men gemensamt för dem alla är att de måste ge företag, kommuner och enskilda incitament att minska utnyttjandet av naturen som en soptipp. För en ekonom är det naturligt att tänka sig dessa incitament i form av avgifter för utnyttjande av naturen, speciellt med tanke på att avgifter har vissa effektivitetsaspekter. [Mäler 1971.] I en ekonomi av svensk typ, där den tekniska informationen är decentraliserad till företagsnivå, kan uppenbara samhällsekonomiska vinster erhållas, om man kan ge företagen incitament att finna de billigaste sätten att reducera avfallsutsläppen i stället för att diktera för företagen hur de skall bete sig.

För ett företag som planerar att minska sina utsläpp står i allmänhet flera olika möjligheter till buds. Företaget kan tillämpa avfallsbehandling i olika former, söka återvinna avfallet, övergå till produktionsprocesser som bättre utnyttjar råvarorna, eller minska totalproduktionen. Det finns alltså inget entydigt samband mellan avfallsmängderna och produktionens storlek (vilket världsmodellen förutsätter). Under en mycket lång tid har företagen fritt kunnat utnyttja naturens kapacitet att ta emot och nedbryta avfall och den teknologiska utvecklingen har utvecklats därefter, dvs mot relativt miljövänlig teknik. När man nu i de flesta länder satsar på en allt hårdare kontroll av miljön, finns det all anledning att räkna med att nya tekniska lösningar på miljöproblemen kommer fram, lösningar som på ett effektivare sätt än tidigare utnyttjar råvarorna och omvandlar dem till färdiga produkter. På detta sätt kommer alltså även miljöpolitiken att stimulera hushållning med naturresurser.

De svåra problemen inom miljövården torde vara dels introduktionen av nya för miljön exotiska ämnen och dels rent politiska svårigheter att lösa internationella miljövårdsproblem. När

det gäller nya ämnen är enda lösningen en mer ingående kontroll, men man måste vara på det klara med att en sådan kontroll aldrig kan vara hundra procentig. Vi kommer i framtiden att uppleva mycket allvarliga problem med nya kemiska substanser, såvida vi inte är villiga att helt förbjuda användningen av tidigare ej använda ämnen. Men kostnaderna för en dylik "konservativ" politik kan mycket väl tänkas överstiga de samhälleliga intäkterna.

De internationella miljöproblemen, som t ex den fortgående förstöringen av Nordsjön, är svåra att lösa genom att det saknas internationella institutioner med befogenhet att reglera enskilda länders aktiviteter. Genom överenskommelser mellan de närmast berörda staterna kan det kanske vara möjligt att upprätta något system av kvoter för de olika ländernas utsläpp som på längre sikt kan leda till en definitiv lösning av de internationella miljöproblemen. Det finns emellertid anledning att vara pessimistisk inför den närmaste framtiden.

Slutord

Avsikten med denna artikel är inte att avfärda de problem mänskligheten kan ställas inför under det närmaste århundradet på grund av resursbrist eller miljöförstöring. Inte heller vill jag avfärda modellbyggeri för analys av hithörande problem. Syftet är i stället att peka på att det är omöjligt att diskutera dessa problem utan att man explicit inför de anpassningsmekanismer som styr allokeringen av världens resurser. Dessa anpassningsmekanismer kan bestå i prissättning på råvaror eller i politiska och sociala tryck. En effekt av dessa mekanismer är att de samband världsmodellen tar för givna kan ändras mycket väsentligt, genom ny teknisk utveckling, genom substitutionsprocesser, genom ökad återvinning m m. Först när man har analyserat den samlade effekten av dessa mekanismer och tagit hänsyn till de viktigaste sociala sambanden kan man säga något mer definitivt om mänsklighetens situation i nästa århundrade.

Domedagsprofeter är ofta böjda att karakterisera oss ekonomer som oansvariga när vi inte tar deras dystra för-

utsägelser på allvar. Men om vi följer deras rekommendationer innebär det att vi låser oss till en enda utvecklingsbana, karakteriserad av ekonomisk tillbakagång, utan att beakta alla andra handlingsalternativ som står öppna. Deras fixering till samband med ytterst begränsad giltighet, leder till förslag som om de följdes sannolikt skulle göra situationen katastrofal. I denna bemärkelse är världsmodellens prognoser självuppfyllande.

Hur studier av det slag som "Tillväxtens gränser" innehåller kan leda till groteska rekommendationer ges av problemen kring livsmedelssituationen.

Världsmodellen innehåller livsmedelsproduktionen som en väsentlig variabel. När det gäller livsmedelsförsörjningen är det enklare att uttala sig. Katastrofen föreligger redan och vi får kontinuerligt information om dess utsträckning genom massmedias reportage från svältande länder. Men världsmodellen ger en ensidig tolkning av problemet genom att den mekaniskt jämför utbudet av livsmedel med en snabbt växande världsbe-folkning. Enligt en studie [Bruebaker 1972] skulle USA ensamt genom uppodling av allt tillgängligt land och tilllämpning av modern teknik (samt dyrbar erosionskontroll) kunna föda en befolkning lika stor som världens befolkning av i dag. Vissa protein- och vitaminbrister skulle förmodligen föreligga, men kaloribehovet skulle vara täckt. Även om detta vore en väsentlig överskattning av det potentiella livsmedelsutbudet, visar det emellertid klart, att de nuvarande hungerproblemen hänger samman med den sneda inkomstfördelningen och inte med bristen i livsmedel. Ge de fattiga länderna en större del i världens inkomster och den ökade efterfrågan på livsmedel kommer att inducera ökad jordbruksproduktion.

Referenser

- Barnett, H., Morse, C. [1969], "Scarcity and Growth" *The Economics of National Resource Availability*, Resources for the Future.
- Bruebaker, S., [1972], *To Live on Earth*. Resources for the Future 1972.
- Energy, Economic Growth and the Environment*, [1972]. Resources for the Future.

Forrester, Jay, [1969], *World Dynamics*, Ca. Kneese, Ayres, D'Ange, [1971], *Economics and the Environment*, Resources for the Future.

Malthus with a Computer, [1972], Science Policy Research Unit of University of Sussex. (Ännu ej publicerad forskningsrapport.)

Meadows, D. L., Meadows, D. H., Randers, I., and Behrens, W. W. III [1972]. *Tillväxtens gränser*.

Mäler, K.-G., [1971], "Ekonomi och miljö", *Skandinaviska bankens kvartalsskrift*.

AB Svenska Shell utg [1972], *Tillgång och efterfrågan på energi — framtidsperspektiv*.